

# Wissenschaftsgeschichte

*en miniature*



Hans Wußing  
Horst Remane

VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften

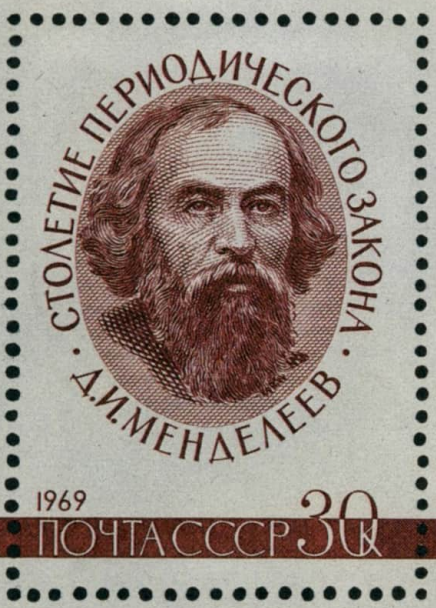
Он был ~~система~~ <sup>элемент</sup> ~~элементов~~,  
 основанной на <sup>или</sup> атомных <sup>эмпирических</sup> ~~весах~~ (Ходяков),  
 Д. Менделеева.

$Ti = 50$      $Zr = 90$      $? = 180$   
 $V = 51$      $Nb = 94$      $Ta = 182$   
 $Cr = 52$      $Mo = 96$      $W = 186$   
 $Mn = 55$      $Rh = 104,4$      $Pt = 197,4$   
 $Fe = 56$      $Ru = 104,4$      $Ir = 198$   
 $Ni = Co = 59$      $Pd = 106,6$      $Os = 199$

$H = 1$      $? = 8$      $? = 22$      $Cu = 63,4$      $Au = 108$      $Hg = 200$   
~~Be~~     $Be = 9,4$      $Mg = 24$      $Zn = 65,2$      $Co = 112$     ~~??~~  
 $B = 11$      $Al = 27,4$      $? = 68$      $Mn = 116$      $As = 197,5?$

$70$      $In = 118$   
 $75$      $Sn = 122$      $Pb = 210?$   
 $79,4$      $Te = 128?$   
 $80$      $I = 127$   
 $85,4$      $Sb = 133$      $Po = 204$   
 $87,6$      $Ba = 137$      $Pb = 207$   
 $12$   
 $74$   
 $75$   
 $118?$

$18 \frac{II}{17} 69$



HANS WUSSING  
HORST REMANE

# Wissenschaftsgeschichte *en miniature*

NEUN KAPITEL  
AUS DER ENTWICKLUNG  
DER MATHEMATIK UND  
DER NATURWISSENSCHAFTEN

VEB DEUTSCHER VERLAG  
DER WISSENSCHAFTEN  
BERLIN 1989

ISBN 3-326-00196-7

Verlagslektoren: Peter Ackermann, Ulrike Leitner  
und Brigitte Mai

Gesamtgestaltung: Gisela Deutsch

Reproduktionen: Fred Schindler

© 1989 VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften,

DDR-1080 Berlin, Postfach 1216

Lizenz-Nr. 206·435/107/89

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: Grafische Werke Zwickau III/29/1

LSV 9199

Bestellnummer: 571 444 5

03700

Die Sorge für den Menschen und sein Schicksal  
muß ständig das Hauptinteresse  
aller wissenschaftlichen Aktivitäten sein,  
so daß die Kreativität unseres Geistes  
ein Segen und nicht ein Fluch ist.

*Albert Einstein*

Das Sammeln von Briefmarken macht Spaß, führt Menschen zu sinnvoller Freizeitbeschäftigung zusammen und ist lehrreich, zumal wenn man den Informationsgehalt jener Kleingraphiken, Briefmarken genannt, aufmerksam studiert. Oft ist in diesen »Miniaturen« viel Wissenswertes aus allen Gebieten menschlicher Tätigkeit enthalten, und es ist verständlich, daß sich die thematische Philatelie zunehmender Beliebtheit erfreut.

Die vielfältigen, historisch gewachsenen und in rascher Entwicklung befindlichen Beziehungen zwischen Mensch und Naturwissenschaften erwecken in heutiger Zeit bei der überaus bedeutsamen Rolle der Wissenschaften für Gegenwart und Zukunft der Menschheit ein breites Interesse und bieten sich als höchst aktuelles Thema auch in der Philatelie an. Wir Autoren, die wir uns beruflich mit der Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften beschäftigen, waren entzückt, eine ursprünglich kaum erwartete Fülle wissenschaftshistorischer Fakten philatelistisch widergespiegelt zu finden – große Persönlichkeiten aus der jahrtausendalten Entwicklung der Wissenschaften, Entdeckungen, Instrumente, wissenschaftliche Einrichtungen, technische Anwendungen und vieles andere mehr. Unsere Begeisterung mündete in die Idee, die eigene Freude am thematischen Sammeln in Form dieses Büchleins nachvollziehbar zu machen und Anregungen für informierende, bildende philatelistische Tätigkeit zu geben. Wir haben den etwas kühnen Versuch unternommen, die vieltausendjährige Geschichte der Naturwissenschaften und Mathematik auf wissenschaftlicher Grundlage, aber in unterhaltsamer Form und an ausgewählten Ereignissen zu schildern und dies mit philatelistischen Belegen zu dokumentieren.

Wir hoffen, unsere eigene Begeisterung auf unsere Leser übertragen zu können und über das Philatelistische hinaus einen nachhaltigen Eindruck von der spannenden und erstaunlichen Geschichte von Mathematik, Astronomie,

## Vorwort

von Physik, Chemie, Biologie und Geowissenschaften vermitteln zu können, von jenem faszinierenden Abenteuer erkennenden Strebens der Menschheit, das in vielfältiger Weise mit anderen Formen menschlicher Aktivitäten verknüpft ist.

Unser Bericht über Etappen und Episoden der Wissenschaftsentwicklung beginnt mit der Frühzeit menschlichen Denkens und Tuns. Es folgen Beispiele aus der Entwicklung der Wissenschaften in den Gesellschaften der Antike, in Griechenland, im alten Rom. Nach einem Exkurs in das mittelalterliche China und Indien und in die islamische Welt wird die Wissenschaft des mittelalterlichen Europa gestreift. Ausführlichere Darstellungen erfahren die für die Wissenschaftsentwicklung so wichtigen Zeitalter der Renaissance, der Wissenschaftlichen Revolution des 17. Jahrhunderts, der Industriellen Revolution und der Zeit der Großen Industrie im 19. Jahrhundert. Heute beeinflussen wissenschaftlich-technische Revolution und aktuelle Weltprobleme mehr denn je die Entwicklung der Naturwissenschaften und der Mathematik sowie letztendlich die Zukunft der Menschheit.

Der Leser findet auf diese Weise – chronologisch geordnet – eine Aufeinanderfolge von Ereignissen aus der Geschichte von Mathematik und Naturwissenschaften, eine Folge von ausgewählten Episoden und Höhepunkten ihrer Entwicklung, eben eine Geschichte der Naturwissenschaften »en miniature«, belegt mit Miniaturen postalistischer Herkunft.

Die Autoren sind sich dessen bewußt, daß sowohl bei der Auswahl der Episoden als auch der Briefmarken in diesem Buch niemals Vollständigkeit erreicht werden kann. Dies ist auch nicht notwendig. Es geht uns, wie gesagt, um die Vermittlung von Anregungen, um Weckung von Interessen und von Informationsbedürfnis, bei jüngeren Lesern zumal.

Verlag und grafische Gestalter haben, geleitet von ihren Absichten, den Autoren ein strenges drucktechnisches Schema vorgegeben, das sie verpflichtete, einen genau festgelegten Umfang bei der Behandlung einer wissenschaftshistorischen Episode einzuhalten, und zur äußerst sparsamen Erläuterung der zugehörigen Marken zwang. Staat und Jahr der Emission sind bei jeder Marke angegeben und werden dem Leser den Zugang zu jedem Katalog eröffnen.

Bei der Wiedergabe der Briefmarken wurden die Festlegungen bezüglich der Reproduktionsgröße beachtet. Alle Marken sind geringfügig verkleinert, mit Ausnahme der Marke auf dem Schutzumschlag sowie der Blöcke auf den Seiten 2 und 11.

Es war nicht immer leicht, der Forderung zu genügen, ausschließlich postfrische Marken als Vorlage für die Illustration zu beschaffen. So geht unser herzlicher Dank für diese – und andere – vielfältige Hilfestellungen an das Postmuseum der DDR in Berlin, an dessen Leiter Dr. E. Wöllmann und seine Mitarbeiterin, Frau Lebahn, und an Freunde und Kollegen, von denen hier nur K.-R. Biermann, W. Breidert, S. Brentjes, A. Cappelli, R. Dannenberg, A. Dick, H. Dietz, J. Folta, E. A. Fellmann, M. Franke, G. Gjone, V. Großmann, A. Halamisär, H. Hamann, W. Harborth, D. B. Herrmann, E. Hiebert, A. John, E. Knobloch, E.-K. Lloyd, R. S. Mikulinskij, H. Mode, A. D. Naini, L. Nový, W. L. Schaaf, P. Schreiber, H. Stengler, M. Stransky, J. Tauscher, K. Walter, H. Weißling, Th. Zicha und G. Zirnstein genannt seien. Mit Dankbarkeit möchten wir hier unsere Mitstreiter an diesem außergewöhnlich komplizierten Buch hervorheben, Herrn Prof. Dr. H. Piazza und Herrn Diplom-Photographiker F. Schindler aus Leipzig, die Graphikerinnen Frau G. Deutsch und Frau A. Bading aus Berlin, die Gutachter Herrn Prof. Dr. S. Wollgast aus Dresden und Herrn F. Skupin aus Berlin sowie unsere treuen Verbündeten im VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, den Verlagsdirektor Dr. L. Walter, den Cheflektor Dr. H. Bernhard und die Lektoren Frau B. Mai, Frau Dr. U. Leitner und Herrn Dr. P. Ackermann. Den Mitarbeitern der Druckerei sei für den ausgezeichneten Satz gedankt sowie für ihr Engagement bei der Reproduktion der Briefmarken.

Leipzig, im Februar 1988

*H. Wußing  
H. Remane*

## I. FRÜHZEIT

- Der Mensch schafft sich selbst 14
- Höhlenmalerei – Zeugnisse der Steinzeitkultur 15
- Heilige Zeichen 16
- Ackerbauern und Viehzüchter 17
- Städte und Staaten 18
- Donnergott und Sonnenscheibe 19
- Die Leistung der Schreiber 20
- Pharaonen und Pyramiden 21
- Land zwischen den Strömen 22
- Zikkurat und Astrologen 23

## II. ANTIKE

- Troja – Minotaurus – Zyklopen 26
- Ionische Naturphilosophie – Vom Mythos zum Logos 27
- Der Bund der Pythagoreer 28
- Athen wird Weltstadt 29
- Aristoteles, bedeutendster Denker der Antike 30
- Alexandria, Stadt der Wissenschaften 31
- Archimedes, der Held von Syrakus 32
- Rom erobert die Welt 33
- Organisation eines Weltreiches 34
- Ptolemaios – Vollendung der antiken Astronomie 35
- Caesar verfügt eine Kalenderreform 36
- Ostrom 37

## III. WISSENSCHAFT IM OSTEN

- China – Reich der Mitte 40
- Gelehrte am Hofe des Kaisers 41
- Kompaß und Seismograph 42
- Weisheit des Erleuchteten 43
- Leere – Null – Ziffer 44
- »Haus der Weisheit« 45
- Blütezeit der Wissenschaften 46
- Auge – Licht – Medizin 47
- Alchimie 48
- Ex oriente lux 49

## Inhalt

## IV. LATEINISCHES MITTELALTER

- Patristik – Ora et labora 52
- Klostergelehrsamkeit 53
- Hohe Schulen, Universitäten – Scholastik 54
- Wissenschaft, Magd der Theologie 55
- Hochmittelalter 56
- Das Buch der Natur 57
- Die geographischen Horizonte der Europäer erweitern sich 58
- Die Göttliche Komödie 59

## V. RENAISSANCE

- Ein neues Zeitalter zieht herauf 62
- Artefici – Künstleringenieure 63
- Die schwarze Kunst 64
- Nach Maß, Zahl und Proportion 65
- Zwischen Geozentrismus und Heliozentrismus 66
- Regiomontanus – Astronomie am Neubeginn 67
- Nicolaus Copernicus, der Domherr zu Frombork 68
- »Die Kopernikanische Wende« 69
- Armillar und Astrolab 70
- Reformation – »Neu Jerusalem« 71
- Bergeschrei und Hüttenwesen 72
- Rechenkunst und Rechenmeister 73
- Prinz Heinrich der Seefahrer 74
- Nach Süden! Nach Osten! Nach Indien! 75
- Adelante! Vorwärts! Weitersegeln! Westwärts nach Indien 76
- Die neue Welt – Amerika 77
- »Oro y gloria« – Gold und Ruhm – Konquistadoren 78
- Bilderschrift und Priesterastronomen – Maya und Azteken 79
- Zeugen vernichteter Kulturen 80

Aufteilung der neuen Welt 81  
 Die »Väter der Botanik« 82  
 »Erfahrung und eigene Erwägung« 83  
 Historia animalium 84  
 Erdapfel – Atlas – Kartographie 85  
 Tycho Brahe, Astronom mit goldener Nase 86  
 Der Ort in der Zeit 87  
 Johannes Kepler, der kaiserliche Mathematiker 88  
 Kepler findet drei Gesetze am Himmel 89

## VI. WISSENSCHAFTLICHE REVOLUTION

Die Wissenschaftliche Revolution 92  
 Niederlande, Hort der Wissenschaft 93  
 Galileo Galilei – Ein Naturforscher auf dem Index 94  
 Gespräche über neue Wissenschaften 95  
 Die Welt des Kleinen 96  
 Das Fernrohr öffnet den Himmel 97  
 »Vom Geiste der Geometrie« 98  
 Horror vacui – Vakuum – Luftdruck 99  
 Der Sonnenkönig gründet eine Akademie 100  
 Christiaan Huygens – Saturnring, Pendeluhr,  
 Pulvermotor 101  
 Isaac Newton – »Zierde des Menschengeschlechts« 102  
 Principia mathematica 103  
 Sir Robert Boyle, der skeptische Chemiker 104  
 Apotheken – Wiegen der Chemie 105  
 »Kurier' die Leut' nach meiner Art« 106  
 Medizin nach System? 107  
 Johann Friedrich Böttger und sein  
 »Angsterzeugnis« 108  
 Leibniz – Theoria cum praxi 109  
 Kaperkrieg und Machtkämpfe 110  
 Von der tea party zu den USA 111  
 Captain James Cook 112  
 Terra australis incognita 113  
 Linné – »Kanzleibeamter Gottes« 114  
 »Lest Euler!« 115  
 Ein Fischersohn gründet eine Universität 116  
 Die Große Encyclopédie 117  
 Naturgeschichte des Himmels 118  
 Das System der Welt 119  
 Unterstützung für die Sinne 120  
 Blitz – Funke – Ladung 121

## VII. INDUSTRIELLE REVOLUTION

Dampfmaschine – Dampfroß 124  
 König Dampf 125  
 Evolution oder Katastrophen? 126  
 Blicke in versunkene Welten 127  
 Fliegen leichter als Luft 128  
 Eine neue Produktivkraft: die Wissenschaft 129  
 »Das Vaterland ist in Gefahr« 130  
 Revolution in der Chemie 131  
 »Schule ohne Vorbild und ohne Nachbild« 132  
 »Für alle Zeiten – Für alle Völker« 133  
 Alexander von Humboldt, Naturforscher und  
 Humanist 134  
 Der Strom fließt 135  
 Elektromagnetismus – Einheit der Naturkräfte 136  
 Wöhler macht Harnstoff ohne Nieren 137  
 Der Makel des Euklid – Revolution in der  
 Geometrie 138  
 Gauß – Mathematicorum princeps 139  
 Wen die Götter lieben ... 140  
 Ein Stern ging verloren 141  
 Das Licht schreibt 142  
 Drei große Beweise 143  
 Chemie bringt Brot 144  
 London erlebt eine Sensation 145  
 Petroleum wird zum gefragten Handelsartikel 146  
 »Lernen wir träumen, meine Herren ...« 147  
 Die Physiologie wird Naturwissenschaft 148  
 Prälat Gregor Mendel 149  
 Zwei Männer schaffen Ordnung 150  
 »Künstliches Ohr« – Telephonie 151  
 Licht der Sterne 152  
 Weiße Flecken – Expeditionen – Kolonien 153

## VIII. GROSSE INDUSTRIE

Wissenschaft wird Produktionsmittel des  
 Reichtums 156  
 Commodore Perry »öffnet« Japan 157  
 Zauberwort Technik 158  
 Chemiker und Bakteriologe Louis Pasteur 159  
 Kraftlinien – Feld – Wellen 160  
 Blitzanzeiger – Drahtlose Telephonie – SOS 161

Elektrotechnische Revolution 162  
 »Der Zauberer von Menlo Park« 163  
 Energie – Entropie – Motor 164  
 Selbstbeweglich – Automobil 165  
 »Bazillenvater« Robert Koch 166  
 Herr Alfred Nobel schreibt sein Testament 167  
 Nobelpreis für Physiologie oder Medizin 168  
 Die Mathematik entfaltet sich 169  
 Ausbau der chemischen Wissenschaften 170  
 Katalysator gleich Beschleuniger 171  
 Enzyme – Vitamine – Hormone 172  
 Aufschwung der chemischen Industrie 173  
 Paradoxien des Unendlichen – Mengenlehre 174  
 Fliegen schwerer als Luft 175  
 Wettlauf zu den Polen 176  
 Ein Mann – Zwei Pole 177  
 Eine neue Disziplin – Physikalische Chemie 178  
 Kathodenstrahlung – Elektron – X-Strahlen 179  
 Die Materie strahlt – Radioaktivität 180  
 Max Planck – Die Natur macht Sprünge 181  
 Albert Einstein – Relativitätstheorie 182  
 Umsturz im Weltbild 183  
 Blick in den Kristall 184  
 Wetterfront und Höhenstrahlung 185  
 Vom Lebensweg der Sterne 186  
 Mißbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse –  
 Erster Weltkrieg 187

## IX. WISSENSCHAFT HEUTE

Der Rote Oktober 190  
 Biochemie im Dienste der Medizin 191  
 »Über den Wolken. Unter den Wellen« 192  
 Eine Schule wird zerschlagen 193  
 Radio – Radar 194  
 Chemiefasern 195  
 Ernest Rutherford – Physik des Atoms 196  
 Hahn, Meitner, Straßmann – Das Atom zerplatzt 197  
 Der Zweite Weltkrieg 198  
 Der Bau der Atombombe 199  
 Atomenergie – Fluch oder Segen? 200  
 Elektrisches Teleskop – Fernsehen – Tonband 201  
 Elementarteilchen – Hochenergiephysik 202  
 Große Teleskope 203

Der Urknall 204  
 Rätsel um das Molekül 205  
 Wissenschaftlich-technische Revolution 206  
 Blaues Band und Jumbojet 207  
 »Nicht ewig bleibt die Menschheit auf der Erde« 208  
 Mensch im Kosmos 209  
 Satelliten und Sonden 210  
 Astronauten und Kosmonauten 211  
 Brot für alle 212  
 Datenverarbeitung – Computer 213  
 Fossile Rohstoffe 214  
 Mineralische Rohstoffe 215  
 Petrolchemie 216  
 Neue und erneuerbare Energiequellen 217  
 Erhaltung der Umwelt 218  
 Rohstoff Wasser 219  
 UNESCO, Organisation für Erziehung, Wissen-  
 schaft und Kultur 220  
 Kampf gegen die Fessel der Unwissenheit 221  
 Krebs – Geißel der Menschheit? 222  
 Herz-Kreislauf-Krankheiten 223  
 Gesundheit für alle bis zum Jahre 2000 224  
 Zusammenarbeit und Verantwortung 225

Verzeichnis der Abkürzungen 228  
 Statt eines Literaturverzeichnisses 229  
 Personenregister 230



albrecht DÜRER 1471



МОНГОЛИА  
MONGOLIA

4

**Die Naturwissenschaften sind ein unentbehrlicher Bestandteil der Bildung eines modernen Menschen.**

*Alexander Herzen*

**Verstand besteht nicht nur im Wissen, sondern auch in der Fähigkeit, das Wissen in der Tat anzuwenden.**

*Aristoteles*

**Die Wissenschaft soll kein egoistisches Vergnügen sein: Diejenigen, welche so glücklich sind, sich wissenschaftlichen Zwecken widmen zu können, sollen auch die ersten sein, die ihre Erkenntnisse in den Dienst der Menschheit stellen.**

*Karl Marx*

**Die Wissenschaft fängt eigentlich erst da an interessant zu werden, wo sie aufhört.**

*Justus von Liebig*

**Fast jeder Fortschritt der Naturwissenschaft ist mit einem Verzicht erkauft worden, fast für jede neue Erkenntnis müssen früher wichtige Fragestellungen und Begriffsbildungen aufgeopfert werden.**

*Werner Heisenberg*

**Das ewig Unbegreifliche an der Welt ist ihre Begreiflichkeit.**

*Albert Einstein*

# I. FRÜHZEIT

Im August 1981 fand in Rumäniens Hauptstadt Bukarest der XVI. Internationale Kongreß für Wissenschaftsgeschichte statt. Als Symbol dieser Begegnung von Wissenschaftshistorikern aus aller Welt diente eine aus prähistorischer Zeit und aus dieser geographischen Region stammende Figur, die uns heute sehr modern anmutet. In grübelnder Haltung scheint ein Mensch über die ihn umgebende Welt und ihre Geheimnisse nachzudenken (»Der Gelehrte von Cernavodă«, etwa 3000 v. u. Z.) (R 1981)

REPUBLICA SOCIALISTA ROMANIA

FIRST DAY COVER



„Al XVI-lea Congres internațional de istorie și științe” - 1981

București - România



## Der Mensch schafft sich selbst



Der Mensch ist ein ziemlich unvollkommenes Lebewesen – im Vergleich zu hochentwickelten Tieren: Er riecht, sieht und hört relativ schlecht. Er besitzt weder Hörner, Gebiß noch Krallen zur Verteidigung. Er kann nur langsam fliehen. Kein natürliches Haarkleid schützt ihn vor Witterungsunbilden. Zwei Eigenschaften aber, sich wechselseitig bedingend, zeichnen ihn vor allen Lebewesen aus: Er hat Verstand und die Fähigkeit zur gemeinsamen, gesellschaftlich organisierten Arbeit. Dies hob ihn in einer langen Entwicklung aus dem Tierreich heraus und ließ ihn zum Herren der Erde werden.

Noch kennen wir nur in Bruchstücken die viele Millionen Jahre umfassende Entwicklungsgeschichte des Menschen, von den hochentwickelten Primaten über Menschenähnliche und Urmenschen zum heutigen Menschen. Reste von »Menschen« im Übergangsfeld vom Tier zum Mensch, der bereits Werkzeuge aus Holz, Horn, Knochen und Stein herzustellen vermochte, wurden relativ zahlreich in Ostafrika und China und auf Java, seltener in anderen Gegenden der Erde gefunden. Fossile Reste sind zwischen 5 Millionen und 700 000 Jahre alt. Der Menschenähnliche lernte, aufrecht zu laufen. Die Urmenschen entwickelten kollektive Formen des Zusammenlebens; es gab eine natürliche Arbeitsteilung zwischen Mann und Frau, zwischen alt und jung; es formten sich Verhaltensnormen nach ethischen Gesichtspunkten. Sie verfügten über die Sprache als Mittel der Kommunikation und erwarben die Fähigkeit zur Herstellung von Werkzeugen, Waffen und Geräten.

Die folgenreichste Errungenschaft der frühen Menschheit war der Gebrauch des Feuers; die gegenwärtig früheste datierbare Feuerstelle dürfte ca. 350 000 Jahre alt sein. Feuer bedeutete Schutz vor Kälte und Raubtieren. Es gab Licht und lieferte die Möglichkeit, tierische und pflanzliche Eiweiße und Kohlehydrate der menschlichen Ernährung nutzbar zu machen. Die Verwendung des Feuers erlaubte die Besiedelung auch klimatisch ungünstiger geographischer Räume.

Die Herausbildung des heutigen Menschentyps, des homo sapiens (d. i. der mit Vernunft begabte Mensch), in mehreren Stufen war vor etwa 50 000 Jahren vollzogen. Damit war die biologische Evolution des Menschen im wesentlichen vollendet. Die nachfolgende Höherentwicklung der Menschheit war nahezu ausschließlich Ergebnis sozialer Prozesse.

Vier spielende Knaben und ein Hund entdeckten im September des Kriegsjahres 1940 in Südwestfrankreich eine weitausgedehnte Höhle, die von Lascaux. Faszinierende Wandmalereien aus der Steinzeit wurden gefunden: Hunderte von Tierdarstellungen, bis zu 5 m hoch, Menschen auf der Jagd, farbig ausgeführt in höchster künstlerischer Meisterschaft.

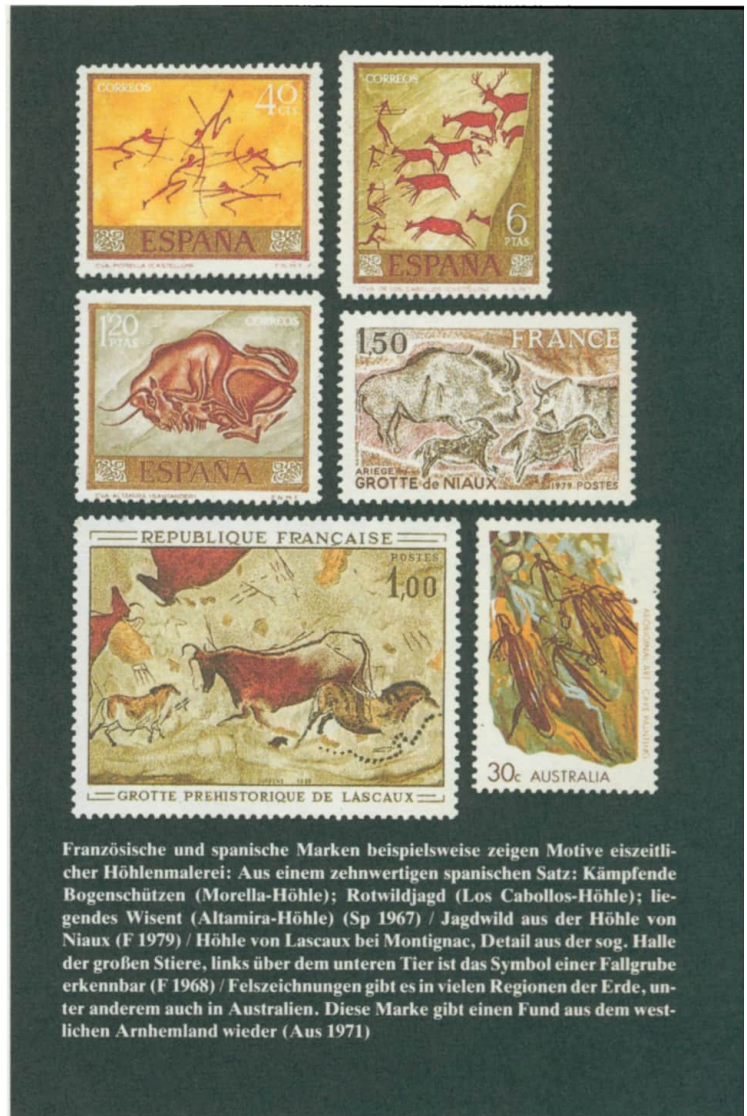
Die Höhle von Lascaux birgt die vielleicht eindrucksvollsten steinzeitlichen Kunstdenkmäler in Europa. Eine vergleichbare Vielheit findet sich noch in der von Altamira in Spanien: Gejagtes Wild, mit Pfeil und Bogen gegeneinander kämpfende oder gemeinsam jagende Menschen gehören zu den häufigsten Motiven. Demgegenüber treten Felszeichnungen andernorts in ihrer künstlerischen Aussagekraft zurück.

Die Höhlenmalereien von Lascaux und Altamira stammen – wie unzählige weitere in Süd-, West- und Mitteleuropa – aus der jüngeren Altsteinzeit und markieren einen etwa 15000 Jahre zurückliegenden kulturellen Höhepunkt. In anderen steinzeitlichen Kulturkreisen, z. B. in Osteuropa und Sibirien, dominierten statt der Wandzeichnungen plastische Darstellungen von Tieren und Menschen.

Die künstlerischen Zeugnisse geben uns detailreiche Einblicke in die Lebensweise der Menschen dieser Periode, in der letzten Eiszeit. Trupps, größere Jagdgesellschaften zogen den Tierherden nach und machten Jagd auf Mammut, Bison, Ren, Ziege; Pfeil und Bogen, Speer und Harpune sowie Fallgruben waren Hauptmittel der Jagd. Feuer und künstlerische Beleuchtung waren in Gebrauch. Differenzierte Werkzeuge und Geräte aus Stein, Knochen und Holz waren weit verbreitet. Aus jener Zeit lassen sich auch erste Wohnstätten, Erdhütten, außerhalb der Höhlen und Grotten nachweisen. Die Blutsverwandtschaft ließ festere gesellschaftliche Bindungen in Sippen oder Gens stabil werden; der Übergang zur Gentilgesellschaft bahnte sich an.

Das Überleben der Gruppe hing in erster Linie vom Jagdglück ab. Auf Beute mußten sich alle Anstrengungen richten, auch die geistigen. Wir haben viele Szenen der Höhlenmalerei als Jagdzauber zu verstehen, als Beschwörung des Jagderfolges. In der Vorstellung der Steinzeitjäger verlieh das Bild die Kraft, den Kampf um Nahrung und Kleidung erfolgreich zu bestehen.

## Höhlenmalerei – Zeugnisse der Steinzeitkultur



Französische und spanische Marken beispielsweise zeigen Motive eiszeitlicher Höhlenmalerei: Aus einem zehnwertigen spanischen Satz: Kämpfende Bogenschützen (Morella-Höhle); Rotwildjagd (Los Cabollos-Höhle); liegendes Wisent (Altamira-Höhle) (Sp 1967) / Jagdwild aus der Höhle von Niaux (F 1979) / Höhle von Lascaux bei Montignac, Detail aus der sog. Halle der großen Stiere, links über dem unteren Tier ist das Symbol einer Fallgrube erkennbar (F 1968) / Felszeichnungen gibt es in vielen Regionen der Erde, unter anderem auch in Australien. Diese Marke gibt einen Fund aus dem westlichen Arnhemland wieder (Aus 1971)

# Heilige Zeichen

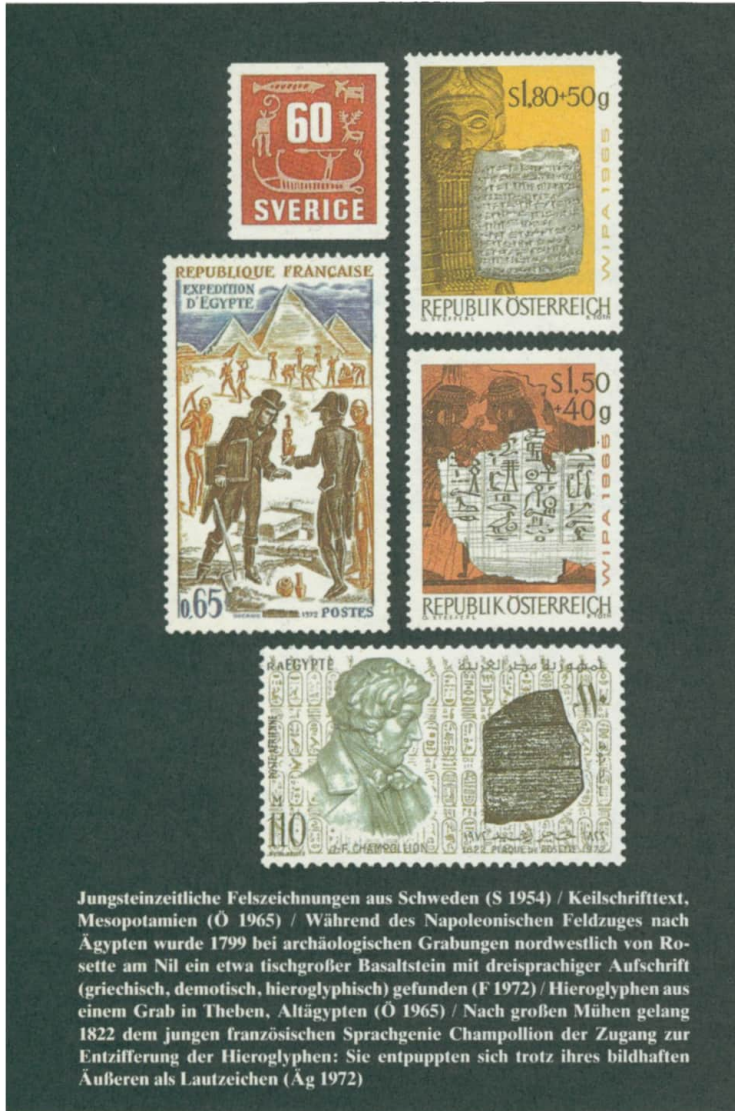
Noch während der Steinzeit hat die Menschheit eine Leistung von kaum zu überschätzender Bedeutung vollbracht, die Erfindung der Schrift. Nun tritt die Menschheit in ihre historische Periode ein und berichtet über ihre eigene Entwicklung. Namen von Völkern und Herrschern treten aus dem historischen Dunkel hervor. Juristische Gesetze, moralische Normen und religiöse Vorstellungen werden fixiert. Erlebnisse, Erfahrungen und Kenntnisse bei der Begegnung des Menschen mit der Natur und im Produktionsprozeß können leichter festgehalten und an andere Menschen an weit entfernten Orten und an künftige Generationen weitergegeben werden. Schriftliche Tradierung ist möglich geworden; eine historische Grundbedingung systematisch betriebener Naturforschung ist erfüllt.

Freilich war es ein langer Weg von Höhlenmalerei und Felszeichnungen bis zum Alphabet. Bereits in der Altsteinzeit hielten bildhafte Darstellungen zusammenhängende Gedankenverbindungen fest: Man spricht von Piktogrammen und Ideogrammen, die nach und nach stilisiert und festen Begriffen und später festen Lautgruppen zugeordnet wurden.

Derartige frühe, aus Bilderschrift hervorgegangene Schriftzeichen sind in den verschiedensten Kulturkreisen der Erde entstanden. Noch heute gibt es viele frühe Schriften, die allen Anstrengungen der Entzifferung widerstanden haben.

Die altägyptischen Schriftzeichen wurden von den Griechen »Hieroglyphen«, »Heilige Zeichen« genannt, da Tempel und Grabstätten reichlich Beschriftung erhalten hatten. Seit dem 4. Jahrtausend v. u. Z. legten die verschiedensten Völker Vorderasiens ihre Sprachen in Keilschrift nieder; mit Hölzchen wurden Kerben in Tontafeln eingedrückt, die, getrocknet oder gebrannt, die Jahrtausende überdauern haben. Die ersten Keilschrifttexte wurden seit 1802 durch den Göttinger Gymnasiallehrer Grotefend entziffert.

Der wesentliche Schritt der Auflösung der Sprache in Einzellaute und deren Zuordnung zu festen Zeichen, also die Prinziplösung durch ein Alphabet, dürfte nach den jetzigen archäologischen Funden am Ende des 2. Jahrtausends v. u. Z. vielleicht zuerst in Ugarit, einer Mittelmeerstadt im heutigen Syrien, gelungen sein und durch das Händler- und Seefahrervolk der Phönizier im Mittelmeerraum verbreitet worden sein.



Jungsteinzeitliche Felszeichnungen aus Schweden (S 1954) / Keilschrifttext, Mesopotamien (Ö 1965) / Während des Napoleonischen Feldzuges nach Ägypten wurde 1799 bei archäologischen Grabungen nordwestlich von Rosette am Nil ein etwa tischgroßer Basaltstein mit dreisprachiger Aufschrift (griechisch, demotisch, hieroglyphisch) gefunden (F 1972) / Hieroglyphen aus einem Grab in Theben, Altägypten (Ö 1965) / Nach großen Mühen gelang 1822 dem jungen französischen Sprachgenie Champollion der Zugang zur Entzifferung der Hieroglyphen: Sie entpuppten sich trotz ihres bildhaften Äußeren als Lautzeichen (Äg 1972)

Die Fortentwicklung der Existenzweise der Menschen am Beginn der Gentilgesellschaft wurde begleitet und teilweise sogar erst ermöglicht durch Kenntnisse, Entdeckungen und Erfindungen, die wir heute den Naturwissenschaften zurechnen.

Im 8. Jahrtausend v. u. Z. vollzog sich in einigen Regionen der Erde die Trennung in Ackerbauern und Viehzüchter, die die natürliche Arbeitsteilung zwischen Mann und Frau und jung und alt überlagerte. Menschliche Siedlungen konzentrierten sich in Flußtälern und Berglandzonen. Dem Sammeln von Wildgetreide, Wurzeln und Früchten folgte nun der Anbau von Pflanzen, aus denen Kulturpflanzen wie Gerste, Emmer, Weizen, Hirse, Reis, Mais und Bohnen gezüchtet werden konnten. Zugleich wurde der Zusammenhang zwischen Aussaat, Keimen, Wachsen, Bewässerung und Ernte erkannt und, wenn auch noch in mystifizierter Form, von Fruchtbarkeitsriten widerspiegelt. Viehzucht beruhte ebenfalls auf der Ausnutzung von biologischen Gesetzmäßigkeiten, u. a. auf dem Einblick in das, was wir Selektion und Vererbung nennen. Die Domestikation von Wildtieren gelang wohl am frühesten bei Wildziege, Wildschwein und Wildschaf, später bei dem relativ schwer zähmbaren Wildrind und beim Lama. Noch später wurden Büffel und Elefanten als Arbeitstiere in den Dienst des Menschen gestellt. Der Hund wurde zum treuen Begleiter des Menschen.

Die Seßhaftigkeit der Ackerbauern (wenigstens für eine gewisse Zeit bis zur Erschöpfung des Bodens) schuf Voraussetzungen für die Weiterentwicklung handwerklicher Fertigkeiten, beim Spinnen, Weben, Töpfeln. Nach archäologischer Forschung dürfte die Metallgewinnung im Norden des jetzigen Persien aufgekommen sein, die Herstellung von Bronze als Legierung von Zinn und Kupfer etwa um 3000 v. u. Z. bei den Sumerern, die Verhüttung von Eisenerzen etwa um 1400 v. u. Z. im Kaukasus. Die Differenzierung der gesellschaftlichen Arbeit schuf das Grundinteresse an Formen des Austauschs der Produkte; der Handel erzwang Formen von Verkehrsverbindungen und begünstigte die Ausbildung der Fähigkeiten zum Zählen und Rechnen.

Es ist kaum möglich, die Bedeutung der gesellschaftlichen Arbeitsteilung in Ackerbauer und Viehzüchter zu überschätzen. Historiker nennen diesen Komplex von Umgestaltungen daher häufig agrarische Revolution.

## Ackerbauern und Viehzüchter



Prähistorische Brücke in England (GB 1968) / Keramik-Vogel, Bronzezeit (Sch 1974) / Bronzedolche, Mitte 2. Jahrtausend v. u. Z. Vermutlich wurde Bronze im 3. Jahrtausend v. u. Z. im Vorderen Orient erstmals hergestellt (Sch 1975) / Symbolische Darstellung der Entstehung des elementaren Rechnens (Nik 1971) / Detail aus dem sog. Rinderfries des Löwentempels in Musawwarat, im heutigen Sudan (DDR 1970) / Der legendäre griechische Held Herakles fing u. a. einen wilden Eber, Darstellung aus dem 5. Jh. v. u. Z. Von den Römern als Herkules verehrt, stand sein Altar auf dem Rindermarkt des antiken Rom (Gr 1970)

# Städte und Staaten



Mohenscho-Daro besaß zur Mitte des 3. Jahrtausends v. u. Z. ein hervorragendes Kanalisationssystem (Om 1977) / Glasierte Kacheln schmückten das Ischtartor und die Prozessionsstraße in Babylon, 6. Jh. v. u. Z. (DDR 1966) / Auch die Kleidung der ägyptischen Pharaonen spiegelt die unerhörte Entfaltung von Macht und Prunk wider (Äg 1969) / Die Ruinen-Stadt Machu Picchu der Inka, im heutigen Peru. Das Inkareich befand sich am Ende des 15. Jh. auf dem Höhepunkt seiner Ausdehnung. Bald darauf wurde es von den Spaniern zerstört (Sp 1978) / König Kyros II. begründete das altpersische Großreich. Zentralpalast in Persepolis (Ind 1971)

Am Ende des 4. Jahrtausends v. u. Z. begann in einigen Gegenden der Erde die Gentilgesellschaft rasch zu zerfallen. Angesehene und bevorrechtete Stellung von Einzelpersonen, Entstehung von Privateigentum, vor allem die Differenzierung des gesellschaftlichen Produktionsprozesses führten zur Entstehung von Klassengesellschaften, so im Zwischenstromland zwischen Euphrat und Tigris am Ausgang des 4. Jahrtausends v. u. Z., ungefähr um 3 000 im Niltal, um 2 500 im Indus, um 1 500 in China, um 800 v. u. Z. in Mittelamerika. Im ersten Jahrtausend v. u. Z. betraten dann Griechen, Etrusker und Römer den Schauplatz der Geschichte. Fruchtbares Schwemmland in den großen Flußtälern und künstliche Wasserregulierung ermöglichten es bei straffer Arbeitsorganisation, einen Überschuß an Nahrungsmitteln zu erzeugen und die Bevölkerung in rasch sich vergrößern den Städten mitzuversorgen. Dort konnten sich Handwerk und Gewerbe entfalten.

In historisch kurzer Frist tat die Menschheit gewaltige Schritte nach vorn, trotz der Unterdrückung und Ausbeutung der übergroßen Mehrheit der Bevölkerung durch Herrscher und Priester. Die Ruinen aus jener Zeit, die Reste von Palästen und Städten, von Tempeln und Befestigungen, erwecken noch heute Bewunderung: die Pyramiden in Ägypten, die Tempel der mittelamerikanischen Maya, das alte Babylon, die Städte Mohenscho-Daro und Harappa aus der bronzezeitlichen Induskultur.

Neue und erweiterte Möglichkeiten der Gewinnung und Verarbeitung von Bronze und schließlich des Eisens, der Gebrauch der Töpferscheibe und die Erfindung des Rades, neue Konstruktionsprinzipien für Schiffe und die Ausnutzung tierischer Kraft zum Tragen und Ziehen begünstigten weitreichende Umwälzungen im Handwerk und in der gesellschaftlichen Austauschphäre. Der Handel wurde zum selbständigen Tätigkeitsfeld, Geld zum anerkannten Tauschäquivalent.

Der große Sprung in der Menschheitsentwicklung beruhte somit einerseits auf zunehmender Einsicht in Gesetzmäßigkeiten der Natur und gab andererseits neue Anstöße zur Beschäftigung mit »mathematischen«, »astronomischen«, »physikalischen«, »chemischen«, »biologischen« und »geographischen« Problemen – wenn wir die damals noch ganz handgreiflichen Fragestellungen in unsere heutige Terminologie einordnen.

Blitz und Donner, Regen und Sturm, Meere und Vulkane mußten von den Menschen der Frühzeit als bedrohende oder als lebensspendende Kräfte, als unverständliche und unheimliche Mächte empfunden werden. Dazu kam das Geschehen am Himmel, das Auftauchen und Verschwinden der Sonne, der Lauf der Planeten, der Gestaltwechsel des Mondes, welcher als Leben und Sterben gedeutet wurde. Überdies mußten geheimnisvolle Beziehungen zwischen Himmel und Erde bestehen, wie Ebbe und Flut oder die Übereinstimmung der Perioden von Mondphasen und Menstruation zu beweisen schienen.

Was lag näher, als Himmelskörper und die noch unerklärbaren Naturgewalten als Götter zu personifizieren, deren Wohlwollen durch Opfer und religiöse Kulthandlungen erreicht werden konnte. In den Trockengebieten der Erde – etwa in Mittelamerika, Vorderasien, Afrika – sollten reiche Gaben, Menschenopfer sogar, den lebensnotwendigen Regen herbeizwingen. In vielen Kulturen gab es Mondgötter und Donnergötter, in Altmexiko, in Vorderasien, im alten China, bei den Germanen. Uralt, bis in die Jungsteinzeit zurückreichend, ist auch die mystische Beziehung zwischen dem Mond, der sichelförmige Phasen zeigt, und Fruchtbarkeitsriten rund um den Stier mit seinen sichelförmigen Hörnern.

Frühe Dokumente aus Vorderasien zeigen weitverbreitete Verehrung für Sterngötter. Aus babylonischen Traditionen ist auch der Sterngötterglaube in die griechische Sagenwelt eingeflossen. In der europäischen Kultur sind die griechisch-römischen Götternamen zusammen mit ihrem Symbolgehalt noch heute lebendig: Zeus bzw. Jupiter als oberster der Götter, Hermes bzw. Merkur als Götterbote und Gott des Handels, Ares bzw. Mars als Kriegsgott, Kronos bzw. Saturn als Unglücksbringer, Aphrodite bzw. Venus als Göttin der Schönheit und der Liebe.

Besondere Verehrung genoß bei allen Völkern die Sonne. Nach einer altägyptischen Vorstellung fuhr der Sonnengott täglich auf einem Boot auf dem Weltfluß am Rande der Erdscheibe vorbei. In Trundholm auf der dänischen Insel Seeland wurde 1902 ein aus Bronze bestehender, ca. 60 cm langer Sonnenscheibenwagen gefunden, pferdebespannt, der als Prozessionswagen gedient hatte. Auch in anderen Kulturen, z. B. der griechischen, stand das Pferd in enger Beziehung zum Sonnenkult.

## Donnergott und Sonnenscheibe



Die sog. Sonnenbarke aus der Zeit des altägyptischen Königs Cheops, um 2700 v. u. Z. (Äg 1974) / Rekonstruktion des Sonnenwagens von Trundholm, Mitte 2. Jahrtausend v. u. Z. (Dk 1957) / Aus Anlaß des 500. Geburtstages von Nicolaus Copernicus erschien in Burundi ein aus Zusammendrucken bestehender achtwertiger Satz astronomischen Inhalts. Hier sind die klassischen griechisch-römischen Hauptgötter – unter ihnen Neptun, der Meeresherr, mit dem Dreizeck – wiedergegeben, deren Namen zur Bezeichnung der Planeten noch heute verwendet werden (Bur 1973) / Bronzestatue des Zeus, der sog. niederschmetternde Zeus, zwischen 750 und 500 v. u. Z. (Gr 1937)

# Die Leistung der Schreiber



Der legendenumwobene Inhotep (Äg 1928) / Er soll Konstrukteur der ersten großen Pyramide, der Stufenpyramide von Sakkara (Äg 1973) für König Djosser (Begründer des Alten Reiches) und dessen Leibarzt gewesen sein / Ernte im Alten Reich, Sakkara (Äg 1931) / Im Zusammenhang mit der Sitte des Mumifizierens der Leichen hochgestellter Persönlichkeiten stand die altägyptische Medizin auf relativ hohem Niveau, wie der in Leipzig aufbewahrte sog. Papyrus Ebers bezeugt (DDR 1981) / Toth, der ägyptische Gott der Weisheit, schreibt Hieroglyphen (Äg 1925)

In Ägypten wurde, wie anfangs in vielen Gegenden der Erde, ursprünglich nach einem Mondkalender gerechnet. Da aber die jährlichen Nilüberschwemmungen regelmäßig eintreten, konnte man in Ägypten die Jahreslänge schon recht genau zu 365 Tagen bestimmen und zum Sonnenkalender übergehen.

Hochentwickelt war auch die ägyptische Mathematik. Bestimmung des Inhalts von Flächen und einfachen Körpern, Bruchrechnung und lineare Gleichungen wurden sicher beherrscht. Das Glanzstück war die korrekte Angabe des Volumens eines Pyramidenstumpfes; diese Aufgabe wird in dem in Moskau aufbewahrten Papyrus bewältigt. Das ägyptische Zahlensystem war dezimal aufgebaut, aber kein Positionssystem. Jede Zehnerpotenz bis  $10^6$  besaß eine eigene Hieroglyphe. So bezeichnete ein kleiner Frosch die große Zahl 100 000, weil es im Nildelta außerordentlich viele Frösche gab. Auch ein erster »Mathematiker« ist uns namentlich bekannt: Der Schreiber Ahmes bezeichnet sich selbst als Verfasser einer nach älteren Vorlagen im 17. Jh. v. u. Z. niedergeschriebenen Papyrus mit mathematischem Inhalt; das kostbare Dokument befindet sich jetzt in London.

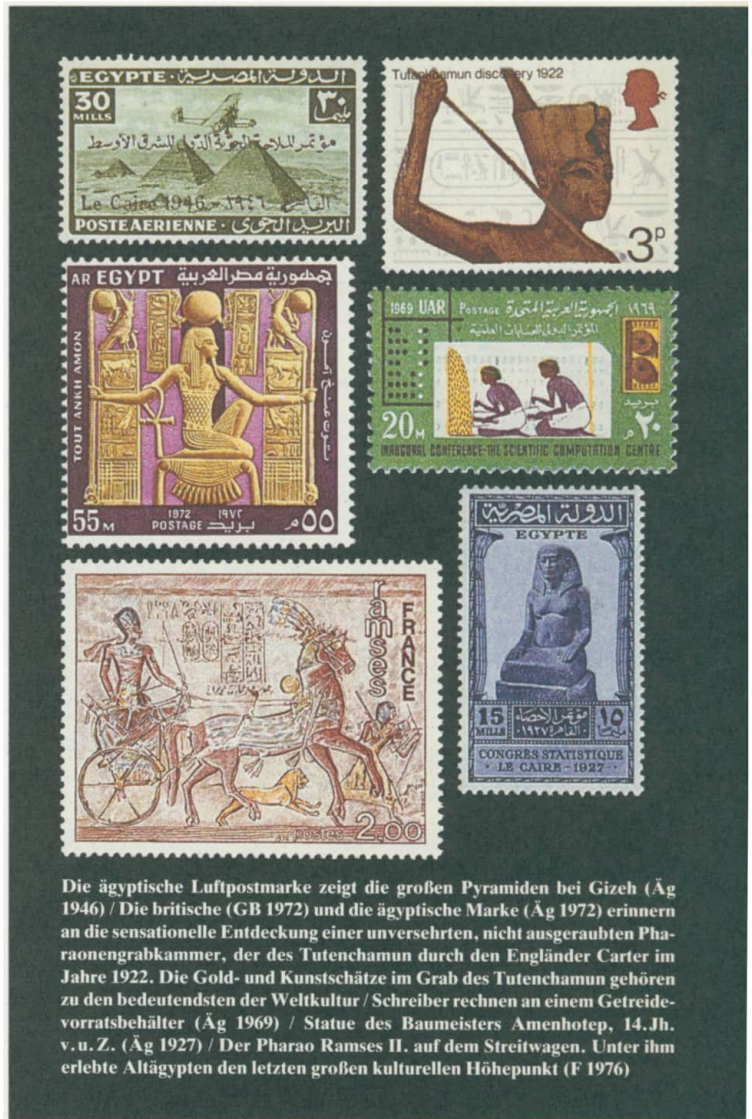
Sehr früh schon wurde ein einheitliches Längenmaß, die »königliche Elle« festgesetzt. Daraus wurden die Maße für Fläche und Volumen abgeleitet. Getreidemengen wurden in Scheffeln gemessen, Massen mittels Stein- oder Bronzegewichten auf Waagen bestimmt. Die früheste Darstellung einer Waage, die anfangs nur von Juwelieren benutzt wurde, stammt etwa aus der Mitte des 3. Jahrhunderts v. u. Z.

Eine komplizierte Metallurgie zur Herstellung von Bronzeerät – Erzgewinnung und -transport, Bau von Schmelzöfen, Anfertigung der Gußformen, Transport von flüssigem Metall, Erprobung des Mischungsverhältnisses von Zinn und Kupfer – wurde seit dem 2. Jahrtausend v. u. Z. in großem Umfang ausgeübt. Auch Glas und buntglasierte Ziegel wurden im alten Ägypten hergestellt. Dem in jungen Jahren verstorbenen Pharaos Tutenchamun, dessen Grab eine überwältigende Menge an Gold und Edelsteinen enthielt, ist als wertvollste Kostbarkeit ein Stückchen Eisen beigegeben worden. Noch war die Eisengewinnung schwierig, da die zur Verhüttung von Eisenerzen notwendigen Temperaturen kaum erzeugt werden konnten.

Seit der Entzifferung der Hieroglyphenschrift vermitteln uns zahlreiche Inschriften an Kult- und Begräbnisstätten, eine Vielzahl auf Papyrus geschriebener Texte und nicht zuletzt die Ergebnisse angestrebter archäologischer Forschung ein insgesamt doch ziemlich deutliches Bild von der politischen Geschichte, der Religion und den Lebens- und Arbeitsbedingungen im alten Ägypten. Göttergleich verehrte Herrscher, mächtige Priester, reiche Tempel, Massen armer Bauern und Sklaven kennzeichneten die gesellschaftliche Struktur Altägyptens. Als Symbol der Machtentfaltung und zugleich als Zeugen hochentwickelter Technologie beeindruckten uns noch heute die Pyramiden. Die größte, die um 2700 v. u. Z. für König Cheops errichtete Pyramide besaß bei quadratischer Grundfläche eine Seitenlänge von ca. 230 m und eine Höhe von 146 m (zum Vergleich: Das Völkerschlachtdenkmal in Leipzig ist 91 m hoch). Man schätzt, daß etwa 50 000 Menschen 50 Jahre lang ständig an der Cheopspyramide gearbeitet haben. Noch weiß man nicht im einzelnen, wie die viele Tonnen schweren Steinblöcke übereinandergestürzt worden sind. Die ägyptischen Steinmetzen haben Feinstarbeit geleistet; zwischen die Blöcke läßt sich oft nicht einmal ein Blatt Papier schieben.

In der altägyptischen Klassengesellschaft bildeten sich Vorformen des Berufsstandes des Wissenschaftlers heraus. Es gab Ärzte und die sog. Schreiber, also des Schreibens und Lesens kundige Männer, die als eine Art von Beamten die Verwaltung des Reiches organisierten und selbst den herrschenden Kreisen angehörten. Zu ihren Aufgaben gehörten die Eintreibung der Steuern, die Verpflegung und Versorgung der riesigen Arbeitshere und der Armeen bei den Kriegszügen, die Berechnung von Kanälen, Stauseen und Bauwerken, das Neuvermessen der Felder nach dem Rückgang der jährlichen Nilüberschwemmungen, die Festsetzung der Termine von Aussaat und Ernte. Das alles erforderte, modern ausgedrückt, astronomische, mathematische, technologische und mancherlei naturwissenschaftliche Kenntnisse. Es gehört zu den Glücksfällen der Wissenschaftsgeschichte, daß sich im trockenen Wüstenklima Ägyptens einige zusammenhängende Papyri erhalten haben, die uns über den Stand der Mathematik, der Medizin und der Astronomie im alten Ägypten unterrichten.

## Pharaonen und Pyramiden



Die ägyptische Luftpostmarke zeigt die großen Pyramiden bei Gizeh (Äg 1946) / Die britische (GB 1922) und die ägyptische Marke (Äg 1972) erinnern an die sensationelle Entdeckung einer unversehrten, nicht ausgeraubten Pharaonengrabkammer, der des Tutenchamun durch den Engländer Carter im Jahre 1922. Die Gold- und Kunstschätze im Grab des Tutenchamun gehören zu den bedeutendsten der Weltkultur / Schreiber rechnen an einem Getreidevorratsbehälter (Äg 1969) / Statue des Baumeisters Amenhotep, 14. Jh. v. u. Z. (Äg 1927) / Der Pharao Ramses II. auf dem Streitwagen. Unter ihm erlebte Altägypten den letzten großen kulturellen Höhepunkt (F 1972)

## Land zwischen den Strömen



Das fruchtbare Land zwischen Euphrat und Tigris (Zwischenstromland, Mesopotamien, wie es die Griechen später nannten) hat seit dem 4. Jahrtausend v. u. Z. bedeutende Hochkulturen hervorgebracht und mit dem Auftreten der Sumerer, Akkader, Assyrer, Perser, Griechen und Römer mächtige Reiche kommen und gehen sehen. Berühmt waren die Städte Ur, Ninive und Nippur, glanzvoll die Stadt Babylon, die unter König Hammurapi und noch einmal unter Nebukadnezar II. Blütezeiten erlebte.

Geplasterte, mit Asphalt vergossene Straßen, steinerne Brücken – bis zu 300 m lang über den Euphrat – und regelmäßiger Postdienst verbanden die Städte untereinander. Das Rad – als Wagenrad und als Töpferscheibe – kam zuerst in dieser Gegend der Erde in ständigen Gebrauch. Seit 2500 v. u. Z. verwendete man Pferde zum Ziehen. Neben der Produktion von Bronze durch Ausschmelzen eines Gemenges von Zinn- und Kupfererzen wurde seit etwa 1400 v. u. Z. Eisen gewonnen, eine Erfindung von größter welthistorischer Tragweite, die dem legendenumwobenen kaukasischen Berg- und Schmiedevolk der Chalyber zugeschrieben wird. Eisen veränderte die Waffentechnik, machte Völker anderen militärisch überlegen und erhöhte sprunghaft die Produktivität der gesellschaftlichen Arbeit.

Man schrieb in Mesopotamien seit sumerischer Zeit in Keilschrift, indem man mit einem Schilfrohr und später mit einem angespitzten Hölzchen in Ton Keile und Haken eindrückte. Getrocknet und gebrannt haben Keilschrifttafeln die Jahrtausende überstanden; ganze »Bibliotheken« sind bei Ausgrabungen gefunden worden. So sind wir informiert über Herrscher und Kriege, über Handel, Gesetze, Völker und Städte. Neben tiefen Einsichten in den Stand der damaligen Wissenschaften – insbesondere Mathematik und Astronomie erreichten in Mesopotamien einen beeindruckenden Entwicklungsstand – ist uns sogar »schöngestige Literatur« erhalten geblieben. Eins der beeindruckendsten Zeugnisse früherer Dichtkunst, dessen Vorlagen weit ins 2. Jahrtausend v. u. Z. zurückreichen, ist das babylonische Epos von den Taten des volkstümlichen Helden Gilgamesch. Dem Epos ist u. a. ein Bericht über eine große Überschwemmung beigegeben, der seinerseits im Alten Testament in der Sintflutlegende von Noah, seiner Arche und der Rettung der Tiere vor der großen Flut weiterlebt.

Das Alte Testament berichtet auch – aus der Sicht des jüdischen Volkes – über die sog. babylonische Gefangenschaft und über den gewaltigen Turmbau von Babel. Der Turm stürzte aber ein, da »Gott, um die Hybris der Menschen zu strafen, die Bauleute mit Sprachverwirrung schlug und sie sich nicht mehr untereinander verständigen konnten«. Tatsächlich hat man bei den Ausgrabungen von Babylon zu Ende des 19., Anfang des 20. Jh. auch die Reste eines riesigen Tempelturmes gefunden. Ähnliche, stufenförmig angelegte Türme, freilich nicht von dieser Größe, hat es in vielen mesopotamischen Städten gegeben. Diese Türme – Zikkurat genannt – könnte man als eine Art von Sternwarten ansehen. Kreilschrifttafeln belegen, daß die Bewegungen des Mondes – man benutzte einen Mondkalender – und der sonnennächsten Planeten Merkur und Venus sorgfältig registriert wurden. Seit etwa 700 v. u. Z. waren die wichtigsten Periodizitäten am Himmel, wie z. B. die Umlaufzeiten der Planeten, bekannt, und man vermochte so, Sonnen- und Mondfinsternisse vorherzusagen. Freilich dienten die astronomischen Kenntnisse vorwiegend astrologischen Zwecken, etwa der Prophezeiung von Glück oder Unglück bei Kriegszügen. Erst in spätbabylonischer und hellenistischer Zeit wurde es üblich, auch über das Schicksal von Einzelpersonen aus den Sternkonstellationen Voraussagen zu treffen.

Mesopotamien verfügte über wenig Rohstoffe. Erze, Holz und Metalle mußten herangeführt werden. Der Handel stand in hoher Blüte und mit ihm die Rechenkunst. Seit altersher war ein hochentwickeltes Zahlensystem in Gebrauch, ein Positionssystem zur Basis 60, das seit ungefähr 600 v. u. Z. sogar ein inneres Lückenzeichen, eine Art Null, enthielt. Da das kleine Einmaleins im Sexagesimalsystem bis 59 mal 59 reicht, unterstützen Multiplikationstabellen die Schreiber bei der Arbeit. Die Reichweite der Rechenmethoden umfaßte Zins- und Zinseszinsrechnung, arithmetische und geometrische Reihen, lineare und quadratische Gleichungen sowie Gleichungen höheren Grades und sogar Gleichungssysteme.

Das bequeme babylonische Sexagesimalsystem wurde in hellenistischer Zeit insbesondere von den Astronomen, z. B. Ptolemaios, benutzt. So kommt es, daß wir noch heute den Vollkreis in 360 Grad, die Stunde in 60 Minuten, die Minute in 60 Sekunden einteilen.

## Zikkurat und Astrologen



**Jede Zeit hat ihre Aufgabe, und durch die Lösung derselben  
rückt die Menschheit weiter.**

*Heinrich Heine*

**Viel Gewaltiges gibt es  
Aber nichts ist gewaltiger als der Mensch  
Das graue Meer bezwingt er  
Vom Sturmwind vorangetrieben  
Durch türmenden Wogenswall  
Mit der Erde, der verehrungswürdigen  
Der ewig rastlosen, quält er sich ab  
Jahr für Jahr wälzt mit dem Pfluge er sie um  
Ihn meisternd durch die Kraft des Pferdes**

*Sophokles*

**Auch die Wissenschaft hat ihre Zeit der Unmündigkeit,  
wenn sie eben anfängt und noch fast kindisch ist;  
dann ihre Jugend, wenn sie üppig und übermütig ist; darauf ihre  
Mannesjahre, wenn sie gesetzt und gebändigt ist;  
und endlich ihr Greisenalter, wenn sie trocken  
und erschöpft ist.**

*Francis Bacon*

## II. ANTIKE

Die antike griechisch-hellenistische Kultur reicht mit den von ihr geschaffenen Traditionen und mit ihren großartigen Zügen in Philosophie und Wissenschaft, in darstellender und bildender Kunst bis tief in unsere Gegenwart hinein.

Statue der Athena und verwundete Amazone. Zwei Werke des wohl bedeutendsten griechischen Bildhauers, des Phidias, der wesentlich an der künstlerischen Ausgestaltung der Akropolis in Athen beteiligt war (DDR 1983)



Staatliche Museen zu Berlin,  
Hauptstadt der DDR  
Antiken-Sammlung

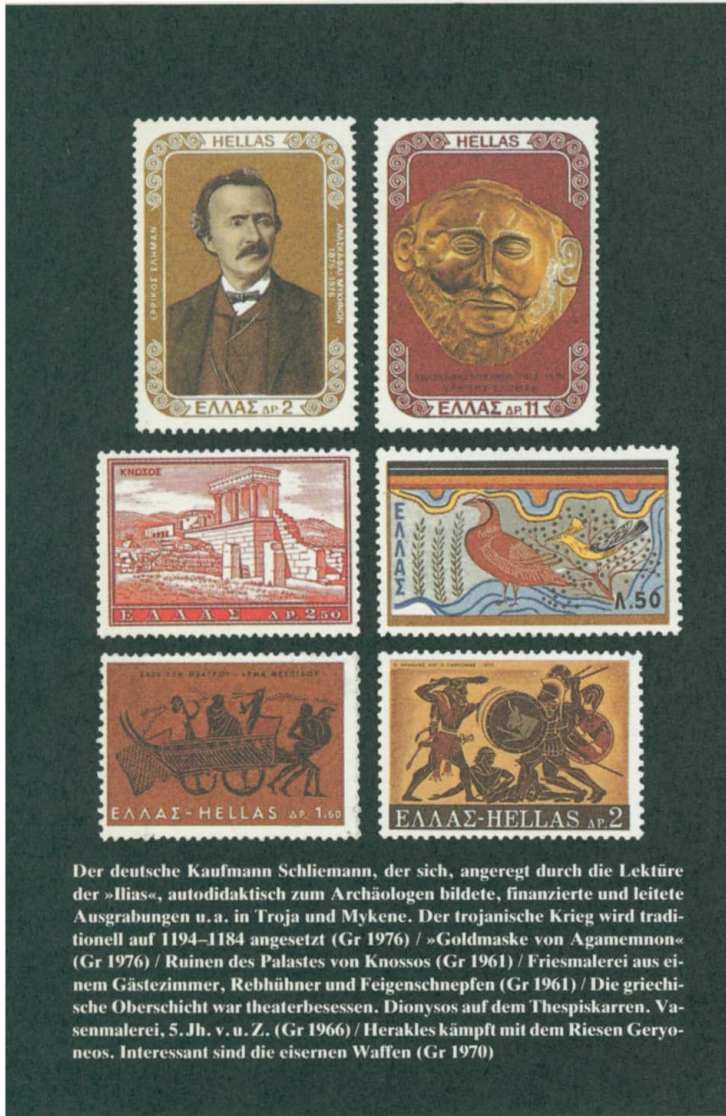


# Troja – Minotauros – Zyklopen

Die hellenischen Völker haben uns aus ihrer Frühzeit unvergängliche literarische Werke hinterlassen. Der schon während der Antike zum Mythos erhobene, angeblich blinde Dichter Homer, der vermutlich im 8. Jh. v. u. Z. lebte, darf als Verfasser der »Ilias« gelten, während die ihm vielfach auch zugeschriebene »Odyssee« aus späterer Zeit stammen dürfte. Die »Ilias« schildert Hauptepisoden des Kampfes der Griechen um die kleinasiatische Stadt Troja (oder Ilion). Am Kampf der irdischen Helden Achilles, Agamemnon, Patrokles, Hektor und Priamos nehmen auch die Götter teil. Die »Odyssee« berichtet von Heldentaten und Irrfahrten des Odysseus auf dem Meere. Und um den Helden Herakles (römisch Herkules), den Sohn des Zeus, ranken sich geradezu ungläubliche Geschichten vom Kampf mit Riesen, Fabelwesen, Raubtieren und Ungeheuern, mit dem Höllenhund Kerberos, mit Zentauren, halb Mensch, halb Pferd, mit der neunköpfigen Schlange Hydra, deren abgeschlagene Köpfe verdoppelt wieder nachwachsen. Alle diese Geschichten, auch die vom Sieg über den kretischen Stier, haben seit der Antike vielfältig Vorlagen auch für die bildende und darstellende Kunst abgegeben. Die Sagen der frühen Antike spiegeln in dichterischer Form tiefgreifende Veränderungen im östlichen Mittelmeerraum wider, die seit dem 2. Jahrtausend eingetreten waren: den Gebrauch von Metallen, die Wanderung von Stämmen, kulturelle Leistungen, den Kampf um Land, Inseln, Städte.

Eine bronzezeitliche Hochkultur blühte zwischen 2500 und 1300 v. u. Z. auf der Insel Kreta; sie wird kretische oder, nach dem sagenhaften König Minos, minoische Kultur genannt. Noch heute erregen die Ruinen des Palastes von Knossos mit ihren farbigen Fresken Bewunderung, und die Geschichten vom Labyrinth, vom Minotauros – halb Mann, halb Stier, der athenische Mädchen und Jünglinge als Opfer forderte und von Theseus und der kretischen Prinzessin Ariadne besiegt wird – beflügeln unsere Phantasie.

Auf dem griechischen Festland bestand um die Mitte des 2. Jahrtausends eine weitere hochstehende Kultur, die nach ihrem Zentrum Mykene (auf dem Peloponnes) mykenisch genannt wird. Sie zeichnete sich durch eine großartige Architektur aus; die Griechen späterer Zeit schrieben daher den Ursprung dieser mächtigen Bauwerke einäugigen Riesen, Zyklopen, zu.



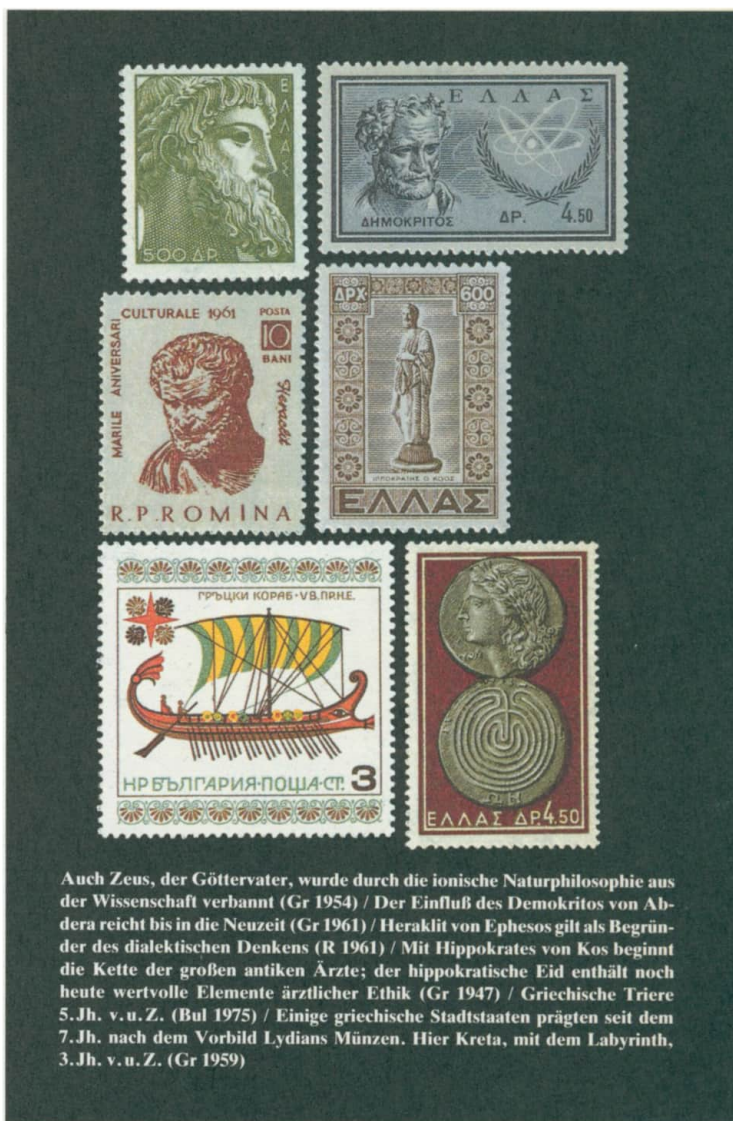
Der deutsche Kaufmann Schliemann, der sich, angeregt durch die Lektüre der »Ilias«, autodidaktisch zum Archäologen bildete, finanzierte und leitete Ausgrabungen u. a. in Troja und Mykene. Der trojanische Krieg wird traditionell auf 1194–1184 angesetzt (Gr 1976) / »Goldmaske von Agamemnon« (Gr 1976) / Ruinen des Palastes von Knossos (Gr 1961) / Friesmalerei aus einem Gästezimmer, Rebhühner und Feigenschneppen (Gr 1961) / Die griechische Oberschicht war theaterbesessen. Dionysos auf dem Thespiskarren. Vasenmalerei, 5. Jh. v. u. Z. (Gr 1966) / Herakles kämpft mit dem Riesen Geryoneos. Interessant sind die eisernen Waffen (Gr 1970)

Zwei große Einwanderungswellen (Achäer im 19. Jh., Dorer und Ionier im 13./12. Jh. v. u. Z.) aus dem Norden waren über das griechische Festland, die ägäische Inselwelt und die kleinasiatische Küste hinweggegangen. Nach und nach formten sich die hellenischen Stämme. Längs der Küsten des Schwarzen Meeres und des Mittelmeeres, in Nordafrika, Italien, Sizilien, Frankreich und Spanien entstanden im 8./7. Jh. v. u. Z. griechische Pflanzstädte. Handwerk und Seehandel entwickelten sich rasch. Sklavenarbeit wurde zu einem wesentlichen Element der antiken Produktion.

Eine reiche Oberschicht erhielt die Möglichkeit, sich aus dem unmittelbaren Produktionsprozeß herauszulösen. Nach antiker Überlieferung gehört der Kaufmann Thales aus der reichen Handelsstadt Miletos zu den ersten, die – in Berührung mit den alten Kulturzentren Mesopotamien und Ägypten – den Weg zu einer wissenschaftlichen Weltbetrachtung ebneten. Die Ursachen des Naturgeschehens wurden nicht mehr im Wirken von Göttern und Geistern gesehen, sondern in der Natur selbst gesucht, in den in ihr wirkenden Gesetzen. Eine welthistorische Wende, der Übergang zur Naturwissenschaft bahnt sich an. Thales soll weit herumgekommen, in Ägypten und Mesopotamien gewesen sein. Er habe mittels ähnlicher Dreiecke die Höhe der Pyramiden vermessen, u. a. Kongruenzsätze am Dreieck und den Satz über die Winkelsumme im Dreieck bewiesen und die Sonnenfinsternis vom 25. Mai 585 v. u. Z. vorhergesagt. Und während er als Urgrund aller Dinge das Wasser angesehen haben soll, sprach sein Freund und Schüler Anaximandros aus Miletos von einem abstrakten »apeiron« (das Unbegrenzte) als Urstoff und bildete konsequent materialistische Erklärungsmuster für das Naturgeschehen. Er selbst gilt als Urheber einer ersten Erdkarte und eines Himmelsglobus, als Erfinder den Gnomons (Schattenstab) und der Sonnenuhr. Donner und Blitz sind für ihn Erscheinungen von Wolkenbewegungen und nicht Zeichen von Götterzorn; aus Schlamm entstehen Lebewesen im Sinne einer natürlichen Evolution.

Leukippos und seinem Schüler Demokrit ist eine umfassende materialistische Atomlehre zu danken: Es gibt unendlich viele kleine Teilchen, die unteilbar (atomos) sind. Sie bewegen sich im leeren Raum und ihr Zusammenstreuen und ihr Sichtrennen macht die Veränderungen in der Natur aus.

## Ionische Naturphilosophie – Vom Mythos zum Logos



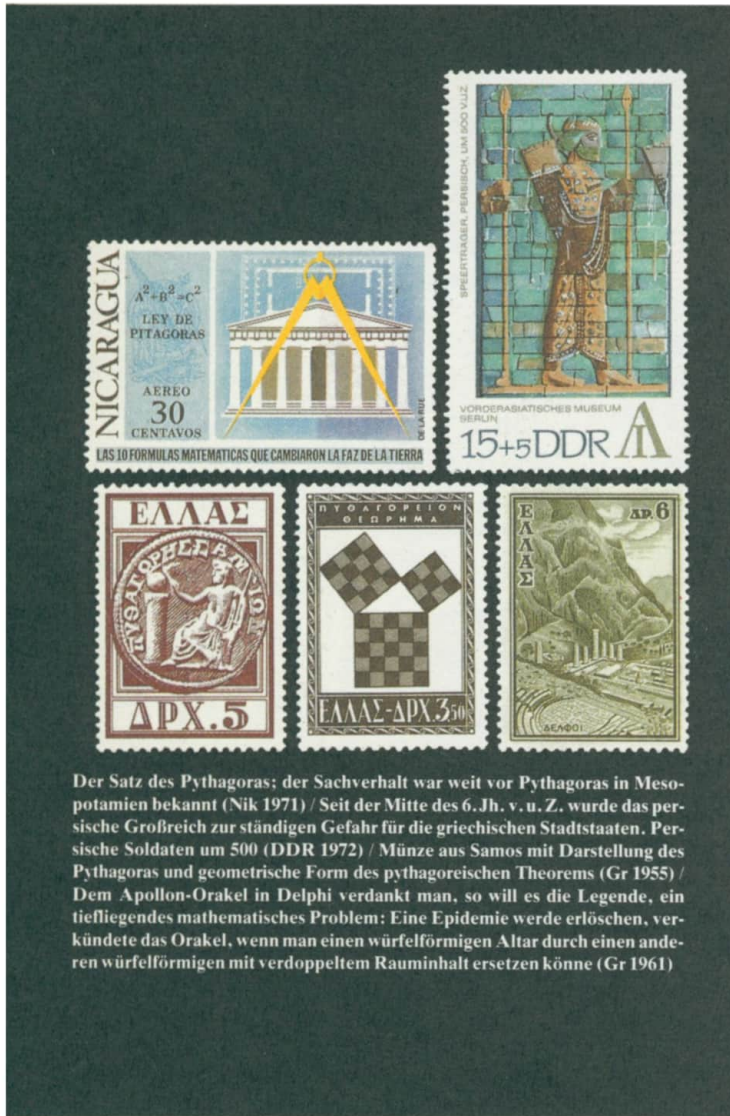
Auch Zeus, der Göttervater, wurde durch die ionische Naturphilosophie aus der Wissenschaft verbannt (Gr 1954) / Der Einfluß des Demokritos von Abdera reicht bis in die Neuzeit (Gr 1961) / Heraklit von Ephesos gilt als Begründer des dialektischen Denkens (R 1961) / Mit Hippokrates von Kos beginnt die Kette der großen antiken Ärzte; der hippokratische Eid enthält noch heute wertvolle Elemente ärztlicher Ethik (Gr 1947) / Griechische Trieren 5. Jh. v. u. Z. (Bul 1975) / Einige griechische Stadtstaaten prägten seit dem 7. Jh. nach dem Vorbild Lydiens Münzen. Hier Kreta, mit dem Labyrinth, 3. Jh. v. u. Z. (Gr 1959)

# Der Bund der Pythagoreer

Gleich vielen anderen Griechen wich auch ein gewisser Pythagoras von der Insel Samos vor der ständigen Persergefahr aus und siedelte sich in Unteritalien an. Außerdem entzog er sich dem Einfluß des Polykrates von Samos, jenes Tyrannen, von dem die Ballade Schillers handelt.

Pythagoras stand anfangs noch unter dem Eindruck der ionischen Naturphilosophie. In Italien aber nahm der von ihm gegründete religiöse Geheimbund der Pythagoreer eine andere Grundposition an. Seelenwanderungslehre, asketische Lebensführung und strenge Regeln bei Kleidung und Nahrung hatte dieser Bund, der sogar einige politische Macht in Italien erreichen konnte, mit manch anderen Kultgemeinschaften gemeinsam. Den Bund der Pythagoreer aber zeichnete ein Zahlenkult aus, der über Platon weit in die Zukunft reichen wird. Ursprünglich auf die rationale Erklärung der Natur gerichtet, wuchs die Bestimmung des quantitativ, zahlenmäßig Faßbaren in Zahlenmystik hinüber. Wenn man indes auf den rationalen Kern der pythagoreischen Lehren zurückgeht – die freilich nur indirekt überliefert sind –, dann zeigt sich echte Wissenschaft, insbesondere in Mathematik und Astronomie. Ebene und räumliche Geometrie, Zahlentheorie und Proportionenlehre waren hochentwickelt. Der Himmel ist nach pythagoreischer Auffassung zahlenmäßig geordnet: Sonne und Planeten bewegen sich auf Kreisen um die als Kugel erkannte Erde. Beim Durchlaufen ihrer Bahnen verursachen sie harmonische Töne, die Sphärenklänge. Experimente am Monochord schienen diese Auffassung zu bestätigen; bei der Oktave etwa verhalten sich die Saitenlängen wie 1:2.

Der frühen Periode griechischer Mathematik gehört auch Hippokrates von Chios an, der eine (verschollene) Zusammenfassung der Geometrie schrieb und mit seinen »Möndchen« Figuren angab, die, obwohl nicht geradlinig begrenzt, dennoch Flächeninhalte besitzen, die sich mit Zirkel und Lineal in flächengleiche Quadrate verwandeln (quadrieren) lassen. Damals auch wurden die drei berühmten klassischen Probleme der Mathematik formuliert: Dreiteilung eines beliebigen Winkels, Quadratur des Kreises und Verdopplung eines Würfels (das sog. Delische Problem). Erst später traten deren Tücken zutage: Die Probleme sind mit Zirkel und Lineal allein unlösbar.



Der Satz des Pythagoras; der Sachverhalt war weit vor Pythagoras in Mesopotamien bekannt (Nik 1971) / Seit der Mitte des 6. Jh. v. u. Z. wurde das persische Großreich zur ständigen Gefahr für die griechischen Stadtstaaten. Persische Soldaten um 500 (DDR 1972) / Münze aus Samos mit Darstellung des Pythagoras und geometrische Form des pythagoreischen Theorems (Gr 1955) / Dem Apollon-Orakel in Delphi verdankt man, so will es die Legende, ein tief liegendes mathematisches Problem: Eine Epidemie werde erlöschen, verkündete das Orakel, wenn man einen würfelförmigen Altar durch einen anderen würfelförmigen mit verdoppeltem Rauminhalt ersetzen könne (Gr 1961)

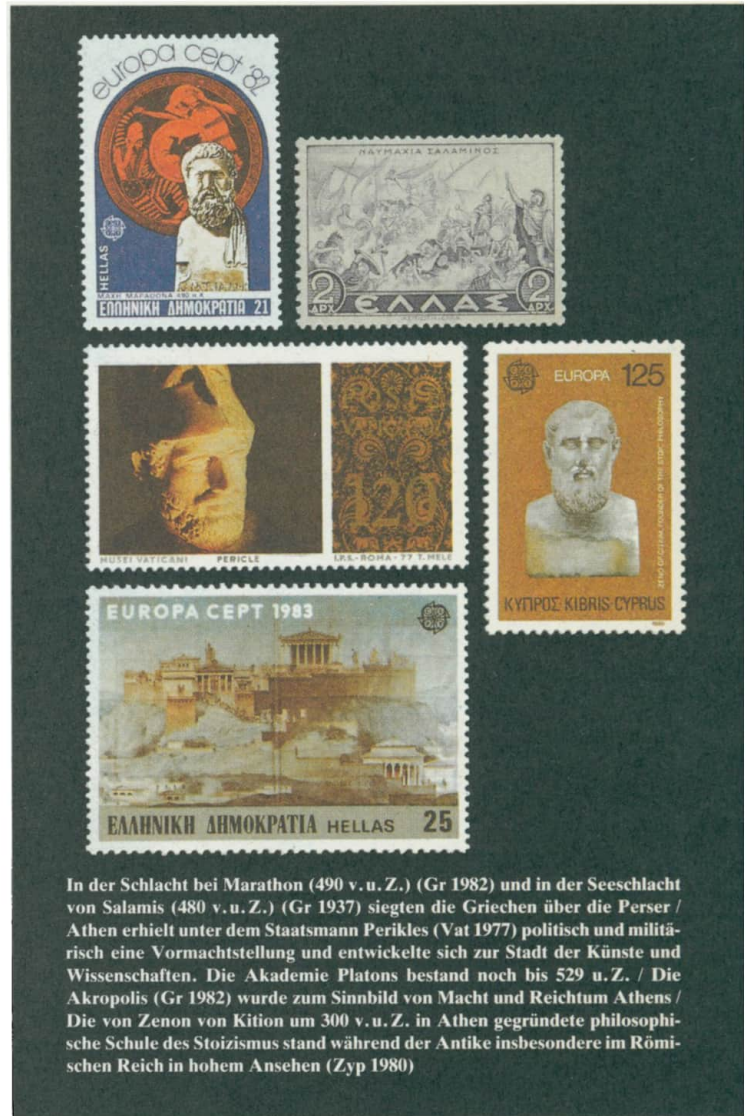
Nach den Perserkriegen wurde Athen zur führenden Macht Griechenlands. Jahrzehnte des Friedens besuchten Athen auch eine Blüte der Wissenschaften, ehe 431 v. u. Z. der Kampf mit Sparta um die Hegemonie ganz Griechenland in lange innere Kämpfe verwickelte, bis es, geschwächt, 338 durch den makedonischen König Philipp II. erobert wurde.

Anaxagoras von Klazomenai hatte die ionische Naturphilosophie nach Athen verpflanzt und gehörte dem Freundeskreis um Perikles an. Ein spektakulärer Meteorfall im Jahre 467 veranlaßte Anaxagoras zum öffentlichen Nachdenken: Gestirne, auch die Sonne, sind keineswegs Götter, sondern glühende Steinhäufen. Der Mond erhält sein Licht von der Sonne. Himmelskörper fallen ganz natürlich zur Erde, wenn die Bewegungskraft nachläßt. Anaxagoras wurde der Gottlosigkeit angeklagt. Perikles vermochte es, Anaxagoras vor der Todesstrafe zu retten; man ließ ihn emigrieren.

Im politischen Streit zwischen Demokraten und Aristokraten setzten sich zeitweilig konservative Kräfte durch, und es verstärkte sich die idealistische philosophische Linie. Im Jahre 388 gründete Platon in Athen eine Philosophenschule, die »Akademie«; sie spielte in der Geschichte des Denkens eine herausragende Rolle.

Platon hatte in Unteritalien im engen Kontakt zu den Pythagoreern gestanden. Seitdem führte er zur Erläuterung seiner Erkenntnislehre, der Ideenlehre, Beispiele aus der Mathematik an, als Muster auch für Erkenntnisse, die ohne Berufung auf die Anschauung durch reines Denken gefunden werden können. Reine, nicht angewandte Mathematik spielte daher in der Platonischen Akademie eine große Rolle. Viele Anstrengungen galten der geistigen Auseinandersetzung mit der schon von den Pythagoreern gemachten niederschmetternden, ihr Weltbild zerstörenden Entdeckung, daß es Größen – z. B. die Diagonale im Quadrat – gibt, die sich nicht mehr als Verhältnis ganzer Zahlen darstellen lassen (wir sprechen heute von der Existenz irrationaler Zahlen). In Platons Dialog »Timaios« werden, unter Anlehnung an die Lehre der Pythagoreer, die fünf regulären Polyeder (die »Platonischen Weltkörper«) den Weltbestandteilen zugeordnet: der Würfel der Erde, das Oktaeder der Luft, das Tetraeder dem Feuer, das Ikosaeder dem Wasser. Der Welterschöpfer habe die ganze Welt in Form eines Dodekaeders geschaffen.

## Athen wird Weltstadt



In der Schlacht bei Marathon (490 v. u. Z.) (Gr 1982) und in der Seeschlacht von Salamis (480 v. u. Z.) (Gr 1937) siegten die Griechen über die Perser / Athen erhielt unter dem Staatsmann Perikles (Vat 1977) politisch und militärisch eine Vormachtstellung und entwickelte sich zur Stadt der Künste und Wissenschaften. Die Akademie Platons bestand noch bis 529 u. Z. / Die Akropolis (Gr 1982) wurde zum Sinnbild von Macht und Reichtum Athens / Die von Zenon von Kiton um 300 v. u. Z. in Athen gegründete philosophische Schule des Stoizismus stand während der Antike insbesondere im Römischen Reich in hohem Ansehen (Zyp 1980)

# Aristoteles, bedeutendster Denker der Antike



Aristoteles schuf eine umfassende systematische Philosophie mit Ansätzen materialistischen Denkens und empirischer Naturforschung. Er begründete die Logik als Wissenschaft und leistete bahnbrechende Beiträge zu Staatsrecht und Ethik. Aus Anlaß des 2300. Todestages brachte Griechenland 1978 einen vierwertigen Satz heraus. Er zeigt den Geburtsort Stageira, die peripatetische Schule nach einem Fresko von Raffael, eine Büste, die als römische Kopie erhalten blieb, sowie eine mittelalterliche, byzantinische Darstellung des Aristoteles (Gr 1978)

Aristoteles wurde 384 v. u. Z. in Stageira (Nordgriechenland) als Sohn eines Arztes geboren. Nach zwanzig Jahren des Wirkens an der Platonischen Akademie wurde er nach seiner Rückkehr nach Athen im Jahre 335 zum Haupt einer anderen philosophischen Schule, die sich im Hain des Gymnasiums Lykeion (Lyzeum) ansiedelte. Sie erhielt später den Namen peripatetische Schule, weil man in einer Wandelhalle (peripatos) spazierend zu philosophieren pflegte. Aristoteles starb als politischer Emigrant 322 in Chalkis auf Euböa.

Das Gesamtwerk des Aristoteles enthält weitgreifende naturphilosophische und naturwissenschaftliche Beiträge. Nach Aristoteles gibt es eine in der Zeit unendliche, jedoch räumlich endliche Welt, die von der Fixsternsphäre umschlossen wird. Die Planeten – hier führte er Ideen anderer griechischer Denker wie z. B. die des Eudoxos von Knidos fort – werden von sich drehenden verschiedenen Sphären geführt. Die Erde ruht im Mittelpunkt der Welt. Aus fünf Elementen – Feuer, Wasser, Luft, Erde, Äther – setzt sich die Welt zusammen. Die ersten vier sind irdischer Natur; der Äther erfüllt den Himmelsraum. Aristoteles unterschied grundsätzlich zwischen natürlichen und erzwungenen Bewegungen: Körper bleiben nur solange in Bewegung, wie sie in unmittelbarer Berührung mit dem Bewegten stehen. Ihrer natürlichen Bewegung folgend streben Erde und Wasser zum Mittelpunkt der Erde, Luft und Feuer aufwärts. Obwohl in vielen Punkten falsch, vermochten diese Ansichten damals einigermaßen die konkreten Erscheinungen wie Planetenbewegung, Pfeilschuß und Fall zu erklären. Aristoteles hat etwa 550 Tierarten klassifiziert und an etwa 50 Arten Sektionen vorgenommen. Er betonte eine Stufenfolge innerhalb der Organismenwelt sowie die Zweckmäßigkeit der Organe und behandelte Ernährung, Fortpflanzung, Vererbung, Vorkommen, Wachstum und Anpassung der Tiere an ihre Umwelt. In gewissem Sinne kann man Aristoteles den Begründer der vergleichenden Anatomie und der Physiologie nennen. Als einer der bedeutendsten Denker der Menschheitsgeschichte hat er das Denken im Orient und in Europa bis weit in die Neuzeit beeinflusst. Im Jahre 322 v. u. Z. trat Theophrastos von Eresos die Nachfolge von Aristoteles bei der Leitung des Lyzeums an. Er wandte sich vorwiegend der Botanik zu und klassifizierte Hunderte von Pflanzen.

Von 342 v. u. Z. an hatte Aristoteles einige Zeit als Lehrer und Erzieher des späteren mazedonischen Königs Alexander des Großen gewirkt, der als junger Herrscher ein riesiges, Mazedonien, Griechenland, Vorderasien, Ägypten, große Teile Mittelasiens und Indiens umfassendes Weltreich eroberte. Im Troß seiner Heere zogen Landmesser und Wissenschaftler mit, die griechisches Wissen verbreiteten und Geographie, Flora und Fauna der eroberten Länder beschrieben. In Alexanders Reich, das freilich nach seinem frühem Tode bald zerfiel, bildete sich durch gegenseitige Befruchtung der griechischen mit den orientalischen Kulturen eine »Welt«kultur heraus, die Hellenismus genannt wird. Es kam zur höchsten Entfaltung der antiken Mathematik und der Naturwissenschaften.

Alexander hatte 332 im verkehrsgünstigen Nildelta eine Stadt gründen lassen, die noch heute seinen Namen trägt: Alexandria. Sie entwickelte sich zum wissenschaftlich-kulturellen Zentrum der hellenistischen Welt und konnte diese Stellung jahrhundertlang behaupten. Die Herrscher Ägyptens gründeten in Alexandria ein wissenschaftliches Zentrum, das Museion, welches Arbeitsräume und Hörsäle, zoologische und botanische Gärten sowie eine Sternwarte besaß. In einer Bibliothek, dem Serapeion, wurden systematisch wissenschaftliche und schöngeistige Schriften gesammelt und kopiert. Doch gingen beim Brand 48 v. u. Z. während der Eroberung Alexandrias durch die Römer unter Caesar – der dort der schönen Kleopatra begegnete – unersetzliche Kulturschätze verloren.

Am Museion studierten oder wirkten fast alle führenden Naturwissenschaftler und Mathematiker oder standen mit ihm in brieflicher Verbindung. Euklid schuf mit den 13teiligen »Elementen« eine auf Axiome gegründete systematische Darstellung der Mathematik, die bis in die Gegenwart als Lehrbuch gedient hat. Eratosthenes von Kyrene bestimmte den Erdumfang mit erstaunlicher Genauigkeit. Apollonios von Perge ging von Alexandria nach Pergamon und wurde zum Vollender der antiken Kegelschnittlehre. Heron von Alexandria schuf Wunderwerke der antiken Ingenieurkunst. Diophantos von Alexandria schrieb eine »Arithmetik«, die algebraische Symbole verwendete.

## Alexandria, Stadt der Wissenschaften



Alexander der Große während der Schlacht bei Issos, 333 v. u. Z. (Gr 1937) / Alexander soll in einer Art Taucherglocke Tauchexperimente unternommen haben. Mittelalterliche Darstellung (Gr 1977) / Der Leuchtturm von Alexandria auf der Alexandria vorgelagerten Insel Pharos, eines der sieben Weltwunder der Antike, mehr als 110m hoch, bis 60km von See aus sichtbar, durch Erdbeben 1303 und 1320 zerstört (Kon 1978) / Alexander der Große, nach einer Münze aus dem 4. Jh. v. u. Z. (Gr 1954) / Zeusaltar aus Pergamon in Kleinasien, einem anderen kulturellen Zentrum des Hellenismus, heute im Berliner Pergamon-Museum (DDR 1959)

# Archimedes, der Held von Syrakus

Auch Archimedes – der bedeutendste Mathematiker und Physiker der Antike – hat vermutlich am Museion studiert und dort in Ägypten die nach ihm benannte Transportschnecke zur Wasserförderung erfunden.

Archimedes war um 287 v. u. Z. in der sizilianischen Stadt Syrakus als Sohn des Astronomen Pheidias geboren worden und stand später in engen Beziehungen zu Hieron II., dem König von Syrakus. In seiner Heimatstadt schuf Archimedes die meisten seiner zahlreichen Abhandlungen. Unter anderem gelang ihm die Flächeninhaltsberechnung des Parabelsegments mit infinitesimalen Methoden, die wir heute der Integralrechnung und der Theorie der unendlichen Reihen zurechnen. Er berechnete die Zahl  $\pi$  sehr genau, formulierte das Hebelgesetz und das Gesetz des Auftriebs, schrieb über Waagen und optische Erscheinungen.

Schon die Antike hat Archimedes hohe Anerkennung gezollt. Es gab viele Anekdoten um ihn, etwa die, daß er im Bade sitzend das Gesetz des Auftriebs entdeckt habe und dann splitternackt »heureka, heureka« (ich hab's gefunden) rufend nach Hause geeilt sei. Doch rühmte man ihn in der Antike weniger wegen seiner mathematisch-physikalischen Leistung, sondern wegen der von ihm erfundenen Wunderwaffen, mit denen er seine Vaterstadt bei der Verteidigung gegen die Römer unterstützte. Als nach zwei Jahren die Stadt 212 v. u. Z. doch fiel, kam Archimedes bei den sich üblicherweise anschließenden Grausamkeiten ums Leben. Er sei, so sagt die eine Legende, in die Betrachtung geometrischer Figuren vertieft, von einem römischen Soldaten erschlagen worden. Für uns gilt Archimedes weniger als der Verteidiger einer von Sklavenhaltern regierten Stadt gegen eine sich formierende militärische Großmacht, sondern in der Hauptsache als einer der Wegbereiter der modernen Mathematik und Physik, der noch im 17. Jh. anregend gewirkt hat.

Aus einem Werk von Archimedes, dem »Sandrechner«, wissen wir von einer außergewöhnlichen astronomischen Leistung der Antike, nämlich davon, daß sein Zeitgenosse Aristarchos von Samos ein heliozentrisches Weltbild entworfen hat. Aristarchos schloß aus den Größenverhältnissen von Sonne und Erde, daß die weitaus größere Sonne und nicht die kleinere Erde im Mittelpunkt der Welt stehen müsse. Die Originalschrift ist verlorengegangen.



Gemälde des frühen Barock, wahrscheinlich Archimedes darstellend, vermutlich von D. Fetti, Gemäldegalerie Alte Meister Dresden (DDR 1973) / Der sog. »Lachende Archimedes«, Gemälde von Ribera (Sp 1963) / Archimedes und die Transportschnecke zur Wasserförderung, die er angeblich in Alexandria erfunden hat (I 1983) / Archimedes bei geometrischen Konstruktionen, im Hintergrund Veranschaulichung des Auftriebs (Gr 1983) / Das Hebelgesetz des Archimedes. Aus einem zehnwertigen Satz, der die zehn »mathematischen Weltformeln« darstellt (Nik 1971)

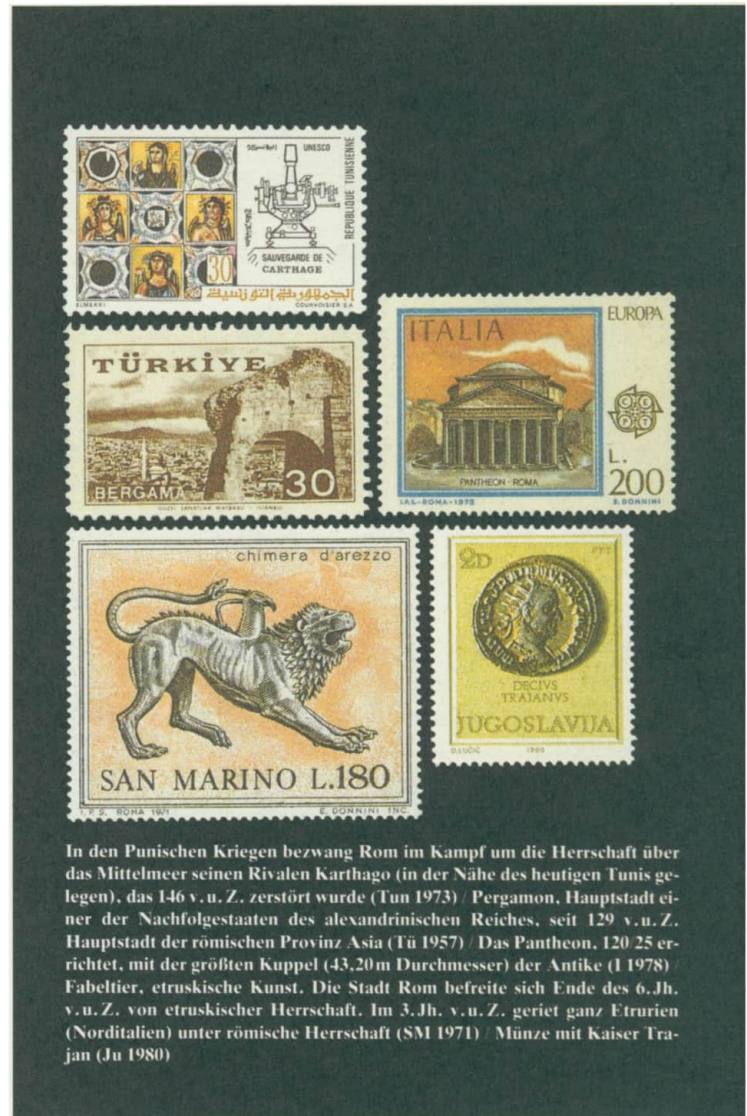
Als Eratosthenes in Alexandria im 3. Jh. v. u. Z. den Erdumfang ausmaß, war Italien bereits unter römischer Herrschaft. Der mächtigste Sklavenhalterstaat der Antike erreichte zu Anfang des 2. Jh. u. Z. unter Kaiser Trajan seine größte territoriale Ausdehnung: Teile Germaniens und Britanniens, Gallien, die iberische Halbinsel, der gesamte Küstenstreifen Afrikas, Ägypten bis zu den Nilkatarakten, der Nahe Osten, große Teile Mittelasiens und der Balkan gehörten zum Römischen Weltreich, mit ihnen die traditionellen Zentren der hellenischen Kultur und Wissenschaft wie Alexandria, Pergamon und Athen.

Anfangs galt den römischen Eroberern griechische Kultur wenig. Zur Zeit von Cicero etwa aber kam sie in Mode. Griechische Sklaven dienten der römischen Oberschicht als Hauslehrer, besonders griechische Ärzte waren in Rom gesucht. In den Traditionen von Hippokrates stehend hatte die hellenische ärztliche Kunst einen hohen Stand erreicht. Durch Herophilus von Chalkedon und Erasistratos von Keos kam die Anatomie zur Blüte. Andere wieder brachten Chirurgie, Gynäkologie und Pharmakologie voran.

Mit Asklepiades von Bithynien begann die Reihe der aus den eroberten Gebieten stammenden, aber in Rom zu hohen Ehren gelangenden Ärzte. Der in Pergamon als Gladiatorenarzt wirkende Galen wurde in Rom kaiserlicher Leibarzt. Er stellte die Hauptegebnisse der antiken Medizin systematisch geordnet zusammen, theoretisch wieder an Aristoteles anschließend. Freilich war seine Anatomie Säugetieranatomie, da zu dieser Zeit aus religiösen Gründen die Sektion menschlicher Leichen schon nicht mehr möglich war.

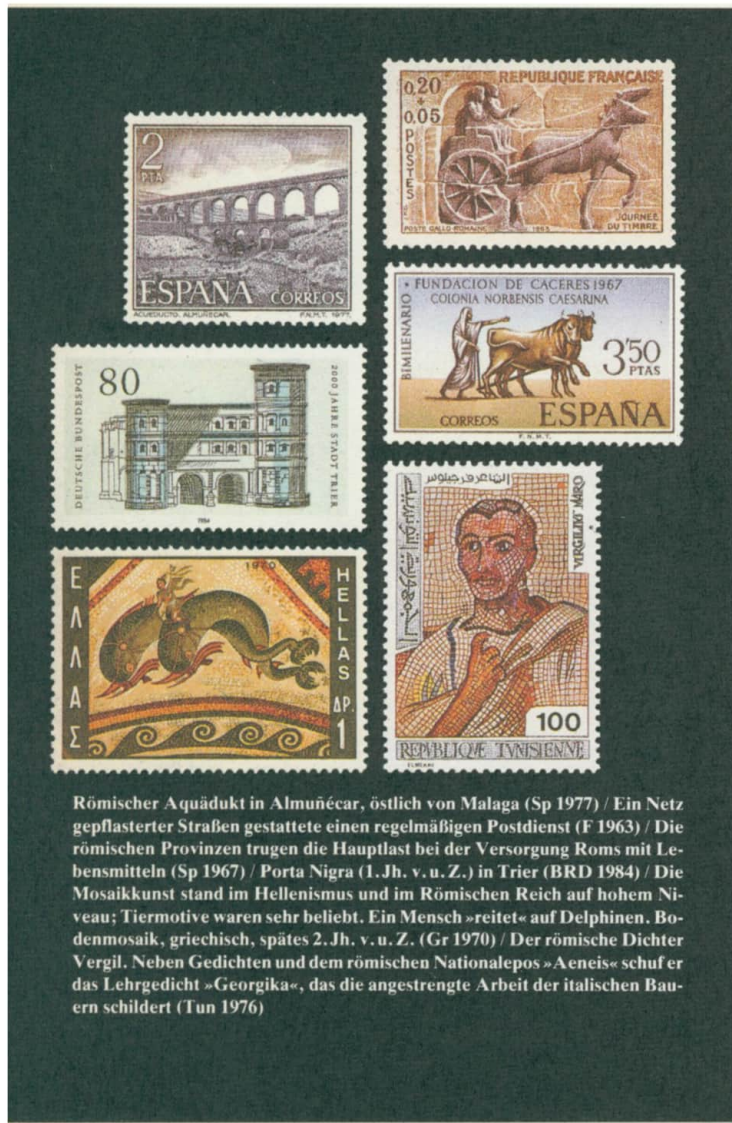
Als letzter Repräsentant der antiken Medizin erlangte Galen einen überragenden Einfluß auf die Entwicklung der Medizin im Mittelalter. Bei Galen zeigt sich die für die Spätantike typische Neigung zu enzyklopädischen Darstellungen bekannten Wissens, während die Suche nach neuen Erkenntnissen zurücktrat. Von dieser Art ist auch die »Historia Naturalis« (Naturgeschichte) von Plinius dem Älteren, die in 37 Büchern ein ungeheuer reiches naturkundliches Wissen zusammenstellte, aus rund 2000 Werken von nahezu 500 Autoren teilweise unkritisch übernommen. Plinius kam als Kommandant einer Flotte bei jenem Vesuvausbruch 79 u. Z. ums Leben, der auch Pompeji verschüttete.

## Rom erobert die Welt



In den Punischen Kriegen bezwang Rom im Kampf um die Herrschaft über das Mittelmeer seinen Rivalen Karthago (in der Nähe des heutigen Tunis gelegen), das 146 v. u. Z. zerstört wurde (Tun 1973) / Pergamon, Hauptstadt einer der Nachfolgestaaten des alexandrinischen Reiches, seit 129 v. u. Z. Hauptstadt der römischen Provinz Asia (Tü 1957) / Das Pantheon, 120 25 errichtet, mit der größten Kuppel (43,20 m Durchmesser) der Antike (I 1978) / Fabeltier, etruskische Kunst. Die Stadt Rom befreite sich Ende des 6. Jh. v. u. Z. von etruskischer Herrschaft. Im 3. Jh. v. u. Z. geriet ganz Etrurien (Norditalien) unter römische Herrschaft (SM 1971) / Münze mit Kaiser Trajan (Ju 1980)

# Organisation eines Weltreiches



Zweifellos blieb die Wissenschaft im Römischen Weltreich von der griechisch-hellenistischen Wissenschaft geprägt. Soweit sich die römischen Eroberer diese Höchstleistungen selbst aneigneten, orientierten sie sich hauptsächlich auf diejenigen Teile, die für die Verwaltung des Großreiches von praktischem Nutzen sein konnten: Vermessungslehre, Astronomie und Kalenderwesen, Bauwesen, Landwirtschaft, Wasserversorgung. Dies verband sich mit hervorragenden eigenständigen Leistungen der Römer im Bauwesen, Militärwesen und Rechtswesen.

Die Römer hatten einige eigene feldmessorische Kenntnisse entwickelt, die von den Agrimensoren praktiziert wurden. Nach der Berührung mit der hellenistischen Welt lehnten sie sich an die alexandrinische Wissenschaft an. Die noch von Caesar angeregte Reichsvermessung von 30 v. u. Z. wurde unter Kaiser Augustus von Alexandrinern durchgeführt. Die praktische Geometrie des Heron von Alexandria findet sich in Schriften der späten römischen Agrimensoren wieder.

Hervorragende Straßen durchzogen das Reich, Straßen, die z. T. noch heute benutzbar sind. Die Via Appia, 500 km lang, entstand als erste römische Staatsstraße schon im 4. Jh. v. u. Z., ebenso eine Wasserleitung für Rom. Das gesamte römische Straßennetz umfaßte ca. 250 000 km; Reisegeschwindigkeiten von 200 km pro Tag waren mit dem Wagen möglich. Noch heute beeindruckt die kühnen Bogenkonstruktionen der Brücken, Viadukte und der Aquädukte.

An der Berührungsfäche zwischen Technik, Erfindungskunst und Naturwissenschaften entstand zur Zeit von Kaiser Augustus ein herausragendes zehnbändiges Werk über das Bauwesen durch Vitruv, der als Kriegingenieur unter Caesar in Ägypten gedient hatte. In der »Architectura« von Vitruv werden beispielsweise das Brennen und Löschen von Kalk, die Wahl der Farben, physikalische Grundlagen für Wasserleitungen, Pumpwerke, Feuerspritzen und Waagen behandelt. Häufig bezog sich Vitruv auf griechische Wissenschaft, etwa auf den alexandrinischen Ingenieur Ktesibios oder auf griechische Ergebnisse zur Astronomie, der Theorie der Planetenbewegung, der Konstruktion von Sonnenuhren. Das Werk von Vitruv hat mehr als eineinhalb Jahrtausende als Standardwerk der Architektur gedient und gehörte in der Renaissance zu den frühesten und beliebtesten Druckerzeugnissen.

Die heliozentrischen Ansichten, wie sie von Aristarchos und einigen wenigen anderen späteren Astronomen geäußert worden waren, vermochten sich in der Antike nicht durchzusetzen. Sie standen im Gegensatz zum Augenschein der täglich auf- und untergehenden Sonne sowie zur Physik des Aristoteles. Überdies spielten ideologische Gründe hinein; es erschien den Angehörigen der erd- und weltbeherrschenden Sklavenhalterklasse selbstverständlich, im Mittelpunkt der Welt zu wohnen. Die endgültige Entscheidung zugunsten des geozentrischen Modells der Welt fiel, als der auf Rhodos wirkende Hipparchos von Nikaia mit seiner großen Autorität die Zentralstellung der Erde bekräftigte. Gestützt auf intensive Beobachtungen hatte er die durch die Kreiselbewegung der Erdachse bewirkte Präzession der Äquinoktialpunkte entdeckt. Als 134 ein bisher unbekannter Stern (ein Komet?) auftauchte, stellte er einen Katalog von über tausend Sternen auf, um eventuelle Veränderungen nachprüfen zu können. Schließlich entwickelte er die Trigonometrie als mathematisches Instrument der Astronomie schon zu beachtlicher Reife.

Rund drei Jahrhunderte später faßte der Alexandriner Ptolemaios die antike Astronomie in einem großen Werk zusammen, das unter dem Namen »Almagest« in die Wissenschaftsgeschichte einging. Von Apollonios, Eudoxos und anderen übernahm er die Epizykeltheorie, von Hipparchos die Idee exzentrischer Bahnen, den Sternenkatalog und die inzwischen weiterentwickelte Trigonometrie. Ptolemaios ordnete Beobachtungsdaten und theoretische Vorstellungen zu einer 13teiligen Beschreibung des Planetensystems. Sonne und Mond sowie die damals bekannten Planeten (Merkur, Venus, Mars, Saturn und Jupiter) bewegen sich gleichförmig auf Kreisen um die ruhende Erde. Geschickte Annahmen über Epizykel, Exzenter und Umlaufgeschwindigkeiten machen die Planetenbewegung innerhalb der Fehlergrenzen damaliger Beobachtung einigermaßen berechenbar. Mit berechtigtem Stolz rief Ptolemaios aus: »... man darf wohl das glückliche Vollbringen eines solchen Vorhabens als eine Großtat bezeichnen ...« Es war großartige – aber eben doch letztlich falsche Astronomie. Mehr als einundeinhalb Jahrtausende hat es gedauert, bis sich durch die Tat des Copernicus die Wahrheit, das heliozentrische System, durchsetzen konnte.

## Ptolemaios – Vollendung der antiken Astronomie



Das heliozentrische Weltsystem des Aristarchos von Samos. Die Marke erschien zu einem 1980 auf Samos aus Anlaß des 2300. Geburtstages von Aristarchos veranstalteten wissenschaftlichen Kongreß (Gr 1980) / Hipparchos von Nikaia und ein Armillar, ein Hauptinstrument der antiken Astronomie (Gr 1965) / Ein besonders schöner Satz von acht Zusammendruckern erschien 1973 in Burundi aus Anlaß des 500. Geburtstages von Copernicus. Die abgebildeten Marken würdigen das geozentrische Weltbild und Ptolemaios (Bur 1973) / Antike Planetensymbole, zum Teil noch heute verwendet (Gr 1965)

## Caesar verfügt eine Kalenderreform



Münze mit Porträt von Caesar (Lu 1979) / Die Kalenderreform 1582 durch Papst Gregor XIII. hob den von Caesar eingeführten Julianischen Kalender auf (BRD 1982) / Die römische Zahlenschreibweise geht teilweise auf die Etrusker zurück (CS 1968) / Diese interessante Marke zeigt einen Abakus (ein Handrechengerät) und elektronische Bestandteile einer modernen Rechenmaschine (Aus 1972) / Römische Triere, 1. Jh. v. u. Z. (SM 1963) / Römische Münze mit dem Leuchtturm von Alexandria. Die mathematische Schule in Alexandria erlosch mit der Ermordung der Mathematikerin Hypatia durch christliche Fanatiker (Gr 1977)

Bei aller großartigen theoretischen Astronomie der Griechen war ihr noch am Mond orientiertes Kalenderwesen doch ziemlich elementar geblieben. Anders standen die Dinge in Alexandria. Dort hatte man, im Rückgriff auf den guten Sonnenkalender der Ägypter, schon unter den ersten Ptolemaierkönigen eine Kalenderrechnung vorgeschlagen, die eine Jahreslänge von  $365\frac{1}{4}$  Tagen ansetzte. Der römische Feldherr Gajus Julius Caesar lernte diese Idee in Ägypten kennen. Von ihm beauftragt führte dann der alexandrinische Astronom Sosigenes einen Kalender im Römischen Weltreich ein, das Jahr zu 365 Tagen, jedes vierte Jahr war ein Schaltjahr zu 366 Tagen. Dieser, nach Caesar als Julianischer Kalender benannt, blieb bis ins 16. Jh. in weiten Teilen Europas in Gebrauch, in der Türkei und Rußland sogar noch bis ins 20. Jh.

Einen Höhepunkt römischer Naturphilosophie stellt das Lehrgedicht »De rerum natura« (Über die Natur der Dinge) des Titus Lucretius Carus dar. Im bewußten Anschluß an den materialistischen Atomismus von Epikur und Demokrit wird ein Panorama der Natur entworfen: Nichts entsteht aus dem Nichts, und wenn selbst die Götter es wollten. Die Dinge bestehen aus unsichtbaren, durch Zwischenräume getrennten Teilchen. Ihr Zusammenspiel bringt die Vorgänge in der Natur hervor, Schall, Licht, Flamme usw. Die menschlichen Empfindungen sind Reaktionen auf die Begegnungen mit Teilchengruppen.

Trotz zunehmender politischer und ökonomischer Schwierigkeiten hat auch noch die Spätantike Einzelleistungen von bleibender Bedeutung hervorgebracht, so in Alexandria, so auch an der Platonischen Akademie in Athen etwa mit dem Mathematiker Proclus Diadochos.

In Rom verfaßte der aus Spanien stammende Philosoph Seneca eine mehrbändige Naturbetrachtung, die insbesondere auch scharfsinnige geologische Aussagen enthält, z. B. Vulkane als Verbindung zwischen der Erdoberfläche und dem glutflüssigen Erdinneren begreift. Die wenn auch äußerst bescheidenen mathematischen Darstellungen des Boethius, der unter dem Ostgotenkönig Theoderich in Ravenna lebte und dann wegen politischer Intrigen hingerichtet wurde, haben für die Tradierung antiken Wissens in das europäische Mittelalter eine erhebliche Rolle gespielt.

Am Ausgang des 2. Jh. geriet der römische Sklavenhalterstaat in tiefe innere Krisen. Äußere Feinde durchbrachen die Grenzbefestigungen, Provinzen gingen verloren. Im Jahre 395 wurde das Römische Weltreich in ein westliches und ein östliches Imperium geteilt. Das weströmische Reich zerfiel rasch; der letzte Kaiser Roms wurde 476 gestürzt. Das oströmische Reich mit der Hauptstadt Konstantinopel (später Byzanz, heute Istanbul) aber konnte sich noch etwa ein Jahrtausend halten. Im oströmischen Reich hatte die griechisch-hellenistische Kultur viel tiefere Wurzeln schlagen können als in Rom. Griechisch, die Sprache der Wissenschaft, war lebendig; die Traditionen konnten weitergeführt werden. Es kam sogar zu neuen weiterführenden wissenschaftlichen Leistungen.

Als architektonische Meisterleistung gilt der Bau (532/537) der Kirche Hagia Sophia (Heilige Weisheit) durch die Mathematiker Isidoros von Milet und Anthemios von Tralleis in Konstantinopel. Auf Anthemios soll auch die Fadenkonstruktion der Ellipse zurückgehen. Ein gewisser Heron von Byzanz hat im 10. Jh. im Anschluß an den alexandrinischen Heron über Vermessungswesen und Kriegsmaschinen geschrieben. Unter dem byzantinischen Universalgelehrten Michael Psellos wurde um 1050 in Byzanz sogar eine neue Akademie gegründet, aus der hervorragende Kommentare zu Platon, Aristoteles und antiken Mathematikern hervorgingen.

Auch die Urform des Krankenhauswesens dürfte im byzantinischen Bereich entstanden sein, das erste Hospitium – eine Kombination von Reiseherberge und Obdach für Pflegebedürftige – ist für das Jahr 370 in Caesarea (Kappadokien) nachgewiesen. Bei der Tradierung antiker Kultur hat Byzanz eine erhebliche Rolle gespielt. Dort wurden bedeutende Elemente der griechisch-hellenischen Wissenschaft bewahrt. Als die Lage der Gelehrten im zusammenbrechenden byzantinischen Reich immer unsicherer wurde, flüchteten viele während des 14. und 15. Jh. und brachten Schätze antiker Wissenschaft nach Italien. Das Hauptverdienst aber bei der Bewahrung und Weiterführung der antiken Wissenschaft kommt den Völkern des Islam zu.

## Ostrom



Die Hagia Sophia (CS 1967) / Byzantinistik ist eine lebendige Wissenschaft (Ö 1981) / Die durch Jesus von Nazareth (Nablus) mit dem Beinamen Christus begründete monotheistische Religion verbreitete sich trotz anfänglicher Unterdrückung über die antike Welt. Das Christentum wurde 313 im Römischen Reich zugelassen und bald darauf Staatsreligion. 1054 kam es zur Spaltung in eine östliche (griechisch-orthodoxe) und eine westliche (römisch-katholische) Kirche (Vat 1975) / Die in Byzanz ausgebildeten Brüder Kyrrill und Method, die sog. Slawenapostel, schufen der altslawischen Sprache angepaßte Schriftzeichen (Bul 1969)

**Schwöre nicht auf den Namen Deines Lehrers, sondern führe Beweise an!**

*Antikes Sprichwort*

**Ein Maß ist ein Erkenntnisinstrument.  
Es ist das, wodurch wir irgendetwas zuerst erkennen.**

*Aristoteles*

**Gib mir einen Punkt, auf dem ich stehen kann, und ich werde die Erde bewegen.**

*Archimedes*

**Die griechischen Mathematiker sind auf dem Gebiete der reinen Mathematik führend, während wir uns immer noch auf Rechnerei und Ausmessung beschränken.**

*Cicero*

**Die Zeit wird kommen, wo unsere Nachkommen sich wundern, daß wir so offenbare Dinge nicht gewußt haben.**

*Lucius Annaeus Seneca*

**Die Beschäftigung mit der Vergangenheit, das Zurückgehen in dieselbe, hat einen überaus großen Reiz. Was ehemals auf die Seele gewirkt hat, gedacht und empfunden worden ist, hat den jetzigen Zustand des Denkens, Empfindens und Willens mit gebildet.**

*Wilhelm von Humboldt*

# III. WISSENSCHAFT IM OSTEN

Zahlreiche wissenschaftliche Tagungen und Festveranstaltungen an vielen Orten der Erde würdigten 1983 den 1200. Geburtstag von Abu Ja'far Muhammad ibn Musa al-Chwarizmi, einen hervorragenden Vertreter der mittelalterlichen Wissenschaft in den islamischen Ländern. Geboren in der Nähe der heutigen Stadt Chiva (Usbekistan, Sowjetunion) zeichnete er sich, wohlvertraut mit dem »Almagest« von Ptolemaios, durch wertvolle Beiträge zur Astronomie aus. Er schrieb über den Gebrauch der indischen Ziffern und wurde einer der Begründer der Algebra; dieser Name einer ganzen großen Teildisziplin der Mathematik geht auf ein Schlüsselwort im Titel einer seiner mathematischen Schriften zurück. Auch als Geograph ist al-Chwarizmi hervorgetreten (SU 1983)



# China – Reich der Mitte

Das Volk der Chinesen gehört zu den ältesten Kulturvölkern der Erde. Im 3. Jahrtausend v. u. Z. existierten Hochkulturen im Bereich des Gelben Flusses; im 2. Jahrtausend bereits war die Bronzekultur voll ausgebildet. Der Übergang von der Sklavenhalter- zur Feudalgesellschaft wird auf das 3. Jh. u. Z. datiert, die Feudalzeit bis zum Eindringen der Europäer im 19. Jh. gerechnet.

Trotz einer wechselvollen Geschichte – mühevoller Weg zur politischen Einigung, blutige Ablösung verschiedener Dynastien, Rivalität unterschiedlicher Ideologien und Philosophien, zeitweilige Eroberung durch die Mongolen – verdankt die Menschheit den Chinesen herausragende technische und naturwissenschaftliche Leistungen.

Im 3. Jh. v. u. Z. bereits waren Maße und Gewichte standardisiert. Seit dieser Zeit wurden Beamte, in deren Händen die Verwaltung des nach Provinzen eingeteilten Riesenreiches lag, veranlaßt, sich auch wissenschaftliche Kenntnisse anzueignen.

Die Chinesen waren Meister der künstlichen Bewässerung und Liebhaber schöner Gärten. Chrysanthemen und Pfingstrosen wurden gezüchtet und haben sich von China aus über die ganze Welt verbreitet. Die Herstellung des echten chinesischen Porzellans, deren Anfänge auf das 7. Jh. zurückgehen, stand seit dem 9. Jh. in voller Blüte. Die Papierherstellung dürfte in China schon um 100 u. Z. aufgekommen sein. Seit Beginn des 14. Jh. wurde in China mit beweglichen, aber noch aus Holz oder Keramik gefertigten »Lettern« gedruckt; um 1380 gab es in Korea, dessen Kultur wie die Japans wesentlich von China mitgeprägt wurde, Lettern aus Metall. Das Geheimnis der Seidenraupenzucht und Seidenherstellung, seit dem 2. Jahrtausend ausgeübt, wurde im 6. Jh. u. Z. nach dem Westen hinausgeschmuggelt.

Überhaupt bestanden schon in alten Zeiten gelegentlich recht enge Beziehungen, auch Handelsverbindungen und Austausch von Gelehrten, zwischen China und dem Westen, zum Römischen Weltreich, nach Indien, zu den Zentren der islamischen Weltkultur. Auf diesen Wegen sind viele Errungenschaften Chinas – u. a. Papier, Schießpulver, Kompaß – nach Westen gelangt. Zu Ende des 16. Jh. begann der Jesuit Matteo Ricci seine Missionstätigkeit in China, in deren Gefolge auch Elemente der Wissenschaft Europas nach China eindringen.



Die Große Chinesische Mauer, im 4./3. Jh. v. u. Z. erbaut, etwa 2500 km lang, diente auch dem Schutz vor nördlichen Feinden. Zu Beginn der Feudalperiode wurde der Große Kanal von ca. 1700 km Länge vollendet, der den Norden mit dem Süden Chinas verband (Ch 1979) / Schießpulver und Raketen sind chinesische Erfindungen. Anfangs nur für Feuerwerksveranstaltungen verwendet, erfolgte 919 der erste militärische Einsatz (As 1971) / Bronzebasin, Zhou-Dynastie, ca. 200 kg schwer (Ch 1954) / Auf hohem Niveau stand neben Baukunst und Landwirtschaft auch der Bergbau; hier Salzbergwerk mit Förderturm (Ch 1956) / Papierherstellung (Ch 1962)

Systematische astronomische Beobachtungen und Aufzeichnungen von auffälligen ungewöhnlichen Himmelserscheinungen – Kometen, Novae – gehen weit zurück, diejenigen über Verfinsterungen bis 720 v. u. Z., die über Sonnenflecken bis 28 v. u. Z. Diese historischen Quellen sind sogar für heutige Astronomen von hohem Interesse, etwa um periodisch wiederkehrende Kometen zu identifizieren. Um 1400 v. u. Z. bereits wurde die Länge des Sonnenjahres recht genau zu  $365\frac{1}{4}$  Tag angegeben. Von den fünf mit bloßem Auge erkennbaren Planeten erfreute sich besonders Saturn hoher Aufmerksamkeit. Als Folge der Aufgaben des jeweiligen Kaiserlichen Hofastronomen entwickelten die Chinesen schrittweise Fixsternkataloge. Es gab hervorragende Beobachtungsgeräte, z. B. Armillarsphären, sowie sehr genau anzeigende, genial erdachte Wasseruhren.

Auch die Mathematik stand in hoher Blüte. Rechenbretter dürften bereits im 1. Jahrtausend v. u. Z. in Gebrauch gewesen sein. Trotz unterschiedlicher Zahlenschreibweise – Stäbchen- oder Bambusziffern waren vom 2. Jh. v. u. Z. bis zum 12./13. Jh. in häufigem Gebrauch – war ein Positionssystem zur Basis 10 seit dem 3. Jh. v. u. Z. üblich; die noch fehlende »Null« gelangte vermutlich im 9. Jh. aus Indien nach China. Anders als in der griechischen Antike galten Irrationalitäten als Zahlen, und es wurde mit negativen Zahlen und Brüchen gerechnet. Spätestens im 13. Jh. war der Begriff des Dezimalbruchs voll ausgebildet, zeitlich weit vor dieser Erfindung in Europa.

Natürlich gab es eine auf praktische Bedürfnisse – Feldvermessung, Kanal- und Deichbau, Handel u. a. m. – zugeschnittene Geometrie und Arithmetik. Auch der Satz des Pythagoras war bekannt. Ein Reihe systematischer Darstellungen der Mathematik ist uns seit dem 2. Jh. v. u. Z. überliefert. Im 12. und 13. Jh. erreichte insbesondere die Algebra einen hohen Abstraktionsgrad, mit der algebraische Gleichungen, Gleichungssysteme, unbestimmte Gleichungen ebenso behandelt werden konnten wie arithmetische Reihen, Binomialkoeffizienten, Quadrat- und Kubikwurzeln. Auf hohem Niveau stand auch die Kartographie, die u. a. eine Art Koordinatensystem und in der Astronomie die heute nach Mercator benannte Projektion verwendete.

## Gelehrte am Hofe des Kaisers



Auf jahrtausendealten Traditionen aufbauend schrieb Xu Guangqi eine Enzyklopädie der Agrikultur (Ch 1980) / Li Bing schuf künstliche Bewässerungssysteme (Ch 1980) / Der Mathematiker Zu Chongzhi berechnete u. a.  $\pi$  auf sieben Dezimalen genau (Ch 1956) / Der Kaiserliche Hofastronom Zhang Heng, vermutlich einer der Erfinder einer kunstvollen Armillarsphäre und eines Seismographen, beschäftigte sich mit Mond- und Sonnenfinsternissen und versuchte, die Anzahl der sichtbaren Sterne zu bestimmen (Ch 1956) / Der Arzt Li Shizhen verfaßte ein Kompendium der Heilkunde mit mehr als 2000 Heilpflanzen (Ch 1956)

## Kompaß und Seismograph



Armillar (spätes 13. Jh.) in Nanking von Guo Shoujing (Ch 1962) / Der Arzt und Mediziner Sun Simiao (Ch 1962) / Äquatorialarmillar, 1279 in Peking an der Sternwarte aufgestellt. Original heute in Nanking (Ch 1953) / Löffelförmiger Magnetstein als Kompaß (»Süd-Zeiger«) (Ch 1953) / In China, einem erdbebenreichen Land, wurden die Beben seit 780 v. u. Z. sorgfältig registriert. Im 2. Jh. u. Z. wurde ein Seismograph konstruiert: Ein schweres Pendel (im Inneren des Gefäßes) schlägt bei einem Beben aus; ein sinnreicher Mechanismus läßt Kugeln aus Drachensäulen in jene der acht Kröten-schlünde fallen, die in Richtung auf das Erdbebenzentrum liegen (Ch 1953) / Trommelwagen-Streckenmesser (300 v. u. Z.), u. a. zum Straßenbau benutzt (Ch 1953)

Weder der frühe Konfuzianismus noch der seit dem 1. Jh. v. u. Z. nach China eindringende Buddhismus waren hauptsächlich an Naturforschung interessiert. Von allen chinesischen philosophischen Strömungen hatten die Taoisten bzw. deren spätere Nachfolger die stärkste Bindung an Naturerkenntnis, da die Suche nach dem Tao – vielleicht zu übersetzen mit »Weg und Ordnung der Natur« – auf die Erfassung des großen inneren Zusammenhangs im Kosmos gerichtet war. Während es in China keine atomistischen Ideen etwa nach Art der Vorstellungen von Demokrit gegeben hat, entwickelten die Chinesen eine 5-Elemente-Lehre. Wasser, Metall, Holz, Feuer und Erde symbolisierten prinzipielle Naturvorgänge, Wasser z. B. die Eigenschaften der Aufnahme-fähigkeit, Tropfbarkeit und des Verschwindens. Zusammen mit der Vorstellung des Wirkens zweier fundamentaler, sich gegenseitig bedingender gegensätzlicher Naturkräfte – Yin und Yang genannt – gab es einen weiten theoretischen Spielraum zur Erklärung einer ausgedehnten alchemistischen, chemischen, metallurgischen und medizinischen Praxis, von der Alkoholdestillation bis zur Akupunktur.

Die Chinesen, Meister technischer Erfindungen, haben keine physikalischen Theorien zur Erklärung der Phänomene, etwa über Bewegung und Fall, entwickelt. Aber sie besaßen u. a. ausgezeichnete Metallspiegel, verwendeten Bergkristalllinsen und erkannten als große Musikliebhaber, daß Schall auf Vibration beruht.

Die Praxis von Zukunftsvorhersagen mittels des Magnet-eisensteins (Geomantie) reicht weit zurück. Löffel-förmige Magnetsteine, also fähig der Rotation, stellten sich in Nord-Süd-Richtung ein, ebenso wie mit Magnet-eisenstein versehene, auf Wasser schwimmende Hölz-chen. Diese Tatsachen waren vermutlich schon im 1. Jh. v. u. Z. weit bekannt; im 6. Jh. konnte man Eisen-nadeln durch Überstreichen mit natürlichem Magnet-stein magnetisieren. Der Schiffskompaß dürfte seit dem 10. Jh. von chinesischen Seeleuten verwendet worden und von dort ziemlich rasch nach Westen vorgedrungen sein. Im Mittelmeerraum waren Kompassse seit dem 13. Jh. in Gebrauch. Doch ist neuerdings wieder die Möglichkeit erörtert worden, daß die Erfindung des Kompasses in Europa unabhängig erfolgte.

Auf dem indischen Subkontinent sind bedeutende naturwissenschaftliche und mathematische Leistungen erbracht worden. Manches ist bekannt, doch hat die historische Forschung noch viel aufzuarbeiten und zu klären. Man kennt die hochstehende Harappa-Kultur (3. Jahrtausend), in der u. a. die Städte Harappa, Mohendschodaro und Kalibangan blühten. Aus den Resten eines Abacus kann man auf einige mathematische Kenntnisse schließen. Es bildete sich eine neue, gelegentlich vedisch genannte Kultur heraus; unter Veden hat man religiöse Schriften zu verstehen, bei deren Kommentierung Ansätze philosophischen Denkens entstanden. Als Sprache der Wissenschaft wurde Sanskrit verwendet. Im 6. Jh. v. u. Z. schuf Siddharta Gautama oder Buddha (d. i. der Erleuchtete) eine Lehre, aus der eine der großen heutigen Weltreligionen entstand, die durch ihre Ausbreitung nach China, Korea und Japan auch den Austausch wissenschaftlicher Kenntnisse begünstigte. In einem Buch (ca. 300 v. u. Z.), das das Leben Buddhas beschreibt, wird geschildert, wie sich Buddha bei der Brautwerbung neben dem Nachweis seiner Geschicklichkeit in militärisch-sportlichen Wettkämpfen auch einer strengen Prüfung in Zahlenkunde unterziehen muß. Buddha war imstande, Zahlenbezeichnungen bis  $10^{53}$  anzugeben, bei klarer Einsicht, daß die Zahlenreihe unbeschränkt ist. In etwa derselben Zeit entstand der Dschainismus, der sich im Rahmen seiner Kosmologie auch mit mathematischen und astronomischen Themen befaßte. Der Feldzug Alexander des Großen brachte Teile griechisch-hellenistischer Wissenschaft nach Indien. In dem um 320 u. Z. gegründeten Gupta-Reich kam es zu einem bedeutenden Aufschwung der Wissenschaften; an Universitäten wurde der Kontakt mit Gelehrten aus ganz Indien, China, Tibet, Mittelasien und Ostasien gepflegt. Als Nebenfolge kriegerischer Auseinandersetzungen mit der expandierenden Welt des Islam kam es seit dem 8. Jh. zu einer wechselseitigen Beeinflussung wissenschaftlicher Ergebnisse von indischen und muslimischen Gelehrten. Eine letzte große Blütezeit erlebte die indische Mathematik im 16. Jh.; sie stieß im Zusammenhang mit astronomischen Problemen bis zu den Anfängen der Infinitesimalrechnung und zur Verwendung unendlicher Reihen vor. Mit der Kolonialisierung Indiens wurde im 17. Jh. die eigenständige Entwicklung der Wissenschaften in Indien unterbrochen.

## Weisheit des Erleuchteten



Im Jahre 1861 wurde in Indien ein Archäologischer Dienst eingerichtet. Ton-siegel aus Kalibangan, Harappa-Kultur, 3. Jahrtausend v. u. Z. Die Schrift der Harappa-Kultur konnte bisher noch nicht vollständig entziffert werden (Ind 1961) / Skulptur einer schreibenden Frau, 11. Jh. u. Z. (Ind 1966) / Welt-Hindi-Konferenz. Skulptur aus dem 12. Jh. u. Z. (Ind 1975) / Im Frühjahr 1975 konnte Indien seinen ersten Nachrichtensatelliten mit Hilfe einer sowjetischen Trägerrakete im Weltraum stationieren; er erhielt den Namen des indischen Mathematikers Aryabhata (Ind 1975)

## Leere – Null – Ziffer



Ausschnitte aus einem alten indischen Manuskript, buddhistische Schule (Ind 1979) / Szene aus dem indischen Nationalepos Ramajana (d.i. Leben des Rama), das den Heros und Gott Rama als edlen Fürst und Helden schildert, verfaßt von Maharsi Valmiki. Rama, eine Verkörperung Wischnus, wird im Hinduismus hoch verehrt (Ind 1970) / Mahavira (d.i. Großer Held), eigentlicher Name Wardhamana, Begründer der Erlösungsreligion des Dschainismus; Miniatur aus dem 15./16. Jh. (DDR 1979) / Miniatur aus einer brahmanischen Handschrift des 18. Jh.; Lobpreisung der Dämonen vertreibenden Göttin Durga (DDR 1979)

Im engen Zusammenhang mit religiösen Vorschriften, ausgedehnter Handelstätigkeit und dem Kalenderwesen erreichten Mathematik und Astronomie in Indien einen hohen Entwicklungsstand. Texte der vedischen Zeit enthalten unter anderem Vorschriften, sog. »Schnurregeln«, zur geometrischen Konstruktion komplizierter Grundrisse von Altären, die auf Flächenverwandlungen hinauslaufen und mit Schnüren und Bambusstäben durchgeführt wurden. In einer Blütezeit indischer Wissenschaft, in der ersten Hälfte des 1. Jahrtausend u. Z., wirkten auch hervorragende Mathematiker und Astronomen, unter ihnen Aryabhata, Brahmagupta und Bhaskara I. Es bildete sich eine auf den trigonometrischen Verhältnissen des Sinus und Kosinus beruhende Trigonometrie heraus, verbunden mit ausgezeichneten Verfahren numerischer Interpolation.

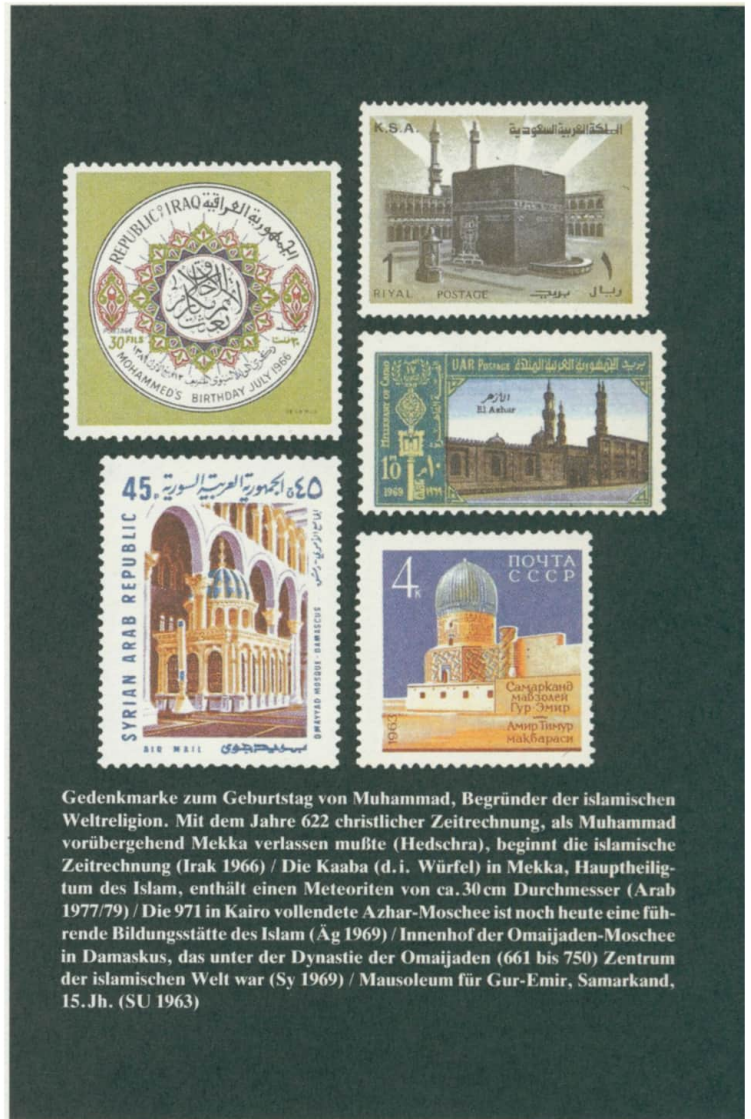
In Indien wurde mit negativen Zahlen ebenso gerechnet wie mit Brüchen. Zum Begriff des Dezimalbruchs sind die Inder jedoch nicht vorgestoßen. Dagegen war seit dem 6./7. Jh. ein dezimales Positionssystem mit Ziffernschreibweise in Gebrauch. Neuerdings wird von der Forschung in Frage gestellt, ob das Zeichen für die Null in Indien erfunden worden ist; es finden sich Zeichen für die Null in Inschriften vom Ende des 7. Jh. auch in Kamputhea und auf Sumatra. Jedenfalls aber war das Dezimalsystem mit zehn Ziffern, also mit Einschluß der Null, im 6./7. Jh. in Indien voll ausgebildet und hat sich von dort aus nach dem Westen ausgebreitet. Im Jahre 662 wurden die indischen Ziffern bereits in Syrien gelobt. Rund hundert Jahre später wurden indische astronomisch-mathematische Werke in Bagdad bekannt. Im Indischen war die Null durch einen Punkt oder ein Ringlein bezeichnet worden und hieß schunya (d. i. leer). Bei der Übersetzung ins Arabische wurde daraus as-sifr (d. i. die Leere) und hieraus entstand das Wort Ziffer. Von den physikalischen Ideen Indiens verdient die Tatsache hervorgehoben zu werden, daß es verschiedenartige Atomismus-Theorien gab und daß eine Art Impetus-Theorie zur Erklärung der Bewegung entwickelt wurde, bei der, anders als im europäischen Mittelalter, die Bewegungsfähigkeit ein Attribut der Atome ist. In hohem Ansehen stand in Indien die Beschreibung von Tieren, Pflanzen und Edelsteinen. Auf hohem Niveau stand die Herstellung von Glas, Farbstoffen, Keramik und Metallen, darunter von Schmiedeeisen.

Die Geschichte der Wissenschaften im islamischen Herrschaftsbereich, insbesondere während ihrer Blütezeit vom 9. bis zum 11. Jh., nimmt eine einzigartige Stellung in der Weltgeschichte der Wissenschaften ein. Bewußte Pflege wesentlicher Bestandteile der antiken Wissenschaft und Übernahme von indischen und chinesischen Errungenschaften – über sprachliche, kulturelle und religiöse Barrieren hinweg – ließen muslimische Gelehrte zum Bewahrer von Erkenntnissen werden, die sonst verlorengegangen wären. Zugleich aber leisteten sie nach geistiger Assimilation des Übernommenen bedeutende eigene Beiträge zur Wissenschaft, Herausragendes insbesondere in Mathematik, Astronomie, Chemie und Kartographie.

Getragen von der Anfang des 7. Jh. auf der arabischen Halbinsel entstandenen Religion des Islam konnten die Araber in kurzer Zeit ein Weltreich erobern, das um 750 Spanien, Nordafrika, Syrien, die arabischen Länder selbst und später sogar große Teile Zentralasien und Indiens umfaßte. Trotz religiöser Differenzen innerhalb des Islam und des Zerfalls des Einheitsstaates sorgten islamische Grundhaltung und Arabisch als Verwaltungssprache für den kulturellen Zusammenhalt einer großen Region der Erde. Arabisch wurde auch zur Sprache der Wissenschaft, obwohl die Vertreter der »arabischen« Wissenschaft auch anderen ethnischen und religiösen Gruppen – u. a. Syrer, Iraner, Christen, Juden – angehörten.

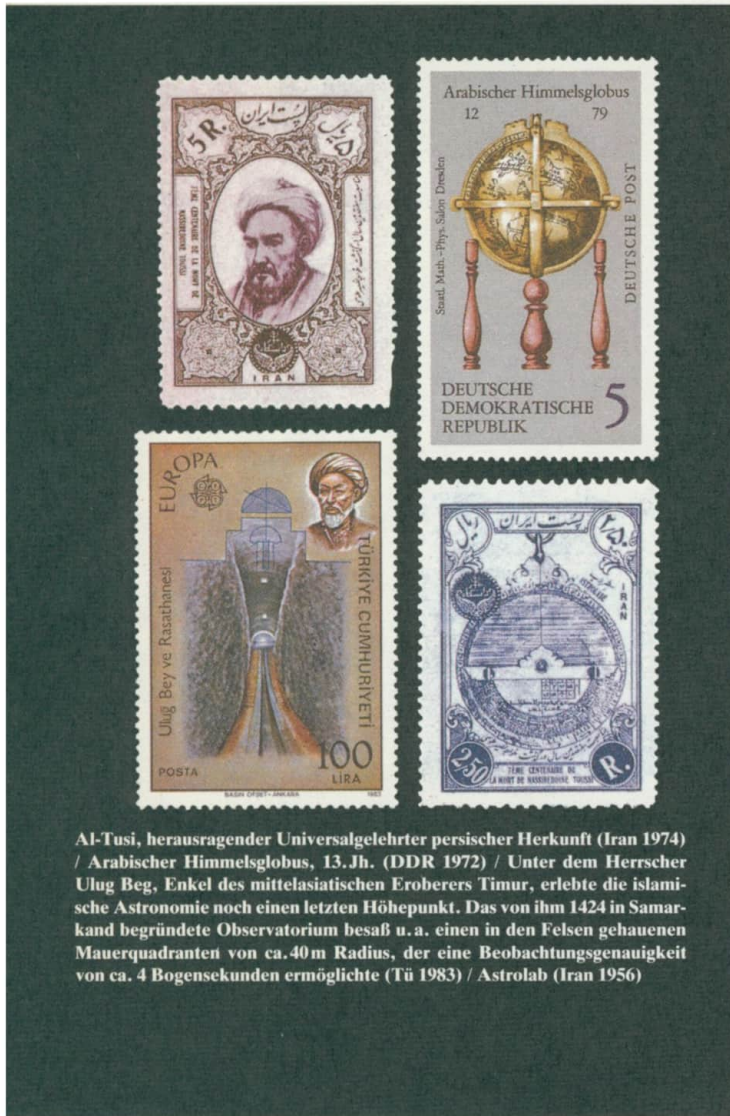
Unter der Dynastie der Abbasiden – zu diesen Kalifen gehört Harun ar-Raschid, der Held aus den »Erzählungen aus 1001 Nacht« – wurde in der 762 neugegründeten Hauptstadt Bagdad zu Anfang des 9. Jh. ein »Haus der Weisheit« (Bait al-hikma) eingerichtet, eine Art Akademie nach antiken und orientalischen Vorbildern. Dort wurden im Auftrage der Kalifen systematisch Manuskripte, insbesondere solche aus der Antike, gesammelt, ins Arabische übersetzt und auf dieser Grundlage eine weitgefächerte Forschung angestellt. Eine Bibliothek und ein astronomisches Observatorium waren angeschlossen. Neben Bagdad erreichten auch andere kulturelle Zentren ein hohes wissenschaftliches Niveau, so Aleppo, Damaskus, Cordoba (Spanien), Kairo und Städte in Mittelasien.

## »Haus der Weisheit«



Gedenkmarke zum Geburtstag von Muhammad, Begründer der islamischen Weltreligion. Mit dem Jahre 622 christlicher Zeitrechnung, als Muhammad vorübergehend Mekka verlassen mußte (Hedschra), beginnt die islamische Zeitrechnung (Irak 1966) / Die Kaaba (d. i. Würfel) in Mekka, Hauptheiligtum des Islam, enthält einen Meteoriten von ca. 30 cm Durchmesser (Arab 1977/79) / Die 971 in Kairo vollendete Azhar-Moschee ist noch heute eine führende Bildungsstätte des Islam (Äg 1969) / Innenhof der Omaijschen-Moschee in Damaskus, das unter der Dynastie der Omaijschen (661 bis 750) Zentrum der islamischen Welt war (Sy 1969) / Mausoleum für Gur-Emir, Samarkand, 15. Jh. (SU 1963)

# Blütezeit der Wissenschaften



Al-Tusi, herausragender Universalgelehrter persischer Herkunft (Iran 1974) / Arabischer Himmelsglobus, 13. Jh. (DDR 1972) / Unter dem Herrscher Ulug Beg, Enkel des mittelasiatischen Eroberers Timur, erlebte die islamische Astronomie noch einen letzten Höhepunkt. Das von ihm 1424 in Samarkand begründete Observatorium besaß u. a. einen in den Felsen gehauenen Mauerquadranten von ca. 40 m Radius, der eine Beobachtungsgenauigkeit von ca. 4 Bogensekunden ermöglichte (Tür 1983) / Astrolab (Iran 1956)

Arabische Astronomie und Mathematik erlebten im 9. bis 11. Jh. eine erste große Blütezeit. Viele Gelehrte wirkten in Bagdad am »Haus der Weisheit«, wie der bei Hofe einflußreiche Universalgelehrte al-Kindi, oder standen mit diesem intellektuellen Zentrum in Verbindung. Al-Farghani bildete die mathematische Theorie des Astrolabs durch. Al-Battani schuf auf Grund genauer Beobachtungen ein über Ptolemaios hinausgehendes »Astronomisches Tafelwerk«, das noch von Copernicus, Brahe und Kepler zitiert wird. As-Sufi lieferte einen präzisierten Fixsternkatalog; al-Biruni entwickelte u. a. die astronomische Geographie. Al-Farabi wirkte in Bagdad und Aleppo; u. a. kommentierte er die »Elemente« des Euklid.

Auch späterhin zeigte die teilweise mit Astrologie vermischte Astronomie im islamischen Bereich weitere Höhepunkte. Dabei ging es in theoretischer Hinsicht um die Interpretation der ptolemäischen Astronomie gemäß der aristotelischen Physik, so bei Ibn al-Haitham (lat. Alhazen), bei Ibn Ruschd (lat. Averroes), bei al-Tusi und bei al-Bitruji (lat. Alpetragius).

Mit den Fortschritten der beobachtenden Astronomie war der Ausbau der mathematischen Methoden eng verbunden, insbesondere solcher der ebenen und der sphärischen Trigonometrie. Abu-l-Wafa beispielsweise definierte die trigonometrischen Funktionen am Kreis. Durch al-Tusi wurde die Trigonometrie zur selbständigen mathematischen Disziplin. Eines seiner Hauptwerke trägt den Titel »Abhandlung über das vollständige Vierseit«. Eine kritische Analyse des euklidischen Parallelpostulats ließ ihn zu einem frühen Vorläufer der nichteuklidischen Geometrie des 19. Jh. werden. Vorzüglich waren auch die trigonometrischen Tafeln; beispielsweise ist die Sinustafel von al-Biruni, bei einer Schrittweite von 15', auf acht Dezimalen genau.

Bemerkenswert ist auch der Beitrag der Muslime zur Algebra, über das Werk von al-Chwarizmi hinaus. Al-Hayyam, der mit Hilfe von Kegelschnitten kubische Gleichungen zeichnerisch lösen konnte, suchte nach Lösungsformeln für Gleichungen dritten Grades nach Art der für quadratische Gleichungen. Dieses Problem konnte erst im 16. Jh. in Europa gelöst werden. Bei dem in Granada (Spanien) wirkenden al-Qalasadi findet sich sogar eine ausgereifte algebraische Symbolik, u. a. mit festen Zeichen für Gleichheit und Quadratwurzel.

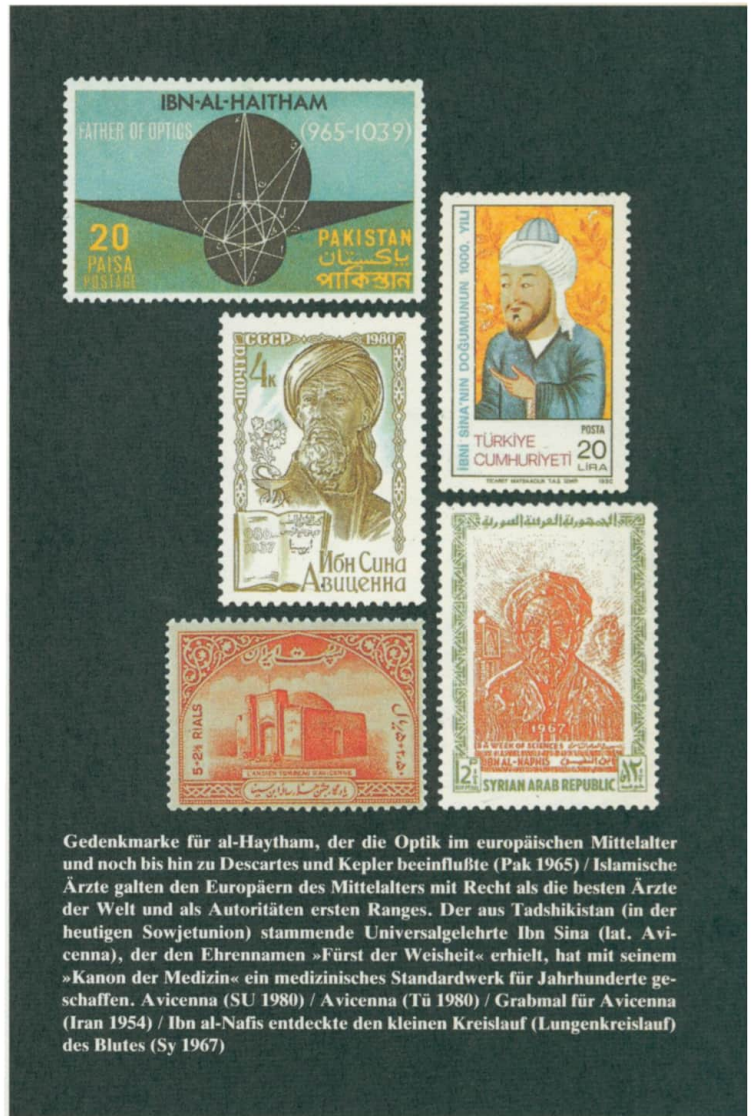
Die Handelstätigkeit der Araber erstreckte sich bis nach Nordeuropa, Ostafrika, bis nach Indien und China. Rechnende Mathematik, auf kaufmännische Fragen wie Zins und Zinseszins und auf Erbteilungsfragen zugeschnitten, erfreute sich daher großer Wertschätzung. Zugleich erzielte die reine Mathematik – in Zahlentheorie und Gleichungstheorie – bedeutende Fortschritte durch herausragende Männer wie Thabit ibn Qurra, Abu-l-Wafa und al-Hayyam, der in Europa unter dem Namen Omar Hayyam zuerst als freigeistiger Dichter berühmt geworden ist.

Der Weg der indischen Ziffern nach Westen ist noch immer in vielen Einzelheiten ungeklärt. Man weiß aber, daß bereits 662 ein syrischer Gelehrter die indischen Ziffern gelobt hat. In der ersten Hälfte des 10. Jh. wurden die indischen Ziffern in ihrer Schreibweise modifiziert, und es entstanden die sog. ostarabischen Ziffern, die in vielen arabischen Ländern noch heute in Gebrauch sind. Die heutigen international verwendeten Ziffern in der Schreibweise 0, 1, 2, ..., 9 sind aus den später in den westarabischen Gebieten entstandenen Ziffern hervorgegangen.

Physik galt im damaligen Verständnis sowohl als Teil der Mathematik als auch als Teil der Philosophie. Einen Höhepunkt bildete das optisch-geometrische Werk des Ibn al-Haytham, der lange Zeit in Kairo gearbeitet hat. Er verwarf jene antike Theorie, wonach das Licht von den Augen ausgesandt wird, und behauptete statt dessen, ähnlich wie Demokrit, daß eine von der Lichtquelle ausgehende Emission vom Auge wahrgenommen wird. Licht breitet sich geradlinig aus, wird absorbiert, reflektiert und gebrochen. Al-Haytham setzte Lichtbrechung in Analogie zum Verhalten von Körpern in verschiedenen Medien, wie etwa im Wasser oder in Luft. Im modernen Sinne des Wortes hat er experimentiert, etwa bei der Untersuchung der Reflexion von Licht an polierten Oberflächen.

Al-Farasi stellte mit wassergefüllten Glaskugeln Versuche an, um den Regenbogen zu erklären, und war im übrigen ein hervorragender Zahlentheoretiker. Auf technischen Gebiet sind von ihm sehr genau arbeitende Wasseruhren und mechanische Verbesserungen an Wasserhebemaschinen bekannt.

## Auge – Licht – Medizin



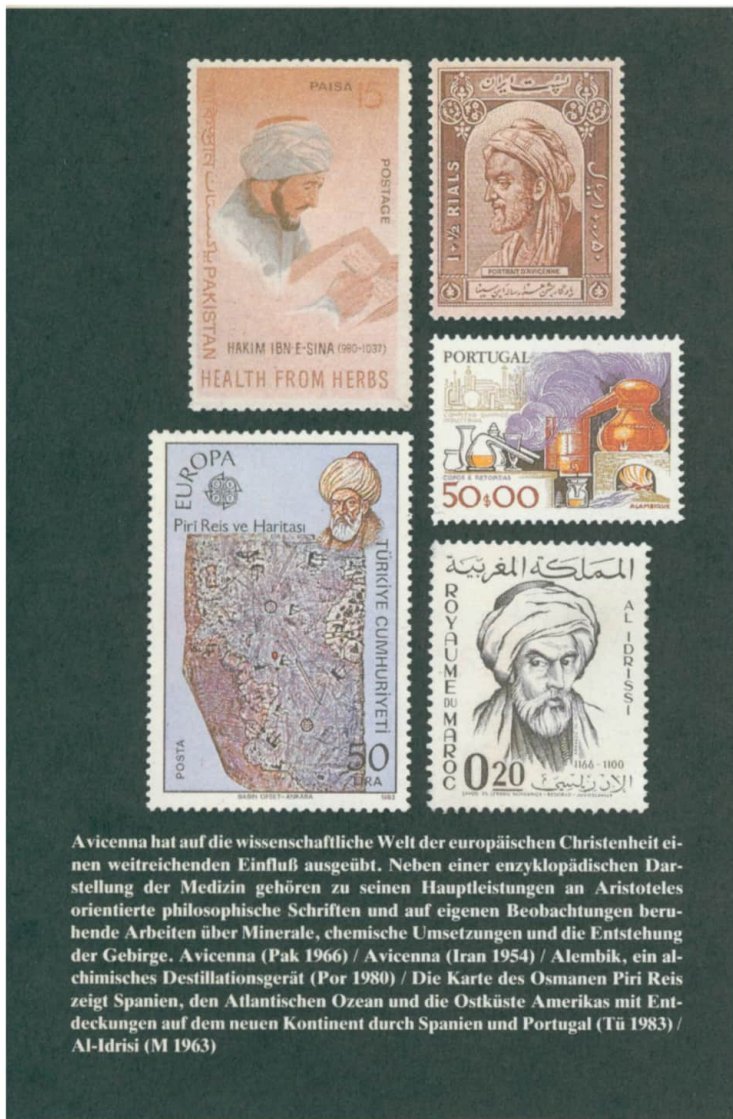
Gedenkmarke für al-Haytham, der die Optik im europäischen Mittelalter und noch bis hin zu Descartes und Kepler beeinflusste (Pak 1965) / Islamische Ärzte galten den Europäern des Mittelalters mit Recht als die besten Ärzte der Welt und als Autoritäten ersten Ranges. Der aus Tadshikistan (in der heutigen Sowjetunion) stammende Universalgelehrte Ibn Sina (lat. Avicenna), der den Ehrennamen »Fürst der Weisheit« erhielt, hat mit seinem »Kanon der Medizin« ein medizinisches Standardwerk für Jahrhunderte geschaffen. Avicenna (SU 1980) / Avicenna (Tü 1980) / Grabmal für Avicenna (Iran 1954) / Ibn al-Nafis entdeckte den kleinen Kreislauf (Lungenkreislauf des Blutes) (Sy 1967)

# Alchimie

Astrologie und Alchimie waren oft eng ineinander verwoben. Das astrologische Zeichen für Sonne stand zugleich in alchimistischen Schriften für Gold, Mond für Silber, Merkur für Quecksilber usw. Im Anschluß an Schriften der Spätantike wurden Konzeptionen vom universellen Zusammenhang von Mensch und Natur, vom gegenseitigen Einfluß von Mikrokosmos und Makrokosmos entwickelt, unter denen auch die Suche nach einem lebensverlängernden Elixier oder die Verwandlung unedler Metalle als echte medizinische bzw. chemische Aufgaben erschienen. In diesem Begegnungsfeld von Mystizismus, Erfahrung, Handwerkskunst und Wissenschaft sind in der islamischen Welt chemische und physikalische Verfahren der Alchimie wie Destillieren, Sublimieren, Kristallisieren und Filtern weiterentwickelt worden, ebenso wie chemisch-alchimistische Geräte und chemische Agentien.

Die Zeit der Kreuzzüge brachte die Europäer im 11. und 12. Jh. mit der farbenprächtigen Welt des Orients, mit seiner exotischen Tier- und Pflanzenwelt und Handwerkskunst in direkte Berührung. Die Tulpe gelangte so nach Europa. Noch heute erregen die aus planmäßigen Züchtungen hervorgegangenen »Araber« die Bewunderung der Pferdeliebhaber. In der Kunst des Webens von Brokat- und Seidenstoffen und in der Metallverarbeitung bei Edelmetall, Kupfer und Stahl waren die Muslime den Europäern damals weit überlegen; die Bezeichnungen »Damast« und die »Damaszener Klingen« erinnern an den Ursprungsort Damaskus im heutigen Syrien.

Beschreibungen von Tieren, Pflanzen und Edelsteinen, von Ländern und Reiserouten waren sehr beliebt, teils als eine Art Unterhaltungslektüre für die Reichen, teils im Interesse des Handels, der Landwirtschaft und der Pilgerreisen zu den heiligen Stätten des Islam. Am »Haus der Weisheit« wurden die überlieferten geographischen Texte der Antike studiert, korrigiert und erweitert. Al-Mas'udi beispielsweise vermochte Ptolemaios zu kritisieren, da ihm neue geographische Kenntnisse arabischer Seeleute zugänglich waren. Al-Idrisi, ausgebildet in Cordoba, einige Zeit in Palermo beim Normannenkönig Roger II. lebend, sammelte systematisch geographische Informationen. Eigene Reisen führten ihn auch aus dem islamischen Bereich hinaus, nach Frankreich und England.



Avicenna hat auf die wissenschaftliche Welt der europäischen Christenheit einen weitreichenden Einfluß ausgeübt. Neben einer enzyklopädischen Darstellung der Medizin gehören zu seinen Hauptleistungen an Aristoteles orientierte philosophische Schriften und auf eigenen Beobachtungen beruhende Arbeiten über Minerale, chemische Umsetzungen und die Entstehung der Gebirge. Avicenna (Pak 1966) / Avicenna (Iran 1954) / Alambik, ein alchimisches Destillationsgerät (Por 1980) / Die Karte des Osmanen Piri Reis zeigt Spanien, den Atlantischen Ozean und die Ostküste Amerikas mit Entdeckungen auf dem neuen Kontinent durch Spanien und Portugal (Tü 1983) / Al-Idrisi (M 1963)

Viele Jahrhunderte lang stießen islamische und christliche Welt militärisch hart zusammen. Der arabische Vorstoß auf Frankreich wurde 732 bei Poitiers abgewiesen. Die Reconquista, die Rückeroberung der iberischen Halbinsel, wurde im 11. Jh. durch die Christen eingeleitet. In mehreren Kreuzzügen suchten die christlichen Feudalherren seit dem 11. Jh. die dem Christentum heiligen Stätten im Nahen Osten dem Islam zu entreißen. Hinter diesem ideologisch begründeten Anspruch verbargen sich weitgespannte ökonomische Interessen, u. a. des Handels nach Asien. Türkische Truppen stießen auf dem Balkan bis nach Mitteleuropa vor; 1529 und 1683 wurde Wien von den Türken belagert.

Dennoch kam es zur fruchtbaren Begegnung beider Kulturen. Bis weit hinein ins Mittelalter gelangten Errungenschaften der Wissenschaft, Architektur und Musik, Papier- und Textilherstellung, Kompaß und Pulver vermutlich aus dem Orient in den Okzident, über Sizilien, Unteritalien, Südfrankreich, Spanien.

In Toledo wurde 1058 eine Übersetzerschule gegründet, an der u. a. der jüdische Gelehrte Johannes von Sevilla und Gerhard von Cremona wirkten. Dort wurden systematisch Schriften aus dem Arabischen – unter anderem über das Hebräische und Kastilische als Mittlersprachen – ins Lateinische übertragen. In Sizilien wurde – u. a. durch Adelhard von Bath und Michael Scotus – die bereits unter der Normannenherrschaft begonnene Übersetzertätigkeit am Hofe des Staufenkaisers Friedrich II., einem Bewunderer der orientalischen Kultur, weitergeführt.

Im 12./13. Jh. waren im katholischen Teil Europas unter anderem Schriften von Archimedes, Euklid, Apollonios, Ptolemaios, Avicenna, al-Farabi, al-Chwarizmi – oder doch wenigstens ungefähre Angaben zu deren Inhalt – verfügbar. Die Aneignung und Weiterführung des Werkes des Aristoteles, nicht zuletzt mit Hilfe der von islamischen Gelehrten verfaßten Kommentare, wird die europäische scholastische Wissenschaft wesentlich prägen. Eine herausragende Stellung spielten dabei die Aristoteles-Kommentare des aus Spanien stammenden Universalgelehrten Ibn Ruschd (lat. Averroes) mit ihren stark materialistischen Denkansätzen.

## Ex oriente lux



**Konfuzius sprach: Etwas lernen und sich immer wieder darin üben – schafft das nicht auch Befriedigung?**

**Fragst Du, brauchst Du Dich nur einen Augenblick zu schämen. Fragst Du nicht, schämst Du Dich bis an Dein Lebensende.**

*Japanisches Sprichwort*

**Das Rechnen ist bei allen Arbeiten nützlich, die mit weltlichen, kultischen und anderen ähnlichen religiösen Dingen zusammenhängen.**

*Mahavira*

**Lernen im Alter ist wie Schreiben im Sand, aber Lernen in der Jugend ist wie Meißeln in Stein.**

*Arabisches Sprichwort*

**In den Wissenschaften ist es höchst verdienstlich, das unzulänglich Wahre, was die Alten schon besessen, aufzusuchen und weiterzuführen.**

*Johann Wolfgang von Goethe*

# IV. LATEINISCHES MITTELALTER

Albertus Magnus, eigentlich Albert Graf von Bollstädt, einer der bedeutendsten Gelehrten des christlichen Mittelalters. Er erhielt den Ehrennamen »doctor universalis«. Zusammen mit seinem Schüler Thomas von Aquino prägte er entscheidende Grundpositionen der Katholischen Kirche des Hochmittelalters und schrieb Abhandlungen naturwissenschaftlichen Inhalts, so über Flora und Fauna, über Minerale, Gebirge und Meteorologie (BRD 1980)

EUROPA-MARKEN 80



ALBERTUS MAGNUS

FIRST DAY COVER 8. 5. 1980



## Patristik – Ora et labora

Im auseinanderbrechenden und von äußeren Feinden bedrängten Römischen Weltreich war im 4. Jh. das Christentum zur Staatsreligion aufgestiegen. Die gesellschaftliche Krise hatte eine Erlöserreligion begünstigt, die wie viele andere messianische Bewegungen vor Jesus von Nazareth den Unterdrückten wenigstens Hilfe durch Glauben anbot und zugleich den Herrschenden als Mittel dienen konnte, die Ausgebeuteten zur Demut auf Erden hinzuleiten. Mit dem Übertritt des fränkischen Königs Chlodwig I. zum Christentum begann der Aufstieg der Kirche zur staatstragenden Kraft und zum ökonomisch stärksten feudalen Bodeneigentümer.

Es hat Jahrhunderte gedauert, bis die feudale Gesellschaft des Abendlandes ökonomisch und geistig-kulturell die Folgen des Zusammenbruchs der Antike hat überwinden können. Die Traditionen der antiken Wissenschaft wurden im allgemeinen Niedergang weitgehend unterbrochen, aber nicht völlig ausgelöscht.

Das frühe Christentum richtete begrifflicher Weise einen ideologischen Stoß auch gegen die nichtchristliche, die »heidnische« Wissenschaft. Einer jener »Kirchenväter«, die die christliche Dogmatik begründeten, Tertullian, prägte den Ausspruch: »Wißbegier ist uns nicht nötig, seit Jesus Christus, auch nicht Forschung, seit dem Evangelium.« Von allen Autoren der Patristik hat wohl Augustinus, Bischof von Hippo Regius (Numidien, Nordafrika), die Haltung der Kirche zur Wissenschaft am stärksten geprägt. Da das erwartete Gottesreich auf sich warten lasse, könne und solle der Christ Wissen erwerben, allerdings stets unter dem Primat des Glaubens vor dem Wissen. Ohnehin überträfen die in der Heiligen Schrift geoffenbarten göttlichen Wahrheiten alle Fähigkeiten des menschlichen Verstandes.

Wissenschaft war möglich, auch Naturwissenschaft. Reste antiken Wissens wurden, sorgsam in Klöstern bewahrt, zu Keimzellen eines Aufschwungs. Das sog. finstere europäische Mittelalter hat, als es die Kraft zur Besinnung auf eigene Traditionen und zur Assimilierung des aus der islamischen Welt einströmenden geistigen Schätze fand, auch im Rahmen der ideologischen Herrschaft der katholischen Kirche unverwechselbare und bleibende wissenschaftliche Leistungen hervorgebracht.



Augustinus (Vat 1954) / Benedikt von Nursia gründete 529 das Kloster Monte Cassino. Zu den Pflichten der Mönche gehörten Lektüre, Beten und Arbeiten (ora et labora). Aus dem Benediktinerorden und dem später gegründeten Franziskanerorden sind bedeutende Gelehrte hervorgegangen. Benedikt (BRD 1980) / Benediktinermönche beim Bau (I 1929) / In dem nicht von den Unruhen der Völkerwanderung erfaßten Irland konnte sich christliche Gelehrsamkeit früh entfalten. Auch Johannes Eriugena oder Scottus (Ir 1977) wurde nach Frankreich gerufen, um den von Kaiser Karl dem Großen (F 1966) eingeleiteten Aufbau eines Schulsystems fortzuführen

Seit dem 5. Jh. breiteten sich auch im Bereich des Christentums Klöster aus. Gestützt auf feudale Ausbeutung und planvolle Landwirtschaft – handwerkliche Massenerstellung von eisernen landwirtschaftlichen Gerätschaften, Weinbau, Klostergärten mit einem relativ hochentwickelten Anbau von Fruchtbäumen – stiegen die Klöster auch zu bedeutenden ökonomischen Zentren auf. Insbesondere die Benediktinerklöster und irisch-schottische Klöster erreichten im 8. Jh. zugleich ein hohes Bildungsniveau; an Klosterschulen wurde für künftige Mönche und Weltgeistliche auch ein Minimum an Kenntnissen über die Natur gelehrt. So beschäftigte sich der Angelsachse Beda Venerabilis (d. i. der Ehrwürdige), der an der Abtei Jarrow wirkte, neben einer ausgedehnten historischen und theologischen Tätigkeit auch mit Kalenderrechnung und Kosmologie. Er führte die christliche Zeitrechnung »anno domini« (im Jahre des Herrn) ein und wurde zum Begründer des Computus, von Verfahren zur Berechnung der beweglichen kirchlichen Feiertage.

Im Frankreich machte Karl der Große es zur Pflicht, an den Bischofssitzen und Klöstern Schulen einzurichten, um das Bildungsniveau des Klerus zu erhöhen und die Verwaltung des Reiches zu erleichtern. Der des Lesens und Schreibens selbst unkundige Kaiser unterhielt bei Hofe eine nach antikem Vorbild als Akademie bezeichnete Vereinigung von Freunden des Wissens.

Der Angelsachse Alkuin von York, von Karl ins Frankenreich gerufen, wurde Leiter der Palastschule, erwarb sich hervorragende Verdienste um das klerikale Bildungswesen im Frankenreich und begründete den Ruhm der Schule von Tours. Möglicherweise hat er auch eine Sammlung von Rechenaufgaben zur Erziehung der Jugend verfaßt. Neben Tours und Corbie erreichten auch die Schulen von Reichenau, St. Gallen und Fulda eine führende Stellung. In Fulda wirkte als Abt Hrabanus Maurus, der, als Schüler von Alkuin in Tours ausgebildet, ein Buch über die Unterrichtung der Kleriker schrieb, selbst bedeutende Schüler hatte, eine 22bändige Enzyklopädie »De rerum naturis« (etwa: Von den Eigenschaften der Dinge) verfaßte und den Ehrentitel »Praeceptor Germaniae« (Lehrmeister Germaniens) erhielt.

## Klostergelehrsamkeit



In Ottobeuren (BRD) wurde 764 ein Benediktinerkloster gegründet (BRD 1964) / Auf Franz von Assisi geht die Gründung des Bettelordens der Franziskaner zurück, Franz von Assisi predigt den Tieren (Ö 1982) / Mittelalterliche Gelehrtenstube (B 1966) / Hildegard von Bingen, Äbtissin des Benediktinerklosters Rupertsberg bei Bingen, verfaßte u. a. auf eigenen Beobachtungen beruhende Beschreibungen der Tier- und Pflanzenwelt und der Volksmedizin (BRD 1979) / Durch mühsames Kopieren nur konnte die Anzahl der Bücher vergrößert werden. Noch im 9. Jh. dürfte selbst die beste Klosterbibliothek kaum mehr als 100 Bücher besessen haben (Vat 1980)

# Hohe Schulen – Universitäten – Scholastik

Das 8./9. Jh. hatte einen deutlichen Aufschwung von Kultur und Wissenschaft in Westeuropa hervorgebracht, der gelegentlich als karolingische Frührenaissance bezeichnet wird. Nach vorübergehender Stagnation setzte mit dem 11. Jh. ein durchgreifender Aufschwung ein, der im Hochmittelalter des lateinisch-christlichen Europa auch zu herausragenden wissenschaftlichen Leistungen führte.

Die Kirche hatte im 11. Jh. erkannt, daß im Interesse ihrer politischen und ökonomischen Machtentfaltung der Klerus höhere Bildung erwerben müsse. Auch drängte die Entwicklung der nun rasch aufblühenden Städte auf Aneignung und Erwerb von Wissen. Im christlichen Europa stellte sich eine breite, weit über Klosterzellen hinausgreifende Aufnahmebereitschaft für Wissenschaft und Bildung ein. Drei geistige Ströme – das griechisch-hellenistische Erbe, bedeutende Teile der islamischen Wissenschaft und christliche Ideologie – trafen zusammen und verschmolzen miteinander.

Die europäische Naturwissenschaft des Mittelalters fand ihre offizielle Heimstatt an den Universitäten, die, ob weltliche oder klerikale Gründungen, jedenfalls der Bestätigung durch den Papst bedurften. An den Hohen Schulen bildete sich eine Form des Wissenschaftsbetriebs heraus, die wir heute als scholastische bezeichnen: Scholastik bedeutete im ursprünglichen Sinne »Schullehre«, also systematische Vermittlung von Wissenstoff durch Vorlesungen und Disputationen. (Erst später, mit dem Blick auf den Verfall der Wissenschaften im ausgehenden Mittelalter, erhielt das Wort Scholastik den abwertenden Sinn einer inhaltsleeren Scheindiskussion.)

Nach dem Besuch einer Lateinschule wurde der Student im Alter zwischen 10 und 14 Jahren in die Matrikel (das Aufnahmeverzeichnis) einer Universität eingetragen. Am Anfang des Studiums standen Grammatik, Rhetorik und Dialektik (Trivium, Dreiweg); es folgte das Quadrivium (Vierweg), bestehend aus Arithmetik, Geometrie, Astronomie und Musik. Trivium und Quadrivium wurden zusammengefaßt zu den sieben freien Künsten, den »artes liberales«; unter den Klassenbedingungen jener Zeit waren die freien Künste die Künste und Fertigkeiten der Freien. Wer weiterstudieren wollte und konnte, durchlief – nach der Artistenfakultät – der Reihe nach die medizinische, die juristische und die theologische Fakultät.



Die ersten Universitäten sind aus zunftartigen Vereinigungen von Schülern und Lehrern hervorgegangen, um sich die Gesamtheit (lat. universitas) aller Wissenschaften anzueignen. Die Pariser Vereinigung wurde 1160 von der Kirche als Universität anerkannt. Gründungsdaten einiger berühmter mittelalterlicher Universitäten: Bologna 1160, Oxford vor 1167, Montpellier 1181, Padua 1222, Salamanca vor 1243 (Sp 1953), Prag 1348 durch Karl IV. (CS 1948), Kraków 1364, durch Jagiello auf Vorschlag seiner Frau Jadwiga 1400 erneuert (P 1964), Wien 1365, Leipzig 1409, St. Andrews 1411, Greifswald 1456 (DDR 1956), Freiburg 1457 (BRD 1957), Tübingen 1477 (BRD 1977), Uppsala 1477

Im Studium der Theologie und der Ausbildung des Klerus lag der eigentliche Sinn der mittelalterlichen Universitäten, wie umgekehrt auch beim Bildungsmonopol des Klerus fast nur Geistliche den Weg zur höheren Bildung finden konnten. Die Vorlesungen bestanden aus dem Vorlesen von Schriften der Kirchenväter, antiker und islamischer Autoren sowie theologischer Literatur. Danach wurden die Texte »ausgelegt«, d.h. kommentiert und interpretiert. Bevorzugt wurde die von Abälard während der Frühscholastik entwickelte Methode des »Sic et Non« (etwa: so oder anders), die Gegenüberstellung von Aussprüchen berühmter Autoren, die unterschiedliche Meinungen zu einem bestimmten Problem vertreten hatten. Zweifellos erforderte dies ein bedeutendes Maß an Gelehrsamkeit und Scharfsinn, doch mußte der Fortschritt für die Naturwissenschaften gering bleiben, solange nicht durch Vergleich mit der Natur über die Richtigkeit entschieden werden konnte oder durfte. Die Assimilation der im 11. Jh. im Abendland bekannt werdenden Schriften von Aristoteles und seiner islamischen und jüdischen Kommentatoren stieß wegen ihrer empirisch-materialistischen Aspekte auf Schwierigkeiten. In Paris wurde 1209 das Studium des Aristoteles verboten. Thomas von Aquino wurde nach Paris berufen, um den Averroismus zu bekämpfen, eine materialistische Interpretation von Aristoteles, die an Averroes angeschlossen. Siger von Brabant, ein Averroist, wurde hingerichtet, der Averroismus 1277 verdammt.

Auch ein philosophischer Kunstgriff schuf der Naturforschung innerhalb der dogmatischen Theologie nur geringen Spielraum, die Lehre nämlich von der doppelten Wahrheit, wonach Theologie und Naturforschung voneinander unabhängig seien. Im theologischen System könne etwas als wahr gelten, das in der Wissenschaft als falsch bewiesen sei, und umgekehrt.

Nach offizieller Lehrmeinung galt die Philosophie als »Magd der Theologie«. Wissenschaft und Philosophie hätten in erster Linie die göttliche Offenbarung und die Weisheit Gottes zu erweisen, auch durch das Studium der Natur. Es wäre ahistorisch gedacht, für das christliche Mittelalter eine andere als diese Grundhaltung zur Naturwissenschaft erwarten zu wollen. Und doch gab es Ausnahmen. Roger Bacon berief sich auf die Erfahrung der Sinne, wandte sich gegen den Vorherrschaftsanspruch der Theologie – und wurde eingekerkert.

## Wissenschaft, Magd der Theologie



Abälard (F 1979) / Averroes (Sp 1967) / Thomas von Aquino, Schüler des Albertus Magnus, schuf zu einer Zeit, da das Papsttum auf dem Höhepunkt seiner weltlichen Macht stand, dem Katholizismus eine einheitliche philosophisch-theologische Grundlage. Er gliederte in die christliche Ideologie Bestandteile der Lehren von Aristoteles, Avicenna und Maimonides ein, bekämpfte jedoch dort vorhandene materialistische Denkansätze und stellte den Glauben ausdrücklich über das Wissen. Als Hauptvertreter der orthodoxen Dogmatik wurde Thomas 1323 heilig gesprochen und 1567 zum Kirchenlehrer erklärt. Thomas von Aquino (I 1974, Vat 1974)

# Hochmittelalter

Das Niveau der mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung an den Artistenfakultäten war auch an den berühmtesten Universitäten bescheiden. Die vier Grundrechenarten mit ganzen positiven Zahlen wurden gelehrt; schon bei der Division geriet man häufig »in die Brüche«. Elementar waren auch die Kenntnisse in ebener Geometrie. In Astronomie, bei Aufnahme neoplatonischen Gedankengutes astrologisch durchsetzt, wurde auf geozentrischer Grundlage einiges über die Bewegung von Sonne, Mond und Planeten gelehrt, mit dem Blick auf Kalender und Berechnung beweglicher kirchlicher Feiertage. Die Musiklehre – wichtig für die Liturgie – knüpfte an pythagoreische Vorstellungen an. Da Verhältnisse von Saitenlängen in Beziehungen zu Tonintervallen wie Oktave, Quarte und Quinte stehen, lag hier ein weites Feld der Anwendung von Proportionen.

Dort, wo das Mittelalter wesentliche Elemente zur späteren Naturforschung beitrug, hat man es im allgemeinen mit Einzelleistungen zu tun, die häufig im kritischen Wechselspiel der Auseinandersetzungen mit Aristoteles, Neoplatonismus und klerikaler Dogmatik entstanden waren.

Beispielsweise wurde das schwierige Problem des Wurfes vielfältig diskutiert. Schon Johannes Philoponos hatte im 6. Jh. die Auffassung des Aristoteles zum Wurf verworfen und statt dessen angenommen, daß der Werfende dem geworfenen Objekt einen Schwung verleiht (später im Lateinischen *impetus* genannt). Im 14. Jh. diskutierten u. a. William von Ockham und Bradwardine in Oxford sowie Buridan und Oresme in Frankreich die Impetustheorie in unterschiedlicher Weise als eine Art Vorstufe von Dynamik weiter: Ein geworfener Stein z. B. verliert durch Luftwiderstand und Schwerkraft an Impetus und fällt, bei schließlichem Überwiegen der Schwerkraft, abwärts, zu seinem natürlichen Ort. Manches hieran erinnert an den Impulssatz der späteren Physik. Oresme, Bischof von Lisieux, kann als einer der bedeutendsten Mathematiker des europäischen Mittelalters gelten. Er schuf u. a. eine Potenzrechnung mit gebrochenen Exponenten und graphische Veranschaulichungen sich zeitlich ändernder Größen wie etwa Bewegung oder Wärme, welche man als Vorstadium der analytischen Geometrie betrachten könnte.



Im 12. Jh. ging die europäische Feudalgesellschaft ihrem Höhepunkt entgegen. Deutliche Fortschritte in der Landwirtschaft – Dreifelderwirtschaft, Kummelanschnürung für Pferde, u. a. m. – und im Handwerk – Braukunst, Tuchmacherei, Eisenverarbeitung, Bergbau, Mühlenwesen, Baukunst, Gerberei, Schiffsbau usw. – schufen Reichtum in Klöstern, Herrnsitzen und in den sich rasch entwickelnden Städten. Das Handwerk organisierte sich in Zünften. Die schönen Künste blühten an den Fürstenhöfen. Troubadours und Minnesänger wie Wolfram von Eschenbach und Walther von der Vogelweide besangen Liebe und Ritterpflichten; ein Teil der Dichtungen und sogar der Melodien ist überliefert (Li 1970)

Studien zur Optik waren im Mittelalter weitverbreitet. Um 1300 kamen Brillen auf. Für die Entstehung des Regenbogens, der als Zeichen der Versöhnung Gottes mit den Menschen galt, wurden mancherlei Erklärungen angegeben. Grosseteste, Kanzler der Universität Oxford, bezeichnete Lichtbrechung als Ursache. Dietrich von Freiberg, Dominikaner, experimentierte mit wassergefüllten Glaskugeln als Modell für die Wassertröpfchen der Wolken. Der Regenbogen entstehe durch eine Kombination von Reflexion und Brechung des Sonnenlichts. Der Franziskaner Roger Bacon, bedeutendster Schüler von Grosseteste, sagte auf Grund eigener optischer Studien Geräte voraus, mit denen man »aus unglaublicher Entfernung die kleinsten Lettern lesen« und die »Sterne in der Erscheinung zu uns herabsteigen lassen« könne – gedankliche Vorwegnahme des Fernrohres. Auch wagte er die Ankündigung von »Maschinen zum Fliegen« und »Fahrzeugen ohne Zugtiere«.

Aus dem Jahre 1269 stammt eine beachtenswert klare Beschreibung magnetischer Erscheinungen durch Petrus Peregrinus. Man lernte, starke Mineralsäuren – Schwefel- und Salpetersäure – herzustellen. Pestepidemien verstärkten die Nachfrage nach Alkohol, dem aqua vitae (Lebenswasser), weil regelmäßiger Alkoholgenuß vor dem Schwarzen Tod schützen könne. Jenseits von Scharlatanerrie und offener Ohnmacht der Ärzte gab es Ansätze zur Bestandsaufnahme von Naturheilkräften, bei Hildegard von Bingen und später bei Konrad von Meigenberg in seinem in deutscher Sprache geschriebenem »Buch der Natur«, wo neben vielem anderen auch physiologische und medizinische Wirkungen von Mineralien, Kräutern, Früchten und entsprechenden Extrakten beschrieben werden.

Doch wäre es ein Fehlurteil, wollte man den Beginn der modernen Naturwissenschaft ins Mittelalter vorverlegen. Selbst die hervorragendsten Gelehrten waren in erster Linie ihrem theologischen Anliegen verpflichtet, im Buch der Natur das Wirken Gottes hervorzuheben.

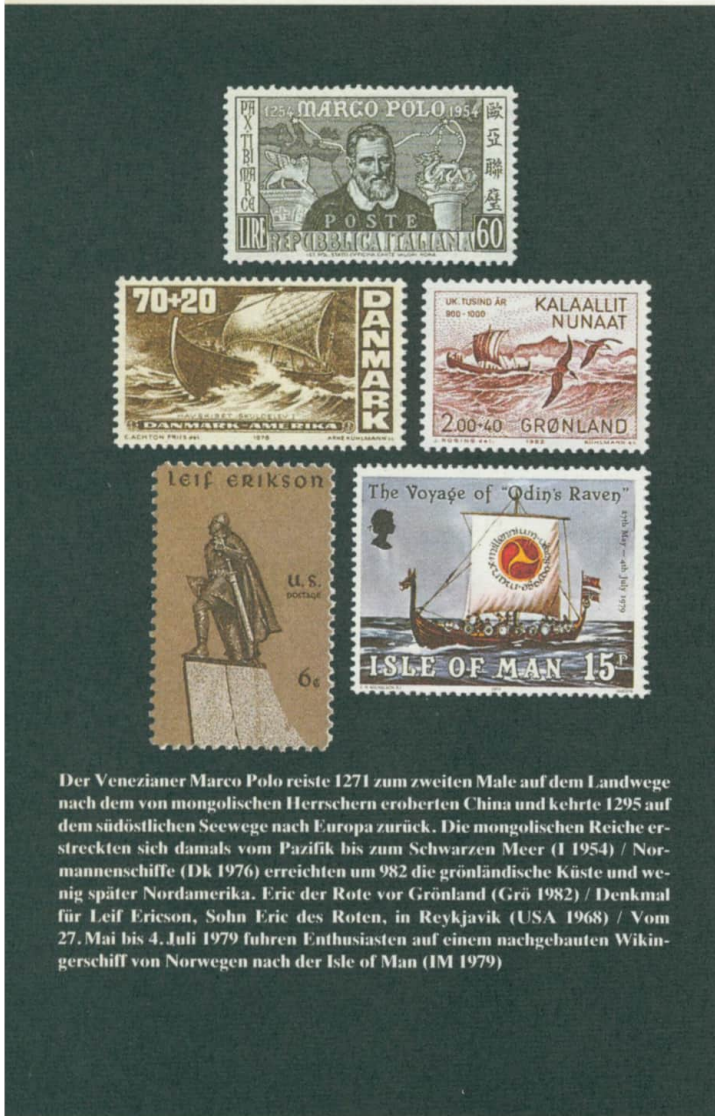
Die gesellschaftlichen Impulse für eine neue Periode der Wissenschaften hat man eher in der Entwicklung der Städte und des Handelskapitals zu suchen. So schrieb Leonardo Fibonacci, ein Kaufmann aus Pisa, dessen Vater in Nordafrika Handel getrieben hatte, im Jahre 1202 ein Buch, in dem er über die schriftlichen Rechenmethoden mit den indisch-arabischen Ziffern berichtete.

## Das Buch der Natur



Spätmittelalterliche Burg, Anfang 15. Jh. (DDR 1984) / Mittelalterlicher Weinbau in Europa (BRD 1980) / Der Übergang vom romanischen zum gotischen Baustil dokumentiert auch einen technologischen Fortschritt, nämlich die Verwendung der in den Bauhöfen empirisch erworbenen baustatischen Kenntnisse. Kathedrale von Reims, Hochgotik, begonnen 1210 (F 1930) / Die Gedenkmarke zum Sieg des Normannenheeres unter Wilhelm I. am 14. Oktober 1066 bei Hastings (Südengland) über die Angelsachsen zeigt Burg, Schiffe und Rüstung (F 1966) / Die Schreibkunst erreichte im Mittelalter auch in Europa ein hohes künstlerisches Niveau. Island, 14. Jh. (Is 1970)

## Die geographischen Horizonte der Europäer erweitern sich



Die Antike und das frühe mittelalterliche Europa hatten nur drei Kontinente gekannt: Europa, Asien und Afrika. Die fernen Weiten im Osten Asiens und im Süden Afrikas freilich waren allenfalls vage bekannt, wie auch umgekehrt die Bewohner des Fernen Ostens nur schwache Kenntnisse über Europa besaßen. Viele Gerüchte über Expeditionen nach Zentralafrika, Umsegelungen der Südspitze und manche anderen geographischen Entdeckungen liegen noch im historischen Dunkel.

Während der Römerzeit hatten zu Lande Handelsbeziehungen nach China bestanden. Das Vordringen der Mongolen nach Westen schuf neue Kontakte der Europäer zum Osten. Eine erste Gesandtschaft des Papstes erreichte im 13. Jh. den mongolischen Hof. Andere Reisende folgten; Handelsinteressen nach China, dem »Land der Seide«, wirkten nachhaltig. Die Chinareisen der aus der mächtigen Handelsstadt Venedig stammenden Mitglieder der Familie Polo während des 13. Jh. haben am nachhaltigsten das europäische Ostasienbild beeinflusst. Marco Polo lebte von 1275 bis 1292 in einflussreicher Stellung am Pekinger Hof des damals China beherrschenden mongolischen Khan. Polos Berichte – die nachweislich auch Kolumbus beeinflussten – über eine hochstehende östliche Kultur stießen jedoch in Europa vielfach auf Unglauben; die Figur des Marco Polo galt jahrhundertlang beim Karneval als Typ des Lügners und Aufschneiders.

Es gibt vielerlei Vermutungen, die teilweise sogar durch archäologische Funde gestützt werden, daß der amerikanische Kontinent schon sehr früh über die großen Ozeane von Westen oder Osten her erreicht worden sei, so um 3000 v. u. Z. durch japanische Fischer, 458 u. Z. durch chinesische Priester, durch irische Mönche im 6. und 8. Jh. Gesichert ist dagegen, daß Normannen – weit vor Kolumbus – amerikanisches Festland betreten haben. Auf offenen Booten, 20 bis 25 m lang, erreichten sie von Skandinavien aus Irland, Island und Grönland. Grönländische Normannen unter Leif Ericson entdeckten 1000 oder 1001 amerikanisches Festland, vermutlich das heutige Labrador, Neufundland und die Gegend um Boston; noch im 14. Jh. befuhren sie häufig die ostamerikanische Küste. Doch dürfte dies alles keinen Einfluß auf die Entdeckungsreisen des Kolumbus gehabt haben.

## Die Göttliche Komödie

Am Ausgang des Mittelalters erfuhr das mittelalterliche Weltbild durch den Florentiner Dante Alighieri seinen reifsten künstlerischen Ausdruck in einem Werk, das, zu Anfang des 14. Jh. vollendet, später den Ehrennamen »Göttliche Komödie« erhielt (das Wort »Komödie« bedeutet im Sinne der Antike das Aufsteigen vom Leid zur Freude). Zwar verbleibt Dante in der Vorstellungswelt des Mittelalters, aber er weist mit der Entfaltung eines Individuums schon in die Zeit der Renaissance.

Der Dichter Dante tritt in der »Göttlichen Komödie« am Karfreitag des Heiligen Jahres 1300 eine sieben-tägige mystisch-visionäre Reise unter Führung seines Lieblingsdichters Vergil durch die drei Reiche des Jenseits an, durch die Hölle, das Fegefeuer und schließlich durch die Sphären des Himmels zum Sitze Gottes. Alle drei Teile zu je 33 Gesängen sind geprägt von den Ideen der Scholastik, aber auch voller allegorischer Bezüge zur Mythologie, Geschichte und Wissenschaft der Antike (z. B. Kreisquadratur, Weltbild des Ptolemaios) und zur bewegten politischen Geschichte Italiens, in die Dante selbst zutiefst verstrickt war. Daher versetzt Dante einige Päpste und persönliche Feinde in die Hölle, Freunde und Lehrer ins Paradies. Auch einige »heidnische« Gelehrte wie Aristoteles, Demokrit, Dioskorides, Euklid, Ptolemaios, Avicenna schmachten in der Hölle, freilich, ihrer Leistung wegen, nur im ersten, verhältnismäßig harmlosen Höllenkreise.

Dante beschreibt die Hölle als einen Trichter unterhalb der nördlichen Halbkugel. Dort ist Luzifer in Eis eingefroren, der ehemalige Engel, der nach einer Revolte gegen Gott aus dem Himmel gestürzt wurde. Die Gewalt des Aufpralls trieb Luzifer bis in die Mitte der Erde hinein; auf der Gegenseite, der Südhalbkugel, hat sich der ganz vom Ozean umspülte Läuterungsberg mit dem Fegefeuer aufgestülpt. Von seiner Spitze geht Dantes Reise durch die Folge von neun, die ruhende Erde konzentrisch umgebenden Hohlkugeln; sieben gehören den Planeten (Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn), die achte ist der Fixsternhimmel, die neunte der Kristallhimmel, der, als *primum mobile* (erstes Bewegendes), in nicht näher beschriebener Weise die Planetensphären in Bewegung setzt. Am Ende seiner Reise erblickt Dante die göttliche Dreieinigkeit.



Dieser vierwertige Satz (I 1965) erschien aus Anlaß des 700. Geburtstages von Dante und gibt, neben einem Porträt, je eine Szene von den Hauptschauplätzen der »Göttlichen Komödie« wieder: In der Hölle befinden sich auch die Anhänger des antiken materialistischen Denkers Epikur, eines Erzketzers; die Körper und sogar die Seelen der Epikureer sind eingesargt (40L.) / Dante, Vergil und Cato der Wächter, am Fuße des Läuterungsberges mit dem Fegefeuer (90L.) / Auf dem Fluge zu Gott im himmlischen Paradiese wird Dante anfangs von Beatrice geleitet; sie, eine Jugendliebe Dantes, erscheint in der Dichtung in himmlischer, unkörperlicher Verklärung (130L.)

**Es** gibt zwei Erkenntniswege,  
das Argument und das Experiment . . .  
[Es] muß die Naturwissenschaft auf der Erfahrung beruhen;  
ohne sie kann man nichts sicher wissen.

*Roger Bacon*

**Wir** haben in der Naturwissenschaft nicht zu forschen,  
wie Gott nach seinem freien Willen durch unmittelbares  
Eingreifen die Geschöpfe zu Wundern gebraucht, durch die er  
seine Allmacht zeigt; wir haben vielmehr zu untersuchen,  
was im Bereiche der Natur durch die den Naturdingen  
innewohnende Kausalität auf natürliche Weise geschehen kann.

*Albertus Magnus*

**Die** Naturforscher mögen sich stellen, wie sie wollen,  
sie werden von der Philosophie beherrscht.  
Es fragt sich nur, ob sie von einer schlechten Modephilosophie  
beherrscht werden wollen, oder von einer Form des  
theoretischen Denkens, die auf der Bekanntschaft mit der  
Geschichte des Denkens und mit deren Errungenschaften beruht.

*Friedrich Engels*

# V. RENAISSANCE

Der Maler, Dichter, Ingenieur, Humanist, Baumeister, Philosoph und Naturwissenschaftler Leon Batista Alberti verkörperte in seiner Person die Vielseitigkeit der geistigen und materiellen Errungenschaften am Beginn eines großartigen Aufschwungs des gesellschaftlichen Lebens in Europa (I 1972)



## Ein neues Zeitalter zieht herauf

Die Zeit des europäischen Feudalismus ging im 14./15. Jh. dem Ende zu; mit neuen gesellschaftlichen Kräften begann sich eine neue Gesellschaft zu formieren. Tiefe soziale Widersprüche, Erhebungen der Stadtbewohner und Bauern gegen die Feudalherren, zahllose Kriege, die Herausbildung von Nationen und Nationalstaaten sowie die rasche Ausdehnung des Weltmarktes im Gefolge der großen geographischen Entdeckungen prägten das äußere Bild des Übergangs zur frühbürgerlichen Gesellschaft ebenso wie ein bisher nicht gekannter Aufschwung der handwerklichen Produktion, der endgültige Übergang von der Natural- zur Geldwirtschaft, das Aufblühen der Städte, aber auch zunehmende innerstädtische Kämpfe, gärende geistige und religiöse Bewegungen, der Zusammenbruch des mittelalterlichen Weltbildes und nicht zuletzt eine glanzvolle Entfaltung von Kunst und Wissenschaft.

Das Interesse der neuen Gesellschaft richtete sich zunächst auf Aneignung und Nutzung von Kultur und Wissenschaft des »Goldenen Zeitalters«, wie man die Antike empfand, auf eine Renaissance (Wiedergeburt) der Antike. Die Träger der neuen Ideologie – Dichter, Gelehrte, Philosophen – bezeichneten sich nach dem Vorbild von Petrarca als Humanisten und verstanden sich als Sendboten einer auf den Menschen und das irdische Dasein auszurichtenden Denkweise. Das Bemühen um die Wiederherstellung der antiken Texte in der Originalsprache förderte Philologie, historisches und philosophisches Denken.

Doch Humanismus und bloße Wiedererweckung der Antike genühten den wachsenden Bedürfnissen des Bürgertums schon am Ausgang des 15. Jh. nicht mehr. Eine Fülle neuer Einsichten wurde erzielt, im Bereich der Produktion, bei der geographischen Erschließung der Erde, in Wissenschaft und Kunst. Es wurde offensichtlich, daß die Antike übertroffen werden konnte und übertroffen worden war. Tiere, Pflanzen, Erdteile waren entdeckt worden, von denen sich bei den Alten keine Spur einer Andeutung fand; es gab Brillen, Uhren, Feuerwaffen, Spinnräder, Papiermühlen, bedeutende Fortschritte im Bergbau, Schiffsbau, in der Metallurgie. Das Gefühl der Bewunderung für die Antike wurde abgelöst durch das rasch fortschreitende Selbstbewußtsein, tätiges Wirken habe ein neues, ein besseres Zeitalter heraufgeführt.



Mit Petrarca begann die geistige Bewegung des Humanismus (I 1974) / Der Prophet Jesaias, Fresko von Michelangelo in der Sixtinischen Kapelle (Vat 1964) / Markusbibliothek in Venedig, Hochrenaissance, von Tatti (I 1970) / Die Hinrichtung des böhmischen Reformators Jan Hus, 1409 Rektor der Prager Universität, löste eine breite Volksbewegung gegen die Papstkirche aus (CS 1952) / Die Geburt der Venus, nach einem Gemälde von Botticelli (Zyp 1979) / Mit Erasmus von Rotterdam erreichte der Humanismus einen Höhepunkt (Nie 1936)

Äußerst interessant ist ein Blick auf die gesellschaftlichen Träger der während der Frührenaissance einsetzenden Neuorientierung der Wissenschaften. Sie ging nicht von den mittelalterlichen Universitäten aus, an denen gegen Ende des 14. Jh. deutliche Züge der Stagnation des wissenschaftlichen Lebens erkennbar wurden. Die schließlich unfruchtbar werdende geistige Atmosphäre dort verlieh dem Wort Scholastik jenen abwertenden Sinn von spitzfindiger Diskussion um sinnleere Probleme.

Die Erneuerung der Wissenschaften in Europa ging vielmehr von einer mit der Entwicklung des Frühkapitalismus eng verbundenen Gruppe von Kaufleuten, Handwerkern, darstellenden und bildenden Künstlern, Geschützmeistern, Rechenmeistern, Architekten und Ärzten aus, für die es die Sammelbezeichnung virtuosi oder artefici gab. Heute spricht man häufig auch von Künstleringenieuren, weil dieser gesellschaftlichen Schicht auch Leonardo da Vinci und Albrecht Dürer zuzurechnen sind.

Die artefici bemühten sich zielstrebig um eine Aneignung der Mathematik und der naturwissenschaftlichen Kenntnisse zur Verbesserung der gesellschaftlichen Praxis in Bauwesen, Schifffahrt, Kunst, kaufmännischer Buchführung, Geschützwesen. Von dorthier ergingen neue Impulse an die Wissenschaft, traten neue Forderungen an Rechenfertigkeit, Trigonometrie, Metallurgie, Mechanik, Astronomie und Medizin heran.

Für das 15./16. Jh. kann man – ein wenig übertrieben – geradezu von zwei nebeneinander bestehenden Wissenschaften sprechen, der offiziellen an den unter kirchlicher Oberhoheit stehenden, noch mittelalterlich organisierten Universitäten und der auf die frühbürgerlichen Bedürfnisse abgestimmten praxisorientierten Wissenschaft der artefici. Typisch ist etwa der ganz Italien beschäftigende Streit zwischen dem Büchsenmeister Tartaglia und dem Universitätsprofessor Cardano um die Prioritätsrechte (wir wissen heute, daß sie eindeutig bei Tartaglia liegen) bezüglich der rechnerischen Auflösung der allgemeinen kubischen Gleichung.

Gegen Ende des 16. Jh. kam es zu einer Berührung und Durchdringung der beiden Sphären der Wissenschaft: Geschultes theoretisches Denken und neue Fragestellungen der Praxis sollten zur Basis für den glänzenden Aufschwung der Wissenschaften während der Renaissance werden.

## Artefici – Künstleringenieure



Brunelleschi, Architekt, Wissenschaftler und Mathematiker, tat entscheidende Schritte auf dem Wege zur Anwendung der Perspektive in der Malerei (I 1977) / Leonardo da Vinci (I 1952) / Eine der vielen genialen technischen Ideen Leonardos, eine Art Tragluftschraube (AI 1969) / Die zwischen 1588 und 1590 errichtete Kuppel der Peterskirche in Rom hat einen Durchmesser von ca. 42 m (Vat 1953) / Der Neubau der Peterskirche war 1506 durch Bramante begonnen worden, einem der bedeutendsten Architekten der Hochrenaissance (Vat 1972)

# Die schwarze Kunst

Bis zum Ausgang des Mittelalters waren Bücher ungeheure Kostbarkeiten, zumal wenn sie mit Edelmetall und Edelsteinen geschmückte Einbände besaßen. Selbst berühmte Bibliotheken in den Klöstern haben vermutlich kaum mehr als ein- bis zweihundert Bücher besessen. Angekettet wurden sie gegen Diebstahl gesichert. Bücher konnten nur durch handschriftliches Kopieren vervielfältigt werden. Tausende Mönche haben ihr ganzes Leben dem Ziel gewidmet, besonders schöne Handschriften herzustellen. In weltlichen Schreibwerkstätten wurden Kopien rationeller produziert: Ein »Diktator« diktierte einer Gruppe von etwa 20 oder 30 Schreibern das Buch; mit einem Schlägel war eine entsprechende Anzahl von Exemplaren fertiggestellt. Freilich schlichen sich durch Eile, Hörfehler und sachliche Inkompetenz vielfältige Fehler ein.

Zu Anfang des 15. Jh. kamen gedruckte Blockbücher auf. Eine ganze Seite – Text und Abbildungen – wurde in Holz geschnitten; für jede Seite eines solchen xylographischen Buches wurde eine Tafel benötigt. Mit Holzschnitten, die nach 1400 datiert nachweisbar sind, wurden allerlei Flugblätter und Spielkarten gedruckt.

Die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern ist – für Europa – mit dem Namen Johann Gensfleisch zum Gutenberg, genannt Gutenberg, verknüpft. In den Jahren um 1450 vollbrachte er in Mainz eine herausragende technische Leistung, die auf Kombination und gegenseitiger Anpassung verschiedener technischer Teil-Erfindungen – Entwerfen, Schneiden und Gießen von Lettern, Legierung des Letternmetalls, Druckfarben, Presse, Papier – beruhte.

Die historische Wirkung des Buchdruckes kann kaum hoch genug veranschlagt werden. Die »Schwarze Kunst« half auch, Wissen und Wissenschaft in bisher unbekanntem Umfang und mit noch nicht dagewesener Schnelligkeit zu verbreiten. Zum Zeitpunkt des Todes von Gutenberg, 1468, gab es außer in Mainz in weiteren acht Städten Europas Druckereien. Bis 1500 sollen an rund 270 Stellen etwa 40 000 verschiedene Bücher in etwa 10 Millionen Exemplaren gedruckt worden sein.

Gutenberg selbst hat die Früchte seiner weltbewegenden Tat nicht ernten können. Er hatte große Summen borgen müssen, um seine Erfindung produktionsreif machen zu können. Die Gläubiger aber brachten ihn um den finanziellen Erfolg. Er starb einsam und arm.



Leonardo da Vinci und Albrecht Dürer gelten geradezu als Symbolfiguren der bildenden Kunst während der Renaissance. Doch reichte ihr Wirken, wie das anderer Künstleringenieure auch, weiter; sie standen in enger Verbindung zum Fortschritt der Wissenschaften ihrer Zeit. Die großen Künstler der Zeit – Giotto, van Eyck, Brunelleschi, Alberti, Leonardo, Dürer – erfanden die Kunst der perspektivischen Darstellung mittels Grundelementen der darstellenden Geometrie wie Fluchtpunkt und Fluchtgerade. Als Anleitung für junge Künstler erschien 1525 in Nürnberg Dürers »Ungerweisung der messung mit dem zirckel und richtscheyt (d. i. Lineal)«, die sich u. a. mit der Konstruktion von Kegelschnitten und Polyedern im Anschluß an die antiken Geometer Euklid und Pappos beschäftigt.

Repräsentative Gebäude, Bildwerke, Statuen, Gemälde, Zeichnungen mußten, wenn sie dem wiederbelebten antiken Schönheitsideal genügen sollten, nach »kanonischen Regeln komponiert« sein, d. h., ihre Teile hatten in bestimmten Größenverhältnissen zueinander zu stehen. Dabei spielte der berühmte »Goldene Schnitt« eine hervorragende Rolle; der Italiener Pacioli ließ 1509 eine entsprechende Schrift »De divina proportione« erscheinen. Dürers »Von menschlicher Proportion« wurde erstmals 1528 in Nürnberg gedruckt. Noch heute sprechen wir davon, daß beispielsweise eine schöne Frau »wohlproportioniert« sei.

Leonardo gehört zu den einflussreichsten Ingenieuren aller Zeiten. Seine Skizzenblätter, teilweise erst in jüngster Zeit aufgefunden, enthalten neben hervorragenden anatomischen Studien u. a. Entwürfe für Drehbänke, Schleifmaschinen, Feilenhaumaschinen, Fallschirm, Muskelflugmaschinen, Walzwerke, Bagger, Brücken, Geschütze und Befestigungsanlagen. Dürer seinerseits schrieb 1527 eine Art Lehrbuch der Befestigungskunst für Städte und Schlösser. Von Leonardo stammt der Satz: »Die Mechanik ist das Paradies der mathematischen Wissenschaften, denn durch sie kommt man zur mathematischen Frucht.« Freilich zeigen die Reflexionen von Leonardo auch, wie lang und schwierig noch der Weg zur richtigen Fassung solcher Grundbegriffe der Physik wie Kraft und Beschleunigung sein sollte.

## Nach Maß, Zahl und Proportion



## Zwischen Geozentrismus und Heliozentrismus

Das geozentrische Weltbild hatte während des gesamten europäischen Mittelalters uneingeschränkte Gültigkeit besessen, zumal es fest in die christliche Glaubenslehre eingebunden war. Auch bei Regiomontanus ist, trotz Kritik an ungenauen Sternörter, noch kaum eine Abkehr vom Geozentrismus bei Ptolemaios erkennbar. Und doch gingen von Regiomontanus wesentliche Impulse aus, die zu der von Copernicus vollzogenen astronomischen Wende beitragen sollten.

Regiomontanus hatte Ptolemaios im Originaltext erschlossen; sein »Auszug aus dem Almagest« wurde von Copernicus studiert. Regiomontanus hatte in Italien mit Novara über die Mängel bei Ptolemaios diskutiert; Novara wurde in Bologna zum Lehrer von Copernicus. In Italien dürfte Regiomontanus den deutschen Kardinal Nicolaus Cusanus kennengelernt haben, der immerhin die Bewegung der Erde innerhalb des Universums in Erwägung gezogen hatte.

Und schließlich hatte Regiomontanus 1474 in Nürnberg einen Kalender drucken lassen, der bald auch in deutscher Sprache erschien und für jeden Tag den Stand von Mond und Sonne, die Mondphasen, eventuelle Finsternisse, bewegliche Feste und manches andere enthielt. Allmählich wurden Kalender zum Gegenstand des täglichen Lebens.

Vielleicht noch größere Bedeutung erlangte der auch von Regiomontanus hervorgehobene Gedanke, daß das Versagen eines Horoskopes an der mangelnden Genauigkeit der zugrundegelegten astronomischen Daten liege. Das Prinzip der damals als Wissenschaft empfundenen Astrologie, wonach das himmlische Geschehen das irdische beeinflusse, war noch unerschütterter. Die Folgen bestanden in einer verstärkten Hinwendung zur Beobachtungstätigkeit im Bemühen um genauere Angaben über Zeit und Ort der Planeten am Himmel in den Sternbildern und, davon abgeleitet, im Bestreben, die astronomischen Instrumente – Astrolab, Armillarsphäre, Quadrant, Triquetrum – zu verbessern. Interessanterweise unterstützten so die Bedürfnisse einer Pseudowissenschaft die objektiven Forderungen an den Fortschritt der Astronomie, die sich aus innerwissenschaftlichen Bedürfnissen sowie aus denen der Kalenderrechnung und der Navigation auf hoher See ergaben.



Noch Copernicus war auf die seit altersher gebräuchlichen Instrumente angewiesen: Er benutzte Quadrant (links) und Armillarsphäre (K 1973) / Cusanus, ein von der Frührenaissance geprägter einflussreicher Kirchenmann und begeisterter Mathematiker (BRD 1958) / Himmelsglobus mit Astrolab von Marcin Bylica von Olkusz, 1480, in Kraków, dem Studienort von Copernicus (P 1969) / Arabische und persische Astrolaben wurden in Europa noch bis ins 17. Jh. benutzt; erst die Erfindung des Fernrohrs leitete eine Wende ein (Sy 1978) / Ein Gemälde von Matejko zeigt Copernicus bei Beobachtungen am Triquetrum (Dreistab) (Mon 1973)

Seuchen grassierten im heißen Sommer des Jahres 1476 in Rom. Zu den Opfern gehörte ein erst 40jähriger Gelehrter – Astronom und Mathematiker – von solchem Ruf, daß er vom Papst als Ratgeber für die notwendig werdende Kalenderreform nach Rom gerufen worden war. Sein Name war Johannes Müller, doch nannte er sich den Sitten der Zeit gemäß latinisiert Regiomontanus, d.i. Königsberger, nach seinem Geburtsort Königsberg in Franken, wo er 1436 das Licht der Welt erblickt hatte.

Regiomontanus war weit herumgekommen. Er hatte in Leipzig und Wien studiert, war dort Professor geworden, hatte in Rom und Oberitalien antike und islamische Handschriften mathematisch-astronomischen Inhalts übersetzt und bisher unbekannte Manuskripte entdeckt, hatte in Ofen (Buda) den ungarischen König Matthias I. Corvinus beim Aufbau seiner Bibliothek und als Astrologe beraten und war schließlich in die Handelsstadt Nürnberg übersiedelt, um dort systematische Himmelsbeobachtungen anzustellen und die Schriften antiker Mathematiker und Astronomen im Druck herauszubringen. Hier erreichte ihn der Ruf nach Rom; wie die Legende berichtet, soll er geahnt haben, daß er nicht zurückkehren werde. Man darf nicht übersehen, daß die Renaissance eine außerordentlich abergläubische Zeit war; Regiomontanus selbst war vielfältig als Astrologe tätig. Astrologie und Astronomie bildeten noch bis ins 17. Jh. eine scheinbar unlösbare Einheit.

Regiomontanus war der wohl bedeutendste Mathematiker und Astronom Europas im 15. Jh. In Wien schuf er zusammen mit seinem Lehrer und Freund Georg von Peurbach durch Rückgriff auf das griechische Original eine Einführung in den »Almagest« des Ptolemaios (»Epitoma in Almagestum«), das zum Standardlehrbuch der Astronomie wurde. Mit einer mehrbändigen Darstellung der ebenen und der sphärischen Trigonometrie, die bisher nur als mathematisches Hilfsmittel der Astronomie gedient hatte, wurde die Trigonometrie zur selbständigen mathematischen Disziplin. Auch hierbei knüpfte Regiomontanus an arabische Schriften an. Genaue Beobachtungen, verbesserte Instrumente und neugeschaffene trigonometrische Tafeln erlaubten ihm die Berechnung damals einzigartig genauer »Ephemeriden« (Tafeln für Zeit und Ort von Sonne, Mond und Planeten am Himmel), die nachweislich noch Kolumbus als Navigationshilfsmittel gedient haben.

## Regiomontanus – Astronomie am Neubeginn



Die bereits 1365 gegründete Universität Wien besaß um die Mitte des 15. Jh. eine hervorragende mathematisch-astronomische Schule, deren herausragende Vertreter Johannes von Gmunden, Georg von Peurbach und Regiomontanus waren. Dargestellt ist das älteste große Universitätssiegel (Ö 1965) / Zum 600. Geburtstag von Johannes von Gmunden. Darstellung des Astrolabiums »Imsser Uhr« (Ö 1984) / Handschriften aus der Bibliotheca Corviniana (U 1940) / Der ungarische König Matthias I. Corvinus, ein Mäzen der Wissenschaften (U 1940) / In Nürnberg richtete Regiomontanus eine Druckerei und eine Sternwarte ein (BRD 1971)

# Nicolaus Copernicus, der Domherr zu Frombork

Ein reitender Bote, so will es die Legende, erreichte am 24. Mai anno 1543 die Stadt Frauenburg (Frombork) im fernen polnischen Bistum Varmia (Ermland). Er führte ein erstes Exemplar eines Buches mit sich, das gerade die Druckerpresse in Nürnberg verlassen hatte und den Titel »De revolutionibus orbium coelestium« trug. Eilends brachte man das Werk zum Autor, dem Domherrn Copernicus, der, schon lange schwer krank, nun im Sterben lag. Er soll, so sagt die Legende weiter, das Buch noch mit der Hand berührt, aber nicht mehr erkannt haben. Wenige Stunden später ist er gestorben.

Copernicus wurde am 19. Februar 1473 im polnischen Toruń geboren. 1491 bezog er die Universität Kraków, eine schon damals berühmte Hohe Schule, die, bereits 1364 gegründet, bedeutende astronomisch-mathematische Traditionen besaß. Nach einem Zwischenaufenthalt im polnischen Bistum Varmia, wo sein Onkel Bischof war, vervollkommnete Copernicus seine Universitätsbildung mit medizinischen und juristischen Studien in Oberitalien, in Bologna, Padua und in Ferrara, wo er 1503 zum Doktor der Rechte promovierte. Anschließend kehrte er endgültig nach Varmia zurück, beteiligte sich aktiv am Kampf gegen den Deutschritterorden und war nach dem Sieg in wesentlichen Funktionen an der Verwaltung des Bistums beteiligt.

Schon in Italien dürfte Copernicus die Grundideen des Heliozentrismus gefaßt haben. Zwischen 1502 und 1514 hat er einen thesenartigen »Entwurf« (Commentariolus) verfaßt und bereits dort den vollständigen Bruch mit dem geozentrischen Modell des Ptolemaios vollzogen. Die Durchbildung des Entwurfs zur geschlossenen Theorie zog sich hin, astronomische Geräte waren herzustellen, Beobachtungen anzustellen, die Mathematik durchzubilden. Zwischen 1529 und 1532 hat Copernicus sein mehr als 420 Seiten umfassendes Werk »De revolutionibus« niedergeschrieben. Erst auf Drängen seiner Freunde entschloß er sich zur Drucklegung. Dabei aber wurde der Titel zu »De revolutionibus orbium coelestium« (etwa: Über die Umdrehungen der Himmelskreise) erweitert und dem Autor sogar ein Vorwort untergeschoben, in dem die heliozentrische Auffassung als bloße mathematische Theorie vorgestellt wurde, während sie Copernicus als Beschreibung der wirklichen Welt verstanden hatte: Die Sonne steht im Mittelpunkt der Welt und die Erde bewegt sich.



Aus einem zur Vorbereitung des Copernicus-Jahres 1973 erschienenen vierwertigen Satz (P 1971): Das Geburtshaus von Copernicus in Toruń blieb erhalten, ebenso das Originalmanuskript von »De revolutionibus ...«. Auf der Marke mit dem Dom in Frombork, in dem Copernicus beigesetzt wurde, ist die Handzeichnung des heliozentrischen Planetensystems durch Copernicus reproduziert; sol (Sonne) steht im Mittelpunkt. In Kraków – wiedergegeben ist der Innenhof des ältesten Teiles der Universität, das Collegium maius – studierte Copernicus die Schriften der antiken Astronomie und Mathematik; es fanden sich Notizen von seiner Hand in den »Elementen« des Euklid

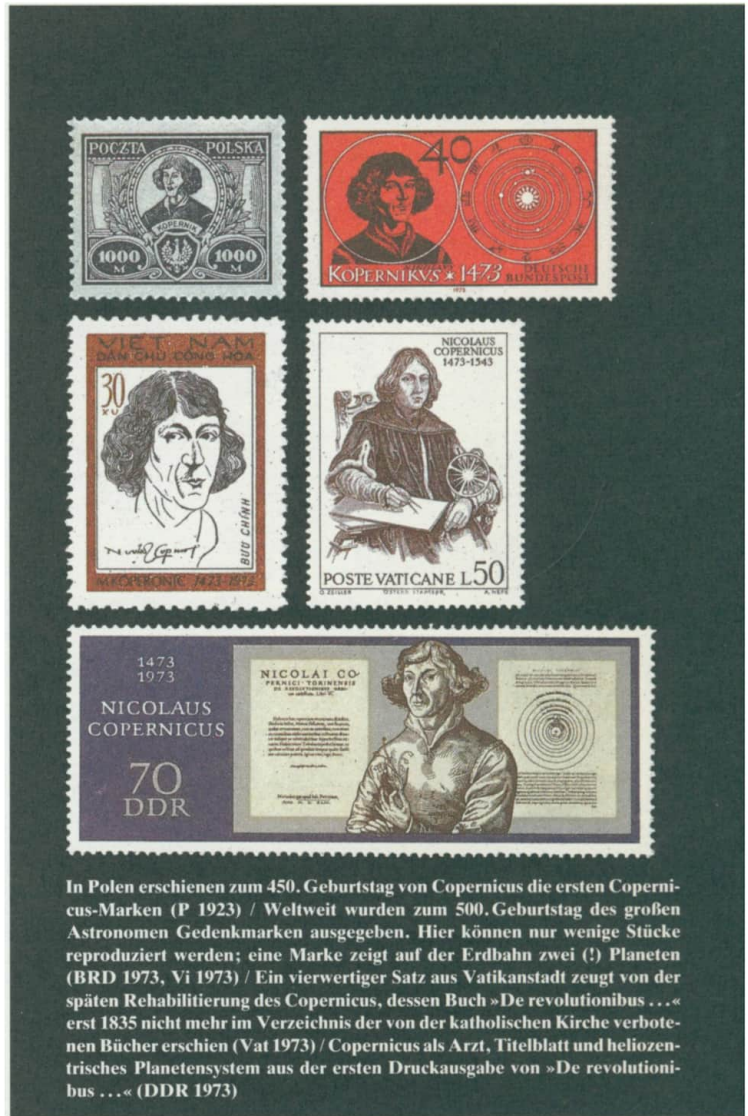
Copernicus hat eine durchgreifende Revolution in der Geschichte der Wissenschaften ausgelöst, den Übergang vom geozentrischen Weltbild des Ptolemaios zum heliozentrischen Planetensystem. Es hat mehr als nur Symbolcharakter, daß das im Titel seines Hauptwerkes auftretende Wort »Revolution«, dort etwa im Sinne von Umlauf (eines Planeten) um die Sonne, zum allgemeinen Synonym für weitreichende Wendungen und Neuorientierungen in der Menschheitsgeschichte aufrückte, sei es im Wissenschaftlichen oder im Politischen.

Copernicus löste sich von den Vorurteilen der antiken und der mittelalterlichen Denkweise. Über das speziell Astronomische hinaus erfuhr er darum emphatische Würdigung. Gottsched sprach 1743 die Worte aus: »Habe Dank, daß du . . . uns zuerst gelehrt hast, das Joch verjährter Irrtümer vom Halse zu werfen, welches die hohen Schulen so viele Jahrhunderte gedrückt hatte.« Und Goethe fand die tiefgründige Einschätzung: »Doch unter allen Entdeckungen und Überzeugungen möchte nichts eine größere Wirkung auf den menschlichen Geist hervorgebracht haben, als die Lehre des Kopernikus. Kaum war die Welt als rund anerkannt und in sich selbst geschlossen, so sollte sie auf das ungeheure Vorrecht Verzicht tun, der Mittelpunkt des Weltalls zu sein.«

Nur unter Opfern und in schweren ideologischen Kämpfen gegen dogmatisches Denken konnte der heliozentrischen Lehre zur Anerkennung verholfen werden. Giordano Bruno starb 1600 in Rom auf dem Scheiterhaufen, Galilei wurde angeklagt und verurteilt. Kepler verwandte sich in mutigen Worten zugunsten des Copernicus und schrieb ein herausragendes Lehrbuch der heliozentrischen Astronomie. Seit Newton war im Kreise der Naturforscher die heliozentrische Auffassung anerkannt. Einen endgültigen Beweis für deren Richtigkeit lieferte die Entdeckung des Planeten Neptun durch Le Verrier im Jahre 1846.

Die von Copernicus selbst gegebene mathematische Beschreibung der Planetenbewegungen enthielt freilich im Detail noch historisch bedingte Irrtümer. So setzte er die Planetenbahnen als kreisförmig an und war genötigt, allerlei mathematische Hilfskurven einzuführen.

## »Die Kopernikanische Wende«



In Polen erschienen zum 450. Geburtstag von Copernicus die ersten Copernicus-Marken (P 1923) / Weltweit wurden zum 500. Geburtstag des großen Astronomen Gedenkmarken ausgegeben. Hier können nur wenige Stücke reproduziert werden; eine Marke zeigt auf der Erdbahn zwei (!) Planeten (BRD 1973, Vi 1973) / Ein vierwertiger Satz aus Vatikanstadt zeugt von der späten Rehabilitierung des Copernicus, dessen Buch »De revolutionibus . . .« erst 1835 nicht mehr im Verzeichnis der von der katholischen Kirche verbotenen Bücher erschien (Vat 1973) / Copernicus als Arzt, Titelblatt und heliozentrisches Planetensystem aus der ersten Druckausgabe von »De revolutionibus . . .« (DDR 1973)

# Armillar und Astrolab

Alle astronomischen Instrumente, die bis zum Ende der Renaissance benutzt wurden, gehen dem Prinzip nach auf das Altertum zurück; erst das Fernrohr leitete eine neue Periode astronomischer Beobachtungstätigkeit ein.

Im alten Babylon war der Sonnenstab in Benutzung. Er zeigte – später in der griechischen Antike Gnomon genannt – Sonnenrichtung und Sonnenhöhe an. Fiel der Schatten des Stabes in eine Mulde, die mit entsprechenden Markierungen versehen war, so trug diese Sonnenuhr die Bezeichnung Skaph oder Heliotrop. Das Triquetrum war in der Antike ebenso in Gebrauch wie die Armillarsphäre; mit ihnen beobachteten nachweislich z. B. Hipparchos und Ptolemaios. Die Armillarsphäre (von lat.-griech. armilla, Ringkugel) besteht aus mehreren, konzentrisch zusammengefügt kreisförmigen Ringen (Armillen), die drehbar gegeneinander angeordnet sind. Diese können nach Himmelsphäre, Horizont und Ekliptik eingerichtet werden; über eine Visiereinrichtung werden z. B. Länge und Breite einer Sternposition an den mit Markierungen versehenen Kreisen abgelesen. Armillarsphären waren noch lange nach der Einführung des Fernrohrs und nach dem Übergang zum heliozentrischen Weltsystem als Demonstrationsinstrument in Gebrauch.

Die Gelehrten des Islam entwickelten die Armillarsphäre weiter zum scheibenförmigen Astrolab. Senkrecht aufgehängt oder gehalten, ebenfalls mit einer Visiereinrichtung ausgestattet, konnten astronomische Daten an gegeneinander beweglichen Scheiben abgelesen werden. Allerdings waren erhebliche mathematisch-astronomische Kenntnisse erforderlich, um die Markierungen – komplizierte mathematische Kurven – zu berechnen. Für sich genommen wurde das Astrolab als eine Art Rechengerät der sphärischen Trigonometrie benutzt.

Ein drehbarer Stab an einem mit Gradeinteilung versehenen Viertelkreisbogen stellt die einfachste Form eines Quadranten dar. Große Quadranten erhielten, an Mauern angebracht, einen festen Standort. Gemauerte Viertelkreise (Mauerquadranten) dienten schließlich selbst als Meßinstrument, durch Brahe erhielt der Mauerquadrant seine vollendete Form mit erstaunlicher Meßgenauigkeit.



Copernicus mit Armillarsphäre; Denkmal vor dem Sitz der Polnischen Akademie der Wissenschaften (P 1955) / Zwei Armillarsphären, Barockzeit; links (DDR 1972) mit Mechanik zur Demonstration der Himmelsbewegungen, Durchmesser des äußeren Ringes 18cm, Messing vergoldet; rechts (Ö 1966) in einer Titelvignette zu einem Atlas/Astrolab zur Höhenwinkelmessung, verwendet in der Kartographie (P 1982) / Gestützt auf astronomische Kenntnisse kann das Astrolab auch zur geographischen Ortsbestimmung benutzt werden. Es gehörte daher zu den gebräuchlichen Navigationshilfsmitteln (Por 1975)

Ein kaum bekannter Professor der Philosophie und Theologie an der noch jungen Universität Wittenberg, Dr. Martin Luther, griff mit 95 Thesen, die er am 31. Oktober 1517 am Tor der Schloßkirche anschlug, in die seit Jahrhunderten anhaltende Diskussion über die Mißstände der Kirche ein. Die Wittenberger Thesen lösten eine breite Bewegung aus, die als Teil der frühbürgerlichen Revolution auf große Teile Europas übergriff. Luther wurde zur Zentralgestalt der Reformation.

Auf dem Reichstag zu Worms verweigerte Luther 1521 vor Kaiser Karl V. den Widerruf. Von seinem Landesherrn Kurfürst Friedrich dem Weisen auf der Wartburg in Sicherheit gebracht, schuf Luther mit der Übersetzung des Neuen Testaments (1522) die deutsche Hochsprache, ehe er nach Wittenberg zurückkehrte. Der seit 1518 ebenfalls dort lehrende Humanist Melanchthon, Professor des Griechischen, wurde zu einem der führenden Mitstreiter Luthers. Aus aller Welt strömten Studenten nach Wittenberg, ins gefeierte »Neu Jerusalem«, und trugen dann den neuen Geist wieder zurück in ihre Heimat. Wittenberg wurde eine Pflanzstätte auch der aufkeimenden neuen modernen Naturwissenschaft.

Luther hatte von früh auf enge Bindungen an die Natur, kannte als Sohn eines Bergunternehmers in Eisleben im Mansfeldischen Erze, Gesteine und Metallurgie, hatte im Humanistenkreise zu Erfurt Hochachtung für die Kunst der Astronomie erworben und wandte sich in Wittenberg dagegen, die Naturlehre nach Aristoteles im Geiste der Scholastik vorzutragen. Luther wertete die Naturforschung als wohlgefällige Versenkung in Gottes Werk gesellschaftlich auf. Durch Melanchthon wurde Naturerkenntnis fest in die Reform des Bildungswesens einbezogen.

Scharf wandte sich Luther gegen die copernicanische Astronomie, aber er ließ es zu, daß im Wittenberger Kreis um die bedeutenden Astronomen und Mathematiker Rheticus und Reinhold und durch andere lutherische Gelehrte heliozentrische Ansichten diskutiert werden durften.

Obwohl Luther fest an den Teufel glaubte – so soll er auf der Wartburg mit einem Tintenfaß nach ihm geworfen haben –, bekämpfte er Wahrsagerei, Astrologie und magische Medizin und stellte somit eine Art Antipoden zu seinem Zeitgenossen Faust dar, dem volkstümlichen Wahrsager und Astrologen.

## Reformation – »Neu Jerusalem«



Schloßkirche in Wittenberg, um 1509, nach einem Holzschnitt von Cranach d. Ä. (DDR 1967) / Luther (DDR 1982) / Melanchthon, nach einem Holzschnitt von Dürer, der, wie Vater und Sohn Cranach, seine Kunst in den Dienst der Reformation stellte (DDR 1971) / Die Universität Wittenberg wurde 1502 noch als katholische Hohe Schule gegründet (DDR 1952) / 1587 erschien in Frankfurt a.M. die »Historia von Dr. Johann Fausten«, die Goethe als literarischer Anreiz diente (BRD 1979) / Zwingli (Sch 1969) und Calvin wurden zu Wortführern der Reformation in der Schweiz

# Bergeschrei und Hüttenwesen



Gediegenes Silber (DDR 1969) / Georg Agricola (DDR 1955) / Bis in die Neuzeit verglich man das Wachsen von Kristallen mit dem von Lebewesen (DDR 1969) / Die Bergakademien entwickelten sich zu wissenschaftlichen Bildungsstätten des Bergbaues. Die Bergakademie Freiberg, die älteste der Welt, entstand 1765 durch Zusammenlegung verschiedener Vorläufer. Die beiden Gedenkmünzen zeigen Erzgewinnung, Transport und Verhüttung (DDR 1965) / Der Däne Stensen (lat. Steno) trat zum Katholizismus über, erreichte hohe Kirchenämter, war ein bedeutender Arzt und wurde zum Wegbereiter der wissenschaftlichen Geologie und Kristallographie (Dk 1969)

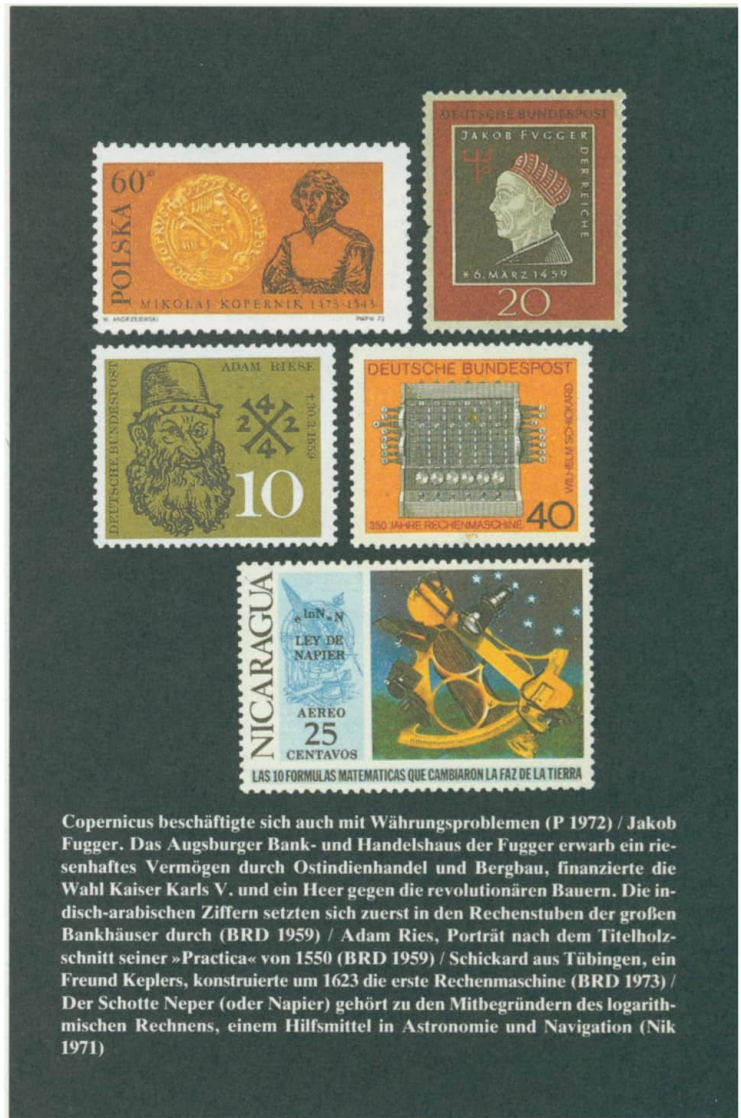
Aus der Jungsteinzeit ist der Über- und Untertagebau von Feuerstein nachgewiesen. Während der Bronzezeit gab es in Ägypten, Syrien, auf Zypern und im Altai weitverbreiteten Kupferbergbau; Zinn wurde in Britannien und China gewonnen. Salzbergwerke sind aus dem 1. Jahrtausend v. u. Z. bekannt. Im alten Griechenland und im römischen Weltreich wurden Zink, Blei, Silber, Schwefel und Eisenerz im großen Maßstab, auf Sklavenarbeit beruhend, abgebaut. Im vorkolonialen Amerika wurden Kupfer, Zinn, Gold und Silber bergmännisch gewonnen.

Im Mittelalter entwickelten sich in Mitteleuropa Zentren des Bergbaus, im 6. Jh. etwa in Böhmen und Mähren, im Harz, in den Alpen und seit dem 12. Jh. im Erzgebirge. Bei dessen Besiedelung stieß man sogar an der Erdoberfläche auf reiche Silberadern, es erhob sich ein großes »Bergeschrei«: Tausende strömten ins Gebirge, um reich zu werden. Doch die Landesherrn sicherten sich bald das Recht an den Bodenschätzen und erzwangen die Abgabe des »Zehnten« vom Ertrag. Im Jahre 1492 wurden im Bereich des Schreckensteins überreiche Silberfunde gemacht; in wenigen Jahren übertraf die dort neugegründete Stadt Annaberg alte Städte wie Leipzig und Dresden an Einwohnerzahl. Man schätzt, daß Anfang des 16. Jh., also zur Zeit des in Annaberg wirkenden Adam Ries, allein in dieser Gegend 5 bis 6 t Silber jährlich gefördert wurden. Ein Taler enthielt etwa 30 g Silber; ein ungeheurer Reichtum floß den Unternehmern und dem sächsischen Herzog zu. Der Jahreslohn eines Bergknappen dagegen entsprach nur dem Wert einer Tagesförderung an Erz.

Als die Abbaubedingungen schwieriger wurden, als die Stollen in die Tiefe getrieben, entlüftet und entwässert, als arme Erze verhüttet werden mußten, wurden für diese Zeit staunenswerte technische Großanlagen – Förderwerke mit Wasser- und Göpelantrieb, Wasserhebemaschinen, Pochwerke, Schmiedehämmer, Schmelzöfen – entwickelt. Über den Stand der Bergbautechnik, der Metallurgie und der mineralogischen Kenntnisse zur Mitte des 16. Jh. im sächsisch-böhmischen Raum berichtet uns der aus Glauchau stammende Arzt und Humanist Agricola in einem instruktiv illustrierten Buch »De re metallica« (1556; Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen), mit dem die Bergbaukunde als Wissenschaft begründet wurde.

Die Zahl der Menschen, die über mehr als elementare Kenntnisse auf dem Gebiet des Rechnens verfügten, blieb bis zum Ausgang des Mittelalters recht klein und beschränkte sich im wesentlichen auf die wenigen Fachgelehrten der Mathematik und Astronomie, auf Handelsleute, auf Priester und Geistliche. Mit der Entwicklung des Handelskapitals und des Fernhandels, mit der Herausbildung des Frühkapitalismus, mit der endgültigen Ablösung der Naturalwirtschaft durch die Geldwirtschaft mußte auch der Mann aus dem Volke, der »gemeine Mann« rechnen lernen. Sprunghaft wuchs das Bedürfnis nach Vermittlung der Rechenkunst; es ging um die Beherrschung des kaufmännischen Rechnens, um Preise, Münzwechsel, Handelsmaße, Zins und Zinseszins. So entstand überall in den vom Frühkapitalismus erfaßten Gebieten Europas ein neuer Berufsstand, der des städtischen Rechenmeisters. In Deutschland wurde der im Erzgebirge wirkende Rechenmeister Adam Ries besonders volkstümlich, da er drei hervorragende praxisbezogene Rechenbücher schuf. Im 16./17. Jh. konnte sich das schriftliche Rechnen mit den indisch-arabischen Ziffern endgültig gegen das Rechnen auf dem Abacus bzw. Rechenbrett durchsetzen. Zur Erleichterung des Rechnens wurden die ersten mechanischen Rechenhilfsmittel – Nepersche Rechenstäbe, Rechenmaschinen durch Schickard und Pascal – konstruiert und im Zusammenhang mit Astronomie und Navigation die Verwendung der Logarithmen zum vorteilhaften Rechenverfahren ausgebaut. Hier erwarben sich Stifel, Bürgi, ein deutscher Instrumentenmacher und Freund Keplers, der Engländer Briggs sowie Kepler bleibende Verdienste. Die geistige Durchdringung der Rechenverfahren und der Lösungsmethoden für Gleichungen – in Italien gelang während der Renaissance, über die Antike hinausgehend, die rechnerische Auflösung der Gleichungen dritten und vierten Grades – führte zur sog. Buchstabenalgebra, einer neuen selbständigen Disziplin der Mathematik: Buchstaben traten an die Stelle von Zahlen und gesuchten unbekanntenen Größen, Symbole wie + und – sowie Klammern und Wurzelzeichen setzten sich durch. Die erste Stufe der Algebra erreichte durch den Franzosen Vieta ihren Abschluß.

## Rechenkunst und Rechenmeister



Copernicus beschäftigte sich auch mit Währungsproblemen (P 1972) / Jakob Fugger. Das Augsburger Bank- und Handelshaus der Fugger erwarb ein riesenhaftes Vermögen durch Ostindienhandel und Bergbau, finanzierte die Wahl Kaiser Karls V. und ein Heer gegen die revolutionären Bauern. Die indisch-arabischen Ziffern setzten sich zuerst in den Rechenstuben der großen Bankhäuser durch (BRD 1959) / Adam Ries, Porträt nach dem Titelholzschnitt seiner »Practica« von 1550 (BRD 1959) / Schickard aus Tübingen, ein Freund Keplers, konstruierte um 1623 die erste Rechenmaschine (BRD 1973) / Der Schotte Neper (oder Napier) gehört zu den Mitbegründern des logarithmischen Rechnens, einem Hilfsmittel in Astronomie und Navigation (Nik 1971)

# Prinz Heinrich der Seefahrer

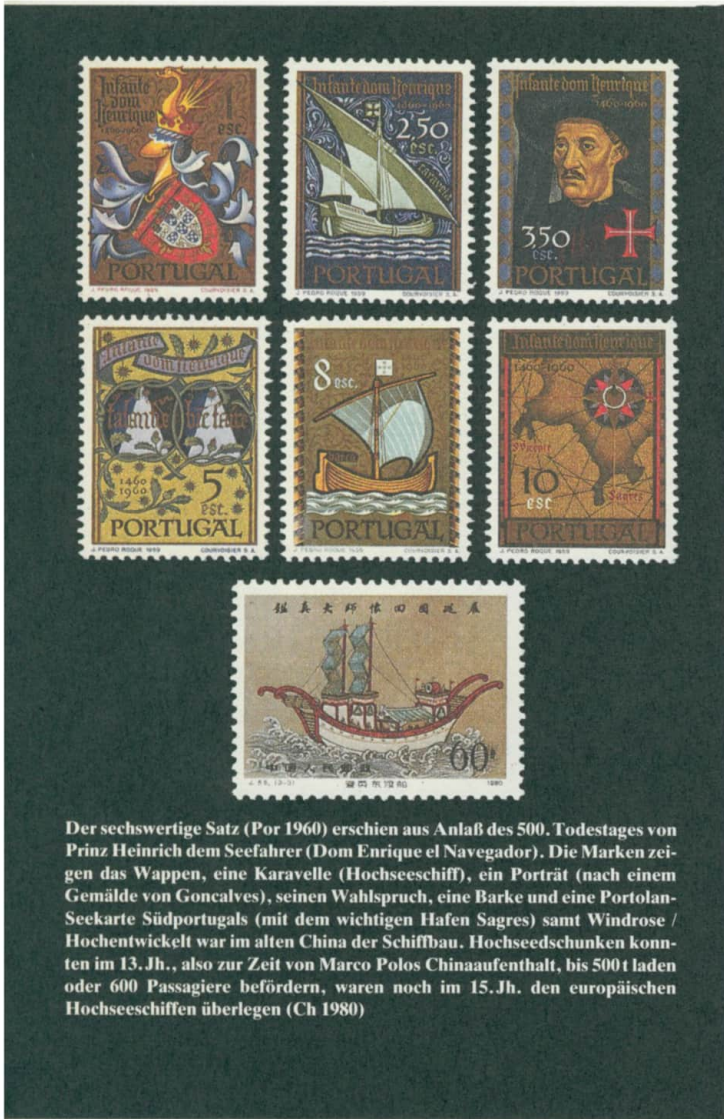
Historiker der Geographie pflegen das Zeitalter der großen geographischen Entdeckungen durch die Europäer mit der Tätigkeit des portugiesischen Prinzen Heinrich beginnen zu lassen, der zu Beginn des 15. Jh. planmäßig die Expansion der Portugiesen nach Süden, längs der nordwestafrikanischen Küste und in den offenen Ozean hinaus vorantrieb. Portugal, das wie fast die gesamte iberische Halbinsel zu Anfang des 8. Jh. unter islamische Herrschaft geraten war, verdankt seine Existenz als Königreich letztlich einem Kreuzzug gegen die Mauren; 1147 wurde Lissabon erobert, das 1256 Hauptstadt Portugals wurde. Mit einem Handstreich vermochten die Portugiesen 1415 die gegenüber Gibraltar im nordafrikanischen Marokko gelegene strategisch wichtige Stadt Ceuta den Arabern zu entreißen, während große Teile Spaniens noch in islamischer Hand waren.

Prinz Heinrich, Großmeister des Christusordens, ermutigt durch diesen Erfolg, leitete ein Jahr später systematische Erkundungsfahrten entlang der westafrikanischen Küste ein, um die islamischen Streitkräfte von Süden zu umfassen und das legendenumwobene christliche Reich unter dem Priesterkönig Johannes (das christlich-koptische Reich in Abessinien) zu suchen. Das unverbrämt genannte Hauptziel aber war »Guinea«, das sagenhaft reiche Goldland Afrikas.

Heinrich schuf sich in Sagres einen Prinzenwohnsitz, an den er führende Wissenschaftler seines Landes – Mathematiker, Astronomen, Kartographen, Navigatoren – zog; dieses Gremium wurde oft eine »nautische Akademie« genannt. Die Pläne zahlten sich aus: 1431 oder 1432 wurden die Azoren entdeckt, 1441 wurden die ersten Sklaven eingebracht. Der westlichste Punkt Afrikas, das »Grüne Kap« (Kap Verde) wurde 1446 erreicht. Portugal hatte – wie sich zeigen sollte – feste Positionen auf dem Wege zu den Schätzen Indiens erobert.

Um eben diese Zeit unternahmen Chinesen zwischen 1403 und 1433 eine großangelegte See-Erkundung nach Westen, die bis Indien, Ostafrika und zum Roten Meer führte.

Zum Beherrscher der Weltmeere aber sollten später die Europäer werden, dank besserer Militärtechnik, insbesondere durch die Bestückung der Schiffe mit Geschützen.



Der sechswertige Satz (Por 1960) erschien aus Anlaß des 500. Todestages von Prinz Heinrich dem Seefahrer (Dom Enrique el Navegador). Die Marken zeigen das Wappen, eine Karavelle (Hochseeschiff), ein Porträt (nach einem Gemälde von Goncalves), seinen Wahlspruch, eine Barke und eine Portolan-Seekarte Südportugals (mit dem wichtigen Hafen Sagres) samt Windrose / Hochentwickelt war im alten China der Schiffbau. Hochseedschunken konnten im 13. Jh., also zur Zeit von Marco Polos Chinaaufenthalt, bis 500 t laden oder 600 Passagiere befördern, waren noch im 15. Jh. den europäischen Hochseeschiffen überlegen (Ch 1980)

Auch südlich des Grünen Kaps fanden die portugiesischen Seefahrer keineswegs, wie von Ptolemaios vorhergesagt, von der Sonne verbrannte Erde, sondern ganz im Gegenteil üppige Vegetation und bewohnte Küsten. Das antike Weltbild geriet ins Wanken. Man tastete sich weiter vor: 1470 wurde Kap Palmas östlich umsegelt, zwei Jahre darauf wurden die Inseln Principe und São Tomé entdeckt. Längs der Küsten entstanden portugiesische Festungen; der Sklavenhandel begann zu florieren. Noch immer verliefen die afrikanischen Küstenlinien im wesentlichen südlich. Südafrika wurde 1483 erreicht.

Unter Leitung von Bartholomäus Dias verließen 1487 zwei Karavellen Portugal in Richtung Süden; ein Versorgungsschiff erweiterte den Aktionsradius der Expedition beträchtlich. Zum ersten Mal überschritt ein europäisches Schiff Dezember 1487 den südlichen Wendekreis. Ein gewaltiger Sturm trieb die beiden Karavellen auf dem offenen Meer weit nach Süden; eisiges Wetter setzte ein. Dias befahl Nordkurs. Anfang 1488 erreichte man wieder Festland, die Küste aber verlief in nordöstlicher Richtung. Es gab nur eine Erklärung: Man hatte die Südspitze Afrikas umsegelt. Indien ist erreichbar, durch Fortsetzung der Fahrt nach Osten. Mangel an Lebensmitteln und allgemeine Erschöpfung aber zwangen zur Heimkehr. So erntete ein anderer Portugiese, Vasco da Gama, den Ruhm, als erster Europäer auf dem Seewege Indiens erreicht zu haben. Er verfügte über die Informationen von Dias und solche, die zu Lande reisende, als Händler getarnte portugiesische Spione aus dem arabisch beherrschten Nahen Osten und von der Ostküste Afrikas übermitteln hatten.

Das ausdrücklich nach Indien entsandte Geschwader von vier Schiffen wurde sorgfältig ausgerüstet; 20 Schiffsgeschütze bildeten eine erhebliche militärische Macht. Man verließ Portugal am 8. Juli 1497, umsegelte das »Kap der Guten Hoffnung«, drang März 1498 bei Moçambique ins arabische Handelsgebiet ein, beschaffte sich mit militärischer Gewalt Nahrungsmittel, war im April auf der Höhe von Somalia. Am 20. Mai 1498 endlich, nach einer Überfahrt über den Indischen Ozean, konnten die Anker im Hafen der reichen Handelsstadt Kalikut geworfen werden. Der Weg zu den Schätzen des Orients war erkämpft. Mit einer auf ein Drittel dezimierten Besatzung kehrte da Gama am 18. September 1499 wieder nach Lissabon zurück.

## Nach Süden! Nach Osten! Nach Indien!



Drei portugiesische Marken aus einem achteiligen Satz zeigen die bedeutenden Navigatoren Dias, da Gama und Cabral. Eine von Cabral geleitete Indienexpedition führte weiter westlich und nahm im Jahre 1500 große Teile Südamerikas (das spätere Brasilien) in portugiesischen Besitz (Por 1945) / Zum 500. Geburtstag von da Gama. Seine erste Reise schon hatte weltpolitische Folgen: Sie leitete den Zusammenbruch der arabischen Vorherrschaft über den Indischen Ozean und eine großangelegte portugiesische Eroberungspolitik ein. So wurden Principe und Sao Tomé, Angola, Moçambique und einige »Gewürzinseln« portugiesisch (Por 1969)

## Adelante! Vorwärts! Weitersegeln! Westwärts nach Indien



Am 2. Januar 1492 fiel Granada, die letzte arabische Festung auf der iberischen Halbinsel, in spanische Hände. In feierlichem Umzug, der aus Anlaß des endgültigen Sieges über die Araber veranstaltet wurde, schritt hinter dem spanischen Königspaar Isabella und Ferdinand ein Italiener namens Kolumbus, der sich bei Isabella seit Jahren schon um einen Auftrag als Navigator und Entdecker des Seeweges nach Indien beworben hatte, bisher vergeblich.

Isabella II., Königin von Kastilien, und Ferdinand II., König von Aragón, hatten mit ihrer Heirat im Jahre 1479 zwei Hauptreiche auf der iberischen Halbinsel vereinigt; der Aufstieg Spaniens zur Weltmacht begann.

Der in Genua geborene Kolumbus, schon als Kind zur See fahrend und sich unermüdlich selbst in Nautik, Astronomie und Geographie fortbildend, gelangte im Auftrage eines genuesischen Handelshauses bis Lissabon und Madeira; von Lissabon aus unternahm er Seereisen nach England und Guinea. Etwa 1483/84 dürfte Kolumbus dem portugiesischen König den Plan unterbreitet haben, den Osten im Westen zu suchen, also Indien westwärts segelnd zu erreichen. Der Zeitpunkt war ungünstig, denn die portugiesischen Erkundungen längs der afrikanischen Küste in Richtung Indien ließen sich gut an. Kolumbus wurde abgewiesen, auch waren seine finanziellen Forderungen zu ungeheuer.

So wandte sich Kolumbus nach Spanien und vermochte sogar, 1486 Isabella persönlich seinen Plan vorzutragen. Eine von ihr eingesetzte Kommission an der Universität Salamanca wandte allerdings ein, die Erdkugel und damit die auf dem freien Ozean zu überwindende Strecke müsse bei weitem größer sein, als Kolumbus behauptete. Später sollte sich zeigen, daß die Gelehrten recht hatten. Mit einer winzigen königlichen Rente versehen war Kolumbus zunächst zum Warten verurteilt.

Nun, 1492, nach dem Sieg über die Araber, wurden Kräfte frei für das Indienprojekt. Portugal sollte nicht allein vom Handel mit Indiens Schätzen profitieren. Auch lockte das Gold der Ferne, um die durch den Krieg ruinierte Staatskasse zu sanieren. So erhielt Kolumbus endlich das ersehnte Kommando über eine kleine Flotte. Das größte Schiff, die »Santa Maria«, hatte nur reichlich 100 Tonnen; es wurde von zwei Karavellen begleitet.

Am 3. August 1492 verließ des Kolumbus kleine Flotte den Hafen von Palos. Nach Zwischenaufenthalt auf der Kanareninsel Gomera begann am 6. September die Fahrt westwärts, ins Ungewisse. Die Reise ging bei stetem Passatwind zügig voran, aber Land wollte sich nicht zeigen. Kolumbus fälschte sogar die Bordbücher, um die Entfernung zur Heimat geringer erscheinen zu lassen. Endlich, am frühen Morgen des 12. Oktober, sichtete man Land. Kolumbus betrat feierlich das neue, von Menschen, von »Indianern«, bewohnte Land, das er für eine Ostasien vorgelagerte Insel hielt – es dürfte eine Insel der Bahamagruppe gewesen sein. Auf der Suche nach dem Goldland wandte er sich nach Süden und entdeckte am 28. Oktober die Nordküste Kubas, am 6. Dezember Haiti. Die »Santa Maria« ging verloren. Auf einer Karavelle trat Kolumbus die Rückreise an und erreichte über Lissabon – wo er mit Dias zusammentraf – am 15. März 1493 wieder Palos. Hochgeehrt konnte Kolumbus am spanischen Hofe von seinen Entdeckungen berichten. Bereits am 25. September 1493 stach eine wesentlich größere Flotte – 17 Schiffe mit etwa 1500 Mann Besatzung – unter dem Befehl des »Großadmirals der Weltmeere« Kolumbus in See. Man entdeckte u. a. die Kleinen Antillen und Puerto Rico. Das Goldland aber war immer noch nicht gefunden. Eine dritte, 1498 ausgerüstete Expedition brachte weitere geographische Entdeckungen – u. a. Trinidad, die südamerikanische Festlandküste im Orinokogebiet. Auch eine kleine vierte Expedition, 1502 gestartet – nachdem Kolumbus vorübergehend in Ungnade und in Ketten nach Spanien zurückgebracht worden war – brachte nur neue Küsten und Inseln zum Vorschein, nicht aber Indien.

Kolumbus war zweifellos ein hervorragender Seemann – als erster dürfte er auch die Mißweisung der Kompaßnadel erkannt haben –, ein Mann großen Mutes, aber von Geldgier getrieben ein miserabler Verwalter der für die spanische Krone eroberten Gebiete. Er starb einsam am 20. Mai 1506 in Spanien. Zeit seines Lebens hat Kolumbus geglaubt, nahe an Indien herangekommen zu sein. Der Italiener Amerigo Vespucci bereiste mehrfach die ausgedehnten Küsten Südamerikas. Seine Reiseberichte über ein neues Festland, »terra firma«, veranlaßten den deutschen Kartographen Waldseemüller, den neuen Kontinent nach dem Vornamen von Vespucci Amerika zu benennen.

## Die neue Welt – Amerika



Königin Isabella II., die »Katholische«, und König Ferdinand II., der »Katholische«, die Dienstherren von Kolumbus (Kol 1955) / Kolumbus mit Navigationsinstrument; Route seiner ersten karibischen Entdeckungen (K 1982) / Nautische Karte Westeuropas und Nordafrikas, vor den großen geographischen Entdeckungen (Sp 1974) / Feierlich betrat Kolumbus das neuentdeckte Land und nahm es förmlich in Besitz für die spanische Krone und das Christentum (Sp 1930) / Vespucci (I 1954)

## »Oro y gloria« – Gold und Ruhm – Konquistadoren



Pizarro. Mit Zustimmung und Unterstützung des spanisch-deutschen Kaisers Karl V. zerstörte Pizarro das Inkareich, gründete die Stadt Lima (heute die Hauptstadt Perus), herrschte dort als spanischer Vizekönig, bis er durch rivalisierende Konquistadoren ermordet wurde. Lima erhielt 1551 die erste Universität Spanisch-Amerikas (Pe 1931, Sp 1964) / In einem Inkakalender, hier für den Monat September, werden die landwirtschaftlichen Hauptarbeiten dargestellt (Pe 1972) / Ruinen der Inkastadt Machu Picchu, Cuzco (Pe 1972) / Zur Erinnerung an den 650. Jahrestag der Gründung der alten Aztekenstadt Tenochtitlan (heute Mexico-City) (Mex 1975)

Die ersten Berührungen von Kolumbus und seinen Begleitern mit den Ureinwohnern der neuen Welt verliefen friedlich, allerdings aus taktischen Gründen. Schon während der zweiten Reise begann die systematische Unterdrückung; die Indianer der karibischen Inseln (etwa eine Million Menschen) sind während weniger Jahrzehnte völlig ausgerottet worden. Die Spanier trafen im neuen Erdteil auf eine Urbevölkerung, die in verschiedenen Gegenden auf unterschiedlich hoher gesellschaftlicher Entwicklungsstufe stand. Zum Ausgang des 15. Jh. existierten ausgedehnte Staatsgebilde der Azteken (im heutigen Mexiko), der Maya (Halbinsel Yukatan) und der Inkas (Ecuador, Bolivien, Peru, Chile).

Im selben Jahre 1517, in dem Luther in Wittenberg durch den Thesenanschlag den Bruch mit der katholischen Kirche einleitete, sichteten die Spanier Yukatan; im Zeichen des Kreuzes begann die gewaltsame Christianisierung und Kolonialisierung der Maya-Völker. Das Reich der Azteken mit der exotisch schönen Hauptstadt Tenochtitlan (auf deren Boden sich die heutige Weltstadt Mexiko-City befindet) wurde in einem von Grausamkeit gekennzeichneten spanischen Kriegszug unter Cortés zwischen 1519 und 1521 niedergeworfen. Entscheidend wirkte sich der Besitz von Feuerwaffen und der von Pferden aus, die den Indianern unbekannt waren.

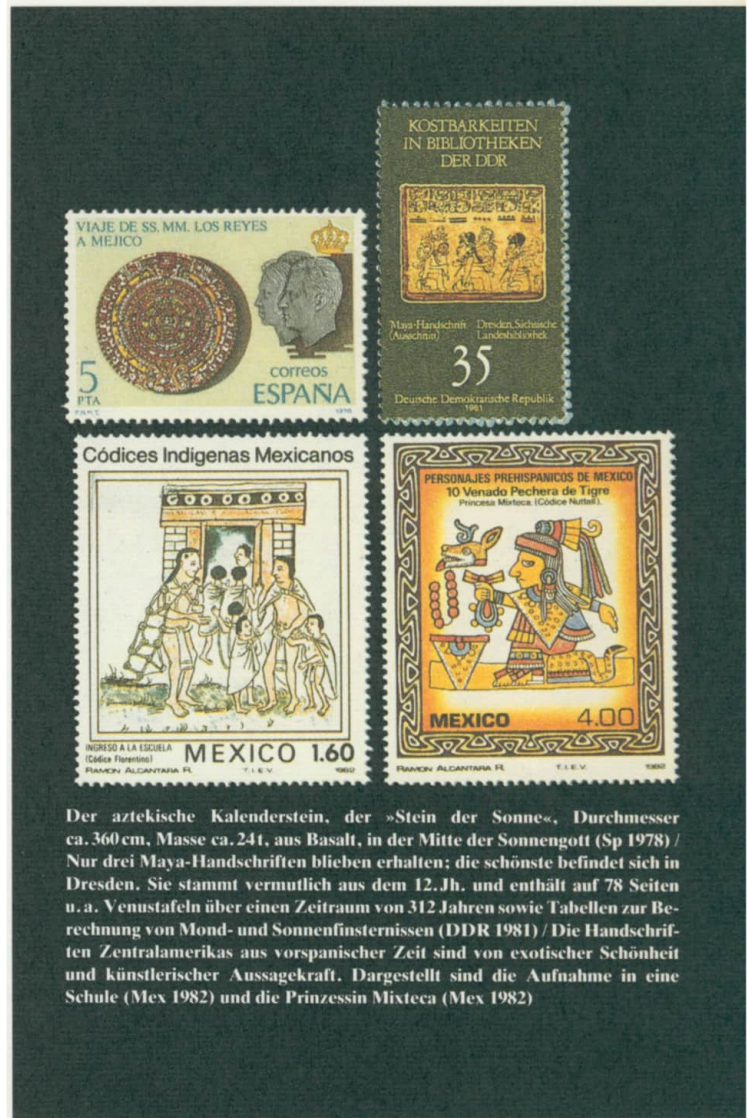
Im Jahre 1513 hatte eine Gruppe spanischer Eroberer unter Balbao nach großen Strapazen die relativ schmale Landenge Mittelamerikas im Gebiet des heutigen Panama überschritten. Europäer erblickten zum ersten Mal den Pazifischen Ozean. Zur Gruppe dieser Männer gehörte auch der ehemalige Schweinehirt und Müllerbursche Pizarro, der, getrieben von unersättlicher Goldgier und Ruhmsucht, den Angriff auf das Reich der Inka einleitete. Wortbruch, Brutalität, Erpressung und die gerade im Inkareich bestehenden Streitigkeiten um die Nachfolge des eben verstorbenen Herrschers ermöglichten es der relativ kleinen, aber schwerbewaffneten Heerschaar unter Pizarro, die 1531 von Panama aufgebrochen war, das Reich der Inka zu besiegen. Der Herrscher Atahualpa wurde 1533 hingerichtet; der letzte Widerstand gegen die Spanier erlosch erst 1572. In kurzer Zeit wurde die Bevölkerung von 12 Millionen auf 1,5 Millionen dezimiert.

Die Wissenschaften erreichten in der Mayakultur während des 11. bis 16. Jh. deutliche Höhepunkte. Es gab eine hochentwickelte Hieroglyphenschrift, die freilich trotz des Einsatzes moderner elektronischer Datenverarbeitungsanlagen noch immer nicht völlig entziffert werden konnte. Im Zusammenhang mit Kult und Religion der Maya standen Astronomie und Mathematik in hoher Blüte, die in einigen Teilbereichen der der Europäer jener Zeit weit überlegen war. Gerechnet wurde nach einem Positionssystem zur Basis 20; auch ein Nullzeichen war in Gebrauch. Der Kalender zählte 365 Tage zu 18 Monaten von je 20 Tagen und einem Kurzmonat von fünf Unglückstagen. Doch wußte man, daß das astronomische Jahr länger als 365 Tage ist. Als wirkliche Jahreslänge wurde der Wert von 365,2420 Tagen angegeben, ein Wert, der genauer ist als der dem heutigen Gregorianische Kalender zugrundeliegende. In Chichén Itzá fand man ein imposantes Gebäude, das als astronomisches Observatorium gedient hat. Sehr genau waren auch die aus Beobachtungen abgeleiteten Daten für die Dauer der Umläufe des Mondes um die Erde.

Der Zerstörer des Aztekenreiches, Cortés, hat über den außerordentlich hohen Stand der aztekischen Medizin berichtet; die spanischen Ärzte könnten getrost zu Hause bleiben. Die Ärzte waren in Fachrichtungen spezialisiert; es gab Chirurgen, Zahnärzte, Augenärzte, Aderlasser und Darmspezialisten. Auch kannte man Berufe nach Art der Hebammen und Arzneimittelhersteller, vergleichbar etwa den Apothekern, die aus einem reichhaltigen Angebot von tierischen, pflanzlichen und mineralischen Rohstoffen schöpfen konnten.

Auch die Azteken benutzten einen Kalender mit einer Jahreszählung von 365 Tagen. Die Astronomie besaß einen starken astrologischen und von Kulthandlungen bestimmten Einschlag. Von den aztekischen Handschriften, deren Bilderschrift nicht das Niveau der Mayaschrift erreicht hat, sind 17 erhalten geblieben; doch sind Texte medizinischen und geographischen Inhalts, von deren Existenz man ziemlich sichere Kenntnis hat, verschollen. Es gab ferner eine hochentwickelte Landwirtschaft. Mais war Hauptnahrungsmittel, ferner wurden Kakao, Tomaten, Tabak und Baumwolle angebaut. Kakaobohnen dienten als eine Art Geldwährung oder allgemeines Tauschäquivalent.

## Bilderschrift und Priester-astronomen – Maya und Azteken



Der aztekische Kalenderstein, der »Stein der Sonne«, Durchmesser ca. 360 cm, Masse ca. 24t, aus Basalt, in der Mitte der Sonnengott (Sp 1978) / Nur drei Maya-Handschriften blieben erhalten; die schönste befindet sich in Dresden. Sie stammt vermutlich aus dem 12. Jh. und enthält auf 78 Seiten u. a. Venustafeln über einen Zeitraum von 312 Jahren sowie Tabellen zur Berechnung von Mond- und Sonnenfinsternissen (DDR 1981) / Die Handschriften Zentralamerikas aus vorspanischer Zeit sind von exotischer Schönheit und künstlerischer Aussagekraft. Dargestellt sind die Aufnahme in eine Schule (Mex 1982) und die Prinzessin Mixteca (Mex 1982)

## Zeugen vernichteter Kulturen



Mythologischer Vogel, Nordperu, ca. 1300 v. u. Z., sog. Chavin-Kultur (Pe 1963) / Sonnenobservatorium der Inka, Machu Picchu (Pe 1960) / Indianische Keramikvase, Nordostbrasilien (Bra 1975) / Das riesige Inkareich, das sich vom (heutigen) Chile bis Bolivien, Peru und Ekuador erstreckte, war durch Reichsstraßen verbunden, auf denen durch Meldeläufer (Pe 1972) ein Kurierdienst aufrechterhalten wurde / Im Inkareich wurden Mitteilungen (Nachrichten, Handel, Zahlen) in Knotenschrift (Quipu) festgehalten. Das zugrundeliegende Zahlensystem war dezimal; verschiedene Farben der Schnüre bezeichnen die verschiedenen zu zählenden Gegenstände (Pe 1972)

Das präkolumbianische Amerika hat eine Reihe von Hochkulturen mit bemerkenswerten künstlerischen, technologischen und wissenschaftlichen Leistungen hervorgebracht. Infolge des fanatischen Zerstörungswillens der spanischen Eroberer gegenüber den heidnischen Völkerschaften sind bis auf wenige Ausnahmen die allermeisten Zeugnisse der Wissenschaften im Inkareich, die der Mayavölker, der Azteken und anderer indianischer Völker zerstört worden. Erst mühsame archäologische Forschungen haben in jüngster Zeit die große Vergangenheit der indianischen Urbevölkerung deutlich machen können.

Das ursprüngliche Stammesgebiet der Inka lag im heutigen Peru; bis zur Vernichtung des Inkastaates durch Pizarro und die spanischen Konquistadoren waren weite Gebiete im Norden und im Süden durch Eroberungen hinzugekommen. Der Herrscher des Staates, der Inka (d. i. »Sohn der Sonne«), besaß absolute Gewalt und genoß göttliche Verehrung; ein Sonnenkult diente als Staatsreligion. Die Kinder des Herrschers und des Adels wurden in einem speziellen »Wissenshaus« unterrichtet; medizinische Unterweisungen gehörten zum Lehrstoff. Die Agrikultur stand bei den Inka in hoher Blüte. In kunstvoll angelegten Bergterrassen wurden Mais und Kartoffeln angebaut. Das Lama diente als Transporttier. Die Handwerker im Inkareich waren Meister der Verarbeitung von Gold, Silber und Kupfer und im Bronzeuß, jedoch kannte man weder Eisenverarbeitung noch Rad und Wagen. Im hochentwickelten Bauwesen – Paläste, Tempel, Festungen, Straßen – wurden sorgfältig bearbeitete Steinblöcke mit Zapfen fast fugenlos miteinander verbunden.

Das Volk der Maya hat eine sehr lange Geschichte. In der sogenannten »klassischen Zeit« (4. bis 9. Jh. u. Z.) lagen die Kultur- und Stadtzentren in den Regenwäldern Mittelamerikas. Erst im 20. Jh. wurden vom Dschungel überwucherte Tempel-Pyramiden mit herrlichem ornamentalem Schmuck und planmäßig angelegte Städte – wie Chichén Itzá, Uxmal, Quirigua – freigelegt. Über die Gründe des Untergangs jener frühen Maya-Kultur gibt es unterschiedliche Meinungen: Möglicherweise hat die Erschöpfung des Bodens durch Intensivanbau von Mais eine Rolle gespielt in Verbindung mit dem Einbruch des Eroberervolkes der Tolteken.

Die scharfe Rivalität zwischen den beiden gutkatholischen Seemächten Portugal und Spanien beim Wettlauf um Länder, Handel und Reichtum wurde, nach einigen Provisorien, endgültig 1494 durch den Vertrag von Tordesillas beigelegt, in dem der Papst die nichtchristliche Welt in eine spanische und eine portugiesische Kolonialsphäre aufteilte. Zu diesem frühen Zeitpunkt konnte man von der Ausdehnung des neuen Kontinents nichts wissen. So stellte sich später heraus, daß die nord-südlich festgelegte Demarkationslinie mitten durch Südamerika hindurchlief: Das östlich davon liegende Gebiet (im wesentlichen das heutige Brasilien) lag im portugiesischen, alle anderen Teile der Neuen Welt im spanischen, Indien und der indonesische Archipel wieder im portugiesischen Einflußgebiet.

Bald aber setzten sich Engländer und Franzosen in einigen Teilen Nordamerikas fest. Sie dachten – wie später auch die Holländer und andere Kolonialmächte – gar nicht daran, sich dem Spruch des Papstes zu unterwerfen. Der Italiener Cabot beispielsweise erreichte 1497 im Auftrag des englischen Königs Heinrich VIII. die nordamerikanische Küste etwa im südlichen Labrador, also amerikanisches Festland noch vor Kolumbus. Sein Sohn Sebastian setzte die Suche nach einer Nordwestpassage nach Kathai (China) fort und wurde einer der Begründer der englischen Seemacht, ebenso wie Frobisher, der u. a. das von Eskimos bewohnte Baffinland entdeckte. Der Franzose Cartier befuhr den St.-Lorenz-Strom und ebnete der späteren Besiedlung großer Teile Kanadas durch französische Siedler unter de Champlain den Weg. Anfang des 16. Jh. wurde bewiesen, daß – woran eigentlich keine Zweifel mehr bestanden – die Erde eine Kugel ist. Magellan, ein Portugiese, der sich in seiner Heimat schlecht behandelt fühlte, verließ im spanischen Auftrag 1519 Spanien mit fünf Schiffen. Er fand die Süddurchfahrt (Magellan-Straße) zum großen Ozean, den er, da er bei dessen Überquerung in knapp vier Monaten keinen Sturm erlebte, »Stillen (Pazifischen) Ozean« nannte, und er entdeckte die Philippinen. Magellan wurde bei Kämpfen mit Einwohnern der Insel Matan getötet. Nur eins der fünf Schiffe, die »Victoria« unter Elcano, nur 18 Männer von 237 erreichten 1522 wieder Spanien.

## Aufteilung der neuen Welt



Erste Erdumsegelung 1519/22 unter Magellan (R 1971) und Elcano (Sp 1976) / Jacques Cartier (F 1934) / Cabeza de Vaca, Entdecker und Reisender u. a. in Florida und im südlichen Nordamerika. Als einer der wenigen Konquistadoren trat er für eine menschenwürdige Behandlung der Indianer ein (Sp 1960) / Schon 1540 wurde diese Karte der Neuen Welt in Basel gedruckt (Kos 1977) / Frobisher. In der entscheidenden Seeschlacht 1588 zwischen England und Spanien trug er zum Sieg über die spanische Armada bei (Ka 1963)

## Die »Väter der Botanik«



Diese Zeichnung Dürers zeigt die liebevolle Hinwendung der Renaissance zur Natur (Kon 1978) / Grabbeigaben von Maiskörnern finden sich schon in sehr alten Indianergräbern Perus und Mexikos (SM 1958) / Die Europäer erblickten voller Erstaunen Indianer mit »Rauchrollen« (Zigarren). Der französische Diplomat und Philologe Nicot (F 1961) lernte Tabak in Portugal kennen und brachte ihn nach Frankreich. Nach ihm ist das Tabakalkaloid Nikotin benannt / Kakao (Togo 1961) und Kaffee wurden im 17. Jh. Luxusgetränke an Höfen und in Bürgerhäusern; die Kartoffel trat ihren Siegeszug in Europa nach den schweren Hungerjahren 1770, 1772, 1816 an

Pflanzen und Tiere haben seit altersher die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich gezogen. Das Mittelalter hat eine Anzahl von Schriften über Tiere und Pflanzen hervorgebracht: Eingebettet in christliche Mythologie wurden diese vor allem nach dem Nutzen und Schaden für die Menschen geordnet und vorgestellt. Auch am Beginn der Renaissance waren Pflanzen wichtige Quellen für die Gewinnung von Medikamenten; so wundert es nicht, daß die Mehrzahl der »Botaniker« jener Frühzeit vom Beruf her Ärzte und Apotheker waren.

Seit dem Beginn des 16. Jh. zeichneten sich bei der Beschreibung von Flora und Fauna neue Tendenzen ab. Es ging nun um eine realistische Bestandsaufnahme der heimischen Tier- und Pflanzenwelt, um naturgetreue Beschreibung, frei von ideologischen Verbrämungen. Freude an den Wundern der Natur und den Schöpfungen Gottes wurde zu einem Wert an sich.

Drei Männer erhielten den Ehrennamen »Väter der Botanik«: die Ärzte Brunfels, Bock und Fuchs. Sie gaben in den dreißiger und vierziger Jahren herrlich mit Holzschnitten illustrierte Kräuterbücher heraus. Bei Fuchs, nach dem die Blumengattung *Fuchsia* benannt ist, werden schon mehr als 500 Pflanzenformen beschrieben. Ende des 17. Jh. wurden bereits nahezu 20 000 Pflanzen klar unterschieden.

Schon seit Anfang des 16. Jh. kam noch ein exotischer Einschlag hinzu: Gerüchte, Nachrichten und Beschreibungen von Pflanzen und Tieren aus den neu entdeckten Teilen der Erde. Die aus der Neuen Welt stammenden Pflanzen wie Bohne, Mais, Kartoffel, Tabak, Ananas, Tomate, Kautschuk sollten später die Lebensweise und Ernährungsweise der Europäer wesentlich umgestalten. Eine der frühesten und besonders aufschlußreichen Beschreibungen der nichteuropäischen Tier- und Pflanzenwelt durch Europäer stammt von d'Oviedo y Baldy, der nach langer Verwaltungstätigkeit in den spanischen Kolonien von 1535 bis 1552 eine Naturgeschichte »Westindiens« (1553) anfertigte.

Noch aber war es ein weiter Weg zur wissenschaftlichen Botanik. Es gab keine einheitliche Nomenklatur. Selbst die Bisexualität der Pflanzen war bis zum Anfang des 19. Jh. noch nicht durchgehend anerkannt, obwohl von etlichen Botanikern ab Anfang des 18. Jh. erkannt.

Basel, 24. Juni 1527, Johannismacht. Der Stadtarzt von Basel, Theophrastus Bombastus von Hohenheim, später Paracelsus genannt, geht auf ein von Studenten und Einwohnern der Stadt umlagertes Johannisfeuer zu und übergibt eine Sammlung von Universitätslehrbüchern der Medizin den Flammen – eine Kampfansage an die veraltete, dogmatisch gewordene Medizin an den Hohen Schulen. »Erfahrung und eigene Erwägung statt Berufung auf Autoritäten« ist sein in langen Wanderjahren gewonnenes Leitmotiv, geschöpft aus der Berührung mit der Volksmedizin, angesichts der Überheblichkeit und Unfähigkeit der Vertreter der offiziellen Medizin, konfrontiert mit der Not der Pestkranken, Kriegsverwundeten und den Berufserkrankungen der Bergleute.

Mit Inhaftierung bedroht, wiederum unruhig als Wanderarzt lebend, mit den sozial Unterdrückten sympathisierend, wies Paracelsus der Medizin neue Wege: Bäduren in heilkräftigen Wässern und chemische Präparate, etwa aus Quecksilber und Arsen gegen die aus der Neuen Welt eingeschleppte Lustseuche (Syphilis) sollen die Möglichkeiten der Ärzte erhöhen. Neue Aufgaben sind damit auch der Alchimie gewiesen, die Paracelsus – obwohl noch befangen in zeitbedingten mystischen und pantheistischen Vorstellungen, anknüpfend auch an den legendären Hermes Trismegistos – als Kunst der Umwandlung der Stoffe versteht. Für ihn sind Bäcker und Schmiede ebenso Alchimisten wie Müller, Hüttenarbeiter und Apotheker.

Paracelsus, der praktizierende Arzt, war zugleich ein erfahrener, kenntnisreicher Alchimist. Er beherrschte die Kunst des Destillierens und Sublimierens, er handhabte Alembiks, Aludeln (Geräte zum Destillieren bzw. Sublimieren), Retorten und Ampullen. Dazu traten neue theoretische Vorstellungen: Indem er sich neben und gegen die 4-Elemente-Lehre des Aristoteles stellte, dachte sich Paracelsus alle Stoffe aus drei Grundstoffen – er spricht von Prinzipien – Sulphur (Schwefel; Prinzip der Brennbarkeit), Mercur (Quecksilber; Prinzip der Flüchtigkeit) und Sol (Salz; Prinzip der Beständigkeit gegen Feuer) zusammengesetzt. Krankheiten verstand Paracelsus nicht, wie die alte Lehre des Galen behauptete, als Störung im Gleichgewicht der Körpersäfte, sondern als Störung des Gleichgewichts der drei Prinzipien im Körper; Heilung könne erfolgen durch Zuführung entsprechender chemischer Substanzen.

## »Erfahrung und eigene Erwägung«



Behandlung von Verdauungserkrankungen, nach einem Holzschnitt von 1485 (I 1959) / Das hervorragend mit Holzschnitten ausgestattete Meisterwerk »De humani corporis fabrica« (etwa: Über den Bau des menschlichen Körpers) (1543) des in Italien wirkenden Niederländers Vesal schuf der Anatomie eine wissenschaftliche Grundlage (B 1942) / Paracelsus (BRD 1949) / Der Engländer Harvey bewies, anknüpfend an Aristoteles und gestützt auf anatomische Studien, den Kreislauf des Blutes (Ar 1959) / Harnschau. Aus der Farbe des Urins und aus Art und Höhe der Sedimente leitete man die Diagnose ab (Ö 1982)

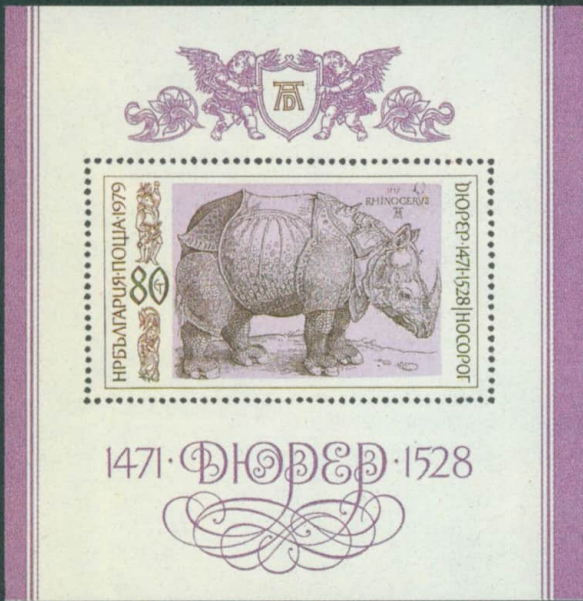
# Historia animalium

Während die Botanik drei »Väter« aufzuweisen hat, spricht man in der Zoologie häufig von zwei »Vätern« und meint damit Gesner, einen aus Zürich stammenden Arzt, Naturforscher und Humanisten, und den Italiener Aldrovandi.

Gesner verfügte über eine umfassende Bildung und lehrte Naturgeschichte an der Universität Zürich; dort gründete er auch die ersten botanischen Gärten. Von ihm stammt eine großangelegte Beschreibung der Tierwelt, eine »Historia animalium« – 1551 bis 1558 erschienen vier Bände, ein fünfter 1587 –, die mehr als 4500 Seiten umfaßt. Die ersten beiden Bände behandeln Vierfüßer, der dritte Vögel, der vierte Fische und Wassertiere, der fünfte Schlangen und Insekten, freilich nach alter, mittelalterliche Weise noch in alphabetischer Reihenfolge, so daß Tiere aufeinanderfolgen, die – wie Flußpferd (hippopotamus) und Blutegel (hirudo) – keinerlei biologische Verwandtschaft besitzen. Auch legendäre Fabelwesen – etwa Forstteufel und Jungfrauaffen – sind von Gesner aufgenommen worden, aber er bezweifelt doch ihre wirkliche Existenz.

Aldrovandi konnte sich mit seiner »Historia animalium« auf Gesners Werk stützen und bemühte sich bewußt, auch wenn er auf allerlei phantastische Geschichten hereingefallen ist, um Berücksichtigung von Säugetieren und Vögeln aus Amerika, Afrika und Indien. So finden sich bei ihm etwa Schilderungen vom Tukan, Paradiesvogel und Zebra. Der erste der geplanten 14 Bände erschien 1599, der letzte – nach Notizen seiner Schüler – erst 1642.

Diese beiden »Geschichten der Tiere« konnten, trotz der Materialfülle, noch keinen wesentlichen Schritt in Richtung auf eine wissenschaftliche Klassifikation leisten. Eben darum bemühten sich – neben einer von ihnen geleisteten beträchtlichen Erweiterung der Zahl der beschriebenen Tiere – die sog. »Zoographen«, wenn auch noch mit unterschiedlichem Erfolg. Dieser Gruppe gehörten u. a. Wotton, Belon, Rondelet und Moufet an. Die weiteren Fortschritte wird die Zoologie – wie auch die Botanik – des 17. Jh. aus zwei neuen Quellen ableiten, aus der Methode der vergleichenden Anatomie und aus der Verwendung eines neuen wissenschaftlichen Instruments, des Mikroskops.



Das enzyklopädisch angelegte, fünf umfangreiche Bände umfassende und teilweise erst postum zum Druck gebrachte Werk »Historia animalium« (Geschichte der Tiere) von Gesner ist reich und künstlerisch mit mehr als 1000 Kupferstichen und Holzschnitten illustriert. Besonders berühmt wurde das »Rhinoceros« von Dürer (Bul 1979). Dürer hat ein solches Tier vermutlich nie gesehen und war auf Beschreibungen angewiesen, kein Wunder, daß einige Fehler auftreten. Neben Dürer beteiligten sich die Züricher Asper und Thomas an der künstlerischen Ausgestaltung des Gesnerschen Werkes. Leider gibt es keine Briefmarke, die die Fabeltiere bei Gesner wiedergibt

Der lange Zeit in portugiesischen Diensten die Küsten Westafrikas befahrende Deutsche Behaim schuf 1492 in Nürnberg einen »Erdapfel«, – aber er berücksichtigte noch nicht die von Kolumbus im selben Jahr gemachte große Entdeckung. Der Behaimsche Globus ist der älteste erhaltene (Erd)Globus. Auf dem heute in Kraków aufbewahrten sog. Jagiellonischen Weltglobus (1510) ist zum erstenmal der neue Erdteil Amerika berücksichtigt. Die Herstellung von Globen, von kugelförmigen Wiedergaben der Erdkugel, wurde im 16./17. Jh. zu einer Hauptaufgabe der Geographen. Für Begüterte wurde es Mode, einen Globus zu besitzen.

Auch die Herstellung von Landkarten nahm im Zeitalter der großen geographischen Entdeckungen einen raschen Aufschwung. Nun, da die geographischen Angaben des Ptolemaios seit der Mitte des 15. Jh. wieder verfügbar waren und Seekarten als Navigationsmittel verwendet wurden, kam es darauf an, die Karten – »Radkarten«, Pilgerkarten, Portolane – zu verbessern und durch neue zu ersetzen.

Der aus Flandern stammende Kremer, latinisiert Mercator, Kartograph, Globusverfertiger und Mathematiker erfand die Methode der Zylinderprojektion. Diese noch heute verwendete Mercatorprojektion ist winkeltreu, lieferte praktische Seekarten, da alle Routen fester Kompaßstellung als Geraden erscheinen, stellt aber insbesondere in den Polgegenden die Entfernungen viel zu groß dar. Damals aber mieden die Seefahrer noch diese unwirtlichen Gegenden. Mercators Sohn gab 1595 ein Kartenwerk seines Vaters heraus; auf dem Titelblatt trägt der Riese Atlas die Erdkugel. So entstand der geographische Begriff »Atlas«. Neben der niederländischen Schule der Kartenzeichner, der auch Ortelius angehörte, bildeten sich kartographische Schulen in der Schweiz, in Österreich, Deutschland, in Osteuropa und England heraus. Im 17./18. Jh. dominierte die französische Kartographie mit genauen Karten, die auf der Benutzung neuer Meßinstrumente und der Methode der Triangulation beruhten. Von hier aus führte ein direkter Weg zu den französischen Gradmessungen in Peru (1735) und unter de Maupertuis in Lappland (1736); die letztere bewies, daß die Erde eine an den Polen abgeplattete Kugel ist.

## Erdapfel – Atlas – Kartographie



Ausschnitt aus der ersten genauen Karte des Königreiches Polen (1526) von Wapowski, einem Krakówer Freund von Copernicus (P 1982) / Mercator (B 1962) / Diese Karte Kubas (1572) (K 1973) wurde von dem niederländischen Kartographen Ortelius (B 1942) gezeichnet / Der rasche Fortschritt der Kartographie wird an dieser Karte der Bermudas (1626?) von Speed aus London deutlich (Ber 1979) / Der Weltbund der Globusfreunde ist nach dem italienischen Historiker und Geographen Coronelli benannt, der für den »Sonnenkönig« Ludwig XIV. große Erdgloben herstellte (Ö 1977)

# Tycho Brahe, Astronom mit goldener Nase

Ein junger dänischer Edelmann bestritt am 29. Dezember 1566 ein Duell; dabei wurde ein Teil seiner Nase abgeschlagen. Als Ersatz ließ er sich eine golden glänzende Nasenspitze anfertigen. Er trug sie bis zu seinem Tode. Sein Name war Tycho Brahe. Geboren am 14. Dezember 1546 im jetzt zu Schweden gehörenden Skane, erhielt er eine standesgemäße Erziehung, brach aber mit den Familientraditionen und entschloß sich, Astronom zu werden. Klar erkannte er den Weg, wie der Astronomie voranzuhelfen sei: durch genauere Beobachtungen und, folgerichtig, durch Verbesserung der Instrumente. Er selbst leistete Entscheidendes auf diesem Gebiet.

Eine erste Probe auf verfeinerte Meßtechnik konnte Brahe im Winter 1572/73 ablegen, als er, vorübergehend in seiner Heimat, einen plötzlich aufgetauchten neuen Stern – wir wissen heute: eine Supernova – beobachtete, dessen Aufflammen, langsames Verlöschen, die genaue Position, die unveränderlich blieb. Brahe zog einen kühnen Schluß: Die Fixsternsphäre ist keineswegs unveränderlich. Und spätere Kometenbeobachtungen auswertend verwarf er eine weitere althergebrachte Grundannahme, nämlich die von der Existenz der festen Sphären, an die die Planeten angeheftet seien. Da aber Brahe (mit den damaligen Mitteln) eine Fixsternparallaxe (die durch die Bahnbewegung der Erde um die Sonne hervorgerufene scheinbare Bewegung der Fixsterne) nicht beobachten konnte, vermochte er sich dem heliozentrischen System des Copernicus nicht anzuschließen, sondern entwarf ein eigenes Weltbild: Die Erde steht fest im Mittelpunkt der Welt und wird, außer vom Mond, von der Sonne umkreist, um die ihrerseits die Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn kreisen. Von 1575 bis 1597 unterhielt Brahe, gefördert vom dänischen König, eine großzügig angelegte Sternwarte »Uraniborg« auf der Sundinsel Hveen, ausgestattet mit Bibliothek, Druckerei und hervorragenden Instrumenten, u. a. mit einem Mauerquadranten von ca. 2 m Durchmesser, mit dem er die Beobachtungsgenauigkeit auf 30 Bogensekunden zu steigern vermochte. Als Brahe am dänischen Hof in Ungnade gefallen war, wurde er mit großen Ehren von Kaiser Rudolph II. in Prag empfangen und trat 1799 in dessen Dienste. Er starb dort am 24. Oktober 1601.



An der Universität Kopenhagen, gegründet 1479, absolvierte Brahe seine ersten Studien; an der Leipziger Universität entschloß er sich zum Astronomie-studium. Die Marke mit dem perspektivisch verzeichneten Pentagramm soll die Einheit der fünf Fakultäten symbolisieren (Dk 1979) / Tycho Brahe (Dk 1946) / Gedenkmarke für die von Brahe 1572/73 beobachtete Supernova, dazu ein Quadrant (Dk 1973) / Brahes Observatorium, Quadrant, Supernova (As 1971) / In Augsburg, einem Zentrum der Handwerkskunst, ließ Brahe astronomische Instrumente herstellen. Astronomische Uhr, einem Astrolab nachgebildet, um 1560 (DDR 1975)

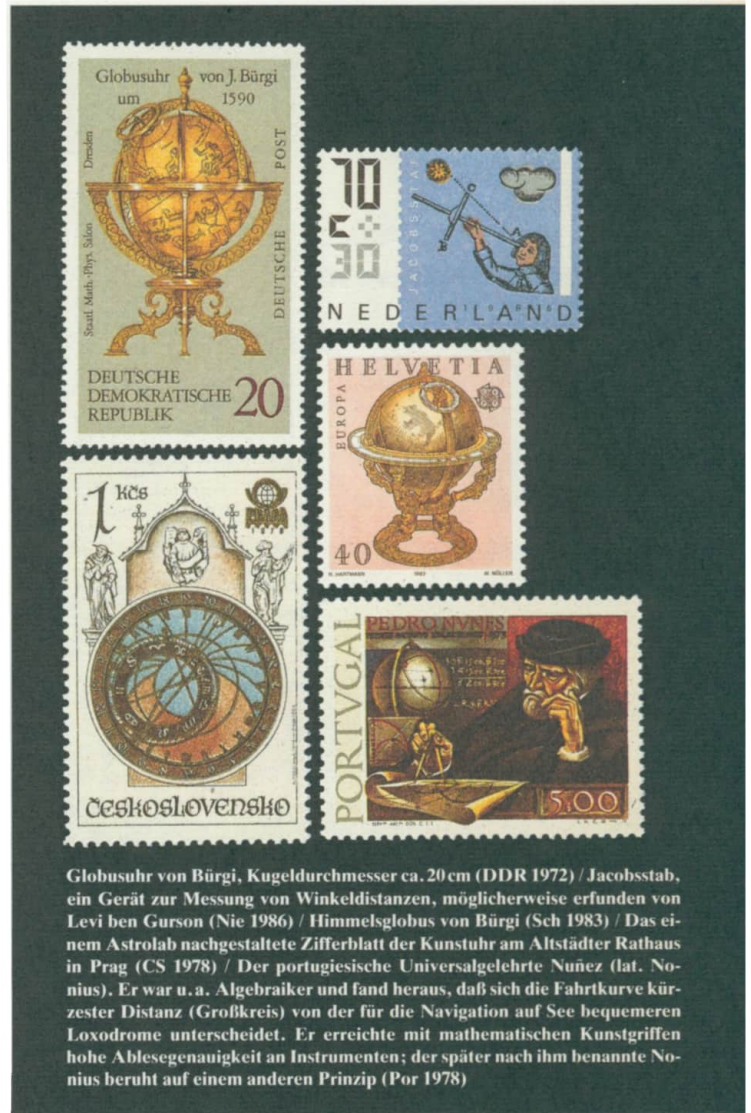
Rechnende Astronomie und Beobachtungstätigkeit bildeten seit altersher eine sich gegenseitig ergänzende Einheit. Astronomische Instrumente erhielten durch die Handwerkskunst im Islam und während der Renaissance und des Barock in Europa eine hohe Präzision und zugleich bemerkenswerte Schönheit; sie gehören heute zu den Prunkstücken von Museen und Sammlungen.

Winkelmeßgeräte – Triquetrum, Armillarsphäre, Astrolab und verschiedene Typen von Quadranten – sowie Zeitmeßgeräte – Sonnenuhren, mechanische Uhren – dienten zur Positionsbestimmung der Gestirne nach Ort und Zeit. (Erst die Erfindung des Fernrohres sollte später neue, erweiterte Möglichkeiten der Beobachtungstechnik schaffen.) Auf einem Himmelsglobus konnten die Fixsternörter und die Sternbilder festgehalten werden; man blickt von außen auf eine Kugel, die die Himmelskugel repräsentiert.

Viele hervorragende Astronomen haben ihre Instrumente selbst verfertigt oder wenigstens entworfen, so Copernicus und Brahe, Galilei und Newton. Copernicus zimmerte für seine Beobachtungen in Frombork ein Triquetrum (auch parallaktisches Lineal genannt). Bei einem solchen Gerät wird das Gestirn über einen Stab anvisiert, der drehbar an einem senkrechten Stab befestigt ist; an einem dritten Stab, der mit den beiden anderen zu einem Dreieck verbunden ist, kann die Höhe des Gestirns abgelesen werden.

Einer der hervorragenden Instrumentenbauer der Spätrenaissance war der aus der Schweiz stammende Bürgi, der lange Jahre an der seinerzeit berühmten Sternwarte in Kassel, später am Prager Hof bei Kaiser Rudolph II. arbeitete. In Prag und anderswo haben sich viele seiner Instrumente – Uhren, Himmelsgloben und vieles andere mehr – erhalten. Bürgi, der mit Kepler befreundet war, hat sich auch bleibende Verdienste um die Erfindung der Logarithmen erworben; seine »Progreß-Tabulen« erschienen 1620. Überhaupt gab es enge wechselseitige Beziehungen zwischen Astronomie, Mathematik, Navigationskunst und Kartographie. Logarithmen erleichterten die Rechenarbeit der Astronomen, astronomische Geräte und Tafeln dienten der Ortsbestimmung bei der Hochseeschifffahrt bzw. der Vermessung neuer Küsten, Flüsse, Gebirge. Und Quadranten, in etwas abgewandelter Form, waren unentbehrlich im Militärwesen zum Richten der Geschütze.

## Der Ort in der Zeit



Globusuhr von Bürgi, Kugeldurchmesser ca. 20 cm (DDR 1972) / Jacobsstab, ein Gerät zur Messung von Winkeldistanzen, möglicherweise erfunden von Levi ben Gurson (Nie 1986) / Himmelsglobus von Bürgi (Sch 1983) / Das einem Astrolab nachgestaltete Zifferblatt der Kunstuhr am Altstädter Rathaus in Prag (CS 1978) / Der portugiesische Universalgelehrte Nuñez (lat. Nonius). Er war u. a. Algebraiker und fand heraus, daß sich die Fahrtkurve kürzester Distanz (Großkreis) von der für die Navigation auf See bequemeren Loxodrome unterscheidet. Er erreichte mit mathematischen Kunstgriffen hohe Ablesegenauigkeit an Instrumenten; der später nach ihm benannte Nonius beruht auf einem anderen Prinzip (Por 1978)

# Johannes Kepler, der kaiserliche Mathematiker



Keplers Büchlein »Strena« (1611) zeigte, daß Wasser bei aller Vielfalt der Schneekristalle nur hexagonal kristallisiert (B 1966) / Keplers Modell des »göttlichen Schöpfungsplanes«, im »Mysterium Cosmographicum« (Weltgeheimnis) (1595): Den fünf ineinandergeschachtelten regulären platonischen Polyedern werden sechs kugelförmige konzentrische Sphären zugeordnet, auf denen sich die Planeten, kreisförmig, bewegen (U 1980) / Das sog. Goldene Gäßchen – im Volksmund auch Goldmachergäßchen – auf der Prager Burg, auf der Kaiser Rudolph II. auch ein alchemistisches Laboratorium unterhielt (CS 1967) / Prag, »Mutter der Städte«, Anfang 17. Jh. (CS 1967)

Am 7. Juli 1600 erhielt der hochangesehene Mathematiker und Kalendermacher Kepler einen Ausweisungsbefehl: In kurzer Zeit hatten er und seine Familie Graz zu verlassen. Die Steiermark war wieder katholisch, der Protestant Kepler, der in Tübingen Theologie studiert hatte, war untragbar geworden.

Doch Kepler hatte vorgesorgt: Der berühmte Astronom Brahe, im Dienste Kaiser Rudolphs II. in Prag, nahm ihn als Assistenten auf. Am 30. September traf Kepler in Prag ein; für ihn begann eine fruchtbare Schaffensperiode, obwohl – oder weil – Brahe schon 1601 starb. Kepler wurde als Nachfolger Brahens bestätigt und zum »Kaiserlichen Mathematiker« ernannt.

Brahe, ein mißtrauischer Mensch, hatte Kepler nur einen Teil seines reichhaltigen Beobachtungsmaterials über die Planetenbewegungen zur Verfügung gestellt, zum Glück das vom Mars. Der Mars nämlich besitzt eine relativ große Exzentrizität, und so trat – bei einer unerklärten Differenz von lediglich 8' – die Unvereinbarkeit der Beobachtungsdaten mit einer vorausgesetzten Kreisbahn am ehesten zutage. Der Weg zur Entdeckung der Keplerschen Gesetze wurde frei. In Keplers Prager Zeit fiel auch die von gegenseitiger Hochachtung gekennzeichnete Korrespondenz mit Galilei anlässlich dessen Entdeckungen mit dem Fernrohr.

Bald nach dem erzwungenen Verzicht Rudolph II. auf Böhmen (1611) wurde Keplers Lage in Prag unhaltbar. Linz schien anfangs Ruhe zu bieten, doch Keplers Leben wurde immer schwerer: Tod einiger Kinder aus erster und zweiter Ehe, Kampf um seine als Hexe angeklagte Mutter, Sorge um Druckkosten und Gehälter, überschattet vom schrecklichen Krieg, der mit dem Prager Fenstersturz ausgelöst wurde. In übermenschlicher Anstrengung nur konnte Kepler u. a. eine mehrbändige Darstellung der copernicanischen heliozentrischen Astronomie und schließlich die »Rudolphinischen Tafeln« (1627) vollenden. Dazu kamen die religiösen Zerwürfnisse. Kepler, der Protestant, lag in Streit mit anderen Richtungen des Protestantismus. Als er nicht zum Katholizismus übertrat, mußte er auch Linz verlassen und trat schließlich 1628 in Sagan in die Dienste des astrologiebesessenen kaiserlichen Generals Wallenstein. Keplers Versuch, auf dem Reichstag in Regensburg rückständige Gelder vom Kaiser einzutreiben, war ergebnislos, und er starb dort, völlig erschöpft.

In Kepler tritt uns eine höchst beeindruckende Persönlichkeit gegenüber. Phantasiereiches, gedankentiefes Spekulieren über die Natur mit Anklängen an Pythagoras und Platon ist in einmaliger Weise gemischt mit geduldiger, vorurteilsfreier Beobachtung und einer ungeheuren Zähigkeit im numerischen Rechnen. Seine Schriften faszinieren noch heute. Zeitbedingtes und Unvergängliches, Schwärmerei und sachliche, fast trockene Darstellung durchdringen sich. Seine Werke bereicherten entscheidend die Phase der Herausbildung der klassischen Naturwissenschaften. Neben der Ausbildung einiger Methoden der Infinitesimalmathematik, die an Archimedes anknüpften und in der berühmten »Faßrechnung« von 1615 einen auch für die Praxis geeigneten Ausdruck fanden, neben Beiträgen zur Theorie des Fernrohres und zur Kristallographie sind es insbesondere seine grundsätzlichen Arbeiten zur Astronomie, die zum unvergänglichen Bestand aller Wissenschaft von der Natur gehörten. In der »Astronomia nova« (Neue Astronomie) von 1609 formulierte Kepler – nach mühseliger Rechnung an den Marsdaten – die ersten beiden nach ihm benannten Gesetze. Die Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne; in einem Brennpunkt der Ellipse steht die Sonne. Eine gedachte Verbindungslinie zwischen Sonne und Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Teile der Ellipsenfläche. Das dritte Gesetz, ein wenig versteckt in den »Harmonices mundi« (Weltharmonien) von 1619 enthalten, vergleicht die Bahnen der verschiedenen Planeten und stellt fest, daß sich die Quadrate der Umlaufzeiten wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen verhalten. Damit hatte Kepler mit der seit der Antike festverwurzelten Vorstellung gebrochen, daß die Planetenbewegung kreisförmig sein müsse. Und mehr noch: Er erkannte, daß Astronomie nicht nur eine rechnende und beobachtende Wissenschaft ist, sondern daß es auf die Erklärung der Himmelserscheinungen mittels physikalischer Prinzipien ankommt. Kepler sprach daher – häufig gerade deshalb von seinen Zeitgenossen getadelt – von einer »Physik des Himmels«. Seit 1621 schrieb Kepler von einer von der Sonne ausgehenden Kraft (vis), die als Ursache der Planetenbewegung anzusehen sei. Newton wird auf dem von Kepler gewiesenen Weg zum (allgemeinen) Gravitationsgesetz gelangen.

## Kepler findet drei Gesetze am Himmel



Kepler, geboren in Weil der Stadt, gestorben in Regensburg (DDR 1971) / Mittels komplizierter geometrischer Konstruktionen, anfangs von einem Oval ausgehend, tastete sich Kepler zur Ellipsenform der Planetenbahn vor (BRD 1971) / Kepler hatte zweimal festen Wohnsitz im heutigen Österreich, in Graz und in Linz (Ö 1953) / Grimmelshausen (BRD 1976) und das sich an einen seiner Romane anlehrende Brecht-Stück »Mutter Courage und ihre Kinder« (DDR 1973) schildern die Zerrüttung des gesellschaftlichen Lebens im Dreißigjährigen Krieg 1618–1648. Auch Kepler und seine Familie waren von den unruhigen Zeiten hart betroffen

**Jahrhundert, o Wissenschaft, es ist eine Lust zu leben.  
Die Wissenschaften blühen, die Geister regen sich.**

*Ulrich von Hutten*

**Die Wissenschaft verjüngt die Seele  
und vermindert die Bitterkeit des Alters.**

*Leonardo da Vinci*

**Den Zugang zur Vollkommenheit in der Wissenschaft eröffneten  
viele geistvolle und lernbegierige Männer, wie Peurbach,  
Cusanus, Regiomontanus, Copernicus. Sie haben durch ihren  
geistigen Scharfsinn und ihre Findigkeit . . .  
den ganzen Bereich der Wissenschaft erleuchtet.**

*Philipp Melanchthon*

**Denn keine Kraft vermag die Kette der Ursächlichkeit  
zu lösen oder zu brechen, und sie wird nur besiegt,  
wenn man ihr gehorcht. Deshalb fallen jene Zwillingsziele,  
die menschliche Wissenschaft und die menschliche Macht,  
in eins zusammen.**

*Francis Bacon*

# VI. WISSENSCHAFTLICHE REVOLUTION

Gottfried Wilhelm Leibniz verkörpert in seiner Person und mit seiner umfassenden Leistung den progressiven Inhalt frühbürgerlicher Denkweisen. Im Vertrauen auf die Kraft des Verstandes schuf er ein gedankentiefes, der Aufklärung verpflichtetes philosophisches System. Er leistete Bahnbrechendes in Mathematik und theoretischer Logik, beschäftigte sich tiefgründig mit Mechanik, Alchimie und Biologie, kümmerte sich um Bergwerke, Seidenraupenzucht und produktionswirksame technische Erfindungen. Leibniz war ein hervorragender Jurist und als Diplomat in wichtigen Missionen tätig. Als Historiker rückte er das Studium der Primärquellen in den Vordergrund und lenkte als einer der ersten das kulturhistorische Interesse Europas auf den Fernen Osten, insbesondere auf China (BRD 1966)



# Die Wissenschaftliche Revolution

Zu Anfang des 17. Jh. brach eine große Zeit für die Entwicklung der Naturwissenschaften an. Galilei und Newton, Descartes und Leibniz, die Brüder Bernoulli, Lomonossow und Euler, Diderot und d'Alembert, Buffon, Haller und Linné fügten dem Bestand an Kenntnissen über die Natur tiefliegende Erkenntnisse hinzu, die zum unverlierbaren Bestandteil heutiger Naturwissenschaft geworden sind.

Im 17./18. Jh. vollzogen sich innerhalb einiger Teildisziplinen der Naturwissenschaft – in Mechanik, Mathematik und Astronomie – tiefgreifende Änderungen. In anderen Teilgebieten der Physik, in Chemie, Biologie und Geowissenschaften standen trotz einer Fülle neuer Einsichten die revolutionären Wandlungen allerdings noch bevor.

In jenen reichlich einhundert Jahren traten überdies weitere Momente in der Entwicklung der Naturwissenschaft deutlicher als je zutage, so die enger werdenden Wechselbeziehungen zur Technik und Ökonomie, deren Institutionalisierung durch die Gründung von Akademien und wissenschaftlichen Zeitschriften und schließlich eine deutliche Festigung philosophisch-materialistischer Positionen der Naturwissenschaft im engen Zusammenhang mit der europäischen Aufklärung.

Das alles schuf den Naturwissenschaften eine grundlegend neue gesellschaftliche Stellung und Funktion. Diese im ganzen gesehen Neu- und Umorientierung der Naturwissenschaft mit ihren vielfältigen Aspekten wird innerhalb der Historiographie der Naturwissenschaften daher als »Wissenschaftliche Revolution« bezeichnet. Ihre letzten, ihre eigentlichen Ursachen stehen im Zusammenhang mit der Entfaltung des europäischen Manufakturkapitalismus. Doch überkreuzten und durchdrangen sich die in diesem Sinne primären Triebkräfte für den Aufschwung der Naturwissenschaften mit Entwicklungsanstößen, die aus der inneren Dynamik der wissenschaftlichen Probleme selbst hervorgingen.

Der Aufschwung der Naturwissenschaften hielt ungebrochen bis zum ersten Drittel des 18. Jh. an. Mit dem Verfall des Feudalismus und Absolutismus gerieten auch die Naturwissenschaften in eine – vorübergehende – Phase der Stagnation. Der Übergang zur Industriellen Revolution wird am Ausgang des 18. Jh. neue Triebkräfte für die Naturwissenschaften freisetzen.



Ein 16wertiger Satz (SM 1982) stellt herausragende Naturforscher vor, darunter vier Hauptvertreter der Wissenschaftlichen Revolution: Galilei, Torricelli, Newton und Linné. Zirkel, Quecksilberexperiment, Binomialformel, Pflanze und Tier symbolisieren deren Leistung / Der portugiesische Staatsmann Marquis Pombal, ein fortschrittsorientierter Vertreter des aufgeklärten Absolutismus, verfügte 1772 eine Universitätsreform. Die rechte Marke zeigt das breite Spektrum damaliger Naturwissenschaft: Sternenhimmel, Wolkenbildung, Armillarsphäre, Fernrohr, Waage, Kristall, Retorte, Tier- und Pflanzenwelt (Por 1972)

Nach jahrzehntelangen blutigen Kämpfen hatten die Niederlande 1609 endgültig die spanische Fremdherrschaft abschütteln können. Die erste siegreiche frühbürgerliche Revolution öffnete dem Land den Weg zu einem glanzvollen politischen, wirtschaftlichen und kulturellen Aufschwung, und es wurde zu einem Zentrum der sich entfaltenden Naturwissenschaften. Rembrandt schuf Meisterwerke der Malkunst. Im niederländischen Exil schrieb Descartes seinen vom rationalistischen Denken bestimmten »Discours de la méthode«. Galilei, Gefangener der Inquisition, konnte das geschmuggelte Manuskript seines Werkes »Discorsi ...« in Leiden zum Druck bringen. Holländische Linsenschleifer entdeckten die Prinzipien zweier neuer wissenschaftlicher Instrumente, des Fernrohres und des Mikroskopes. Der jüdische Denker Spinoza, als Linsenschleifer seinen Lebensunterhalt bestreitend, markiert einen Höhepunkt der Aufklärungsphilosophie. Zur Mitte des 17. Jh. konnte Huygens als führender Naturforscher und Mathematiker Europas gelten. Schon früher, bereits im 16. Jh., waren in den Niederlanden bedeutende Vorarbeiten für die Wissenschaftliche Revolution des 17. Jahrhunderts geleistet worden. Der Ingenieur und Mathematiker Stevin, eng mit den republikanischen Niederlanden verbunden, suchte mit einer Schrift aus dem Jahre 1585 die Dezimalbrüche in Europa einzuführen, entdeckte das hydrostatische Paradoxon und führte das Kräfteparallelogramm zur Bestimmung von Kräften ein. Bereits 1586, vor Galilei, hatte Stevin durch Experimente bewiesen, daß Körper verschiedenen Gewichtes gleich schnell fallen, und damit das Aristotelische Fallgesetz widerlegt.

Bei dem Arzt Helmont, der mehrfach von katholisch-kirchlicher Seite als Ketzer angeklagt wurde, mischten sich noch mystische Ansichten mit Ergebnissen naturwissenschaftlicher Forschung. Zwar behauptete er, den Stein der Weisen gefunden zu haben, aber er studierte u. a. Magensäure und Fieber, Asthma und Lungenkavernen. Vor allem aber erkannte er, daß es neben der Luft noch weitere, von ihr chemisch verschiedene Gase gibt. So unterschied er deutlich beim Verbrennen erhaltene »Holzluft« (Kohlendioxid) von der Atemluft. Durch ihn wurde das Wort Gas, möglicherweise abgeleitet von Chaos, zum naturwissenschaftlichen Fachwort.

## Niederlande, Hort der Wissenschaft



In der Union von Utrecht schlossen sich 1579 sieben nichtkatholische Nordprovinzen der Niederlande zum Kampf gegen die spanische Fremdherrschaft zusammen (Nie 1979) / Die Stadt Leiden erhielt 1575 eine Universität, die bald zu einer der führenden Forschungsstätten aufstieg (Nie 1975) / »Der alte blinde Tobias« von Rembrandt. Er symbolisiert den Glanz der kulturellen Entwicklung in den Niederlanden (Nie 1956) / Helmont (B 1942) / Stevin (B 1942) / Grotius erklärte die Vernunft zur Grundlage der Staatenbildung und forderte 1609 im Interesse der großangelegten niederländischen Kolonialexpansion die Freiheit der Meere (Nie 1947)

# Galileo Galilei – Ein Naturforscher auf dem Index

Galilei ist zu einer Symbolfigur geworden. Mit seinem Namen verbindet sich eine entscheidende Etappe auf dem Wege zur modernen Naturwissenschaft. Dazu kommt Galileis Engagement für die heliozentrische, Copernicanische Astronomie und das daraus folgende Gerichtsverfahren vor den Inquisitionsbehörden der katholischen Kirche. An derselben Stelle, an der einst Giordano Bruno das Todesurteil empfangen hatte, wurde Galilei am 22. Juni 1633 zum Widerruf gezwungen. Seine heliozentrischen Schriften gelangten auf den päpstlichen Index der verbotenen Bücher. In katholischen Ländern war fortan die Lektüre Galileischer Schriften bis 1835 offiziell untersagt.

Am 15. Februar 1564 war Galilei in Pisa geboren worden. Sein Vater, ein Tuchhändler und ein bedeutender Musiktheoretiker, ließ seinem Sohn Privatunterricht bei dem damals berühmten Mathematiker Ostilio Ricci zukommen. Auf Wunsch des Vaters nahm Galilei 1580 an der Universität seiner Heimatstadt das Medizinstudium auf. Durch einen schwingenden Kronleuchter in einer Kirche aufmerksam geworden, so will es die Überlieferung, entdeckte er 1583 das Pendelgesetz, wonach die Schwingungsdauer eines Pendels unabhängig von dessen Auslenkung ist. Seit 1584 als Privatlehrer in Florenz und Siena tätig gelangen ihm weitere Entdeckungen, z. B. die Konstruktion einer hydrostatischen Waage. Nach einer schlechtbezahlten Lehrtätigkeit in Pisa seit 1589 folgte er 1592 einer Berufung als Mathematikprofessor nach Padua, an eine der ältesten Universitäten Europas. Obgleich seine Vorlesungen noch ganz der Tradition verhaftet waren, legte Galilei entscheidende Schritte zur Überwindung der von Aristoteles geprägten Naturphilosophie zurück: Fall- und Wurfbewegung wurden studiert, 1604 beschrieb er die Nova im Sternbild des Schlangenträgers, am 4. August 1597 erklärte sich in einem Brief an Kepler als Anhänger der Astronomie des Copernicus.

Von entscheidender Bedeutung wurde die Formulierung des Fallgesetzes. Seit Aristoteles galt, daß sich die Fallgeschwindigkeiten wie die Gewichte der fallenden Körper verhalten. Galilei aber bestätigte durch Experimente an der Fallrinne, daß sich die Fallstrecken wie die Quadrate der Fallzeiten verhalten und daß alle Körper gleich schnell fallen. Nur Reibung und Luftwiderstand verfälschen das reine Gesetz.



Dieser Satz erschien aus Anlaß des 300sten Todestages von Galilei. Festgehalten sind einige Lebensetappen: Galilei wirkte 1592 bis 1610 als Mathematikprofessor in Padua / Auf dem Turm von San Marco in Venedig demonstrierte er 1609 die Wirkung des Fernrohres / Nachdem sein Ruhm wegen der mit dem Fernrohr gemachten astronomischen Entdeckungen aufs höchste gestiegen war, ging er als Erster Mathematiker und Philosoph an den Hof des Großherzogs in Florenz / Galilei in Arcetri, im Gewahrsam der Inquisition, 1633 bis 1642, trotz Erblindung mit Hilfe seiner Schüler unermüdlich weiter forschend. Dort vollendete er die »Discorsi e dimostrazioni matematiche ...« (1942)

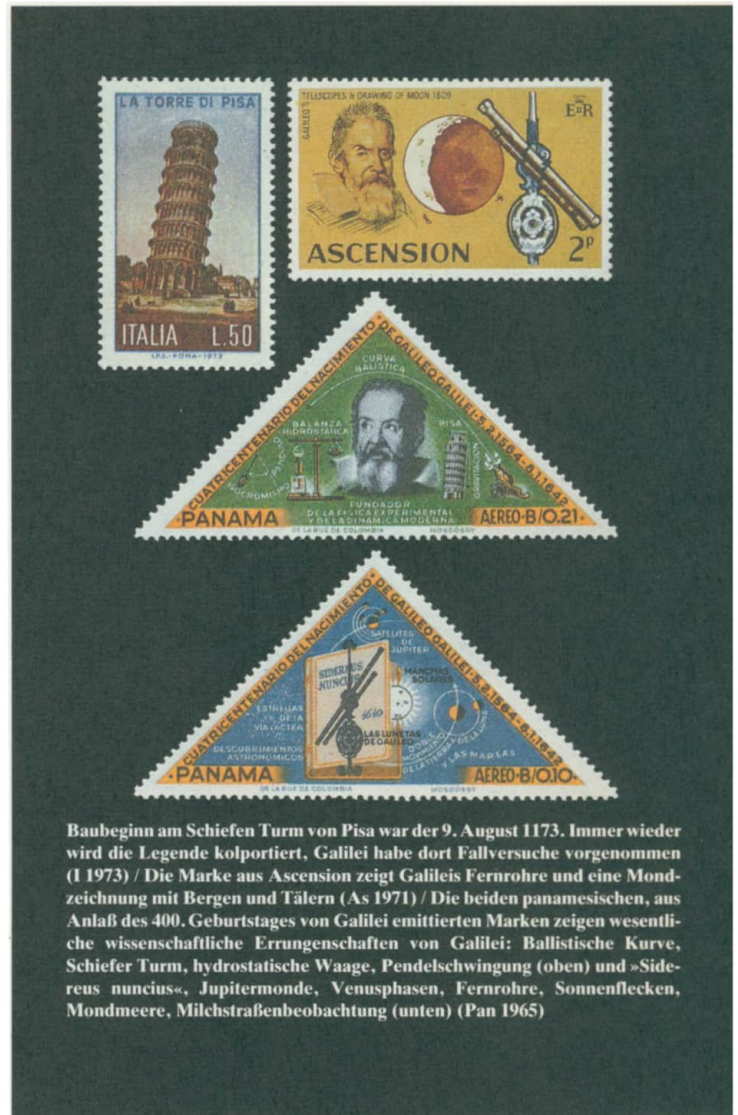
Im Frühjahr 1609 gelangte die Nachricht von einem im Jahr zuvor in den Niederlanden erfundenen »perspektivischen Rohr« zu Galilei, der daraufhin seinerseits das Fernrohr, »geleitet von den Gesetzen der Dioptrik«, nacherfand. Als einer der Ersten richtete er das neue wissenschaftliche Instrument auf den Himmel und machte 1609/10 fundamentale Entdeckungen, die völlig im Gegensatz zum peripatetischen Weltbild standen: Der Mond besitzt Berge und Täler, die Venus zeigt Phasen, der Jupiter hat Monde, die Sonne hat Flecken. Der Augenschein zeigte, daß die Erde keineswegs das Zentrum aller Himmelsbewegung ist.

Mit dem Büchlein »Sidereus nuncius« (Sternbote) machte Galilei einige der astronomischen Sensationen bekannt und trat in der Folgezeit öffentlich für das heliozentrische Weltbild ein. Schon bald bei der Inquisition denunziert unternahm der gläubige Katholik Galilei in Rom den Versuch, die Kirche von der Richtigkeit der neuen Astronomie zu überzeugen. Vergeblich: 1616 wurde die heliozentrische Lehre verurteilt und Galilei verwarnt. Nach dem Machtantritt des neuen Papstes Urban VIII. wagte Galilei die Drucklegung des »Dialogo ...« (Dialog über die beiden Weltsysteme), in dem er, indirekt zwar, aber deutlich, wiederum für Copernicus eintrat. Dies führte schließlich zum Prozeß und zu lebenslangem Hausarrest in Arcetri.

Trotz schwierigster Bedingungen geheim arbeitend, ständig beargwöhnt, schließlich völlig erblindet, blieb Galilei unermüdlich forschend tätig. Als Frucht angestrengter Arbeit erschien 1638 im Ausland, in Leiden, sein Meisterwerk, die »Discorsi ...« (Gespräche und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenschaften). Mit den abermals in Dialogform geschriebenen Widerlegungen der peripatetischen Physik werden Dynamik und Festigkeitslehre begründet, werden insbesondere Fall- und Wurfgesetze hergeleitet, wird die moderne naturwissenschaftliche Methode als Wechselspiel von Deduktion und Experiment demonstriert, erhält das Gedankenexperiment eine anerkannte Stellung, wird programmatisch die Verbindung von Naturforschung und Mathematik herausgestellt. Die moderne Naturwissenschaft ist geboren.

Galilei starb am 8. Januar 1642. Fast ein Jahr später wird Isaac Newton geboren; er wird Galileis Werk fortsetzen und vollenden.

## Gespräche über neue Wissenschaften



Baubeginn am Schiefen Turm von Pisa war der 9. August 1173. Immer wieder wird die Legende kolportiert, Galilei habe dort Fallversuche vorgenommen (I 1973) / Die Marke aus Ascension zeigt Galileis Fernrohre und eine Mondzeichnung mit Bergen und Tälern (As 1971) / Die beiden panamesischen, aus Anlaß des 400. Geburtstages von Galilei emittierten Marken zeigen wesentliche wissenschaftliche Errungenschaften von Galilei: Ballistische Kurve, Schiefer Turm, hydrostatische Waage, Pendelschwingung (oben) und »Sidereus nuncius«, Jupitermonde, Venusphasen, Fernrohre, Sonnenflecken, Mondmeere, Milchstraßenbeobachtung (unten) (Pan 1965)

# Die Welt des Kleinen



Leeuwenhoek. Sein Mikroskop bestand noch aus einer einzigen, von ihm selbst geschliffenen Linse, doch konnte er damit immerhin eine etwa 200fache Vergrößerung erzielen (Nie 1937) / Malpighi, Hauptbegründer der anatomischen Mikroskopie, Leibarzt des Papstes Innozenz XII. (I 1978) / Der einflussreiche Mediziner Boerhaave in Leiden publizierte die in Vergessenheit geratenen Schriften Swammerdams (Nie 1938) / Aus mehreren Linsen zusammengesetzte Mikroskope (Okular, Objektiv) wurden u. a. durch Hooke eingeführt; Beleuchtungseinrichtungen und Spiegel kamen im 18. Jh. hinzu (DDR 1980)

Brillen als Lesehilfen kamen in Europa seit dem 13. Jh. allmählich in Gebrauch. Holländische Brillenschleifer waren zum Ende des 16. Jh. die besten der Welt. In ihrem Kreise wurden damals zwei Erfindungen von größter Tragweite für die Entwicklung der Naturwissenschaften gemacht, die des Fernrohrs und des Mikroskops. Trotz intensiver historischer Forschung hat sich für beide Instrumente deren Frühgeschichte – Datierung, Personen, Ort – nicht in allen Einzelheiten aufklären lassen. Die Erfindung des Mikroskopes um 1590 wird oft den beiden Brillenschleifern J. und Z. Janszen zugeschrieben. Seit der Mitte des 17. Jh. förderte das Mikroskop eine Fülle neuer naturwissenschaftlicher Tatsachen und Erkenntnisse zutage. Die Welt des Kleinen offenbarte erstaunliche Geheimnisse durch die Kunstfertigkeit der »Mikroskopiker«. Der italienische Physiologe Malpighi erkannte unter anderem 1660, daß die Lunge mit einem Netzwerk von Blutgefäßen durchzogen ist, ein Schritt zur Aufklärung des Gasaustausches während der Atmung. Etwa um dieselbe Zeit, 1585, entdeckte der Niederländer Swammerdam die roten Blutkörperchen. Malpighi fand die Tracheen der Insekten und die Stomata auf der Unterseite der Blätter und ebnete damit den Weg zur Erkenntnis der Atmungsorgane von Insekten und Pflanzen. In aufopferungsvoller mikroskopischer Arbeit vermochte Swammerdam etwa 3000 Insektenarten zu sammeln und deren Feinstruktur, darunter deren Fortpflanzungsorgane, aufzuklären und in hervorragenden Zeichnungen festzuhalten. Als bedeutendster Mikroskopiker des 17. Jh. ist der Niederländer Leeuwenhoek in die Wissenschaftsgeschichte eingegangen, der Sohn eines Korbmachers, der sich von einem kleinen Textilladen und als Amtsdieners mühsam ernährte. Erst nach geraumer Zeit fanden seine aufsehenerregenden mikroskopischen Entdeckungen die gebührende Anerkennung; 1680 wurde er zum Mitglied der Royal Society gewählt. Mit wahrer Leidenschaft erschloß er eine wunderbare neue Welt im Kleinen. Er entdeckte kleine Tiere im Wasser (Einzeller, Protozoen), die Samenfäden, Kapillargefäße; er studierte Insekten, Muskelfasern, Haare, den Zahnbelag. Es dürfte heute feststehen, daß die von ihm 1683 beschriebenen biologischen Strukturen Bakterien gewesen sind.

Um 1600 wurde in den Niederlanden das Fernrohr erfunden, als Kombination einer Sammellinse mit einer Zerstreuungslinse. Für dieses »holländisch« genannte Fernrohr werden als Erfinder verschiedene Brillenmacher genannt, u. a. J. Lippersheim und Z. Janszen – möglicherweise erfolgte die Entdeckung der vergrößernden Wirkung von Linsenkombinationen sogar unabhängig voneinander. Die von Galilei in Italien mit dem »perspektivischen Rohr« gemachten Entdeckungen an Mond, Sonne und Planeten revolutionierten die astronomische Beobachtungstechnik und hatten zugleich weitgehende weltanschauliche Konsequenzen. Der in Danzig wirkende Astronom Hevelius, Besitzer einer Privatsternwarte mit vorzüglichen selbstgebauten Instrumenten, fertigte um 1647 eine erstaunlich genaue Mondkarte an.

Doch erst nach der Mitte des 17. Jh. wurde das Fernrohr als Winkelmeßinstrument zur Positionsbestimmung eingesetzt. Der lange Zeit in Paris wirkende dänische Astronom Roemer verwendete Meridiankreis und Passageinstrument. Ihm gelang es auch – lange angefeindet –, aus den scheinbar unregelmäßig eintretenden Verfinsterungen der von Galilei entdeckten Jupitermonde zu beweisen, daß das Licht eine endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit besitzt, und dafür einen recht guten Näherungswert anzugeben.

Die Linsenfernrohre zeigten Mängel. Um der sphärischen Aberration entgegenzuwirken, verwendete man Linsen großer Brennweite; so wuchsen die Fernrohre zu Ungetümen von 25 m Länge an, deren Instabilität aber das Beobachten fast unmöglich machte. Um die chromatische Aberration auszuschließen, wurden Spiegel an Stelle der Objektivlinsen eingesetzt; hier ging Newton voran. Das von dem aus Deutschland stammenden, in Slough bei Windsor (England) wirkenden Friedrich Wilhelm Herschel 1787 konstruierte Riesenspiegelteleskop erreichte Weltruhm. Ein von ihm selbst geschliffener Spiegel hatte einen Durchmesser von 1,22 m! Am 13. März 1781 schon hatte Herschel einen gänzlich unbekanntenen neuen Planeten, den Uranus, entdeckt – eine wissenschaftliche Sensation!

Doch Metallspiegel erblinden leicht und deformieren. So begann die große Zeit der Spiegelteleskope erst mit dem 19. Jh., als versilberte Glasspiegel eingesetzt werden konnten.

## Das Fernrohr öffnet den Himmel



Galilei und von ihm benutzte Fernrohre. Das obere (1,36 m lang) lieferte eine 14fache, das untere eine 20fache Vergrößerung. Darunter ist in Elfenbeinfassung das Objektiv angebracht, mit dem Galilei die Jupitermonde beobachtete. – Kepler seinerseits konstruierte das astronomische, aus zwei Sammellinsen bestehende Fernrohr (I 1983) / Tischfernrohr um 1750 (DDR 1978) / Roemer (Dk 1944) / Spiegelteleskop um 1770 (BRD 1981) / Die drei bedeutenden Astronomen Friedrich Wilhelm Herschel (links), sein Sohn John (rechts) und Baily sowie Herschels Riesenspiegelteleskop (GB 1970)

## »Vom Geiste der Geometrie«



Pascal im Zwiespalt von exakter Wissenschaft (Kegelschnitte) und leidenschaftlicher Religiosität. Pascal schloß sich, ebenso wie seine Schwestern, der reformkatholischen Partei der Jansenisten an, die in Frankreich 1713 endgültig gewaltsam unterdrückt wurde (F 1962) / Von den beiden Descartes gewidmeten Marken trägt die linke den falschen Titel »Discours sur la méthode« (F 1937) / Unter Kardinal Richelieu erstarkte Frankreich als absolutistischer Staat. Bei brutaler Innenpolitik – die Marke zeigt die Belagerung der Hugenottenfestung La Rochelle 1628 – förderte er Manufakturwesen und die französische Kolonialpolitik (F 1970)

Frankreich hat in der ersten Hälfte des 17. Jh. drei überragende Geometer hervorgebracht, Pierre de Fermat, René Descartes und Blaise Pascal. Fermat und Descartes schufen die Grundlagen der analytischen Geometrie; die Kenntnis der kartesischen Koordinaten wird heute in der Schule vermittelt. Pascal vervollkommnete die aus der Antike überlieferte Kegelschnittslehre und legte, zusammen mit Desargues, die Grundlagen der projektiven Geometrie.

Mehr noch: Die Bedeutung dieser drei Männer reicht weit über Geometrie hinaus. Fermat, als Jurist tätig, war ein bedeutender Zahlentheoretiker, beschäftigte sich mit Gewinnchancen bei Glücksspielen und gehört zu den Wegbereitern der Infinitesimalrechnung.

Descartes hat sich bemüht, ein umfassendes einheitliches Weltbild zu entwerfen. Ausgehend von der für ihn, den Denkenden, unbezweifelbaren Wahrheit »Cogito, ergo sum« (Ich denke, also bin ich) vertraute er auf die Kraft menschlichen Denkens. Seine philosophische Methode des Rationalismus legte er in einem 1637 erschienenen programmatischen Werk »Discours de la méthode« (Abhandlung über die Methode) nieder; drei Anhänge zu speziellen Gegenständen – Strahlengang, Meteorologie, Geometrie – dienten als Probe auf seine Methode. Jener dritte Teil, »La Géométrie«, verschmolz geometrische und algebraische Methoden zur analytischen Geometrie. Dort werden, wie wir es noch heute tun, die Unbekannten (Variablen) mit den letzten Buchstaben des Alphabets bezeichnet.

Am interessantesten vom psychologischen Standpunkt ist Pascal. Als Wunderkind studierte er mit 12 Jahren selbständig die »Elemente« des Euklid, schrieb 16jährig eine herausragende Abhandlung über Kegelschnitte, konstruierte eine der ersten Rechenmaschinen, bewies die Existenz des Luftdruckes, fand das Prinzip der hydraulischen Presse, schuf Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, schrieb 1657/58 eine feinsinnige Abhandlung »Vom Geiste der Geometrie«, entdeckte das nach ihm benannte arithmetische Dreieck wieder, bereitete den Weg zur Differentialrechnung, regte für Paris das 1662 wirksam gewordene öffentliche Verkehrssystem an – und war doch zutiefst in religiöse Zweifel bis hin zu Wahnvorstellungen verstrickt.

## Horror vacui – Vakuum – Luftdruck

Im 16. Jh. hatten Bergwerksingenieure bemerkt, daß sich Wasser mittels Saugpumpen nur ungefähr 10 m hoch ziehen läßt, im Widerspruch zu der alten These, daß die Natur einen Abscheu vor dem Leeren, einen horror vacui besitzt. Galilei suchte dessen Stärke zu messen. Seine Schüler Torricelli und Viviani experimentierten mit Quecksilber statt mit Wasser: In einer einseitig geschlossenen Glasröhre, die mit der offenen Seite in einen mit Quecksilber gefüllten Napf gestellt wurde, stellte sich über der Quecksilbersäule von ca. 76 cm Höhe eine »Leere« ein. Torricelli machte 1644 diese Entdeckung brieflich bekannt, interpretierte sie richtig als Gleichgewicht zwischen dem Gewicht der Quecksilbersäule und dem Gewicht der äußeren Luftsäule, brach mit alten Denkvorstellungen und behauptete die Existenz eines leeren Raumes oberhalb der Quecksilbersäule.

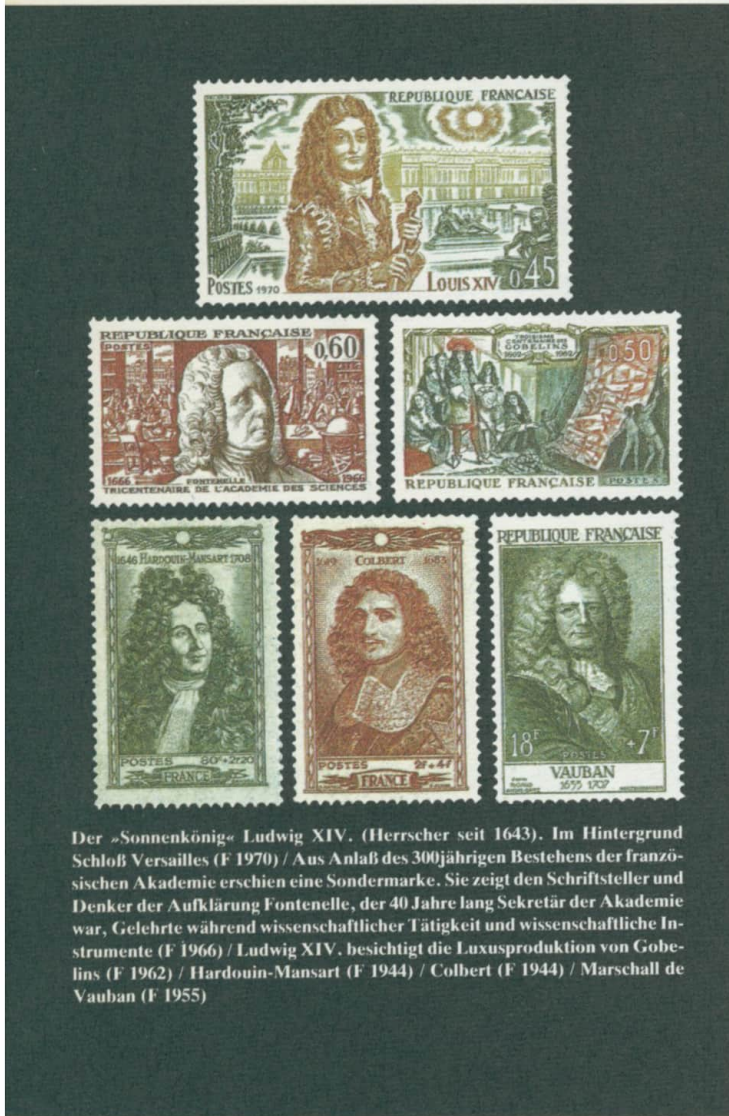
Descartes reagierte boshaft: Wenn es überhaupt ein Vakuum gäbe, dann nur in Torricellis Kopf. Indessen wurden Torricellis Experimente erfolgreich wiederholt, so 1647 in Warschau und bereits 1646 in Frankreich durch Vater und Sohn Pascal. Blaise entwickelte die Idee einer entscheidenden Probe: Wenn der Luftdruck wirklich existiert, dann kann auf einem Berge die Quecksilbersäule nicht so hoch steigen wie im Tal. Pascals Schwager Périer führte im September 1648 das Experiment aus. Bei der Besteigung des Puy de Dôme, nahe dem Geburtsort Clermont-Ferrand von Pascal, wurde der vorhergesagte Effekt bestätigt.

Aber erst die spektakulären Vorführungen Otto von Guericke mit leergepumpten Metall(halb)kugeln demonstrierten in den 50er Jahren überzeugend die Existenz des Luftdruckes und zeigten überdies die Abhängigkeit des Luftdruckes vom Wetter. Die Luft kann also gegen ein Vakuum wirkend Arbeit leisten. Viele Forscher experimentierten. Der vielseitige Franzose Papin schließlich ließ am Boden eines Zylinders ein wenig Wasser verkochen; der Dampf treibt einen Kolben nach oben. Nach Abkühlung entsteht im Zylinder ein luftverdünnter Raum: Der Kolben kann durch den Luftdruck arbeiten.

Zu Anfang des 18. Jh. wurden »atmosphärische Maschinen«, wie sie der englische Schmied Newcomen konstruiert hatte, bei der Entwässerung von Kohlegruben benutzt. Der Kreis hatte sich geschlossen.



## Der Sonnenkönig gründet eine Akademie



Der »Sonnenkönig« Ludwig XIV. (Herrscher seit 1643). Im Hintergrund Schloß Versailles (F 1970) / Aus Anlaß des 300jährigen Bestehens der französischen Akademie erschien eine Sondermarke. Sie zeigt den Schriftsteller und Denker der Aufklärung Fontenelle, der 40 Jahre lang Sekretär der Akademie war, Gelehrte während wissenschaftlicher Tätigkeit und wissenschaftliche Instrumente (F 1966) / Ludwig XIV., besichtigt die Luxusproduktion von Gobelins (F 1962) / Hardouin-Mansart (F 1944) / Colbert (F 1944) / Marschall de Vauban (F 1955)

Frankreich erreichte während des 17. Jahrhunderts unter König Ludwig XIV. auf dem europäischen Festland eine dominierende Stellung. Gestützt auf bedeutende Fortschritte im Festungsbau, die insbesondere dem Marschall Seigneur de Vauban zu danken sind, konnte Frankreich sein Staatsgebiet in Europa und in Übersee bedeutend erweitern. Innenpolitisch wurde der König uneingeschränkter, absoluter Herrscher. Prunksucht, Verschwendung und Kriege ruinierten die Wirtschaft des Landes. Der »Sonnenkönig« ließ Schloß Versailles in unerhörter Pracht ausbauen; einer seiner vorzüglichsten Architekten war Hardouin-Mansart, der neue klassizistische Stilelemente schuf. Seit 1682 diente Versailles als Residenz der französischen Könige.

Versailles und Paris wurden glänzende Mittelpunkte des geistig-kulturellen und des galanten Lebens im feudalen Europa. Des Königs allgewaltiger Finanzminister Colbert hatte mit immer neuen Steuern die Geldmittel zu beschaffen.

Auch in Frankreich hatten sich zu Anfang des 17. Jh. lose Vereinigungen von Anhängern der neuen Naturphilosophie gebildet, von denen die um Pater Mersenne besondere Bedeutung erlangen sollte. Er stand im persönlichen und brieflichen Kontakt mit Galilei, Descartes, mit Fermat, Roberval und Pascal. Schließlich bat man Colbert um finanzielle Unterstützung für diese Vereinigung; der König gab gnädig seine Zustimmung und erfüllte damit ein Repräsentationsbedürfnis des französischen Hofes.

Die endgültig 1666 ins Leben gerufene Königliche Akademie der Wissenschaften zu Paris und ihre Mitglieder erhielten beträchtliche finanzielle Unterstützung, aber sie befanden sich in Abhängigkeit von Staat und König und hatten gelegentlich auch läppische Wünsche des Hofes zu erfüllen. Das wissenschaftliche Leben in Paris und in Frankreich erlitt Rückschläge, als Ludwig XIV. im Jahre 1685 der Aufhebung des Ediktes von Nantes (1598) zustimmte, das Religionsfreiheit in Frankreich gewährt hatte. Viele Hugenotten wichen dem Druck und gingen ins Ausland, von den Wissenschaftlern u. a. Huygens, Papin, der Mathematiker de Moivre. Trotzdem wurde die Pariser Akademie zu einem Hauptzentrum der Wissenschaften während des 17./18. Jh.

Der niederländische Naturforscher Huygens, der aus einer alten Gelehrten- und Diplomatenfamilie stammte, wurde zu einer Schlüsselfigur der Wissenschaftlichen Revolution des 17. Jh. Er war, solange er als Protestant in Paris arbeiten durfte, eines der prominentesten Mitglieder der französischen Akademie, war Mitglied der Royal Society und stand im persönlichen oder brieflichen Kontakt mit vielen bedeutenden Naturforschern seiner Zeit. Trotz häufiger Krankheiten konnte Huygens auf vielen Gebieten der Wissenschaften Hervorragendes leisten.

Mit seinem Bruder konstruierte der junge Christiaan ein Fernrohr und entdeckte im März 1655 einen Mond des Saturn (der heute Titan heißt). Bei weiteren Beobachtungen konnte er auch das Rätsel um die ganz von den anderen Planeten abweichende Gestalt des Saturn aufklären: Der Saturn besitzt einen Ring. Wieder hatte das Fernrohr Sensationen am Himmel offenbart.

Überragendes trug Huygens zum Fortschritt der Physik bei. Die Studien über Fall, Wurf und Stoß elastischer Körper unterstützten die Herausarbeitung zentraler Begriffe der Physik wie Impuls, Kraft und kinetische Energie. Von seinen Erkenntnissen führt ein direkter Weg zum Satz von der Erhaltung der Energie, der in voller Allgemeinheit erst im 19. Jh. formuliert werden wird. Huygens entdeckte bei seinen Arbeiten mit der Pendeluhr, daß ein sich längs einer Zykloide bewegendes Pendel vollkommen gleichförmig (tautochron) schwingt. Er wurde zum Urheber einer Wellentheorie des Lichtes, die, mit der Korpuskulartheorie von Newton konkurrierend, erst im 19. Jh. zur vollen Anerkennung gelangen sollte. Huygens hielt Licht und Schall für Schwingungserscheinungen etwa nach Art von Wasserwellen. Huygens hatte bei Luftdruckexperimenten sogar einen Schießpulvermotor gebaut; die Idee erwies sich als richtig, der Motor aber als zu gefährlich.

Huygens wurde zu einem der Mitbegründer einer neuen mathematischen Disziplin, der Wahrscheinlichkeitsrechnung, die er auf die Berechnung der Lebenserwartung und der Chancen beim Würfelspiel anwandte. Virtuos vermochte er die schwierigsten geometrischen Probleme zu bewältigen, doch konnte er sich mit der neuen Infinitesimalmathematik in der Leibnizschen Form nicht mehr anfreunden.

## Christiaan Huygens – Saturnring, Pendeluhr, Pulvermotor



Jugendporträt von Huygens (Nie 1928) / Natürlich konnte Huygens mit seinen einfachen Fernrohren den Saturnring noch nicht in dieser klaren Form erkennen (Al 1964) / Huygens griff die vergeblichen Bemühungen von Galilei um eine Pendeluhr auf; 1657 gelang ihm die Konstruktion eines ersten Modells (Nie 1962) / Zum Leidwesen der Seelente versagten die Pendeluhren auf See wegen der Schiffsschwankungen. Die Konstruktion von Schiffschronometern gelang nach erheblichen Anstrengungen erst um 1735 durch den britischen Uhrmacher Harrison (As 1971) / Sinusförmige Schwingungen treten u. a. bei Pendeluhren auf (Sch 1973)

## Isaac Newton – »Zierde des Menschengeschlechts«



Newton und sein (zweites) Spiegelteleskop (As 1971) / Das 1675 gegründete Observatorium in Greenwich bei London, das sog. Flamsteed-Haus, genannt nach dem ersten »Königlichen Astronomen« Flamsteed (GB 1975) / Im Londoner Tower wurde die von Newton geleitete Umprägung der britischen Münzen durchgeführt (GB 1978) / Newton, als Entdecker des allgemeinen Gravitationsgesetzes, kann als Wegbereiter des Raumfluges gelten (Nig 1970) / Der erblindete Dichter Milton besuchte Galilei in Italien, unterstützte die bürgerliche Revolution in England und setzte sich in seinem Versepos »Paradise Lost« (Das verlorene Paradies, 1667) auch mit dem heliozentrischen Weltbild auseinander (SU 1958)

Es wirkt geradezu wie ein Symbol, daß Newton, der das Werk von Galilei fortsetzte und vollendete, im selben Jahr, 1642, geboren wurde, in dem Galilei hochbetagt starb. Kaum jemand zweifelt, daß Newton der bedeutendste Naturforscher war, den die Menschheit bisher hervorgebracht hat. Newton hat für mehr als zwei Jahrhunderte die Entwicklung der Naturwissenschaften geprägt. Sein Weltbild galt bis zur Wende vom 19. zum 20. Jh. als unbezweifelbar richtig.

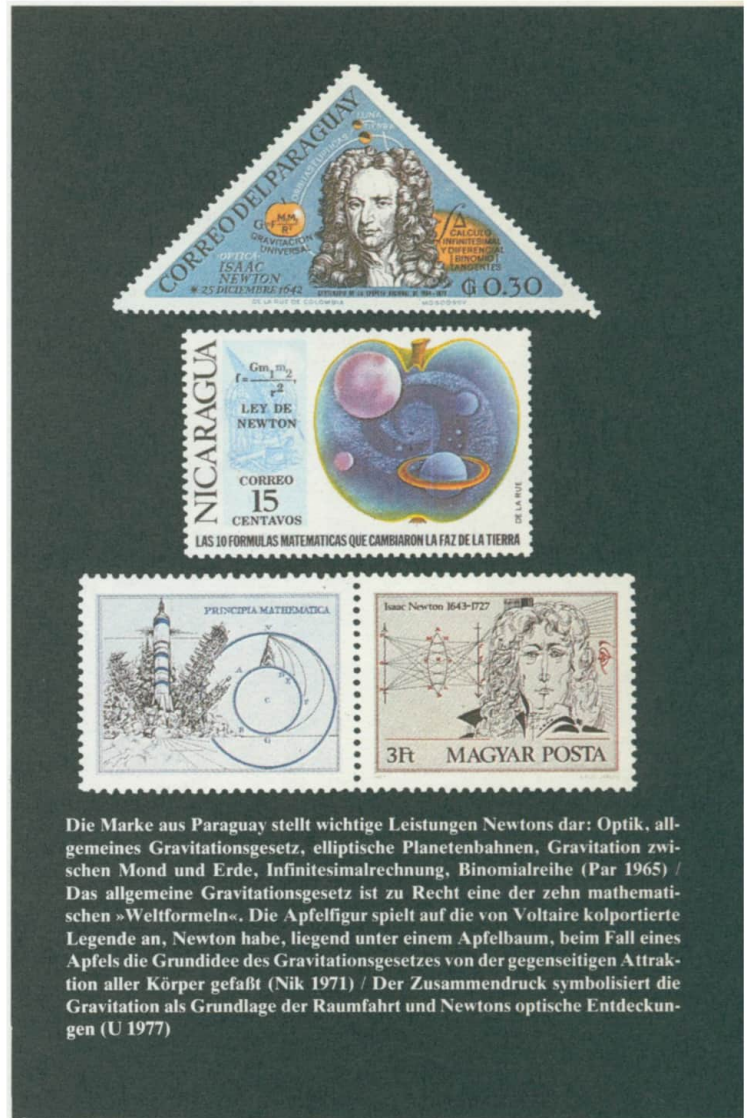
Newton erblickte als Sohn eines Gutspächters am Weihnachtstag des Jahres 1642 das Licht der Welt (wenn man den damals in England gültigen Kalender zugrundelegt). Einsichtsvolle Verwandte ermöglichten Isaac 1661 ein Universitätsstudium; schon 1669 wurde er am Trinity College in Cambridge Professor. 1672 wurde Newton auf Grund seiner Verdienste um das Spiegelteleskop Mitglied der Royal Society, der britischen Akademie. Im Jahre 1696 wurde Newton zum Aufseher, 1699 zum Direktor der Münze berufen; die von Newton geleitete Umprägung unterstützte den Aufschwung des Frühkapitalismus in England. Der inzwischen nach London übersiedelte Newton wurde 1703 zum Präsidenten der Royal Society gewählt und behielt dieses ehrenvolle Amt bis zu seinem Tode.

Newton wurde wegen seiner Verdienste um die britische Krone in den Adelsstand erhoben und erhielt als einer der ersten Naturforscher ein Staatsbegräbnis. Er wurde feierlich in der Westminster Abbey beigesetzt. Sein Grabmal trägt die Inschrift: »Hier ruht Sir Isaac Newton, welcher als Erster mit nahezu göttlicher Geisteskraft die Bewegungen und Gestalten der Planeten, die Bahnen der Kometen und die Fluten des Meeres durch die von ihm entwickelten mathematischen Methoden erklärte, die Verschiedenheit der Lichtstrahlen sowie die daraus hervorgehenden Eigenschaften der Farben, welche vor ihm niemand auch nur geahnt hatte, erforschte, die Natur, die Geschichte und die Heilige Schrift fleißig, scharfsinnig und zuverlässig deutete, die Majestät des höchsten Gottes durch seine Philosophie darlegte und in evangelischer Einfachheit der Sitten sein Leben vollbrachte. Es dürfen sich alle Sterblichen beglückwünschen, daß diese Zierde des menschlichen Geschlechtes ihnen geworden ist. Er wurde am 25. Dezember 1642 geboren und starb am 20. März 1727.«

Die Newton gewidmete Grabinschrift hebt wesentliche seiner Leistungen heraus, u. a. die Entdeckung, daß sich das weiße Licht der Sonne aus Licht verschiedener Farben zusammensetzt, die sich durch unterschiedliche Brechbarkeit auszeichnen. Newton verfügte über ein hohes experimentelles und handwerkliches Geschick; eigenhändig stellte er die ersten Spiegelteleskope her, mit denen die chromatische Aberration der Linsenfernrohre vermieden werden konnte. Newton war ein überzeugter Anhänger des Atomismus: Licht könne – er legt sich nicht im einzelnen fest – aus Korpuskeln bestehen, und chemische Umsetzungen beruhen auf Vereinigung und Trennung kleinster Teilchen; er selbst hat sich jahrzehntelang intensiv mit chemischen Studien befaßt. Newton war der Schöpfer einer besonderen Form der Infinitesimalrechnung, der sog. Fluxionsrechnung, die mit unserer heutigen Differential- und Integralrechnung inhaltlich weitgehend identisch ist, sowie einer ausgearbeiteten Theorie der unendlichen Reihen. Alles dies sind wissenschaftliche Meisterleistungen. Jede von ihnen hätte Newton einen würdigen Platz in der Geschichte der Wissenschaften zugewiesen. Die Grundlegung aber der Mechanik und damit der ganzen Physik macht ihn unsterblich; sie ist niedergelegt in den nach unsäglichem geistigen Mühen entstandenen »Philosophiae naturalis principia mathematica« (etwa: Mathematische Prinzipien der Naturwissenschaft) aus dem Jahre 1687.

Mit den Definitionen der Grundbegriffe (Masse, Bewegungsgröße, Trägheit, Kraft, Zentripetalkraft) und drei »Grundgesetzen der Bewegung« (Trägheitsprinzip, Masse mal Beschleunigung ist Kraft,  $actio\ equalis\ reactio$ ) wird das Fundament der Dynamik gelegt. Kraft ist Ursache einer Änderung des Bewegungszustandes und Ursache einer Beschleunigung. Insbesondere vermochte Newton aus den Keplerschen Gesetzen das allgemeine Gravitationsgesetz herzuleiten: Zwei Körper ziehen sich gegenseitig mit einer Kraft an, die proportional zu deren Massen und umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes ist. Und umgekehrt folgen aus dem Gravitationsgesetz die Keplerschen Gesetze. Auf dieser Basis konnte Newton in den »Principia« eine Fülle konkreter Naturphänomene behandeln, von den Bewegungen der Planeten, Kometen und Monde im Sonnensystem bis hin zu Ebbe und Flut.

## Principia mathematica



Die Marke aus Paraguay stellt wichtige Leistungen Newtons dar: Optik, allgemeines Gravitationsgesetz, elliptische Planetenbahnen, Gravitation zwischen Mond und Erde, Infinitesimalrechnung, Binomialreihe (Par 1965) / Das allgemeine Gravitationsgesetz ist zu Recht eine der zehn mathematischen »Weltformeln«. Die Apfelfigur spielt auf die von Voltaire kolportierte Legende an, Newton habe, liegend unter einem Apfelbaum, beim Fall eines Apfels die Grundidee des Gravitationsgesetzes von der gegenseitigen Attraktion aller Körper gefaßt (Nik 1971) / Der Zusammendruck symbolisiert die Gravitation als Grundlage der Raumfahrt und Newtons optische Entdeckungen (U 1977)

## Sir Robert Boyle, der skeptische Chemiker

Rasch wurde das Barometer zu einem Instrument der Wissenschaft, für Höhenmessungen und Wetterkunde. Luftdruckexperimente wurden um 1660/70 an vielen Orten Europas unternommen, so in England durch Boyle und Hooke, in Frankreich durch Huygens und Mariotte. Die Experimente zeigten Erstaunliches: Im Vakuum breitet sich Schall nicht aus und sterben Tiere. Luft hat ein bestimmbares Gewicht und ist zusammendrückbar. Boyle verbesserte zusammen mit seinem Assistenten Hooke die Luftpumpe von Guericke und publizierte 1662 das Gesetz, wonach Druck und Volumen indirekt proportional sind: Verdoppelter Druck verringert das Volumen auf die Hälfte. Dasselbe Gesetz, nebst einer Begründung und dem Hinweis, daß es nur bei konstanter Temperatur gelte, wurde 1676 von Mariotte veröffentlicht.

Der aus Irland stammende, überaus vermögende Boyle gehört ebenfalls zu den prägenden Gestalten der Wissenschaftlichen Revolution, in methodischer, inhaltlicher und organisatorischer Hinsicht. Das »Wunderkind« studierte bereits mit 14 Jahren in Italien Schriften von Descartes und Galilei. Beeinflußt von Francis Bacons induktiver Methode und in Auseinandersetzung mit dem deduktiven Denkstil Spinozas wurde Boyle ein Hauptvertreter der experimentellen Naturphilosophie, die schließlich in Newtons Leitsatz gipfelte »Hypothesen noningo« (Hypothesen erfinde ich nicht).

Unvergängliche Verdienste erwarb sich Boyle um die Fortschritte der Chemie. Im bewußten Gegensatz, in skeptischer Haltung zu Aristoteles und der Alchemie ließ er 1661 das Buch »The Sceptical Chymist« erscheinen. Boyle erkannte klar den Charakter von Säuren, Basen und Salzen und verwendete Farbindikatoren zu deren Unterscheidung. Von seinen physikalischen Versuchen her zum Anhänger des Atomismus geworden suchte er dem alten Begriff »Element« einen neuen, schärferen Sinn zu geben. Er verstand darunter »gewisse primitive und einfache bzw. unvermischte Stoffe, die nicht aus irgendwelchen anderen Stoffen gemacht sind«. Aus der Kombination von »Elementen« entstehen Verbindungen. Gewiß, dies ist noch nicht die moderne Definition des Elementes, die erst von Lavoisier gegeben werden sollte, durch Boyle aber wurde »Element« zum Fachbegriff der wissenschaftlichen Chemie.



Boyle gehörte führend einer anfangs kleinen Gruppe von Naturforschern an, dem »invisible college«, aus dem schließlich 1662 die Royal Society hervorging (Ir 1981) / Zum invisible college gehörte auch der Mathematiker und Architekt Wren, der u. a. die Kathedrale St. Paul in London schuf (GB 1969) / Bacons praxisorientierte induktive Denkweise bildete den methodologischen Ansatzpunkt der britischen Naturforscherschule (R 1961) und stand im Gegensatz zum rationalistisch-deduktiven Denkstil von Spinoza in den Niederlanden (Nie 1977) / Newton (F 1957)

Im Verlaufe des 17. Jh. wurden vielfältige technische Neuerungen und Verbesserungen in die Apotheken eingeführt. Relativ genaue Probierwaagen, technisch verbesserte Destilliergeräte, mechanische Pressen, Mühlen u. a. erleichterten die Laborarbeit. Einfache Analysen wurden möglich. Um »aktuell« bleiben zu können, waren die Apotheker und deren Gehilfen gezwungen, ihre Kenntnisse ständig zu vertiefen. Aufgrund der gesammelten Erfahrungen konnten sie meist auch Auskünfte über allgemeine naturwissenschaftliche Zusammenhänge geben. Darüber hinaus waren sie in der Lage, Urinuntersuchungen und andere einfache medizinisch wichtige »Laboruntersuchungen« durchzuführen. Einer der bedeutendsten Apotheker dieser Zeit war Glauber. Das von ihm zum ersten Mal dargestellte Natriumsulfat wird noch heute häufig als Glaubersalz bezeichnet. Viele der Apotheker beschäftigten sich besonders im 18. Jh. mit dem Sammeln und Klassifizieren von Pflanzen. Bereits seit dem 16. Jh. waren Herbarien (Pflanzensammlungen) angelegt worden. Der Apotheker, Arzt und Botaniker Kamel beschrieb als erster Europäer die exotische Pflanzenwelt der Philippinen. Der Berliner Forscher Willdenow begründete die Pflanzengeographie. Durch fundierte Pflanzenuntersuchungen schufen Gelehrte wie Neumann, Marggraf u. a. die Basis für die Entstehung der wissenschaftlichen Pharmakognosie (Drogenkunde), jenes Zweiges der Pharmazie, der sich mit der Beschreibung und Erforschung der Heildrogen beschäftigt. Neumann hatte sich auf seinen Reisen durch Deutschland, Frankreich und England umfassende Kenntnisse und Erfahrungen angeeignet, die er in seinem Laboratorium der Berliner Hofapotheke umsetzte, so daß diese als mustergültig für das 18. Jh. angesehen werden kann. Die Apotheker dieser Zeit beeinflussten maßgeblich die Wissenschaften und die gewerbliche Produktion. Sie entdeckten z. B. neue Elemente sowie das Platinfeuerzeug und fanden chemische Gesetzmäßigkeiten wie das Gesetz der konstanten Gewichtsverhältnisse.

1747 entdeckte Marggraf den Rübenzucker und schuf damit die Voraussetzung für die Entstehung einer europäischen Zuckerproduktion und damit für eine tiefgreifende Umwälzung auf dem Gebiet der Erzeugung von Nahrungsmitteln im 18. Jh.

## Apotheken – Wiegen der Chemie



Seit altersher wurden Extrakte von Pflanzen wegen ihrer Heilwirkung geschätzt. Die Blüten des Huflattich (*Tussilago farfara*) dienen als »Hustentee« (CS 1971) / Die Hagebutten als Früchte der Heckenrose (*Rosa canina*) sind Bestandteil verschiedener Haustee-Mischungen (CS 1971) / Extrakte aus der Wurzel des Baldrians (*Valeriana officinalis*) waren schon im Mittelalter als Beruhigungsmittel im Gebrauch (CS 1971) / Wegen ihrer Glykoside sind auch die Adonisröschen (*Adonis vernalis*) (CS 1971) und das schwarze Bilsenkraut (*Hyocyamus niger*) wertvolle Arzneipflanzen (CS 1971) / Dagegen wurden die Wurzeln der Wegwarte (*Cichorium intybus*) häufig als »Kaffeezusatz« verwendet (CS 1971)

## »Kurier' die Leut' nach meiner Art«



Noch blieben die Möglichkeiten der ärztlichen Behandlung begrenzt. Wunderdoktoren und Quacksalber fanden regen Zuspruch, wie etwa der marktschreierisch auftretende legendenumworbene Doktor Eisenbarth: »Ich bin der Doktor Eisenbarth, kurier' die Leut' nach meiner Art« (BRD 1977) / Ärztliche Behandlung war überaus schmerzhaft; einige medizinische Instrumente gleichen Folterinstrumenten, wie etwa die Elevatoren zur Trepanation (Schädelöffnung), die gynäkologischen Instrumente (Geburtszange, Speculum), die Hebel und Zangen zum Zähnereißen. Zur Schmerzlinderung wurden betäubende Kräuter in Pfannen geräuchert (DDR 1981)

Leben und Werk des Paracelsus symbolisieren eine auch in der Medizin seit der Renaissance einsetzende Neu- und Umorientierung, vielfach in der Auseinandersetzung mit der auf Galen zurückgehenden Humoralpathologie, der 4-Säfte-Lehre. So begründete der Italiener Fracastoro eine Seuchenlehre; Krankheiten wie Pest oder Syphilis deutete er – gegen Galen – als Folge einer von außen kommenden Ansteckung durch ein winziges, aber lebendiges »contagium«. Verbesserte Möglichkeiten für chirurgische Eingriffe – bei Schuß- und Hiebwunden, Blasensteinen, Bruchoperationen, Starstechen, Geburtshilfe – ergaben sich aus gediegeneren anatomischen Kenntnissen ebenso wie aus neu entwickelten oder verbesserten medizinischen Geräten. Insbesondere in Frankreich, mit Paré, dem »Vater der Wundarzneikunst«, erreichte die Chirurgie einen hohen Stand.

Der von Paracelsus ausgehende direkte Impuls mündete in die Ausbildung einer medizinischen Theorie, der Iatrochemie (etwa: Arztchemie), die den menschlichen Körper als chemisches System und Lebensvorgänge ausschließlich als chemische Umsetzungen deutete. Die Iatrochemie erreichte weite Verbreitung und bei Helmont im 17. Jh. ihren Höhepunkt.

Die Medizin bemächtigte sich auch der in der Physik erzielten Ergebnisse. Santorio aus Padua etwa verwandte Geräte zur Messung der Körpertemperatur und der Schlagzahl des Pulses und prüfte, indem er lange Zeit auf einer Waage lebte, das Verhältnis der Mengen der aufgenommenen Nahrung und der Körperausscheidungen. Und wie bei Descartes die Auffassung vom Menschen als Maschine vorgeprägt worden war, so berechnete der Italiener Borelli u. a. die Bewegungen und Kraftleistungen von Armen und Beinen mit Hilfe des Hebelgesetzes. Die Atmung verstand Borelli als Wirkung von Unterdruck und Überdruck. Sein schrittmachendes Buch »De motu animalium« (Über die Bewegung der Lebewesen) erschien 1680/81. Harvey und seine Vorgänger ließen sich von der Analogie des Blutkreislaufes mit einem hydraulischen System leiten: Kanalsystem und Schleusen entsprachen Adern und Venenklappen. Neben die Iatrochemie traten Iatromechanik bzw. Iatrophysik.

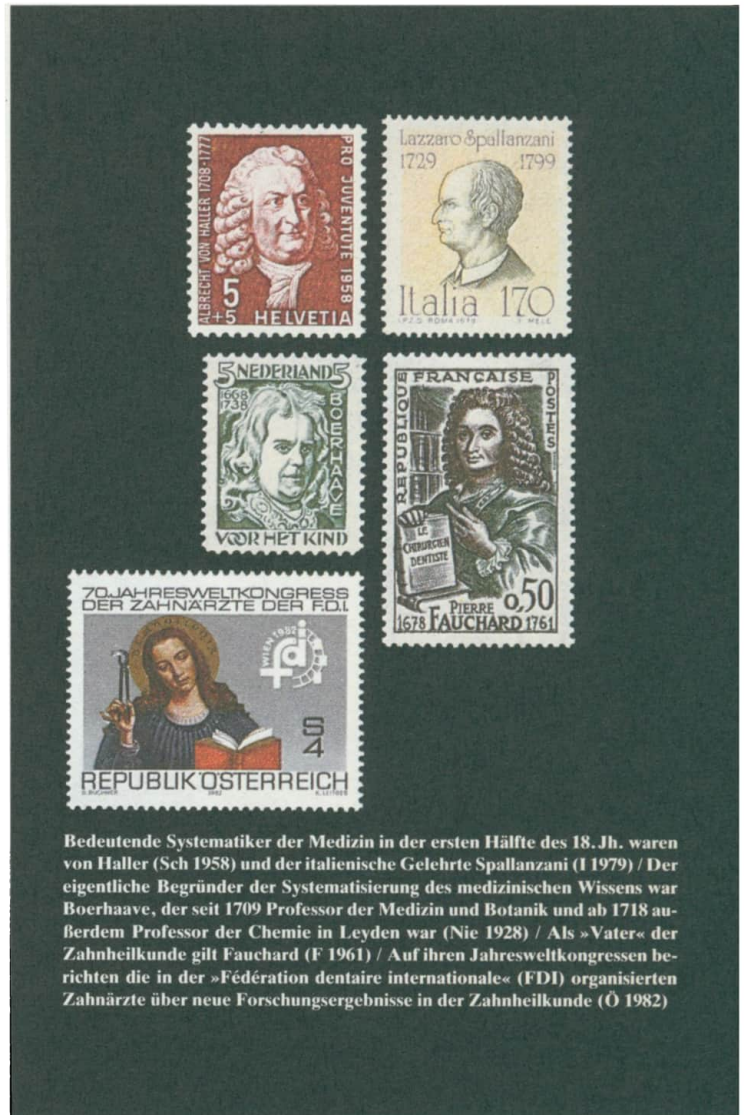
In der ersten Hälfte des 18. Jh. wurde mit der umfassenden systematischen Zusammenstellung des medizinischen Wissens der Grundstein für die Entwicklung zahlreicher moderner medizinischer Disziplinen gelegt.

Einer der bedeutendsten Systematiker war der niederländische Arzt und Universitätsprofessor Boerhaave. Er stellte die Kenntnisse über die allgemeine Pathologie (Krankheitslehre) zusammen und führte als erster einen systematischen klinischen Unterricht durch. Darüber hinaus setzte er sich für die physikalische Durchdringung der Physiologie (Lehre von Lebensvorgängen im Organismus) ein. Darauf aufbauend unternahm sein Schüler von Haller, von 1736 bis 1753 Professor für Anatomie, Chirurgie und Botanik an der damals neu gegründeten Universität Göttingen, den Versuch, auf experimentellem Wege das Wesen der Lebensvorgänge zu erfassen und wurde damit zum Begründer der modernen experimentellen Physiologie. Haller erkannte, daß die Reizempfindung eine spezifische Eigenschaft der Nervenfasern ist, während die Fähigkeit, auf äußere Reize mit Bewegung zu reagieren, an die Muskelfasern gebunden ist.

Der italienische Gelehrte Spallanzani hat die experimentelle Forschungsmethode in der Medizin weiter vorangebracht. Er konnte mit seinen Arbeiten über die sogenannten Infusionstierchen (Infusorien) die Theorie der Urzeugung widerlegen. Als bedeutsam für seine Zeit gelten seine Untersuchungen über den Verdauungsvorgang, über die Blutzirkulation und über die Respiration der Pflanzen.

Der große Systematiker auf dem Gebiet der Zahnheilkunde war der französische Dentist Fauchard. Er schuf mit seinem 1728 herausgegebenen Buch »Le chirurgien dentiste ou traité des dents« die Grundlagen für die Entwicklung der Zahnheilkunde zu einem selbständigen Fach. Von diesem Buch erschien bereits 1733 eine zweibändige deutsche Übersetzung mit dem Titel »Des Herrn Pierre Fauchard Frantzösischer Zahn=Artzt Oder Tractat Von den Zähnen«. Darin waren neben exakten Beschreibungen des Gebisses, der Mundhöhle und des Kiefers auch deren Erkrankungen erläutert und alle Instrumente systematisch zusammengefaßt. Außerdem waren Ausführungen zur Prothetik und zur Korrektur von Gebißanomalien enthalten.

## Medizin nach System?



Bedeutende Systematiker der Medizin in der ersten Hälfte des 18. Jh. waren von Haller (Sch 1958) und der italienische Gelehrte Spallanzani (I 1979) / Der eigentliche Begründer der Systematisierung des medizinischen Wissens war Boerhaave, der seit 1709 Professor der Medizin und Botanik und ab 1718 außerdem Professor der Chemie in Leyden war (Nie 1928) / Als »Vater« der Zahnheilkunde gilt Fauchard (F 1961) / Auf ihren Jahresweltkongressen berichten die in der »Fédération dentaire internationale« (FDI) organisierten Zahnärzte über neue Forschungsergebnisse in der Zahnheilkunde (Ö 1982)

## Johann Friedrich Böttger und sein »Angsterzeugnis«



Im Jahre 1710 begann in Meissen die Produktion von Porzellan, und noch heute sind Erzeugnisse aus Meißner Porzellan in aller Welt begehrt. Eng verbunden mit der Entwicklung der Meißner Porzellanmanufaktur ist der Name des Künstlers Kaendler, der durch seine farbenprächtigen Porzellanplastiken wie »Papagei auf Stamm mit Kirschen«, »Harlekin mit Deckelkanne«, »Blumenverkäuferin« Maßstäbe für die Formensprache des europäischen Porzellans in seiner Zeit setzte. Die Sakeflasche – Sake ist japanischer Reiswein – dagegen ist nach ostasiatischem Vorbild gestaltet (DDR 1979)

Eigentlich sollte Böttger Apotheker werden. 1685 in Schleiz geboren, wurde er als Zwölfjähriger zum Apotheker Zorn nach Berlin in die Lehre geschickt. Doch bald geriet er in den Bann der Alchimie. Durch das Studium entsprechender Schriften und praktischen Unterricht bei einem »Goldmacher« erwarb sich Böttger alchimistische Kenntnisse. Er kam in den Ruf, unedle Metalle in das begehrte Edelmetall Gold verwandeln zu können. Der Preußenkönig Friedrich I. wurde auf ihn aufmerksam und wollte ihn in seine Dienste nehmen. Er witterte eine neue Goldquelle für seine verschwenderische Hofhaltung. Doch Böttger suchte sich diesem Angebot durch die Flucht ins Nachbarland Sachsen zu entziehen. Er kam dabei aber »vom Regen in die Traufe«. August (der Starke), ein noch größerer Verschwender als der Preußenkönig, konnte einen Goldmacher gut gebrauchen. In Dresden und zeitweise auf der Festung Königstein sollte Böttger nunmehr für August Gold produzieren. Da eine chemische Metallumwandlung nicht möglich ist, ließen sichtbare Ergebnisse auf sich warten. Doch Böttger stand unter Erfolgszwang. August drohte, ihn aufhängen zu lassen, wenn er kein Gold liefere. Aus Angst vor dem Tode wandte sich Böttger daher der Suche nach einem anderen gefragten Stoff, dem Porzellan zu. Er tat dies, wie es heißt, auf Rat des Gelehrten von Tschirnhaus, der über reiche Erfahrungen in der Herstellung glasartiger Massen verfügte. Unter Einbeziehung von Erfahrungen sächsischer Berg- und Hüttenleute, die diese insbesondere bei der Konstruktion von Öfen zur Erzeugung hoher Temperaturen gesammelt hatten, stellte sich 1704 nach intensiven Forschungen ein erster Erfolg ein. Aus einem tonhaltigen Material, das in der Nähe von Ockrilla vorkommt, wurde eine rotbraune Porzellanmasse zugänglich, die sich zu Gebrauchs- und Kunstgegenständen verarbeiten ließ, das sogenannte braune Böttgersteinzeug.

Fünf Jahre später, 1709, nachdem man eine in der Nähe von Aue gefundene weiße Kaolinerde verwendete, gelang es, auch weißes Porzellan herzustellen, jenes Material, das damals mit Gold aufgewogen worden ist.

Böttger, der große Entdecker, starb am 13. März 1719 im Alter von nur 34 Jahren als armer, gebrochener Mann, noch auf seinem Totenbett von August mit »Ungnade« bedroht.

Der in Leipzig geborene Professorensohn Leibniz fand in dem vom Dreißigjährigen Krieg zerstörten Deutschland nur ein relativ zurückgebliebenes Niveau der Wissenschaften vor. Erst während des Pariser Aufenthaltes 1672 bis 1676, in diplomatischer Mission, und auf Reisen nach England, lernte er die fortgeschrittene Mathematik und Naturwissenschaft kennen. Doch konnte er in Paris nicht Fuß fassen und mußte 1676 nach Deutschland zurückkehren, als Bibliothekar im Dienst der Herzöge von Hannover, unter zunehmend unglücklicher werdenden Bedingungen arbeitend, unverstanden, abgedrängt von umfassenden wissenschaftlichen Plänen, verwickelt in den Prioritätsstreit mit Newton um die Erfindung der Infinitesimalrechnung. Er starb in Einsamkeit. Einer der größten Denker der Menschheitsgeschichte wurde, so berichtet ein Zeitgenosse, »wie ein Straßenräuber begraben«.

In Paris konstruierte Leibniz Rechenmaschinen, beschäftigte sich erfolgreich mit unendlichen Reihen, erkannte den tiefliegenden Zusammenhang zwischen Tangentenproblem und Flächeninhaltsbestimmung. Der von ihm geschaffene »Calculus«, eine Infinitesimalmathematik, entspricht auch in den Bezeichnungen weitgehend der heutigen Differential- und Integralrechnung. Auch den Funktionsbegriff, einen Zentralbegriff der modernen Mathematik, hat Leibniz vorbereitet.

Von 1684 an hat Leibniz – aus Zeitmangel allerdings nur in Bruchstücken – Ergebnisse der Infinitesimalmathematik publiziert, samt ersten erstaunlichen Anwendungen auf Probleme der Mechanik, getreu seinem Wahlspruch »theoria cum praxi« (Theorie und Praxis).

Noch zu Lebzeiten fand Leibniz in den Brüdern Jakob und Johann Bernoulli Mitstreiter, die seine Infinitesimalrechnung aufgriffen, ihre Leistungsfähigkeit demonstrierten und ihr einen bleibenden Platz in der Mathematik sicherten.

Zu Anfang des 18. Jh. hatte sich die Anfang des 17. Jh. eingeleitete grundlegende Wandlung in der Mathematik endgültig vollzogen, der Übergang von der Mathematik konstanter Größen zur Mathematik der Variablen und Funktionen. In Theorie und Praxis, in Himmelsmechanik, Physik und Mechanik eröffneten sich damit der Mathematik bisher unbekannte weite Anwendungsfelder.

## Leibniz – Theoria cum praxi



Leibniz (DR 1926) / Auf Leibniz geht die Gründung der Berliner Akademie zurück; er war ihr erster Präsident (DDR 1950) / Leibniz (BRD 1980) und sein Gegenspieler Newton (Mex 1970) / Mit der Idee von einer Begriffsschrift und der arithmetica universalis knüpfte Leibniz an den auf der Insel Mallorca geborenen Franziskanermönch Lullio (oder Lullo, lat. Lullus) an (Sp 1963) / Leibniz erfand zielgerichtete mathematische Symbole, so die Indexschreibweise, das Differentialzeichen  $d$  und das Integralzeichen  $\int$  (hergeleitet aus dem Anfangsbuchstaben  $S$  von Summa), das zum Symbol des Internationalen Mathematikerkongresses in Moskau 1966 wurde (SU 1966)

# Kaperkrieg und Machtkämpfe

Spanier und Portugiesen hatten sich als erste in den Besitz riesiger überseeischer Ländereien gesetzt. Bald drängten andere seefahrende Staaten nach, suchten ihren Anteil an der Beute und forderten die »Freiheit der Meere« gegen den Hoheitsanspruch Spaniens über den Nordatlantik. In Nord- und Mittelamerika verdrängten Engländer, Holländer und Franzosen die Spanier aus einigen ihrer Gebiete; zugleich gerieten sie auch untereinander in kriegerische Konflikte, vor ihren heimischen Küsten oder in Übersee. Mit Gold, Silber, Perlen und anderen Schätzen beladene Schiffe, ganze Flotten sogar, trugen das Beutegut über die Meere nach Europa und lockten Seeräuber und Freibeuter an. Systematisch wurden Einwohner Schwarzafrikas eingefangen und als Sklaven in die Neue Welt verkauft; der Handel mit dem »Schwarzen Gold« warf hohe Profite ab.

Ein englischer Sklavenhändler und Freibeuter namens Drake plünderte 1572/73 spanische Besitzungen in Zentralamerika und erregte gerade wegen seiner Unverfrorenheit und Grausamkeit das wohlwollende Interesse der englischen Königin Elisabeth I. Er wurde im Kampf gegen die aufständischen Iren eingesetzt und schließlich von ihr mit einer Flotte ausgerüstet, die 1578 spanische Schiffe und Städte an der Westküste Amerikas ausraubte und mit riesiger Beute 1580 nach England zurückkehrte. Auf die Forderung des spanischen Königs Philipp II. nach Bestrafung Drakes reagierte Elizabeth, indem sie Drake in den Adelsstand erhob und zum Vizeadmiral ernannte. Sir Francis verschärfte den Kaperkrieg gegen die Spanier; der Konflikt wurde unvermeidlich. Philipp rüstete eine riesige Flotte aus; doch die »Unbesiegbare Armada« konnte 1588 von den Engländern mit Glück und Umsicht vernichtet werden, unter wesentlicher Mitwirkung von Drake und Raleigh, dem einflussreichen Ratgeber der Königin. England war zur starken Seemacht geworden, wuchs zur Hauptkolonialmacht heran, konnte im 17. Jh. die Holländer besiegen und im 18. Jh. erhebliche Teile der französischen Besitzungen in Nordamerika an sich bringen. Die Methode des Kaperkrieges – die Anwerbung von Seeräubern und Freibeutern zum Seekrieg gegen Schiffe und Städte eines bestimmten Staates – blieb noch bis weit ins 19. Jh. häufig geübte Staatspraxis.



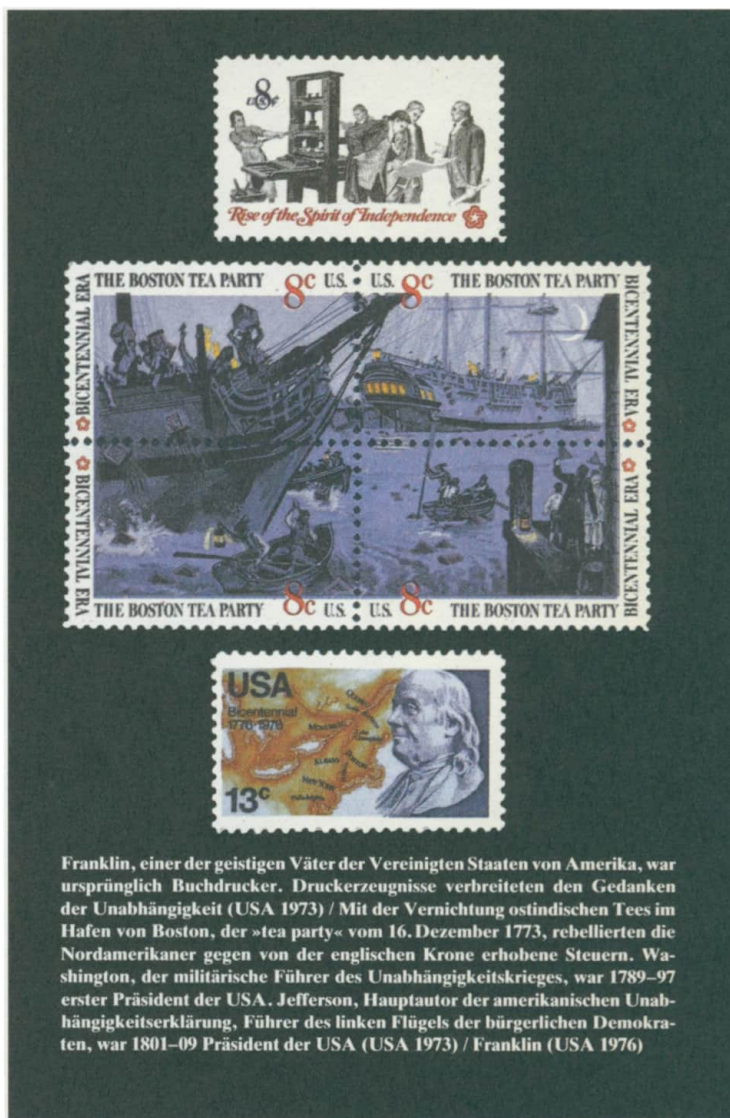
Drake (GB 1973) / Eine durch Raleigh 1584 in Virginia (Nordamerika) – Land der jungfräulichen Königin Elisabeth – angeregte Ansiedlung konnte sich noch nicht behaupten (Je 1976) / Erst eine aus religiösen Gründen auf der berühmtem »Mayflower« ausgewanderte Gruppe von Engländern konnte 1620 in Nordamerika endgültig Fuß fassen (USA 1920) / Erhebliche Teile Nordamerikas waren im 18. Jh. noch in französischem Besitz (F 1982) / Der Däne Bering entdeckte in russischen Diensten um 1740 die heute nach ihm benannte Seestraße zwischen Asien und Amerika und erkundete den Nordpazifik (SU 1956)

Die englischen Kolonien in Nordamerika erreichten zur Mitte des 18. Jh. eine bedeutende ökonomische Stärke, die zum Konflikt mit den Kolonialinteressen der britischen Krone führte. Als der König 1763 neue harte finanzielle Belastungen seiner nordamerikanischen Kolonien verfügte, begann sich eine Unabhängigkeitsbewegung zu formieren. Britische Waren wurden boykottiert. Vermittlungsversuche scheiterten. Mit dem Gefecht von Lexington am 19. April 1774 begann der militärische Konflikt. Am 4. Juli 1776 erklärten sich die englischen Siedlungsgebiete in Nordamerika als von England unabhängig. Nach anfänglichen militärischen Mißerfolgen schufen sich die Amerikaner, insbesondere durch die Tatkraft von Washington, eine schlagkräftige Armee; der Sieg bei Saratoga, 1777, über die Engländer leitete die Wende ein. Schließlich mußte der englische König 1783 die Unabhängigkeit der USA anerkennen; Washington wurde ihr erster Präsident.

Die Förderung von Wissenschaft und Technik stellte ein breites Betätigungsfeld der selbstbewußten, unabhängig gewordenen Amerikaner dar. Franklin, selbst ein international anerkannter Naturforscher, stand in engem Kontakt mit Jefferson, der ein begeisterter Vertreter der europäischen Aufklärung war. Der einflußreiche Politiker Jefferson hatte klar erkannt, daß das politische Überleben der USA von der Entfaltung ihrer ökonomischen Stärke und diese wieder vom Leistungsvermögen von Wissenschaft und Technik abhing. So erfand er selbst einen besonderen, den Boden schonend wendenden Pflug, studierte die Fruchtfolge im Zusammenhang mit dem Ertrag der Felder, konstruierte – in Verbindung mit seiner Tätigkeit als Sekretär von Washington – ein Gerät zum Chiffrieren von Geheimnachrichten. Von 1797 bis 1815 wirkte Jefferson als Präsident der Amerikanischen Philosophischen Gesellschaft und wurde erster Rektor der von ihm gegründeten Universität von Virginia.

Die geistigen Väter der Vereinigten Staaten von Amerika haben zweifellos durch ihre Weitsicht auch in Dingen der Wissenschaftspolitik den Boden bereitet, so daß zur Mitte des 19. Jh. die Industrielle Revolution auch in Nordamerika Fuß fassen konnte. Die USA sollten noch im 19. Jh. zu einer Großmacht auch in den Wissenschaften aufsteigen.

## Von der tea party zu den USA



Franklin, einer der geistigen Väter der Vereinigten Staaten von Amerika, war ursprünglich Buchdrucker. Druckerzeugnisse verbreiteten den Gedanken der Unabhängigkeit (USA 1973) / Mit der Vernichtung ostindischen Tees im Hafen von Boston, der »tea party« vom 16. Dezember 1773, rebellierte die Nordamerikaner gegen von der englischen Krone erhobene Steuern. Washington, der militärische Führer des Unabhängigkeitskrieges, war 1789–97 erster Präsident der USA. Jefferson, Hauptautor der amerikanischen Unabhängigkeitserklärung, Führer des linken Flügels der bürgerlichen Demokraten, war 1801–09 Präsident der USA (USA 1973) / Franklin (USA 1976)

# Captain James Cook

Schiffschronometer, Kompaß, Sextant und reichhaltiges Kartenmaterial gehörten zur Grundausrüstung der europäischen Hochseeschifffahrt des 18. Jh. Die nautischen Möglichkeiten gestatteten es, trotz aller Gefahren durch Sturm, unbekannte Strömungen und Riffe, trotz Piraterie, Ernährungsmangelkrankheiten und tückischer Infektionen, Forschungsexpeditionen auf die Weltmeere zu entsenden.

Einer der bedeutendsten Seereisenden des 18. Jh., der mit seinen Entdeckungen Wesentliches zum geographischen Bild des Pazifik beigetragen hat, war der Engländer Cook. Der hochtalentierte Sohn eines Tagelöhners mußte sich von unten heraufdienen, erst bei der Handelsmarine, dann bei der Königlichen Marine. Nachdem Cook sich bei Vermessungsarbeiten in den englischen Kolonien Kanadas hervorgetan hatte, wurden ihm 1768 Forschungsaufgaben zur See übertragen. Die Hauptaufgabe der ersten Reise 1768/71 auf der »Endeavour« (Bemühung) bestand darin, der französischen Expansion im Südpazifik entgegenzuwirken und die Suche nach dem Südländ, der vermuteten großen südlichen Landmasse, weiterzuführen. Von Tahiti nach Südwesten segelnd entdeckte er Neuseeland neu, erkannte dessen Struktur als Doppelinsel, kartierte die Küsten und erreichte schließlich als erster die Ostküste Australiens.

Eine zweite Reise, 1772/75, führte Cook weit in den Süden, bis 71° südlicher Breite. Zweimal wurde der Polarkreis gekreuzt, Eisfelder und Eisberge tauchten auf. Aber es wurde klar, daß das gesuchte große Südländ nicht existieren konnte. Und wenn auch Cooks Ausspruch »nec plus ultra« (nicht weiter südlich) weitere Expeditionen zunächst abschreckte, so lag bei Cook doch der Keim späterer Antarktisforschung. Immerhin hatte Cook vermutet, daß die Südpolkappe landbedeckt sei. Die dritte Reise, 1776/80, diente der Suche nach der Nordwestpassage, d. h. einem Seeweg vom Pazifik um das nördliche Amerika herum zum Atlantik. Von Süden kommend entdeckte Cook 1778 die Hawaii-Inseln, kartierte die Küste Alaskas und bestätigte, daß Amerika und Asien durch Meer getrennt sind. Im November 1778 traf man wieder auf Hawaii ein. Da Cooks Mannschaft religiöse Gebräuche der Einwohner Hawaiis schwer verletzt hatte, empörten sich die Insulaner und töteten Cook im Kampf.



James Cook (USA 1978) / Totale Sonnenfinsternis vom 30. Mai 1965, auf der Insel Manuae (Ozeanien) beobachtet (Co 1965) / Während der ersten Reise beobachtete Cook auf Tahiti den für den 3. Juni 1769 von den Astronomen vorausgerechneten Venusdurchgang (Neus 1969) / Cook leitete die entscheidende Entdeckungsperiode Australiens ein (Aus 1966) / Cook entdeckte die Hawaii-Inseln endgültig (USA 1978) / Auf der zweiten Reise wurde Cook von Forster begleitet, dem progressiven deutschen Naturforscher und Politiker, der später auch Reisebegleiter des jungen Alexander von Humboldt war (DDR 1979)

Die Vorstellungen von einem unbekanntem Südländ (terra australis incognita) geisterten seit der Antike durch die Geschichte der Geographie. Ähnlich wie auf der Nordhalbkugel der Erde sollte auch auf der Südhalbkugel eine große zusammenhängende Landmasse existieren. Spanische Expeditionen, die nach Magellans Weltumsegelung ausgesandt wurden, blieben ohne Erfolg. Portugiesische Seefahrer dürften, nachdem die Gewürzinseln in portugiesischen Besitz gekommen waren, an der Nordküste Australiens operiert haben. Mit Sicherheit weiß man, daß Anfang des 17. Jh. Holländer das westliche australische Festland betreten haben. Von ihnen, die nun die Portugiesen von den südostasiatischen Inseln zu vertreiben begannen, gingen im 17. Jh. die wichtigsten Impulse zur Erforschung des heutigen Australiens aus, das damals Neuholland hieß. Neu war auch die Idee vom großen Südländ belebt. Im offiziellen Auftrag wurde 1642 eine Expedition unter Tasman ausgesandt. Er entdeckte immerhin eine südlich von Neuholland gelegene große Insel, die heute nach ihm Tasmanien benannt ist. Eine zweite Reise führte ihn an der Nordküste Neuhollands entlang. Aber die riesigen Küstenstreifen boten nur trostlose Anblicke, sumpfige Mangrovenwälder, trockene Steilküsten. Es fanden sich keine Ankerplätze, vorgelagerte Korallenriffe machten die Schifffahrt ungemain gefährlich. So verzichteten die Holländer auf die Erschließung des nutzlos erscheinenden Landes. Es wurde still um Neuholland.

Erst ein englischer Pirat und Abenteurer namens Dampier erweckte neues Interesse, als er in die Südsee segelte und 1688 Nordwestaustralien und, wiederum auf der Suche nach Südländ, nochmals 1716 Westaustralien erreichte.

Die zweite, die entscheidende Periode der Entdeckungsgeschichte Australiens lag in den Händen der Engländer. Im Jahre 1770 betrat Cook, von Neuseeland kommend, zum ersten Male die Ostküste, nahe beim heutigen Sydney. Dort zeigte sich fruchtbares Land; die Ostküste bot günstige Häfen. Die Gegend um Sydney wurde zum Ausgangspunkt der Erschließung Australiens, zunächst entlang den ausgedehnten Ost- und Südostküsten. Wegen schwieriger geographisch-klimatischer Bedingungen erfolgte die Erforschung und Besiedelung erst allmählich im Laufe des 19. Jh.

## Terra australis incognita



»Kreuz des Südens«, auffälliges Sternbild am Südhimmel (Bra 1890) / Australiens Ureinwohner standen auf hohem Entwicklungsniveau. Geschnitzte Grabpfähle (Aus 1971) / Während seiner ersten Expedition 1768–1771 mit der »Endeavour« beobachtete Cook eine Venuspassage auf Tahiti und erkannte, daß Neuseeland aus zwei großen Inseln besteht (GB 1968) / Am 29. April 1770 erreichte Cook in der Botany Bay die Ostküste Australiens (Aus 1970). Cooks zweite Forschungsreise bewies, daß es das gesuchte große »Südländ« nicht gibt / Flinders schlug 1814 die Bezeichnung »Australien« vor. Mit der Errichtung einer britischen Strafkolonie begann 1788 die Besiedelung Australiens durch Europäer (Aus 1980)

## Linné – »Kanzleibeamter Gottes«



Linné, spazierend im Garten seines Landgutes Hammerby (S 1963) / Linné wurde erster Präsident der 1739 zusammen mit dem Textilfabrikanten Alströmer gegründeten Schwedischen Akademie der Wissenschaften (S 1961) / Gedenkmarke zum 200. Jahrestag der 10. Auflage (1758, 1. Band) des »Systema naturae«, (System der Natur) (DDR 1958) / Linné studierte eine zeitlang an der 1477 gegründeten Universität Uppsala und wirkte dort von 1741 bis zu seinem Tode als Professor der Medizin und Direktor des Botanischen Gartens (S 1977) / Linné, geboren in Råshult (Småland, Schweden), gestorben in Uppsala (R 1958)

Am 23. Juni 1735 promovierte ein junger Schwede, Carl Linnaeus, erst vor wenigen Wochen in den Niederlanden eingetroffen, an der Universität Harderwijk, wo man schnell und billig den Doktorhut erwerben konnte. Aber der Schwede war ein leidenschaftlicher Forscher, wissenschaftlich schon ausgewiesen durch eine Forschungsreise 1732 durch das bisher kaum erschlossene Lappland, nun auf der Suche nach der fortgeschrittensten Wissenschaft. Der ehrwürdige Professor Boerhaave in Leyden, Direktor auch eines berühmten botanischen Gartens mit mehr als 3000 Arten aus aller Welt, förderte Linnaeus und führte ihn in die wissenschaftliche Welt der Niederlande und Englands ein.

Die Fülle bekannter Tiere und Pflanzen drängte zur Systematisierung. So hatten der Engländer Ray und der Franzose de Tournefort nach ausgedehnten botanischen Sammelreisen Ordnungssysteme vorgeschlagen; Ray schuf den Artbegriff, Tournefort ordnete die Pflanzen nach der Blütenkrone. Überdies war, insbesondere durch den Tübinger Camerarius, die bisexuelle Vermehrung der Blütenpflanzen bewiesen.

Bereits 1735 veröffentlichte Linnaeus in Leyden ein großformatiges Buch »Systema naturae«, das auf nur zehn Blättern eine Systematisierung der Minerale, Pflanzen und Tiere enthielt. Im Laufe der Jahre wuchs das Werk; die letzte, die 13. Auflage umfaßt mehr als 6000 Seiten in zwölf Bänden.

Die Blütenpflanzen wurden von Linnaeus – der sich, 1757 geadelt, von Linné nannte – nach der Anzahl der Staubgefäße und Stempel klassifiziert. Aber es war, wie Linné sehr wohl wußte, ein künstliches, kein natürliches System. Um ein solches bemühte er sich insbesondere bei den Tieren. In der 10. Auflage des »Systema naturae« wurde sogar der Mensch als »homo sapiens« (Linné) eingegliedert.

Seit 1753 (»Species plantarum«) wandte Linné für Pflanzen die binäre Nomenklatur an. Mit je einem Wort für Art und Gattung – z. B. *Ribes rubrum*, Rote Johannisbeere – wird jede der mehr als 7000 Pflanzen bezeichnet. 1758 dehnte Linné diese praktische Bezeichnungsweise auch auf die 4235 erfaßten Tierarten aus. Das Spottwort lief um: »Gott hat die Welt geschaffen, aber Linné hat sie geordnet.«

»Lisez Euler, c'est notre maitre à tous!« (Lest Euler, er ist unser aller Meister!) – so pflegte der französische Mathematiker und Astronom Laplace seine Kollegen und Schüler zu ermahnen. Mit Recht: Das Lebenswerk von Euler zeichnet sich durch gedankliche Tiefe und rechnerische Meisterschaft ebenso aus wie durch die Fülle der von ihm mit pädagogischer Meisterschaft behandelten Gegenstände: Grundlagen der Mathematik, Differentialrechnung, Integralrechnung, unendliche Reihen, Differentialgleichungen, Variationsrechnung, Algebra, Zahlentheorie, Himmelsmechanik, Kartographie, Ballistik, Schiffstheorie, Optik, Turbinenbau, Musiktheorie, Philosophie und vieles andere mehr. Euler war einer der produktivsten Mathematiker und Naturforscher aller Zeiten. Die 1911 begonnene Gesamtausgabe der Werke Eulers wird einmal etwa 87 großformatige Bände umfassen.

Leonhard Euler, geboren in Basel am 15. April 1707 als Pastorensohn, wurde bereits als Jüngling Schüler bei dem bedeutenden Mathematiker Johann Bernoulli und fand über ihn rasch den Zugang zur Infinitesimalmathematik von Leibniz. Schon 1727 erhielt Euler eine Berufung an die zwei Jahre zuvor in St. Petersburg (dem heutigen Leningrad) vom Zaren Peter I. gegründete Akademie und konnte dort eine überaus erfolgreiche wissenschaftliche Tätigkeit entfalten, auch bei der Erschließung der riesigen Weiten des russischen Reiches. Als sich nach innenpolitischen Wirren die Arbeitsmöglichkeiten für Euler in Petersburg verschlechterten, folgte Euler einem Ruf an die Berliner Akademie; hier entstanden insbesondere auch hervorragende Lehrbücher. Ein Vierteljahrhundert wirkte Euler in Berlin, von der wissenschaftlichen Welt hochgeehrt, doch in zunehmenden Spannungen mit dem preußischen König Friedrich II., der keinen Sinn für die höhere Mathematik besaß. So kehrte Euler 1766 nach Petersburg an die Akademie zurück, von der Zarin Katharina II. hochgeehrt und hochdotiert. Trotz vollständiger Erblindung entfaltete Euler noch einmal – unterstützt von Sekretären und Freunden und seinem Sohn J. A. Euler – seine volle wissenschaftliche Produktivität und ging sogar noch eine zweite Ehe ein. Voller wissenschaftlicher Ideen erlag Euler am 18. September 1783 einem Gehirnschlag.

»Lest Euler!«



An der Universität Basel wurde Euler in die Infinitesimalmathematik eingeführt (Sch 1960) / Euler hat entscheidend die Symbolik der modernen Mathematik mitbestimmt. Die auf der Marke wiedergegebene Formel enthält u. a. die von Euler eingeführten Symbole  $e$  (Basis der natürlichen Logarithmen) und  $i$  (für die imaginäre Einheit) (Sch 1957) / Euler wirkte 25 Jahre in maßgeblichen Stellungen an der Akademie in Berlin (DDR 1950) sowie in zwei erfolgreichen produktiven Perioden an der Akademie in St. Petersburg (Leningrad) (SU 1957) / Weitere Gedenkmünzen für Euler aus der DDR, 1957 und 1983. Die letzte zeigt die Eulersche Polyederformel

## Ein Fischersohn gründet eine Universität



Aufgrund seiner herausragenden Verdienste um die Entwicklung der Wissenschaften und der chemischen Industrie in Rußland ist Lomonossov wiederholt auf Briefmarken gewürdigt worden. Ein aus Anlaß seines 250. Geburtstages emittierter Satz (SU 1961) zeigt sein Portrait und dahinter das Geburtshaus und die Leningrader Akademie (10 Kopeken), sein Denkmal vor der Moskauer Universität (4 Kopeken) und Lomonossov am Schreibtisch sitzend (6 Kopeken) / Das neue Gebäude der Lomonossov-Universität wurde am 1. September 1953 auf den Leninbergen in Moskau eröffnet. 1955 wurde das 200jährige Gründungsjubiläum der Universität begangen (SU 1955)

In einem Brief des russischen Gelehrten Lomonossov an Euler aus dem Jahre 1748 ist zu lesen: »Wenn ... ein Körper etwas an Materie gewinnt, so verliert ein anderer ebensoviel.« Das ist nichts anderes als das Gesetz von der Erhaltung der Masse, wonach Masse weder aus dem Nichts entstehen noch verschwinden kann.

Lomonossov, Sohn eines Fischers und Bauern aus dem Norden Rußlands, ging mit 19 Jahren nach Moskau und absolvierte dort die Spasskischule, eine Art Lateinschule. Danach konnte er an einer Universität, die mit der Petersburger Akademie verbunden war, Naturwissenschaften studieren. Hier lernte er die neuen wissenschaftlichen Errungenschaften des 16. und 17. Jh. kennen, so auch die Arbeiten von Copernicus, Kepler, Galilei und Boyle. Ein Auslandsstudienaufenthalt führte ihn nach Deutschland, wo er in Marburg bei dem Physiker, Mathematiker und Philosophen Wolff und in Freiberg bei dem Chemiker und Metallurgen Henckel seine Kenntnisse erweitern konnte. 1741 kehrte er nach Rußland zurück, und 1745 wurde er Professor für Chemie an der Akademie in St. Petersburg. In seinem neu errichteten Labor wiederholte er die Verbrennungsversuche von Boyle und konnte beim Arbeiten in einem abgeschlossenen System das Gesetz von der Erhaltung der Masse auffinden. Er führte umfangreiche Untersuchungen zur Herstellung von farbigen Gläsern durch, analysierte zahlreiche einheimische Minerale und stellte eine neue Porzellanmasse her. Er wurde zum Initiator einer chemischen Industrie in Rußland und leitete selbst eine Fabrik zur Herstellung von farbigem Glas.

Lomonossov war eine sehr vielseitige Persönlichkeit. Neben seinen herausragenden naturwissenschaftlichen Leistungen konnte er als Dichter, Historiker, Maler und Linguist beachtenswerte Arbeiten liefern; er schrieb Oden, verfaßte eine Grammatik und erwarb sich Verdienste um die Entwicklung der russischen Literatursprache.

Auf Initiative von Lomonossov wurde 1755 die Moskauer Universität gegründet. Diese trägt heute Lomonossovs Namen und ist die größte Universität der UdSSR. An ihr sind mehr als 5000 Wissenschaftler tätig, und es studieren dort über 40 000 Studenten.

In der Antike und im Mittelalter waren technische Erfindungen als Überlistung der Natur empfunden worden, wenn zum Beispiel am Hebel ein kleines Gewicht eine weitaus größere Last zu heben imstande ist. Übrigens leiten sich sprachlich »Mechanik« von »List ersinnen« und »Technik« von »Kunst« ab.

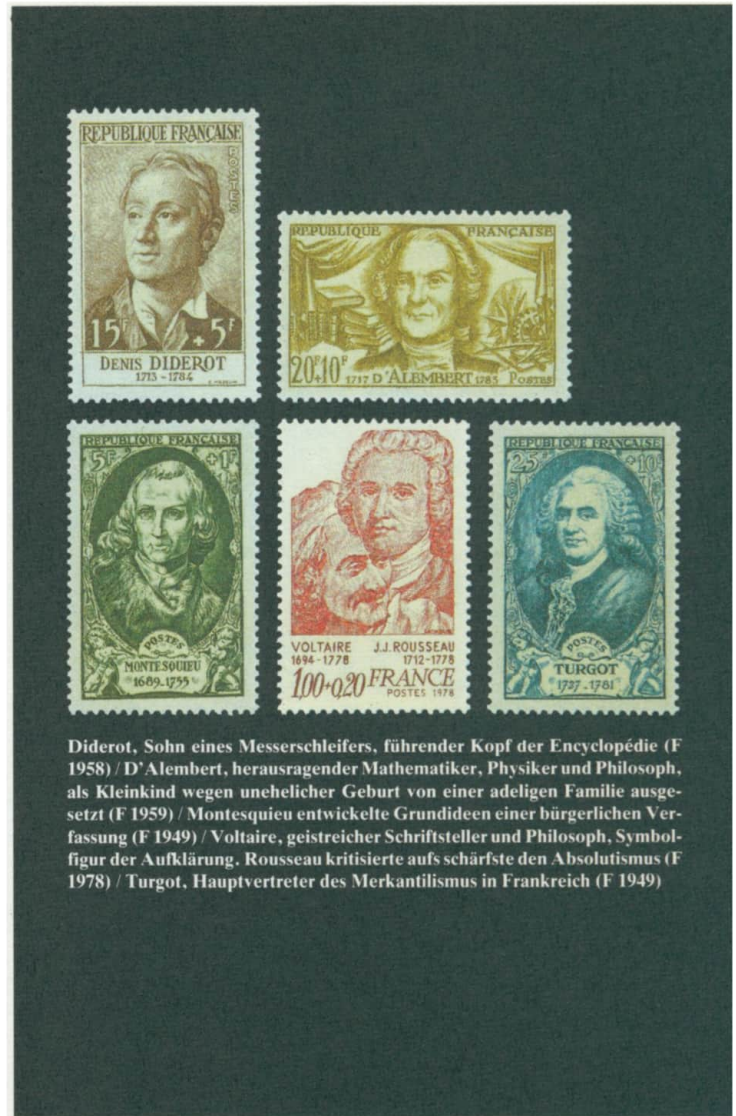
Erst das beginnende 18. Jh. begann, Erfindungen und technischen Fortschritt als Wissenschaft zu betrachten. Technologie, gewerblicher Fortschritt, Manufakturen, Erfindungen drangen ins gesellschaftliche Bewußtsein ein. Umfassende Lexika, die auch auf eine systematische Schilderung der »Künste«, d. h. der gewerblichen Produktion abzielten – etwa die seit 1728 in England von Chambers herausgegebene »Cyclopaedia« oder Zedlers »Großes vollständiges Universallexikon aller Wissenschaften und Künste«, seit 1732 in 68 Bänden – wurden unter diesen Bedingungen auch buchhändlerische Erfolge.

Ein französischer Verleger beauftragte daher 1746 den bereits berühmten Diderot mit der Übersetzung einer englischen medizinischen Enzyklopädie ins Französische. Diderot löste die Aufgabe glänzend, doch er ging weit darüber hinaus. Er führte hervorragende Gelehrte zusammen, die, gegen den Absolutismus eingestellt, durch Propagierung der Produktionsmethoden und Naturwissenschaften und durch Überwindung religiöser Intoleranz der bürgerlichen Entwicklung voranhelfen wollten. Man beschloß die Herausgabe einer großangelegten »Encyclopédie«; sie erschien von 1751 bis 1772 in 28 Bänden.

Diderot war die Seele des Unternehmens, als zweiter Herausgeber fungierte anfangs d'Alembert. Der Kreis der »Enzyklopädisten« wurde zum Zentrum der französischen Aufklärung; die Artikel selbst wurden von hervorragenden Fachleuten geschrieben, unter anderem von Diderot, d'Alembert, Rousseau, Voltaire, Turgot, Montesquieu, Helvétius.

Die »Encyclopédie« gehört zu den unvergänglichen Kulturleistungen der Menschheit und zu den Marksteinen in der Entwicklung der Wissenschaften. Obwohl die Kritik gesellschaftlicher Zustände wegen ständiger Unterdrückungsversuche und Zensur durch das Feudalregime nur in versteckter Form vorgetragen werden konnte, hat das Werk doch entscheidend zur ideologischen Vorbereitung der Revolution von 1789 beigetragen.

## Die Große Encyclopédie



Diderot, Sohn eines Messerschleifers, führender Kopf der Encyclopédie (F 1958) / D'Alembert, herausragender Mathematiker, Physiker und Philosoph, als Kleinkind wegen unehelicher Geburt von einer adeligen Familie ausgesetzt (F 1959) / Montesquieu entwickelte Grundideen einer bürgerlichen Verfassung (F 1949) / Voltaire, geistreicher Schriftsteller und Philosoph, Symbolfigur der Aufklärung. Rousseau kritisierte aufs schärfste den Absolutismus (F 1978) / Turgot, Hauptvertreter des Merkantilismus in Frankreich (F 1949)

## Naturgeschichte des Himmels



Kant erfuhr als Philosoph mehrfach postalische Würdigung (DR 1926, BRD 1974, DDR 1974); seine Verdienste um Mathematik und Naturwissenschaften sollten unvergessen bleiben / Der französische Aufklärungsphilosoph Voltaire lernte 1726/29 als politischer Flüchtling in England die Newtonsche Gravitationstheorie kennen. Er und seine Freundin, Mme. de Chatelet, machten Newtons Physik auf dem Kontinent bekannt (F 1949) / Israel emittierte eine Marke »Vierter Tag der Schöpfung«. Sie entspricht nicht dem Text des Alten Testaments, veranschaulicht eher Kants kosmogonische Ansichten (Isr 1965)

Wenige Jahre, nachdem in Frankreich die große »Encyclopédie« zu erscheinen begonnen hatte, ließ ein junger Gelehrter aus Königsberg im absolutistischen Preußen ein Buch drucken, das trotz tiefster Devotion des Autors gegenüber seinem König revolutionäre Sprengkraft des Denkens enthielt. Der Autor – der zunächst anonym blieb – hieß Immanuel Kant. Das 1755 erschienene Buch trug den Titel »Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt«.

Getragen vom Geiste der Aufklärung und sich des Widerspruchs zur offiziellen Theologie wohl bewußt, entwickelte Kant, weit über einige frühere Ansätze hinausgehend, eine erste wissenschaftliche Kosmogonie: Sonnensysteme und Milchstraßensysteme sind aus rotierenden, sich verdichtenden Materienebeln hervorgegangen; unser Planetensystem ist eines unter vielen. Eine Urmaterie hat sich unter dem Einfluß der Newtonschen Gravitation in Bewegung gesetzt, Wirbel bildeten sich, die Himmelskörper ausschleuderten. Kant behandelte die Planeten und deren Dichten, die Bahnformen von Planeten und Kometen, die Rotation der Planeten, mögliche Bewohner anderer Welten und viele weitere Details. Freilich war das von Kant verarbeitete empirische Material noch unvollkommen und konnte späterer Erkenntnis vielfach nicht standhalten.

Entscheidend war die Grundaussage: Der Kosmos durchläuft eine Entwicklung in Zeit und Raum. Kant spricht von der »successiven Fortsetzung der Schöpfung in aller Unendlichkeit der Zeiten und Räume, durch unaufhörliche Bildung neuer Welten«. Das statische Weltbild wurde damit umgestoßen.

Kant wurde nicht zum Atheisten, er vertrat deistische Ansichten der Aufklärung: Gott hat lediglich die Materie geschaffen; alles andere ist Entfaltung der in der Materie angelegten Gesetzmäßigkeiten. Nicht einmal die Naturgesetze sind gottgemacht. So findet sich bei Kant die stolze Bemerkung: »Gebt mir nur Materie, ich will Euch eine Welt daraus bauen.«

Die unmittelbare Wirkung der »Naturgeschichte« blieb gering, da wegen des Konkurses des Verlages nur wenige Exemplare in den Handel gelangten. Umso größer war die Langzeitwirkung für die Überwindung der metaphysischen Naturauffassung.

Kants Frühwerk »Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels ...« von 1755 markiert einen Höhepunkt des mit der europäischen Aufklärung verbundenen Entwicklungsgedankens. Ohne von Kant zu wissen, traten auch andere Denker mit kosmologischen Ideen auf, so der elsässische Naturforscher Lambert mit »Kosmologischen Briefen über die Einrichtung des Weltbaus« (1761). Der aus Hannover nach England ausgewanderte Musiker Friedrich Wilhelm Herschel entdeckte als Liebhaberastronom am 13. März 1781 einen neuen Planeten, den Uranus, und bestätigte so eine Vermutung Kants. Herschel und sein Sohn John untersuchten und registrierten systematisch Sternnebel (Galaxien), versuchten sie zu klassifizieren und die Typen in ihrem zeitlichen Zusammenhang einzuordnen.

Im Jahre 1801 traf Herschel mit dem schon berühmten Astronomen und Mathematiker Laplace zusammen. Die Begegnung scheint kühl gewesen zu sein, obwohl Laplace Ergebnisse von Herschel in seine Werke aufgenommen hatte. Bereits 1796 war von Laplace das Lehrbuch »Exposition du Système du Monde« (Abriß des Systems der Welt) erschienen; seit 1799 begannen die Bände der »Mécanique céleste« (Himmelsmechanik) (5 Bände bis 1825) die Druckpresse zu verlassen.

Auch Laplace entwickelte eine Kosmogonie, eine Theorie von der Entwicklung des Sonnensystems: Eine rotierende Zentralsonne habe Materieringe ausgeschleudert, die sich dann zu Planeten verdichtet hätten. Trotz einiger Unterschiede zu Kants kosmogonischen Theorien spricht man heute von der Kant-Laplaceschen Kosmogonie oder Nebularhypothese.

Die »Himmelsmechanik« behandelt in meisterhafter mathematischer Form die Bewegungen der Planeten auf Grund der Keplerschen Gesetze und der Newtonschen Gravitation. Dabei nehmen die Störungsrechnungen, d.h. die Berücksichtigung der Gravitationskräfte zwischen den Planeten eine zentrale Stellung ein, wie überhaupt bei führenden Mathematikern, so bei Lagrange und Laplace, das Dreikörper- und Mehrkörperproblem zum Prüfstein der hochentwickelten Methoden der Infinitesimalrechnung wurden. Gauß fügte Anfang des 19. Jh. weitreichende Methoden der Bahnbestimmung von Himmelskörpern hinzu; die theoretische Astronomie war zu einem vorläufigen Abschluß gelangt.

## Das System der Welt



Zum »Jahr der ruhigen Sonne« (1964/65) erschien in der VR Polen ein sechswertiger Satz. Eine Marke zeigt einen Blick auf das Sonnensystem (P 1965) / Der bedeutende französische Mathematiker Lagrange bewies, ebenso wie Laplace, die Stabilität des Sonnensystems. Noch Newton hatte gemeint, daß Gott von Zeit zu Zeit eingreifen müsse, um das Auseinanderfallen des Sonnensystems oder den Zusammenstoß der Planeten zu verhindern (F 1958) / Kaiser Napoleon I. (F 1951) war sehr unzufrieden, daß in der »Himmelsmechanik« Gott nicht erwähnt wurde. Laplace (F 1955) soll geantwortet haben: »Majestät, ich benötigte diese Hypothese nicht!«

## Unterstützung für die Sinne

Erfindung, Konstruktion und Vervollkommnung der Instrumente und Geräte der Wissenschaft machte einen wesentlichen Anteil an der Wissenschaftlichen Revolution aus. Die Forscher konnten über Geräte verfügen, die die Leistungsfähigkeit der menschlichen Sinne erheblich verstärkten. Das mit Fernrohr bzw. Mikroskop bewaffnete menschliche Auge vermochte nun in unermeßliche Fernen und ins Winzigste zu blicken. Uhren machten Zeitgefühl objektivierbar, Thermometer quantifizierten das Temperaturempfinden, Barometer die Wetterfühligkeit. Barometer und Thermometer dienten der systematischen Registrierung des Wetterablaufes. Erste Instrumente zum Nachweis elektrischer Ladung bereicherten die Menschen indirekt um ein gänzlich neues Sinnesorgan.

Wie das Leben des aus Danzig stammenden, in ganz Europa berühmten Instrumentenmachers Fahrenheit zeigt, begann sich zur Mitte des 18. Jh. aus dem Tätigkeitsbereich des Naturforschers die Herstellung und der Verkauf wissenschaftlicher Instrumente als selbständig werdender Erwerbszweig herauslösen; er erforderte handwerkliche Kunst und naturwissenschaftliche Bildung. Galilei und Mitglieder der Florentiner Accademie del Cimento benutzten im 17. Jh. Thermoskope, Geräte also, die sich ändernde Temperaturen durch Volumenänderung von Luft oder Flüssigkeiten (u. a. Alkohol, Quecksilber) in Glasröhren anzeigten. Schwierig aber blieb deren Vergleichbarkeit. So bemühte man sich um physikalische Fixpunkte – »größte Kälte in einem Winter«, Blutwärme des Menschen, Schmelztemperatur des Eises, Temperatur einer Kältemischung, Siedetemperatur des Wassers – und unterteilte die Temperaturdifferenz linear. Der französische Gelehrte de Réaumur verwendete eine 80teilige, der Schwede Celsius eine 100teilige Skala, während Fahrenheit eine Skala zugrundelagte, bei der 32 Grad Fahrenheit dem Schmelzpunkt des Eises entspricht. Die Fahrenheit-Skala ist bis heute in angelsächsischen Ländern in Gebrauch geblieben; für wissenschaftliche Zwecke hat sich aber die Celsius-Skala (bzw. die absolute Temperaturskala nach Kelvin) durchgesetzt. Celsius selbst hatte allerdings die Siedetemperatur von Wasser mit null, die Schmelztemperatur von Eis mit 100 Grad bezeichnet.



Celsius zeichnete sich auch als Astronom und Geodät aus (S 1982) / Mikroskop mit Beleuchtungseinrichtung, 1790 (WB 1981) / Sonnenuhren erfüllten noch weit bis ins 18. Jh. auch wissenschaftliche Aufgaben. Sonnenuhr um 1750 (DDR 1983) / Der Spiegelsextant dient der Winkelmessung (hier zwischen Sonne und Mond) und damit zur Standortbestimmung eines Schiffes auf See. Der von Newton um 1700 vorgeschlagene Sextant ist noch heute unentbehrliches nautisches Hilfsmittel (Aus 1970) / Mit dem Sextanten mißt man Winkeldifferenzen bis zu einem Sechstel, mit dem Oktanten bis zu einem Achtel von 360°. Oktant von 1775 (WB 1981)

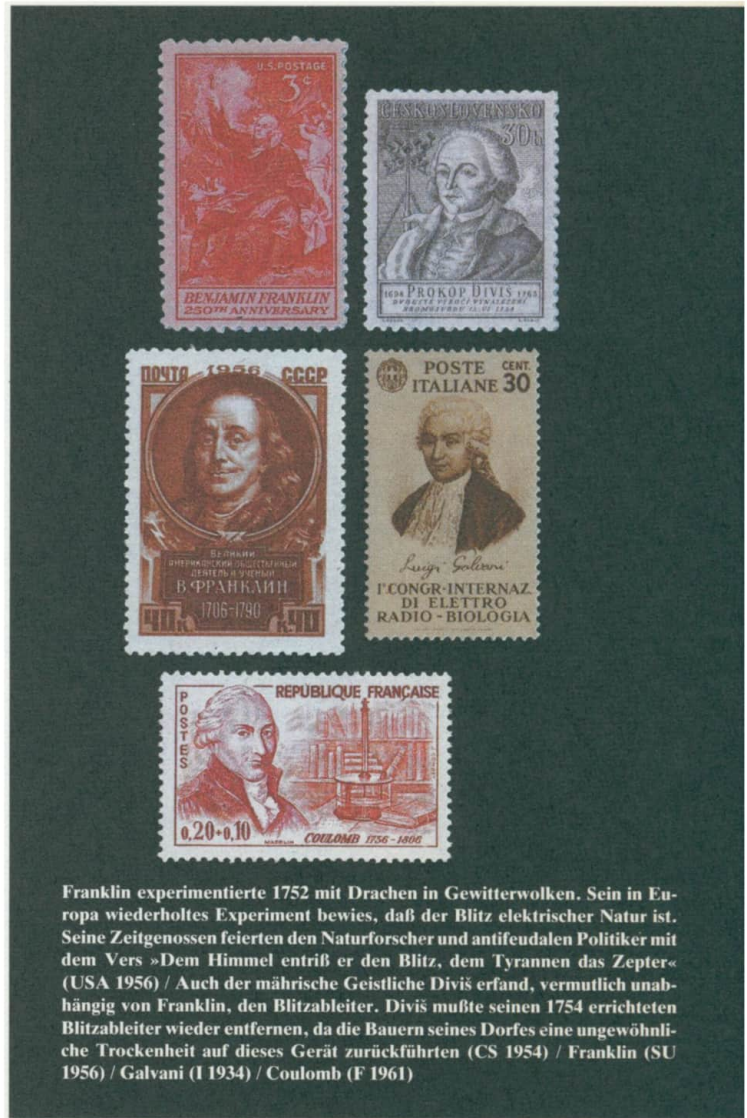
Lange galt der Blitz als göttliches Zeichen. Die Antike kannte den Zitterrochen und man wußte, daß geriebener Bernstein leichte Teilchen anzieht. Doch erst seit dem 17. Jh. wurden Phänomene der Elektrizität – das Wort wurde abgeleitet von dem griechischen Wort elektron für Bernstein – der Experimentalforschung unterworfen. Es galt, eine Naturkraft zu ergründen, für die der Mensch kein Sinnesorgan besitzt.

Die durch Reibung erzeugte Elektrizität zog zunächst die Aufmerksamkeit auf sich; bald schon erfolgte die Unterscheidung zwischen leitenden und nichtleitenden Materialien. Der experimentierfreudige Magdeburger Bürgermeister Guericke konnte an einer mit der Hand geriebenen Schwefelkugel um 1663 Anziehungskräfte, Leuchterscheinungen und knisternde Geräusche beobachten. Wesentliche Verbesserungen an den Elektrisiermaschinen – Konduktor, Reibzeug, gläserne Reibscheibe – sowie die Erfindung des Kondensators ermöglichten es im 18. Jh., Funken von einigen Dezimetern Länge zu erzeugen.

Eine weitere Form der Elektrizität, die atmosphärische, schien nachgewiesen, als es gelang, aus Gewitterwolken Elektrizität abzuleiten, teils mittels hoher Eisenstangen, teils, wie Franklin, mittels aufgelassener Drachen. Die Idee der von Franklin 1753 empfohlenen Blitzableiter wurde nur in Amerika rasch aufgegriffen. Und wenn auch ein heftiger Streit im Gange war, ob es zwei Arten von Elektrizität (Harz- und Glaselektrizität) oder nur Überschuß und Mangel an einem »elektrischen Fluidum« gäbe, so fand der Franzose Coulomb 1785 doch das Gesetz, mit welcher Kraft sich elektrische Ladungen anziehen bzw. abstoßen.

Die Aufregung war groß, als 1780 der italienische Arzt Galvani eine dritte Form der Elektrizität gefunden zu haben glaubte, die tierische. Als er mit dem Skalpell Froschschenkel präparierte – die Legende berichtet, er habe seiner kranken Frau eigenhändig leichtbekömmliche Kost bereiten wollen –, begannen diese zu zucken, wenn von einer in der Nähe befindlichen Elektrisiermaschine Funken übersprangen. Und er konnte die Froschschenkel auch dann zum Zucken bringen, wenn er sie in einem geschlossenen Kreis mit zwei verschiedenen Metallen in Verbindung brachte.

## Blitz – Funke – Ladung



Franklin experimentierte 1752 mit Drachen in Gewitterwolken. Sein in Europa wiederholtes Experiment bewies, daß der Blitz elektrischer Natur ist. Seine Zeitgenossen feierten den Naturforscher und antifeudalen Politiker mit dem Vers »Dem Himmel entriß er den Blitz, dem Tyrannen das Zepter« (USA 1956) / Auch der mährische Geistliche Diviš erfand, vermutlich unabhängig von Franklin, den Blitzableiter. Diviš mußte seinen 1754 errichteten Blitzableiter wieder entfernen, da die Bauern seines Dorfes eine ungewöhnliche Trockenheit auf dieses Gerät zurückführten (CS 1954) / Franklin (SU 1956) / Galvani (I 1934) / Coulomb (F 1961)

**Wir** haben eingesehen, daß die Enzyklopädie nur der Versuch eines philosophischen Jahrhunderts sein konnte, daß dieses Jahrhundert gekommen war, ...

*Denis Diderot*

**Wenn** wir die Kraft und die Wirkung des Feuers, der Luft, der Gestirne, der Himmel und aller anderen Körper, die uns umgeben, ebensogut verstehen wie die verschiedenen Handwerkstechniken, so könnten wir diese Naturkräfte in gleicher Weise für alle Zwecke benutzen! So könnten wir Menschen uns zu Herren und Besitzern der Natur machen!

*René Descartes*

**Alle** Veränderungen, die in der Natur geschehen, sind derart, daß ebensoviele, wie von Deinem Körper abgeht, bei dem anderen hinzukommt, so daß, wenn sich irgendwo Materie vermindert, sie an anderer Stelle zunimmt.

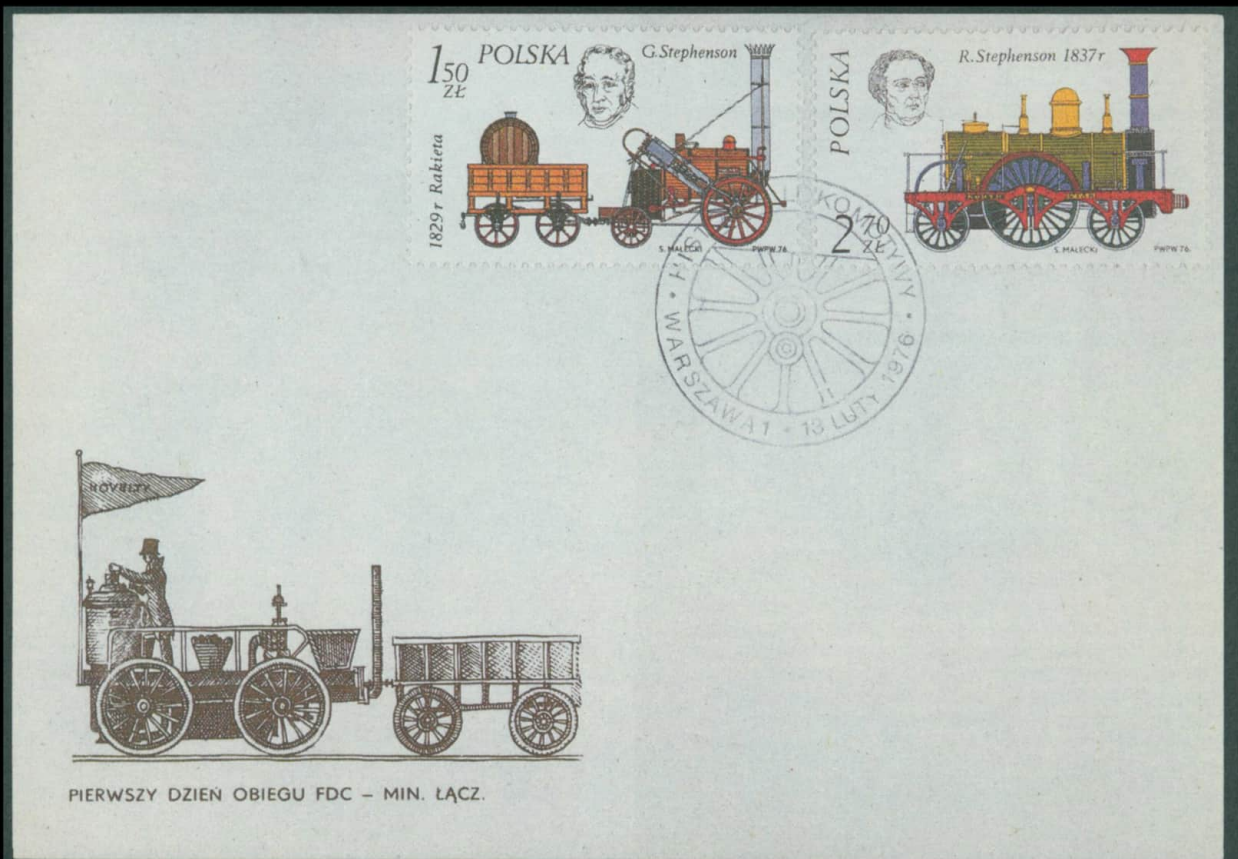
*Michail Wassiljewitsch Lomonossow*

**Eine** neue Idee führt zu einer weiteren, diese zu dritten und so weiter durch den Lauf der Zeiten bis irgendjemand alle miteinander kombiniert und das herbeiführt, was verdienstermaßen eine neue Erfindung genannt wird.

*Thomas Jefferson*

# VII. INDUSTRIELLE REVOLUTION

Die Eisenbahn ist augenfälliges Symbol der Industriellen Revolution, die von der Produktion in Manufakturen zum kapitalistischen Fabriksystem führte. Zwei technische Neuerungen – die Benutzung von Dampfmaschinen als Antriebskraft und das Aufkommen von Werkzeugmaschinen – lagen dieser die Weltgeschichte bestimmenden Wende zugrunde, die Ende des 18. Jh. in England und Frankreich einsetzte, zu Anfang des 19. Jh. auf Deutschland und Mitteleuropa übergriff und danach auch Italien, die USA und Rußland erfaßte (P 1976)



# Dampfmaschine – Dampfroß



Zwei verschiedene Typen von Dampfmaschinen Wattscher Bauart, 1. Hälfte 19. Jh. (DDR 1985) / Neben vielen anderen experimentierten auch die Brüder Blenkinsop um 1812/13 erfolgreich mit Lokomotiven; da sie die Reibung zwischen dem glatten Eisenrad auf der Eisenschiene unterschätzten, verwendeten sie Zahnradantrieb (SM 1964) / G. Stephenson's »Locomotion«, Antrieb der ersten (1825) öffentlichen Eisenbahnlinie Stockton–Darlington (GB 1975) / Lokomotiv-Marken gehören zu den frühen Motivmarken in Lateinamerika (Ho 1898, ES 1896, Nik 1912)

Die Newcomen-Maschine leistet Arbeit durch den Luftdruck. Trotz des Mißverhältnisses von Leistung und Kohleverbrauch – man brauche, so spötelte man, die Kohle eines Bergwerks, um ein anderes zu entwässern – wurde sie, vorwiegend im Bergbau, eingesetzt. Um 1770 waren in England etwa 100 Newcomen-Maschinen in Betrieb.

Der Weg zur eigentlichen Dampfmaschine, bei der der Dampf die Arbeit leistet, war mühsam. Wie Leben und Werk des Schotten James Watt, des Haupterfinders der Dampfmaschine, zeigen, bedurfte es des Zusammenwirkens einer Reihe von Faktoren, sowohl technischer Erfindungen und naturwissenschaftlicher Einsichten als auch der Fähigkeit zur präzisen Metallbearbeitung durch Handwerker und der Verbindung zu kapitalkräftigen Fabrikanten. Dies letztere konnte z. B. der russische Erfinder Polunow nicht finden, und so geriet die von ihm 1765 im Altai-Gebirge aufgestellte Dampfmaschine wieder in Vergessenheit.

Watt, als Universitätsmechaniker in Glasgow beschäftigt, sollte 1765 das Modell einer Newcomen-Maschine reparieren. Im Kontakt mit dem Glasgower Professor Black, der die Bedeutung der Verdampfungswärme erkannt hatte, kam Watt die Idee, den Dampf direkt auf den Kolben wirken zu lassen. Die bei der Newcomen-Maschine durch periodische Abkühlung des Zylinders verschwendete Energie wurde gespart und der Kohleverbrauch auf ein Drittel gesenkt. 1769 arbeitete die Maschine. Seit 1781 experimentierte Watt an einer doppelwirkenden Maschine, bei der der Dampf im Wechsel auf die beiden Seiten des Kolbens drückt. Weitere technische Erfindungen kamen hinzu, u. a. die Umsetzung des Hin- und Herbewegens des Kolbens in Rotationsbewegung, der Zentrifugalregulator. Als Teilhaber der Maschinenfabrik von Boulton und geschützt durch langfristige Patente konnte Watt seine Erfindung bis 1788 ausreifen lassen. 1796 waren in England schon rund 500 Dampfmaschinen aufgebaut; mehr als die Hälfte diente als Antrieb für Werkzeugmaschinen in Fabriken. Rasch setzte sich die Dampfmaschine als Antriebskraft im schienengebundenen Landverkehr durch, insbesondere nach dem berühmten Wettrennen von Lokomotiven im Jahre 1829, als G. Stephenson's »Rocket« mit einer Geschwindigkeit von 46 km/h überzeugend siegte.

Der endgültig geschlagene Napoleon wurde 1815 von den Engländern auf die Insel St. Helena verbannt. Sein Segler begegnete einem englischen Dampfschiff, gebaut von einem Amerikaner namens Fulton, jenem Mann, der 1802/03 mit einem Dampfboot in Frankreich auf der Seine experimentiert hatte, der aber, von Napoleon als Scharlatan und Betrüger angesehen, keine Unterstützung in Frankreich hatte finden können und dann nach den USA zurückgegangen war. Bereits 1807 konnte er mit dem schaufelradgetriebenen Dampfschiff »Clermont« flußaufwärts von New York nach Albany in 32 Stunden ca. 240 km zurücklegen.

Zunächst setzte sich, anfangs vorwiegend in den USA, die Dampfschiffahrt auf Flüssen und im küstennahen Bereich durch; erst dann folgte die Hochseeschiffahrt. In einer relativ kurzen Periode handelte es sich um Segelschiffe mit Dampfmaschinen zur Unterstützung, ehe sich seit den vierziger Jahren »reine« Dampfschiffe die Weltmeere erobern konnten. Technische Verbesserungen waren entscheidend: Einführung der Schiffsschraube, eiserne Schiffsrümpfe, Verbesserungen an den Dampfmaschinen, die den Kohleverbrauch entscheidend zu senken gestatteten. Zahlenmäßig dominierten allerdings in der Handelsschiffahrt – anders als in den Kriegsflotten – aus Kostengründen noch bis zum Jahrhundertausgang die Segelschiffe.

Die Dampfmaschine hatte sich einen großen Bereich des Transportwesens erobert. Weniger erfolgreich dagegen verlief die Entwicklung des nicht schienengebundenen dampfgetriebenen Landverkehrs. Zwar hatte der französische Artillerieoffizier Cugnot 1769/70 einen »Rollwagen mit Dampf«, gedacht als Zugmaschine für Geschütze, immerhin in Bewegung setzen können; aber die Gefährte waren schwer lenkbar, und die Dampfkessel mußten nach jeder Viertelstunde mit Wasser nachgefüllt werden. Das Mißverhältnis zwischen Maschinenleistung und Maschinengewicht beim Dampfauto konnte im Laufe des 19. Jh. wenigstens so weit gemildert werden, daß in London etwa Dampfomnibusse verkehrten und daß in Einzelfällen – in Böhmen, Frankreich, USA – einigermaßen schnelle und zuverlässige Exemplare von Dampfautomobilen vorgeführt werden konnten. Letzlich aber leitete erst der wesentlich leichtere Verbrennungsmotor zur Jahrhundertwende eine Motorisierung des Straßenverkehrs – und sogar des Luftverkehrs – ein.

## König Dampf



Der »Rollwagen mit Dampf« (fardier à vapeur) von Cugnot nebst Montgolfière (Ma 1972) / Fulton und die »Clermont« (USA 1965) / Die »Savannah« überquerte als erstes Dampfschiff 1819 den Atlantik. Während der 26-Tage-Reise von Savannah nach Liverpool wurde acht Tage ausschließlich mit Segelkraft gefahren (USA 1944) / Ein funktionierendes Dampfautomobil wurde 1815 von dem an der Prager Polytechnischen Schule wirkenden tschechischen Konstrukteur Boscq vorgeführt (CS 1958) / Der Österreicher Ressel rüstete nach einigen Vorexperimenten 1829 das Dampfschiff »Civetta« mit einer Schiffsschraube aus (Ö 1936)

# Evolution oder Katastrophen?

Auch nach der überragenden Leistung des schwedischen Naturforschers Linné stand die systematisierend-klassifizierende Arbeit der Zoologen und Botaniker im Vordergrund. Zugleich aber wurde im Zeitalter der Aufklärung die Frage mit neuer Schärfe gestellt, ob auch im Reich der Tiere und Pflanzen eine Entwicklung stattgefunden habe oder ob die Arten durch göttliche Schöpfung unveränderlich festgelegt worden seien.

Die im System von Linné festgehaltene Klassifizierung drückt auch natürliche, die Entwicklungsgeschichte der Lebewesen widerspiegelnde Verwandtschaften aus, gegen die der französische Naturforscher Buffon Einwände hatte. Noch einen Schritt weiter ging der von Buffon geförderte französische Botaniker und Zoologe Lamarck, der an der Großen Französischen Enzyklopädie mitgewirkt hatte und maßgeblich an der Gründung des *Muséum national d'histoire naturelle* (Naturkundemuseum) beteiligt war: Nach einer Reihe von systematisierenden Arbeiten erschien 1809 sein theoretisches Hauptwerk »Philosophie zoologique« (Zoologische Philosophie), in dem die Einflüsse von Umweltfaktoren auf die Entwicklung der Tiere und Pflanzen betont werden. In einigen Fällen können die erworbenen Eigenschaften erblich werden und so eine Veränderung der Art bewirken. Beispielsweise habe sich aus der Antilope in langen Zeiträumen beim ständigen Hinstrecken zum Laub der Bäume ein langer Hals und damit die Giraffe entwickelt. An diesem Punkte schieden sich die Geister. Zu viel Spekulation war – beim damaligen Stand der Wissenschaft – noch in Lamarcks Theorie eingeflossen, und so wurde seine Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften scharf angegriffen, insbesondere von dem aus der Schweiz stammenden Cuvier, einem Kollegen von Lamarck am Naturkundemuseum. Zwar hielt Cuvier eine stetige Entwicklung der Lebewesen im allgemeinen für unmöglich; immerhin aber lehrten zahlreiche Funde von Fossilien, daß eine Entwicklung in der Zeit auf der Erde stattgefunden haben mußte, da es doch Tiere und Pflanzen auf der Erde gegeben hatte, die nun ausgestorben waren. Nach Auffassung Cuviers hatten geologische Katastrophen alles Leben in großen Regionen ausgelöscht. Eine Neubesiedelung sei aus anderen Regionen heraus – oder durch neue Schöpfungsakte? – erfolgt; die letzte derartige Katastrophe sei die biblische Sintflut gewesen.



Graf de Buffon (1707–1788), einflussreicher Naturforscher, Kustos des »Jardin de Roi« (Königlicher Garten), dessen 44 Bände umfassende »Naturgeschichte« von 1752 an erschienen (F 1949) / Cuvier, »Diktator der Biologie« genannt, gelangte unter den wechselnden politischen Regimen Frankreichs zu höchsten Ehren. Die von ihm durchgebildete Methode der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere gestattete es ihm, die Fossilien systematisch zu ordnen und die Verwandtschaft ausgestorbener Tiere mit lebenden Arten zu beweisen (F 1969) / Skelett eines Landreptils (B 1966) aus dem Erdmittelalter, dem »Zeitalter der Reptilien« (USA 1970)

Im Streit zwischen Lamarck und Cuvier vermochte Cuvier dank seines Einflusses Lamarck zu bezwingen, doch hatten beide, wie wir heute wissen, nicht zur vollen Wahrheit durchdringen können. Beide aber haben, historisch gesehen, den Gedanken der Evolution vorangebracht. Zwar gibt es keine Vererbung erworbener Eigenschaften im Lamarckschen Sinne, aber durch ihn war der Grundgedanke der biologischen Evolution wiederbelebt worden: Erasmus Darwin und Charles Darwin, der Großvater und sein bedeutender Enkel, werden an Buffon und Lamarck anknüpfen. Cuvier seinerseits hatte so viel überzeugendes Tatsachenmaterial von untergegangenen Lebensformen geliefert, daß sich die Vorstellung von einer Entwicklung von Flora und Fauna schließlich durchsetzen mußte.

Cuvier hatte – richtig, wie wir heute wissen – erkannt, daß verschiedenen geologischen Formationen bestimmte tierische Fossilien zugeordnet werden können. Dann bieten die Fossilien Blicke in versunkene Welten. Umgekehrt können ganz bestimmte Fossilien, sog. Leitfossilien, unschätzbare Dienste bei der Bestimmung geologischer Formationen und bei der Erforschung der Erdgeschichte leisten.

So wurde die erste Hälfte des 19. Jh. zu einer großen Zeit der Geologie und Paläontologie, zumal die stürmisch fortschreitende Industrielle Revolution mit Bergbau und der Verlegung von Eisenbahntrassen in bisher unbekanntem Umfang geologische Schichten anschnitt und Versteinerungen bzw. Abdrücke von Tieren und Pflanzen zutage förderte; »Fossil« heißt übrigens wörtlich »Ausgegrabenes«.

Es wurde immer deutlicher, daß sich die Oberflächengestalt der Erde in gewaltigen Zeiträumen durchgreifend geändert hat. Ihre Geschichte kann mit klar unterscheidbaren geologischen Formationen – z. B. Karbon (Entstehungszeit der Kohle), Trias, Jura, Kreide – wissenschaftlich beschrieben werden.

Diese gewaltige geistige Leistung, zugleich von ungeheurer weltanschaulicher Bedeutung, war bei vielerlei Differenzen im Detail das Werk solch hervorragender Männer wie Füchsel, Hutton, Werner, von Buch, Lyell und von Humboldt. Im Jahre 1878 fand der erste Internationale Geologenkongreß statt.

## Blicke in versunkene Welten



Die linke Marke (Sch 1959) zeigt einen versteinerten Riesensalamander, benannt nach dem bedeutenden Schweizer Gelehrten und Paläontologen Scheuchzer, die rechte (Sch 1961) einen Fischabdruck / Aus einem sechswertigen Satz mit Motiven aus Paläontologischen Sammlungen (DDR 1973): Hier das älteste Nadelgehölz und Farnsammer aus dem Karbonzeitalter (ca. 350 Mill. Jahre alt), der berühmte Archaeopteryx, ein den Reptilien noch sehr ähnlicher Urvogel, Jurazeit (ca. 140–170 Mill. Jahre), und eine Trilobite, ausgestorbene Tierklasse aus dem Stamm der Gliederfüßler, sehr häufig im Kambrium und Silur (vor 570–440 Mill. Jahre)

## Fliegen leichter als Luft

Über die beiden Papierfabrikanten aus Annonay in Frankreich, die Brüder Joseph Michel und Jacques Etienne Montgolfier, weiß die Legende eine wundersame Geschichte zu berichten. Sie hätten beobachtet, wie sich ein über dem Ofen zum Trocknen aufgehängter Unterrock aufgebläht und hochgestiegen sei. So hätten sie den Heißluftballon erfunden.

In Wahrheit aber waren die Naturwissenschaften wesentlich an der Erfindung des Luftballons beteiligt. Die Brüder Montgolfier hatten Naturwissenschaften studiert. Beim Versuch, mit Stroheuern künstlich Wolken zu erzeugen, bemerkten sie den von erwärmter Luft ausgehenden Auftrieb. Den ersten öffentlichen Aufstieg eines Heißluftballons demonstrierten die Brüder am 5. Juni 1783. Der andere Ballontyp, der mit leichten Gasen gefüllte Ballon, verdankt seine Entstehung sogar direkt einem Hauptforschungsgegenstand des ausgehenden 18. Jh., der Gaschemie. So hatte Cavendish in England 1766 eine Arbeit veröffentlicht, worin er die Darstellung von »brennbarer Luft« durch Einwirkung von Säuren auf Metalle bekanntgab; wir nennen das so entstehende Gas heute Wasserstoff. Als nun der französische Physiker Charles vom Ballon der Brüder Montgolfier erfuhr – ohne zu wissen, daß diese Heißluft verwendet hatten – ließ er am 27. August 1783 in Paris einen mit Wasserstoff gefüllten Ballon aufsteigen.

Der französische Hof griff die wissenschaftlich-technische Sensation auf. Am 19. September fand im Beisein des Königs vor 130 000 Zuschauern der festliche Aufstieg einer »Montgolfière« statt, die 11 m Durchmesser besaß und eine Ente, einen Hahn und einen Hammel als Passagiere mitführte. Sie landeten wohlbehalten nach etwa 8 Minuten in ca. 4 km Entfernung. Ballonaufstiege von »Montgolfières« und »Charlières« wurden Mode. Auch erkannte man die Bedeutung des Ballonfluges für die Wissenschaften: Man erhielt Auskunft über Temperatur, Druck, Zusammensetzung und Feuchtigkeit der Luftschichten. Besonders ergiebig verlief ein Flug der Physiker Gay-Lussac und Biot am 24. 8. 1804. Doch blieb die Verwendung des Ballons als Verkehrsmittel während des 19. Jh. beschränkt, da das Problem der Lenkbarkeit bis zur Erfindung des Verbrennungsmotors und leichter Metallegierungen trotz aller Bemühungen zunächst ungelöst blieb.



Das Jahr 1783 markiert den Beginn der Eroberung des Luftraumes und des Raumes (F 1983) / Der Apotheker de Rozier wagte am 21. November 1783 einen Ballonaufstieg. Er kam 1785 bei dem Versuch, den Ärmelkanal zu überqueren, ums Leben (F 1936) / Ein gescheiterter Versuch (1785), mittels Ruder und großer vogelähnlicher Schwingen einen Ballon in eine gewünschte Richtung zu dirigieren. Sogar das »Anspannen« von Adlern als »Zugtieren« wurde erwogen (Mon 1982) / Das erste vollendete lenkbare Luftschiff des Grafen Zeppelin, LZ 1. Erstaufstieg am 3. 7. 1900 vom Bodensee aus (BRD 1978)

Eine Reihe wesentlicher technischer Erfindungen – Schnellschütze, Spinnmaschine, mechanischer Webstuhl, Baumwollentkernung, Supportdrehbank, Wollkämmerei, Fräsmaschine – wurde am Ende des 18. Jh. gemacht. Aus der atmosphärischen Maschine von Newcomen wurde die Dampfmaschine von Watt.

Es waren diese und andere technische Erfindungen, die die Industrielle Revolution auslösten, die nun ihrerseits zunehmend und nachhaltig Forderungen an Mathematik und Naturwissenschaften zu stellen begann. Maschinenbau, Brücken, Schiffe, Waffen, Bergwerke und Eisenbahnen erhöhten sprunghaft den Bedarf an Eisen, Stahl, Nichteisenmetallen, Kohle und anderen Grundmaterialien; Hüttenleute, Chemiker und Geologen waren auf den Plan gerufen. Die Gewinnung von Textilhilfsstoffen wie Schwefelsäure, Soda, Bleich- und Färbemitteln sowie die Versorgung der rasch sich ausdehnenden Industriestädte mit Nahrung, Brennstoffen und Beleuchtung bildete ein anderes weites Feld für Chemiker und Agrarwissenschaftler.

Probleme der Konstruktion von Maschinenelementen, der Kraftübertragung, der Reibung, der Präzisionsmechanik und der Energiegewinnung brachten Physiker und Mathematiker in engere Beziehung zur materiellen Produktion als je zuvor. Dazu kam das breite gesellschaftliche Interesse an rasch, zuverlässig und über weite Entfernungen arbeitenden Nachrichtenverbindungen. Die Naturwissenschaften erhielten unter den Bedingungen der Industriellen Revolution eine neue soziale Funktion: Sie begannen, sich selbst in eine Produktivkraft zu verwandeln. Eine neue Welle von Universitätsgründungen setzte ein; dazu kam mit den polytechnischen oder technischen Hochschulen ein neuer Typ von Hochschulen, an denen die Ausbildung der Ingenieure erfolgte. Nicht wenige Naturwissenschaftler nutzten naturwissenschaftliche Ergebnisse unter den kapitalistischen Produktionsbedingungen profitbringend aus und wurden Unternehmer.

Die Naturwissenschaften konnten ihre weitgreifende Bedeutung im Bereich der Produktion beweisen. Ihre neu erreichte hohe gesellschaftliche Wertschätzung bot ihnen zugleich die Möglichkeit, sich nach Breite und Tiefe gemäß ihren eigenen inneren Möglichkeiten und Notwendigkeiten zu entfalten.

## Eine neue Produktivkraft: die Wissenschaft



Der französische Seidenweber Jacquard erfand 1805 den programmgesteuerten Webautomaten (F 1934) / Ausstellungen demonstrierten die Leistungsfähigkeit der Industrie (F 1973) / Marx und Engels, in England, dem Stammland der Industriellen Revolution, lebend, analysierten die ökonomischen und politischen Folgen der Industriellen Revolution (DDR 1968) / Der Ausbau der Verkehrsverbindungen zu Wasser und durch Eisenbahnen in nur wenigen Jahrzehnten gehört zu den bewundernswürdigsten Leistungen der Industriellen Revolution. Dampfschiffahrt auf der Weichsel, 1830 (P 1979) / Norwegische Eisenbahn, 1854 (No 1954)

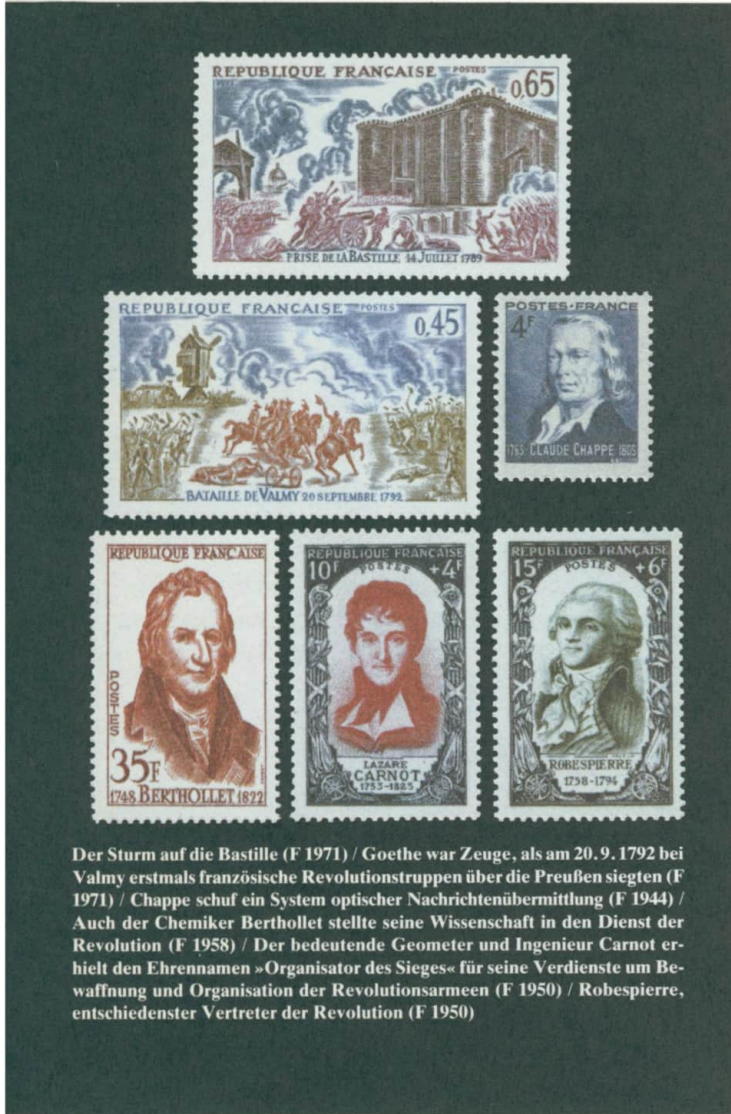
## »Das Vaterland ist in Gefahr«

Der Sturm auf die Bastille, das verhaßte Staatsgefängnis, leitete am 14. Juli 1789 die Große Französische Revolution ein. Das korrupte französische Feudalsystem wurde gestürzt, die Monarchie abgeschafft und eine Republik errichtet. Der Sieg des Neuen rief die alten Feudalmächte auf den Plan; mit militärischer Gewalt sollte das revolutionäre Frankreich niedergeworfen werden. Die Lage wurde bedrohlich.

Unter der Losung »Das Vaterland ist in Gefahr« wurden die republikanischen Kräfte Frankreichs mobilisiert. Viele bedeutende französische Gelehrte stellten ihre Fähigkeiten in den Dienst der Revolution; unter ihnen an führender Stelle die Mathematiker Monge, Vandermonde und L. N. M. Carnot, die Chemiker de Fourcroy und Berthollet.

Monge war eine Zeitlang Marineminister, Carnot mehr als zwei Jahre Kriegsminister. Er erwarb sich höchste Verdienste um Bewaffnung und Organisation der Revolutionsarmeen, von denen sogar noch Napoleon profitieren konnte.

Das revolutionäre Frankreich war von der Zufuhr von Salpeter aus Übersee für die Pulverherstellung abgeschnitten; Monge, Fourcroy und Berthollet organisierten die Gewinnung von Salpeter aus Pferdeställen. Kanonen und Gewehre fehlten; Monge und Vandermonde verfaßten Gebrauchsanweisungen zur Fabrikation von Stahl, Gewehren und Geschützen und beaufsichtigten Tag und Nacht die Fortschritte in den Werkstätten. Innerhalb weniger Monate stieg die Zahl der verfügbaren Geschütze von 900 auf 13 000. Paris allein erzeugte 140 000 Gewehre. Man ersann schnellere Methoden, das dringend benötigte Leder zu gerben. In der für Frankreich siegreichen Schlacht bei Fleurus (1794) wurde der Luftballon erstmals militärisch, zur Inspektion der Bewegungen der österreichischen Truppen eingesetzt. Mit dem von Chappe angelegten System optischer Telegrafen – auf Türmen waren gegeneinander bewegliche Balken angebracht, deren verschiedene Stellungen den Buchstaben zugeordnet waren und die mittels Fernrohr beobachtet wurden – konnten kriegswichtige Nachrichten übermittelt werden. Die 270 km lange Strecke von der Front bei Lille bis Paris wurde 1794 in der damals sensationell kurzen Zeit von 2 Minuten überbrückt.



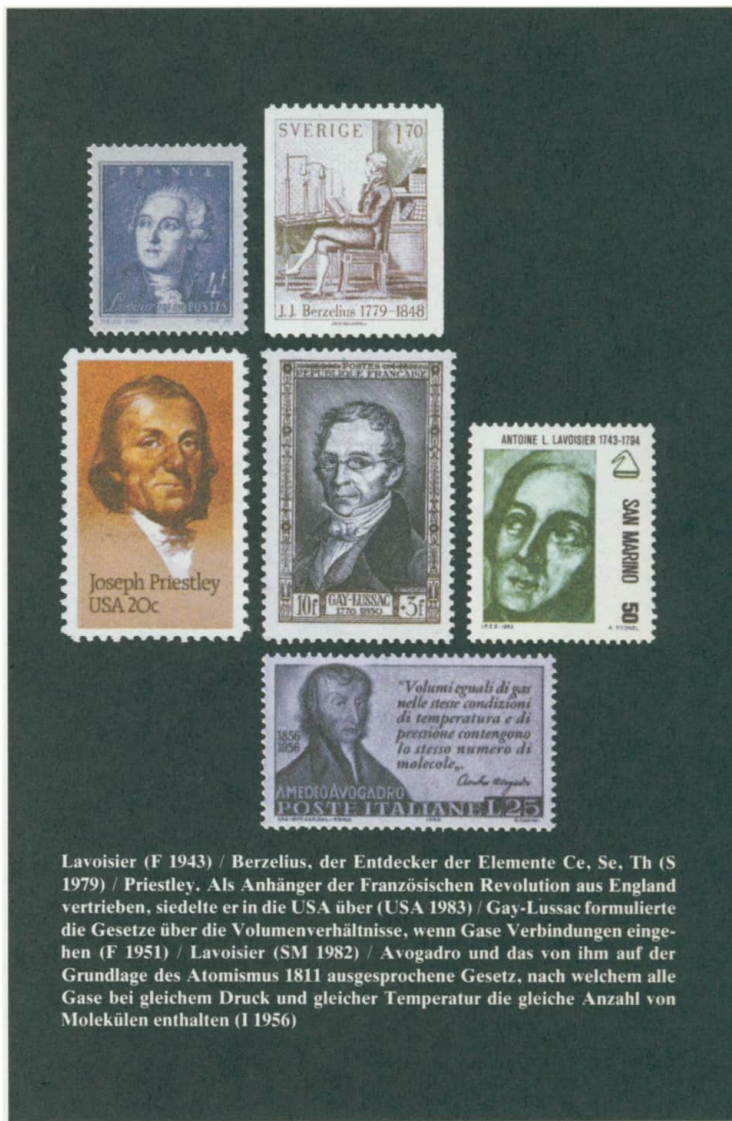
Der Sturm auf die Bastille (F 1971) / Goethe war Zeuge, als am 20. 9. 1792 bei Valmy erstmals französische Revolutionstruppen über die Preußen siegten (F 1971) / Chappe schuf ein System optischer Nachrichtenübermittlung (F 1944) / Auch der Chemiker Berthollet stellte seine Wissenschaft in den Dienst der Revolution (F 1958) / Der bedeutende Geometer und Ingenieur Carnot erhielt den Ehrennamen »Organisator des Sieges« für seine Verdienste um Bewaffnung und Organisation der Revolutionsarmeen (F 1950) / Robespierre, entschiedenster Vertreter der Revolution (F 1950)

Paris 1774. Der englische Philosoph und Naturforscher Priestley berichtet dem französischen Chemiker Lavoisier über eine jüngst von ihm gemachte Entdeckung: Wenn man Zinnober (Quecksilberoxid) stark erhitzt, so wird ein Gas frei, in dem Kerzen heller brennen und glimmende Holzspäne wieder aufflammen. Priestley hatte, wie wir heute wissen, den Sauerstoff entdeckt, wie übrigens auch nahezu gleichzeitig Scheele in Schweden. Am Ausgang des 18. Jh. wurde es klar, daß es verschiedene »Arten von Luft«, d. h. verschiedene Gase gibt, die sich chemisch klar unterscheiden lassen. Sauerstoff und Wasserstoff, Kohlendioxid, Stickstoff, Ammoniak, Stickoxide und andere Gase, schon vorher beschrieben, konnten mittels der von Cavendish erfundenen pneumatischen Wanne aufgefangen und dann in ihren Eigenschaften studiert werden. Priestley und Scheele waren, wie überhaupt die Chemiker dieser Zeit, Anhänger der Phlogistontheorie, die der deutsche Arzt und Chemiker Stahl um 1697 aufgestellt hatte. Danach soll beim »Verkalken« (Oxidieren) ein »Feuerstoff« (Phlogiston) den Körper verlassen; bei der Reduktion – z. B. von Metalloxiden mit Holzkohle – wird dem Körper das Phlogiston wieder zugeführt. Folgerichtig galt Priestley daher Sauerstoff als »dephlogisierte Luft«.

Lavoisier aber zog in langen Jahren angestrebter Arbeit aus Priestleys Experiment ganz andere Folgerungen. Gestützt auf Wägungen – zerfallendes Quecksilberoxid wird leichter, obwohl »Phlogiston zugeführt« wird – verwarf er die Theorie von Stahl und den Feuerstoff: Ein Oxid ist eine Verbindung eines Elementes mit Sauerstoff. Endlich war der wahre Zusammenhang zwischen Oxydation und Reduktion aufgedeckt.

Lavoisier veröffentlichte 1789 ein neues System der Chemie, präziserte den Begriff Element und erarbeitete eine erste Tafel von 23 Elementen. Dalton in England stellte eine Atomtheorie auf und konnte so das Gesetz der multiplen Proportionen formulieren. Berzelius in Schweden führte die Bestimmung der (relativen) Atommassen weiter und begründete eine elektrochemische Valenzlehre. Hand in Hand mit der neuen Chemie ging die Ausbildung der chemischen Symbolik und Nomenklatur.

## Revolution in der Chemie



Lavoisier (F 1943) / Berzelius, der Entdecker der Elemente Ce, Se, Th (S 1979) / Priestley. Als Anhänger der Französischen Revolution aus England vertrieben, siedelte er in die USA über (USA 1983) / Gay-Lussac formulierte die Gesetze über die Volumenverhältnisse, wenn Gase Verbindungen eingehen (F 1951) / Lavoisier (SM 1982) / Avogadro und das von ihm auf der Grundlage des Atomismus 1811 ausgesprochene Gesetz, nach welchem alle Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur die gleiche Anzahl von Molekülen enthalten (I 1956)

## »Schule ohne Vorbild und ohne Nachbild«



Der General Bonaparte, der spätere Kaiser Napoleon I., förderte die Pariser Polytechnische Schule, die ihm hervorragende Militäringenieure zur Verfügung stellte, obwohl er die republikanische Gesinnung ihrer Zöglinge scharf mißbilligte (F 1972) / Monge, Begründer der darstellenden Geometrie als Wissenschaft, Hauptorganisator der Pariser Polytechnischen Schule (F 1953) / Die erste ausländische, nach Pariser Vorbild organisierte polytechnische Schule ging 1806 in Prag aus einer zu Anfang des 18. Jh. entstandenen bescheidenen Ingenieurschule hervor; führender Kopf war der Physiker Ritter von Gerstner (CS 1957)

Vor ihrem Sturze noch hatte die Jakobinerregierung unter Robespierre 1794 die Gründung einer »Zentralschule für die öffentlichen Arbeiten« angeordnet; ein Jahr später erhielt sie den Namen »Ecole Polytechnique« (Polytechnische Schule). Geistiger Vater war der glühende Republikaner und hervorragende Mathematiker Monge, der der darstellenden Geometrie, der »Sprache des Ingenieurs« eine beherrschende Stellung im Ausbildungsgang zuwies. Der Mathematiker Lagrange wurde erster Präsident.

Aus der Polytechnischen Schule gingen während der Kriegsjahre hauptsächlich Militäringenieure hervor, denen die Armeen Napoleons – der als ehemaliger Artillerieoffizier technisch wissenschaftliche Kenntnisse zu schätzen wußte – einen guten Teil ihrer Schlagkraft verdankten. Vor allem aber profitierte die französische Industrie von den hervorragend ausgebildeten Ingenieuren. Dank straffer Führung und anspruchsvoller Ausbildung – hohes theoretisches Niveau, gepaart mit experimentellem Training – entwickelte sich die Ecole Polytechnique für Jahrzehnte zum führenden Zentrum von Mathematik und Naturwissenschaften in der Welt. Hier wirkten als Professoren – viele von ihnen waren ehemals selbst Zöglinge gewesen – die Astronomen und Mathematiker Cauchy, Laplace, Poisson, der Geometer Poncelet, die Physiker Ampère, Gay-Lussac, Malus, Fresnel, die Chemiker Berthollet, Dulong, Dumas, Vauquelin, Thenard – überaus klangvolle Namen in der Geschichte der Wissenschaften.

Der Erfolg der Pariser Schule war so überzeugend, daß der berühmte deutsche Mathematiker Jacobi sie »Schule ohne Vorbild und ohne Nachbild« nannte. Sie konnte in ihrer einzigartigen Konzentration von führenden Fachgelehrten aller Richtungen – getragen von politisch revolutionärem Heroismus – nie nachvollzogen werden, aber die Pariser Schule machte Schule. Inspiriert vom Vorbild in Paris entstanden während der Industriellen Revolution weitere polytechnische Schulen, in Prag, in Wien, Karlsruhe, München, Dresden, Stuttgart, Hannover, Kassel, Zürich, Lissabon, Kopenhagen, Riga und anderswo. Aus ihnen sind die späteren technischen Hochschulen hervorgegangen.

Meter, Sekunden und Kilogramm sind heute weltweit gebräuchlich, es sind dezimal unterteilte Maßeinheiten für Länge, Zeit und Masse. Im feudalistischen Europa hatte jeder Staat eigene Maße, Gewichte und Währungen besessen. Diese Zersplitterung bildete ein bedeutendes Hindernis für die Entfaltung von Handel und Gewerbe. Darum hatten schon Stevin in den Niederlanden 1585 und Franklin während der amerikanischen Unabhängigkeitskriege die Vereinheitlichung der Maße und deren dezimale Unterteilung gefordert, freilich vergeblich. Erst die Revolution in Frankreich schuf die organisatorischen und politischen Voraussetzungen zur Reform des Maßsystems. Die Nationalversammlung beschloß 1790, ein einheitliches, stets reproduzierbares, aus der Natur ableitbares Maßsystem einzuführen. Eine Wissenschaftlerkommission, der u. a. Borda, Lagrange und Laplace angehörten, setzte den 10millionsten Teil eines Viertels des Erdumfanges als Längeneinheit fest. Trotz Revolution, Konterrevolution und Krieg wurde das Meridianstück zwischen Dunkerque und Barcelona ausgemessen und das Ergebnis in zweijähriger Arbeit ausgewertet. Am 22. Juni 1799 wurde ein Endmaßstab aus Platinschwamm »in der Schweißhitze« zusammengehämmert und »Meter« (von griech. metron, Maß) genannt; dies ist das heute noch in Paris aufbewahrte »Archivmeter«.

Gedenkplaketten mit der Aufschrift »A tous les Temps, à tous les Peuples« sollten die Einführung der neuen Maße unterstützen; doch zog sich die endgültige Anerkennung sogar in Frankreich noch bis 1840 hin. Andere Staaten folgten noch später. Schließlich wurde 1875 eine Internationale Meterkonvention abgeschlossen und in Sèvres bei Paris ein »Internationales Büro für Maße und Gewichte« eingerichtet. Aus einer Platin-Iridium-Legierung wurde ein im Querschnitt x-förmiger Maßstab gegossen; Kopien gingen an die der Meterkonvention angeschlossenen Staaten.

Während des 19. Jh. stellten verfeinerte Erdmessungen Abweichungen zur Meridianmessung fest. Der in Sèvres liegende Maßstab wird daher als willkürlich festgelegte Längeneinheit »Meter« und nicht mehr als Naturkonstante definiert. Ebenfalls in Sèvres befindet sich der Internationale Prototyp des Kilogramms, ein Platin-Iridium-Zylinder von 39 mm Breite und Höhe. Die Sekunde wird heute durch inneratomare Schwingungen festgelegt.

## »Für alle Zeiten – Für alle Völker«



Die französische Marke links oben erinnert an die ursprüngliche Definition des Meters als Naturkonstante (F 1954) / Gedenkmarken an den Abschluß der Meterkonvention: Prototyp des Meters (Sch 1975) und Urkunde vom 20. Mai 1875 (F 1975). Zur Sicherheit gegen mögliche Materialveränderungen wurde im 20. Jahrhundert das Meter auf die (unveränderliche) Wellenlänge der orangefarbenen Spektrallinie des Krypton-Isotops 86 zurückgeführt / Brasilien übernahm bereits 1862 das metrische Maßsystem (Bra 1962) / Einige englischsprachige Länder mit historisch gewachsenen nicht-metrischen Maßsystemen – wie hier Australien – müssen noch immer das metrische Maßsystem popularisieren (Aus 1973)

# Alexander von Humboldt, Naturforscher und Humanist

Ausgedehnte Forschungsreisen auf drei Kontinenten, zahlreiche Beiträge zur Fortentwicklung der Geowissenschaften, populärwissenschaftliche Tätigkeit, Förderung junger unbemittelter wissenschaftlicher Talente, entschiedene Verurteilung von Rassenvorurteilen, Sklaverei und Unterdrückung, der lebendige Kontakt mit führenden Naturforschern und Vertretern des künstlerisch-intellektuellen Lebens ließen ihn eine einzigartige Stellung gewinnen. Für die Naturwissenschaften kann Humboldt als Begründer der Tier- und Pflanzegeographie, der Klimatologie, der Hydrographie und der wissenschaftlichen Länderbeschreibung gelten. An die tausend Flüsse, Gebirge, Pflanzen, Tiere, Minerale, wissenschaftliche und kommerzielle Einrichtungen, Straßen, Plätze und Ortschaften tragen den Namen Alexander von Humboldt.

Der als Sohn eines preußischen Offiziers in Berlin Geborene trieb weitgefächerte Studien an verschiedenen deutschen Hochschulen, unternahm früh geologische Studienreisen durch Europa – darunter eine zusammen mit dem progressiven deutschen Naturforscher und Politiker Forster, der an Cooks zweiter Weltumsegelung teilgenommen hatte –, war einige Zeit in der preußischen Bergwerksverwaltung tätig, ehe er sich, im Besitz eines beträchtlichen ererbten Vermögens, auf eine große Expedition begeben konnte. Zusammen mit dem französischen Botaniker Bonpland erforschte Humboldt zwischen 1799 und 1804 Gebiete der heutigen Staaten Venezuela, Kuba, Kolumbien, Ekuador, Peru und Mexiko (damals noch spanische Kolonien). Als »zweiter, wissenschaftlicher Entdecker Amerikas« wird Humboldt heute besonders in Lateinamerika hoch verehrt. Vorwiegend in Paris lebend widmete er sich der Auswertung der Amerikareise, bis er 1827 endgültig seinen Wohnsitz in Berlin nahm. Eine zweite Reise führte ihn 1829 zusammen mit Ehrenberg und Rose nach Rußland und Sibirien bis an die chinesische Grenze.

Humboldt nutzte seine einflußreiche Stellung am preußischen Hofe zur Förderung der Wissenschaften. Durch Teilnahme am Trauerzug ehrte er die während der Märzrevolution 1848 in Berlin Gefallenen. Sein »Kosmos«, eine großangelegte Weltbeschreibung, an dem er unermüdlich bis zum Tode arbeitete, trug erheblich zur Anhebung des naturwissenschaftlichen Bildungsniveaus breiter Bevölkerungskreise bei.



Zur Erinnerung an die Südamerika- und Asienreise A. v. Humboldts (DDR 1959) / A. v. Humboldt (WB 1969) / A. v. Humboldt stand in freundschaftlichem Kontakt mit Bolívar, dem Befreier Spanisch-Amerikas von der Kolonialherrschaft (DDR 1983) / Zur Erinnerung an Humboldts Südamerikareise (Kol 1969) / Die 1810 in Berlin gegründete Universität trägt heute den Namen Humboldt-Universität. Denkmale würdigen A. v. Humboldt (rechts) und seinen Bruder Wilhelm v. Humboldt, der sich große Verdienste um die Reorganisation des höheren Bildungswesens in Preußen erwarb (DDR 1960) / Ein Planetarium in Caracas (Venezuela) wurde nach A. v. Humboldt benannt (Ve 1973)

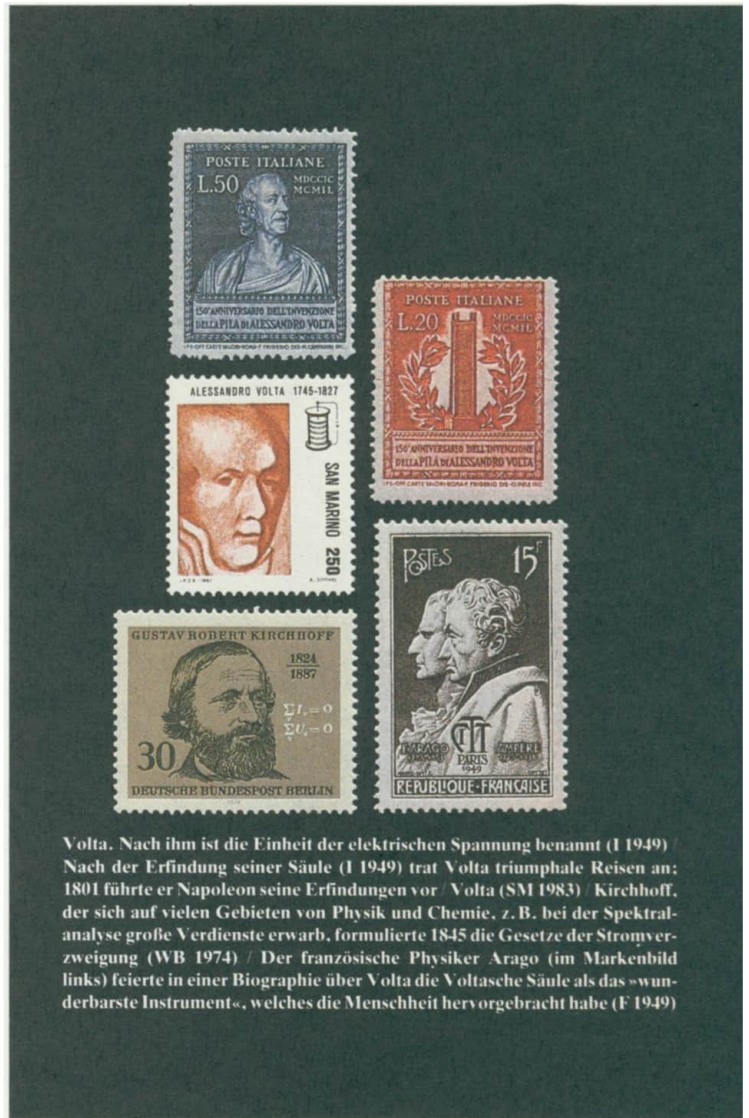
Galvani hatte mit seinen 1791 bekannt gemachten Froschschenkelversuchen reichlich für Sensation gesorgt: Doch der italienische Physiker Volta mochte seinem Kollegen und Freund in der Interpretation vom Vorhandensein einer tierischen Elektrizität nicht folgen. Volta hatte bereits bedeutsame eigene Untersuchungen zur Elektrizitätslehre vorgenommen, z. B. mit dem »Elektrophor« 1775 eine Übertragungsmöglichkeit von elektrischer Ladung gefunden, 1782 den Plattenkondensator erfunden und dann mit dem Strohhalmelektrometer eine Möglichkeit geschaffen, auch winzige Ladungsmengen nachzuweisen. Ermuntert von Coulomb, der selbst mit seiner Torsionswaage ein empfindliches Instrument konstruiert und das Gesetz der Kraft der gegenseitigen Anziehung bzw. Abstoßung von Ladungen gefunden hatte, machte sich Volta an die Arbeit und konnte schon 1792 beweisen, daß beim Zucken der Froschschenkel diese nur als Anzeigeinstrument wirken. Die Elektrizität selbst entsteht etwa durch den Kontakt zweier verschiedener Metalle, wenn dieser durch einen Elektrolyten (Salzlösung) hergestellt wird.

Ein direkter Weg führte nun zur Aufstellung einer »Spannungsreihe« der Metalle und schließlich 1799/1800 zur Erfindung der Voltaschen Säule: Kupfer und Zinkplatten im Wechsel aufeinandergeschichtet, jeweils getrennt durch mit Salzlösung getränkte Pappscheiben. Eine gänzlich neue Situation war durch die Voltasche Säule in der Elektrizitätslehre entstanden. Nun stand nicht nur einmalig sich entladende, sondern scheinbar unerschöpflich sich erneuernde fließende Elektrizität zur Verfügung.

Merkwürdig schwierig erwies sich die Bestimmung der Gesetze des Stromkreises. Sogar noch, als Ohm in den Jahren 1826/27 das nach ihm benannte Gesetz über den Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand publiziert hatte, gab es Begriffsverwirrung und Schwierigkeiten.

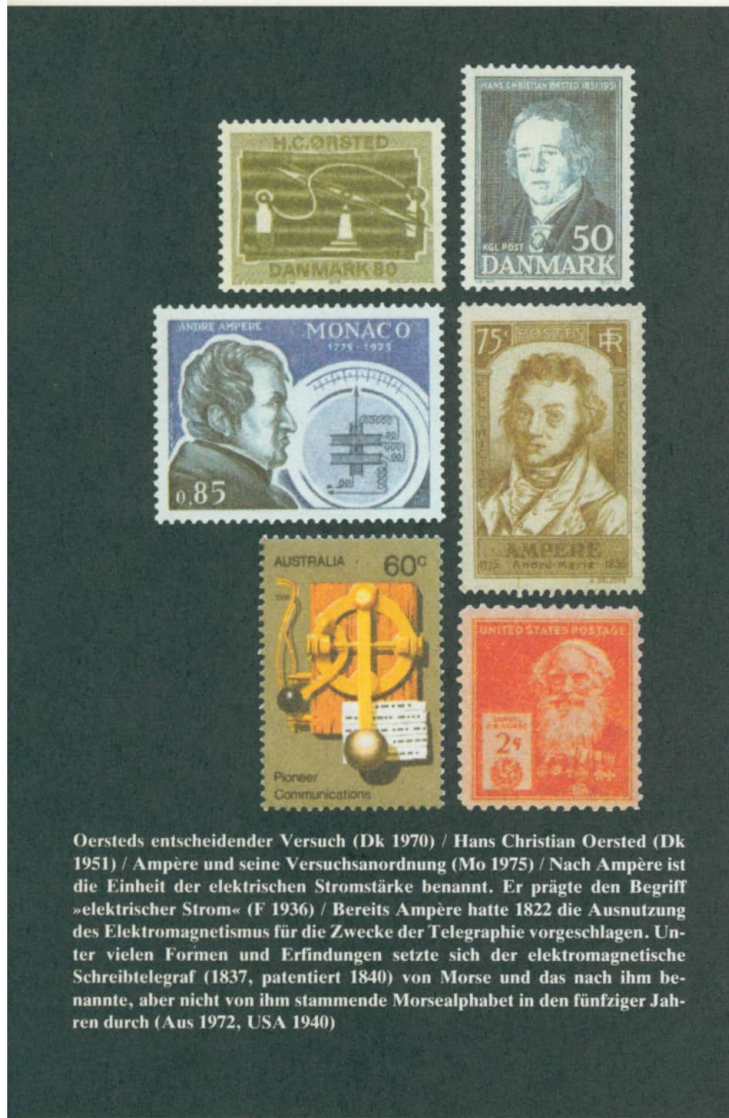
Rasch dagegen erwies sich der Wert der Voltaschen Säule für die Chemie: Der Engländer Davy konnte 1807 mit einer Riesenbatterie durch Schmelzflußelektrolyse aus Pottasche Kalium und aus Soda Natrium als neue Elemente auffinden; 1808 folgten Barium, Strontium, Kalzium und Magnesium. Die Elektrochemie war geboren. Davy's Assistent Faraday bestimmte 1832 die quantitativen Gesetze der Stromabscheidung von Metallen.

## Der Strom fließt



Volta. Nach ihm ist die Einheit der elektrischen Spannung benannt (I 1949) / Nach der Erfindung seiner Säule (I 1949) trat Volta triumphale Reisen an: 1801 führte er Napoleon seine Erfindungen vor / Volta (SM 1983) / Kirchhoff, der sich auf vielen Gebieten von Physik und Chemie, z. B. bei der Spektralanalyse große Verdienste erwarb, formulierte 1845 die Gesetze der Stromverzweigung (WB 1974) / Der französische Physiker Arago (im Markenbild links) feierte in einer Biographie über Volta die Voltasche Säule als das »wunderbarste Instrument«, welches die Menschheit hervorgebracht habe (F 1949)

# Elektromagnetismus – Einheit der Naturkräfte



Oersteds entscheidender Versuch (Dk 1970) / Hans Christian Oersted (Dk 1951) / Ampère und seine Versuchsanordnung (Mo 1975) / Nach Ampère ist die Einheit der elektrischen Stromstärke benannt. Er prägte den Begriff »elektrischer Strom« (F 1936) / Bereits Ampère hatte 1822 die Ausnutzung des Elektromagnetismus für die Zwecke der Telegraphie vorgeschlagen. Unter vielen Formen und Erfindungen setzte sich der elektromagnetische Schreibtelegraf (1837, patentiert 1840) von Morse und das nach ihm benannte, aber nicht von ihm stammende Morsealphabet in den fünfziger Jahren durch (Aus 1972, USA 1940)

Ermutigt durch Galvanis Entdeckungen und geleitet von der Überzeugung von der Einheit aller Naturkräfte suchten viele Naturforscher – unter ihnen der Physiker Ritter in Jena, der eine chemisch begründete Theorie der Spannungsreihe aufstellte und übrigens 1801 den ultravioletten Teil des Sonnenspektrums entdeckte – nach dem Zusammenhang von Elektrizität und Magnetismus. Nach der Erfindung der Voltaschen Säule glückte dem Dänen Oersted, einem Schüler Ritters, der große Wurf: Er konnte 1820 demonstrieren, daß eine Magnetnadel in der Nähe eines durch einen Draht fließenden elektrischen Stromes abgelenkt wird. Auf vier Druckseiten nur machte Oersted eine neue wissenschaftliche Sensation bekannt.

Im selben Jahr noch wiederholte Ampère in Frankreich die Oerstedschen Versuche und ging noch weiter, indem er die Wirkungen zweier stromdurchflossener Leiter aufeinander feststellte. Magnetismus sei, auch im Kleinen, nichts anderes als die Wirkung von Molekularströmen.

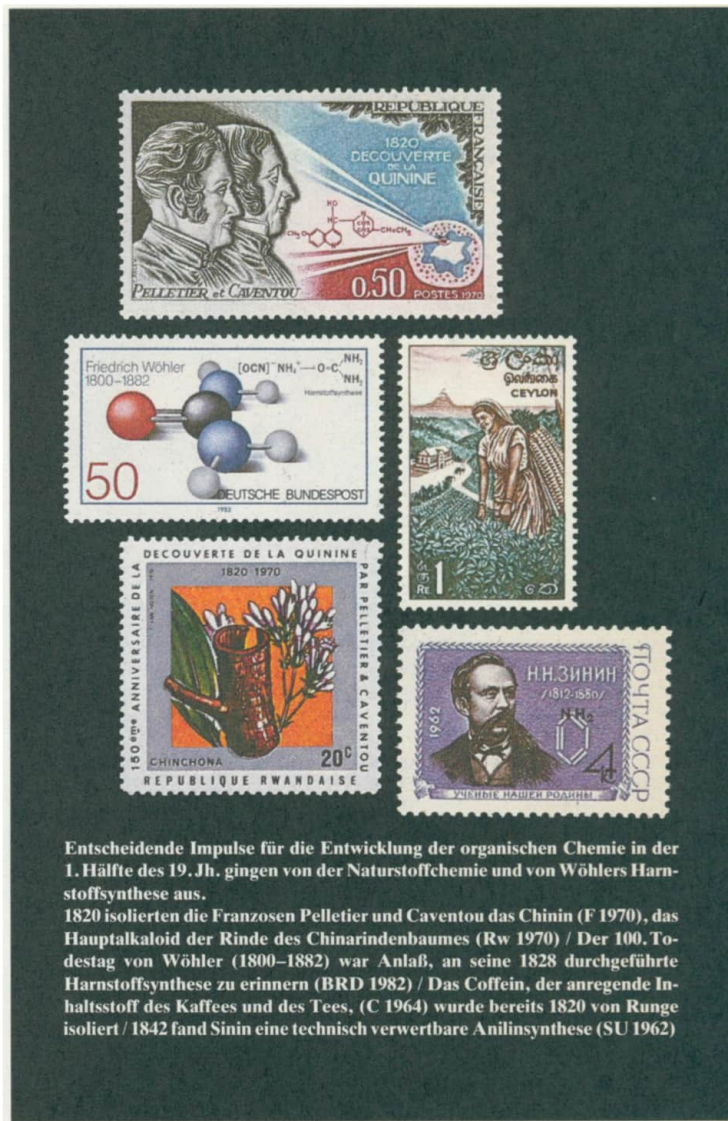
Auch Faraday in England wiederholte 1821 Oersteds Versuche und erfand eine Vorrichtung, um mittels der magnetischen Kraft eines stromdurchflossenen Leiters eine permanente rotierende Bewegung zu erzeugen, sozusagen die Urform des Elektromotors. Als Anhänger der romantischen Naturphilosophie suchte Faraday bewußt das Gegenstück zum Versuch von Oersted, nämlich die Erzeugung von Elektrizität durch Magnetismus, freilich lange Jahre vergeblich. Erst 1832 war er erfolgreich, mit dem Nachweis der elektromagnetischen Induktion und dann später der Selbstinduktion. Auch wies er die Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in einem Magnetfeld nach. Gestützt auf tiefe intuitive Denkweisen und planmäßig angestellte Experimente stieß Faraday zu einer neuartigen physikalischen Konzeption vor: Der stromdurchflossene Leiter ist von magnetischen »Kraftlinien« umgeben, und magnetische und elektrische Linien wirken aufeinander. Hier bereitete sich die allgemeine Konzeption des physikalischen Feldes vor, die für den Fall des elektromagnetischen Feldes durch Maxwell in mathematisierter Form durchgebildet und später durch Einstein verallgemeinert wurde.

Am 22. Februar 1828 schrieb der deutsche Chemiker Friedrich Wöhler in einem Brief an seinen Freund Berzelius folgendes: »Ich muß Ihnen erzählen, daß ich Harnstoff machen kann, ohne dazu Nieren oder überhaupt ein Tier, sei es Mensch oder Hund, nötig zu haben.«

Das ist das Fazit einer revolutionierenden Entdeckung und die Geburtsstunde der organischen Synthesechemie. Wöhler hatte in seinem Laboratorium den anorganischen Stoff Ammoniumcyanat in die organische Verbindung Harnstoff umgewandelt. Etwas bis dahin unwahrscheinliches war möglich geworden. Gemäß der damals allgemein akzeptierten vitalistischen Auffassungen sollten derartige Umwandlungen von Stoffen nur im lebenden Organismus ablaufen können, weil dieser über die unbedingt notwendige Lebenskraft, die vis vitalis, verfüge.

Die Entwicklung der organischen Chemie zu einer eigenständigen Wissenschaftsdisziplin wurde zu Beginn des 19. Jh. vollzogen. Zwischen 1806 und 1814 führte Berzelius Begriffe wie organische Chemie, organische Verbindungen und organische Moleküle für solche »Körper« ein, die vom lebenden Organismus erzeugt werden konnten. Erste systematische Untersuchungen solcher organischen Verbindungen waren bereits um 1780 von Scheele durchgeführt worden. Er hatte verschiedene organische Säuren wie Äpfelsäure, Weinsäure, Milchsäure, Harnsäure, Gallussäure u. a. isoliert. In der Folgezeit dominierten in der organischen Chemie das Studium und die Reindarstellung von Naturstoffen und deren Funktionalisierung (Umwandlung in Derivate). Erst in der Mitte des 19. Jh. begann sich die Laborsynthese organischer Verbindungen aus einfachen Grundstoffen oder den Elementen auszubreiten. Am Anfang dieser Entwicklung standen die 1844 von Kolbe synthetisierte Essigsäure – ausgehend von Schwefelkohlenstoff und Chlor – und die 1856 von Berthelot realisierte Methansynthese aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff. Heute gehört die Synthesechemie zu den Grundpfeilern der organischen Chemie. Es gibt kaum eine organische Verbindung, die sich nicht auch im Labor darstellen ließe. Allerdings haben zahlreiche Laborsynthesen nur theoretische Bedeutung, da der große Aufwand und die hohen Kosten oftmals in keinem Verhältnis zum praktischen Nutzen stehen.

## Wöhler macht Harnstoff ohne Nieren



Entscheidende Impulse für die Entwicklung der organischen Chemie in der 1. Hälfte des 19. Jh. gingen von der Naturstoffchemie und von Wöhlers Harnstoffsynthese aus.

1820 isolierten die Franzosen Pelletier und Caventou das Chinin (F 1970), das Hauptalkaloid der Rinde des Chinarindenbaumes (Rw 1970) / Der 100. Todestag von Wöhler (1800–1882) war Anlaß, an seine 1828 durchgeführte Harnstoffsynthese zu erinnern (BRD 1982) / Das Coffein, der anregende Inhaltsstoff des Kaffees und des Tees, (C 1964) wurde bereits 1820 von Runge isoliert / 1842 fand Sinin eine technisch verwertbare Anilinsynthese (SU 1962)

## Der Makel des Euklid – Revolution in der Geometrie



Gauß beschäftigte sich bereits als Jüngling mit Grundlagenfragen der Geometrie. Als 18jähriger entdeckte er, daß sich das 17-Eck mit Zirkel und Lineal konstruieren läßt. Damit wurde ein seit der Antike bekanntes Problem – das der Konstruktion aller regulären Polygone mit Zirkel und Lineal – einer überraschenden allgemeinen Lösung nahegebracht (DDR 1977). Spätestens 1815/16 erkannte Gauß die Möglichkeit nichteuklidischer Geometrie / Der ungarische Mathematiker Wolfgang (Farkas) Bolyai, Studiengenosse und Freund von Gauß (U 1932) / Sein Sohn Johann (János) Bolyai. Es existiert kein authentisches Porträt (U 1960) / Lobatschewski, dem wesentlich die Weltbedeutung der Universität Kasan zu danken ist (SU 1951) / Poincaré, hochproduktiver Mathematiker auf vielen Gebieten (F 1952)

Der hellenistische Mathematiker Euklid hatte in seinen »Elementen« das Gebäude der Geometrie in vorbildlicher Weise auf fünf Postulate (wir sprechen heute von Axiomen) gegründet. Die ersten vier halten leicht einsichtige geometrische Sachverhalte fest wie etwa den, daß alle rechten Winkel gleich sind. Das fünfte Postulat ist jedoch komplizierter. Es besagt, in moderner Formulierung, daß man zu einer vorgegebenen Geraden durch einen nicht auf ihr liegenden Punkt genau eine Parallele ziehen kann. Seit der Antike gab es daher vielfältige Versuche, insbesondere auch durch islamische Mathematiker, das komplizierte fünfte Postulat, das Parallelpostulat, mit Hilfe der anderen vier zu beweisen. Trotz verstärkter Anstrengungen im 18. Jh. konnte jedoch diese offene Frage, der »Makel des Euklid«, nicht beseitigt werden.

Als erster hat der junge Gauß erkannt, daß das Parallelpostulat unabhängig von den vier anderen ist. Es gibt eine in sich widerspruchsfreie Geometrie, bei der es statt genau einer beliebig viele Parallelen zu einer Geraden gibt. Gauß korrespondierte zwar mit Freunden über die nichteuklidische Geometrie, hat aber darüber nie publiziert. So gebührt die Ehre, als erster die ungewöhnliche Geometrie, die im Widerspruch zur Erfahrung und zur damals vorherrschenden Philosophie stand, öffentlich bekannt gemacht zu haben, dem russischen Mathematiker Lobatschewski, der sich seit 1826 mündlich und schriftlich über nichteuklidische Geometrie äußerte.

Doch blieb Lobatschewski zu Lebzeiten die Anerkennung ebenso versagt wie dem Ungarn János Bolyai, der, trotz der Warnungen seines Vaters vor dem außerordentlich schwierigen Gegenstand, Ende der 20er Jahre ebenfalls zu den Grundlagen der nichteuklidischen Geometrie vorstieß und diese 1832 veröffentlichte.

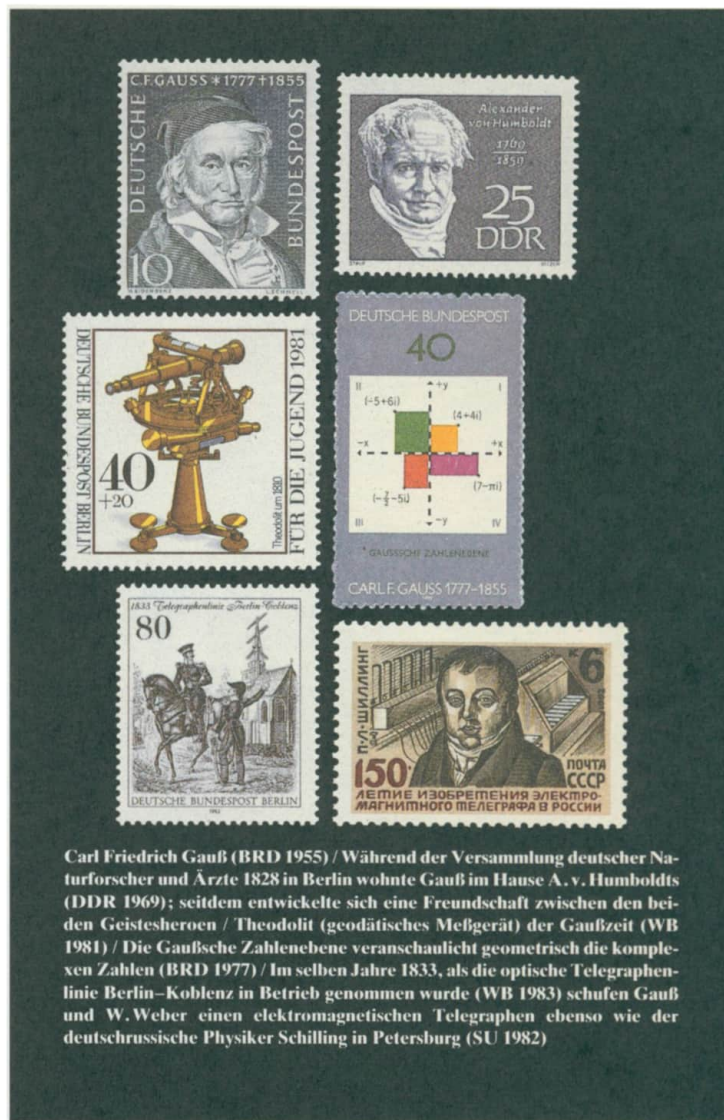
Drei Mathematiker teilen sich so in den Ruhm, nahezu gleichzeitig und voneinander unabhängig den Bruch mit einer jahrtausendealten Tradition in der Geometrie vollzogen zu haben. Erst in den 70er Jahren fanden nichteuklidische Geometrien allgemeine Anerkennung. Man verdankt dies Riemann, Cayley, Beltrami sowie Klein und Poincaré, die Modelle nichteuklidischer Geometrien angaben. Nichteuklidische Geometrie wurde 1904/05 zur mathematischen Grundlage der Speziellen Relativitätstheorie.

Die Zeitgenossen bereits verliehen Gauß den Ehrennamen »Mathematicorum princeps« (etwa: Fürst der Mathematiker). Sein wissenschaftliches Lebenswerk galt bereits zur Mitte des 19. Jh. als ein Monument gedanklicher Tiefe, mathematischer Erfindungskraft und naturwissenschaftlichen Forschergeistes. Bereits zu Lebzeiten stand Gauß in dem Verdacht, noch weit mehr entdeckt als veröffentlicht zu haben, getreu einem seiner Leitsprüche »Pauca sed matura« (Weniges, aber Ausgereiftes). Nachforschungen im Nachlaß und insbesondere die Wiederauffindung seines mathematischen Tagebuches bestätigten die Vermutungen und zeigten das Bild eines Mathematikers, der auf fast allen Gebieten damaliger Mathematik Epochemachendes und Grundlegendes schuf, und eines Naturforschers, der zu Astronomie, Geodäsie und Physik Bleibendes beigesteuert hat.

Gauß studierte in Braunschweig und Göttingen und wirkte von 1807 bis zum Tode als Direktor der Göttinger Universitätssternwarte. Er ist fünf Jahrzehnte wissenschaftlich produktiv tätig gewesen, eine ungewöhnlich lange Zeit. Als Jüngling fand er u. a. tiefliegende Sätze zur Theorie der elliptischen Funktionen und zur Primzahlverteilung. Als junger Mann publizierte er 1801 das noch heute bewunderungswürdige Werk »Disquisitiones arithmeticae«, mit dem eine ganze Teildisziplin der Mathematik, die Zahlentheorie, begründet wurde. Gauß verhalf den komplexen Zahlen zur endgültigen Anerkennung und lieferte vier Beweise für den Fundamentalsatz der Algebra. Dazu kommen seine revolutionierenden Forschungen zur nichteuklidischen Geometrie.

Gauß war auch als beobachtender und rechnender Astronom in erstaunlichem Maße erfolgreich. Bei seinen langjährigen geodätischen Arbeiten – u. a. bei der Vermessung des Königreiches Hannover – entwickelte Gauß, selbst bei Wind und Wetter im Gelände, neue Vermessungsinstrumente und noch heute verwendete mathematische Verfahren. Gauß und sein Göttinger Kollege, der Physiker Wilhelm Weber, schufen Methoden zur Bestimmung des erdmagnetischen Feldes und konstruierten 1833/34 eine voll funktionsfähige elektromagnetische Telegraphenlinie von ca. 2 km Länge, die erst 1845 durch Blitzschlag zerstört wurde. Fasziniert vom Eisenbahnbau interessierte sich Gauß gegen Lebensende für die Sicherung des Eisenbahnverkehrs durch Telegraphen.

## Gauß – Mathematicorum princeps



Carl Friedrich Gauß (BRD 1955) / Während der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte 1828 in Berlin wohnte Gauß im Hause A. v. Humboldts (DDR 1969); seitdem entwickelte sich eine Freundschaft zwischen den beiden Geistesheroen / Theodolit (geodätisches Meßgerät) der Gaußzeit (WB 1981) / Die Gaußsche Zahlenebene veranschaulicht geometrisch die komplexen Zahlen (BRD 1977) / Im selben Jahre 1833, als die optische Telegraphenlinie Berlin–Koblenz in Betrieb genommen wurde (WB 1983) schufen Gauß und W. Weber einen elektromagnetischen Telegraphen ebenso wie deutschrussische Physiker Schilling in Petersburg (SU 1982)

## Wen die Götter lieben . . .



Gedenkmarke zum 100. Todestag von Abel (No 1929) / Abel-Denkmal in Oslo (No 1983) / Galois (F 1984) / Der böhmische Philosoph, Sozialethiker und Mathematiker Bolzano leistete Bedeutendes bei der Verschärfung der logischen Grundlagen der Mathematik, insbesondere der Analysis (CS 1981) / Der herausragende deutsche Geometer Möbius fand u. a. das erste Beispiel einer einseitigen Fläche, das Möbiussche Band (Bra 1973) / Der irische Mathematiker Hamilton entdeckte 1843 die Quaternionen, zahlenähnliche geometrische Größen mit den vier Grundeinheiten 1, i, j, k (Ir 1983)

Am Abend des 29. Mai 1832 schrieb ein junger Mann in fieberhafter Eile tiefe mathematische Erkenntnisse zur Auflösungstheorie algebraischer Gleichungen nieder. Er war – gegen seinen Willen – in einen Ehrenhandel um eine Dirne verwickelt. Das Duell fand am nächsten Morgen statt; er wurde schwer verletzt und starb am 31. Mai, noch nicht 21 Jahre alt.

Der Name des jungen Mannes war Evariste Galois. Als glühender Republikaner von der politischen Reaktion gehaßt und verfolgt, fiel er einem vermutlich inszenierten Komplott zum Opfer.

Für die wissenschaftliche Arbeit waren ihm nur wenige Jahre geblieben. Einige kurze Abhandlungen nur und die skizzenhaften Bemerkungen zum Vorabend des Duells gehören zu den schrittmachenden Leistungen auf dem Gebiet der Algebra; hier liegen gedankliche Vorarbeiten zur modernen Algebra des 20. Jh., die u. a. auf das Studium abstrakter Strukturen abzielt.

Und noch ein anderes mathematisches Genie ging zu Anfang des 19. Jh. jämmerlich zugrunde, der norwegische Mathematiker Abel. In finanziell äußerst bedrängten Verhältnissen aufgewachsen, kümmerlich sich beim Studium in Norwegen über Wasser haltend, zog sich Abel eine Lungentuberkulose zu. Glückliche Zeiten erlebte er nur während einer Studienreise in Berlin. In Paris vermochte er sich jedoch nicht gegen die einflußreichen und traditionsbewußten Mathematiker durchzusetzen. Sogar eine wegweisende Abhandlung ging bei der Redaktion durch den mit seiner eigenen Arbeit beschäftigten führenden Mathematiker Cauchy zunächst verloren und konnte erst Jahrzehnte später wieder aufgefunden werden. Nach der Rückkehr fand Abel keine feste Anstellung. Nur Freunde linderten die Not. Abel starb wenige Tage, bevor ihn eine bereits beschlossene Berufung als Professor an die Berliner Universität erreichen konnte.

Abel hat die Mathematik des 19. Jh. in wesentlichen Teilen geprägt. Er bewies, daß die allgemeinen algebraischen Gleichungen höheren als vierten Grades nicht in Radikalen auflösbar sind, bahnte der Anwendung gruppentheoretischer Methoden den Weg und schuf – in einem einmaligen Wettlauf – zusammen mit dem Deutschen Jacobi die höchst schwierige und tiefliegende Theorie der elliptischen Funktionen.

In der Neujahrsnacht des 1. Januar 1801 hatte der italienische Astronom Piazzi in Palermo einen sich bewegenden Himmelskörper von nur geringer Lichtstärke entdeckt – einen Planetoiden, wie sich herausstellen sollte, der Ceres genannt wurde –, aber nur kurze Zeit beobachten können. Dann ging der Stern für die Beobachtung verloren. Der junge Gauß machte sich an die sehr schwierige, mathematisch neuartige Aufgabe, aus den wenigen verfügbaren Beobachtungsdaten die Bahn der Ceres zu berechnen, eine Aufgabe, die sogar Laplace, der beste Kenner der Himmelsmechanik, für unlösbar hielt.

Gauß leistete das fast Unmögliche. Er hat unter der Annahme einer elliptischen Bahnform Näherungsverfahren angewandt, die auf der Methode der kleinsten Quadrate und dem damit zusammenhängenden Fehlerverteilungsgesetz beruhen. Im Dezember 1801 publizierte Gauß seine Ergebnisse (die sich von denen anderer Astronomen stark unterschieden) – und tatsächlich konnte Ceres fast genau an der von Gauß berechneten Stelle wiedergefunden werden! Gauß hat dann 1809 seine weitreichenden neuen Methoden in einem schrittmachenden Werk publiziert, der »Theoria motus corporum coelestium ...« (Theorie der Bewegung der Himmelskörper), das gelegentlich »Gesetzbuch der rechnenden Astronomie« genannt wurde.

Ceres war der erste der entdeckten kleinen Planeten; bald folgten weitere: Olbers, ein Freund von Gauß, fand 1802 Pallas, Harding 1804 Juno, Olbers 1807 Vesta. Heute sind tausende Planetoiden bekannt.

Neben der Durchbildung der Himmelsmechanik und der Beobachtung von Planeten, Planetoiden und Kometen war die Bestandsaufnahme der Fixsterne – nach Position und Lichtstärke – mittels immer leistungsfähiger werdender Teleskope die andere Hauptarbeitungsrichtung der Astronomen. Bei solchen »Durchmusterungen«, die auf zäher, äußerst gewissenhafter Arbeit – zur Nachtzeit, im Kalten, bei unbequemer Körperstellung – beruhen, zeichnete sich u. a. Argelander aus; die sog. »Bonner Durchmusterung« erschien 1859–1862. Eine spezielle Arbeitsrichtung, die schon die beiden Herschel aufgenommen hatten, bestand in der Katalogisierung der Doppelsterne. Struve und seine Mitarbeiter in Pulkowo leisteten hierbei Hervorragendes.

## Ein Stern ging verloren



Seit der Antike waren die mit bloßem Auge sichtbaren Planeten, Merkur bis Saturn, bekannt. Bis heute sind drei weitere Planeten gefunden worden: Uranus (1781), Neptun (1846) und Pluto (1930) (AI 1964) / Fernrohr um 1820. Der wissenschaftliche Instrumentenbau machte in der ersten Hälfte des 19. Jh. gewaltige Fortschritte. Für Teleskope und optische Präzisionsinstrumente erwarb sich die Werkstatt von Fraunhofer in München einen besonders guten Ruf (WB 1981) / Die 1835/39 gegründete Sternwarte Pulkowo, nahe dem heutigen Leningrad, wurde zu einem Zentrum der beobachtenden Astronomie. In der Mitte der erste Direktor, Struve (SU 1954)

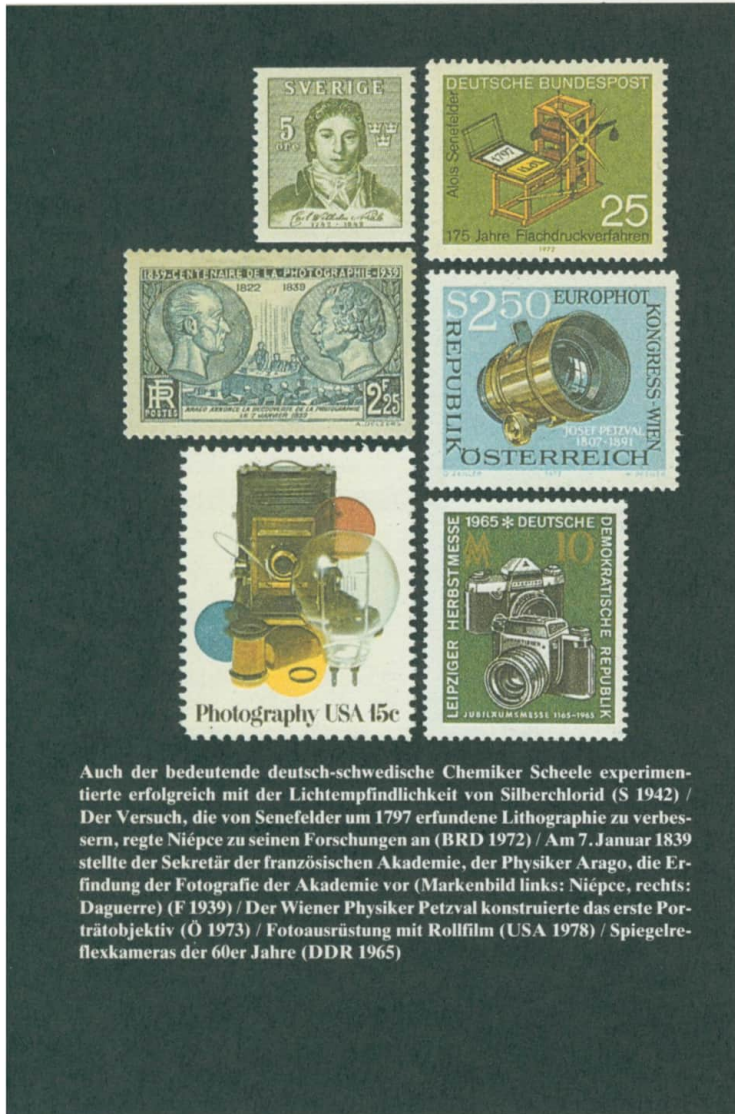
# Das Licht schreibt

Fotografieren gehört heute zu den Selbstverständlichkeiten in Wissenschaft, Urlaub und Kunst. Und doch ist es erst reichlich eineinhalb Jahrhunderte her, daß ein alter Traum der Menschheit sich erfüllen läßt, gedankenschnell vergängliche Bildeindrücke festzuhalten – ein Erfolg der Kombination optischer, mechanischer und chemischer Erkenntnisse und Erfindungen.

Sonnenlicht, das durch eine kleine Öffnung in einen dunklen Raum einfällt, bildet Gegenstände der Außenwelt auf einer Fläche ab. Das ist das Prinzip der Lochkamera, die als »camera obscura« (dunkle Kammer) seit der Renaissance benutzt wurde, um z. B. Landschaften naturgetreu nachzuzeichnen. Kircher etwa benutzte eine aus Brettern bestehende tragbare camera obscura, Kepler für Geländeaufnahmen ein Zelt, das sogar zur Steigerung der Bildschärfe mit einer Konvexlinse ausgerüstet war. Ähnlich verfuhr der Jesuit Scheiner bei der Beobachtung von Sonnenflecken.

Indessen: Das Bild blieb flüchtig. Die Abhilfe erwuchs aus einer Entdeckung des 18. Jh., daß Sonnenlicht chemische Substanzen verändert. Besonders auffällig war die Lichtempfindlichkeit von Silbersalzen, die u. a. von dem deutschen Arzt Schulze, dem italienischen Physiker Beccaria, von Scheele und Senebier studiert wurde. Dennoch wurde mittels einer lichtempfindlichen Asphaltsschicht 1822 durch den Franzosen Niépce das erste haltbare Lichtbild hergestellt. Er schloß 1829 mit seinem Landsmann, dem Maler Daguerre, einen Vertrag zur finanziellen Ausbeutung der Photographie. Seit 1835 wurden mit Joddämpfen lichtempfindlich gemachte versilberte Kupferplatten belichtet, mit Quecksilberdämpfen entwickelt und mit Natriumthiosulfat fixiert.

Die Anfertigung solcher »Daguerreotypien« war aufwendig. Schrittweise wurde das Fotografieren leichter handhabbar: Negativ-Positiv-Verfahren durch den Engländer Talbot, Senkung der Belichtungszeit durch Verwendung von Silbersalzen und, später, deren Sensibilisierung, Glasplatten und Zelluloid (1887) als Schichtträger, 1935 erster handelsüblicher Farbfilm. Hand in Hand damit wurden die Kameras durchgebildet und Objektive auf wissenschaftlicher Grundlage berechnet.



Auch der bedeutende deutsch-schwedische Chemiker Scheele experimentierte erfolgreich mit der Lichtempfindlichkeit von Silberchlorid (S 1942) / Der Versuch, die von Senefelder um 1797 erfundene Lithographie zu verbessern, regte Niépce zu seinen Forschungen an (BRD 1972) / Am 7. Januar 1839 stellte der Sekretär der französischen Akademie, der Physiker Arago, die Erfindung der Fotografie der Akademie vor (Markenbild links: Niépce, rechts: Daguerre) (F 1939) / Der Wiener Physiker Petzval konstruierte das erste Porträtobjektiv (Ö 1973) / Fotoausrüstung mit Rollfilm (USA 1978) / Spiegelreflexkameras der 60er Jahre (DDR 1965)

Die Erde rotiert wie ein Kreisel um eine Achse und bewegt sich als Planet auf einer elliptischen Bahn geringer Exzentrizität um die Sonne. Von dieser Doppelbewegung waren die Naturforscher seit Newton überzeugt. Es gab genügend Indizien, aber die experimentellen Beweise fehlten.

Copernicus hatte sehr wohl gewußt, daß beim jährlichen Umlauf der Erde um die Sonne eine Fixsternparallaxe (Verschiebung des scheinbaren Ortes eines Fixsternes) auftreten müsse, aber zu Recht gemeint, daß dieser winzige Effekt bei den großen Entfernungen mit den damaligen Mitteln nicht meßbar sei. Nach der Erfindung des Fernrohres schien die Situation gebessert. Der Engländer Bradley entdeckte auf der Suche nach der Fixsternparallaxe 1728 eine andere Erscheinung, die Aberration des Lichtes, die zumindest die Relativbewegung der Erde gegen die Sonne bewies. Die Fixsternparallaxe selbst konnte erst mit wesentlich verfeinerten Instrumenten nachgewiesen werden, und zwar nahezu gleichzeitig 1838 von Struve in Pulkowo und von Bessel in Königsberg, der ein Fraunhofersches Heliometer benutzen konnte. An der Bewegung der Erde um die Sonne konnte nun kein Zweifel mehr bestehen.

Daß die Erde rotiert, bewies Foucault 1851 in Paris. Er ließ im Pantheon eine schwere Eisenkugel an einem ca. 60 m langen Stahlseil schwingen – und die Erde drehte sich sozusagen unter dem Pendel weg, da ein schwingendes Pendel seine Schwingungsebene beibehält.

Und wenn es noch eines Beweises für die Richtigkeit des heliozentrischen Planetensystems bedurft hätte, so lieferte diesen endgültigen Beweis die aufregende Entdeckungsgeschichte des Planeten Neptun. Auf Grund der Unregelmäßigkeiten der Bewegungen des Uranus berechneten u. a. der englische Astronom Adams und der Franzose Le Verrier die Bahn eines hypothetischen Planeten, der später Neptun genannt wurde. Am 23. September 1846 erhielt der deutsche Astronom Galle, der an der mit hervorragenden Instrumenten und Sternkarten ausgestatteten Berliner Sternwarte wirkte, eine Mitteilung von Le Verrier; zwei Tage später entdeckte Galle den Neptun fast genau an der von Le Verrier berechneten Stelle. Le Verrier »sah«, wie sich Arago ausdrückte, »Neptun auf der Spitze seiner Feder«.

## Drei große Beweise

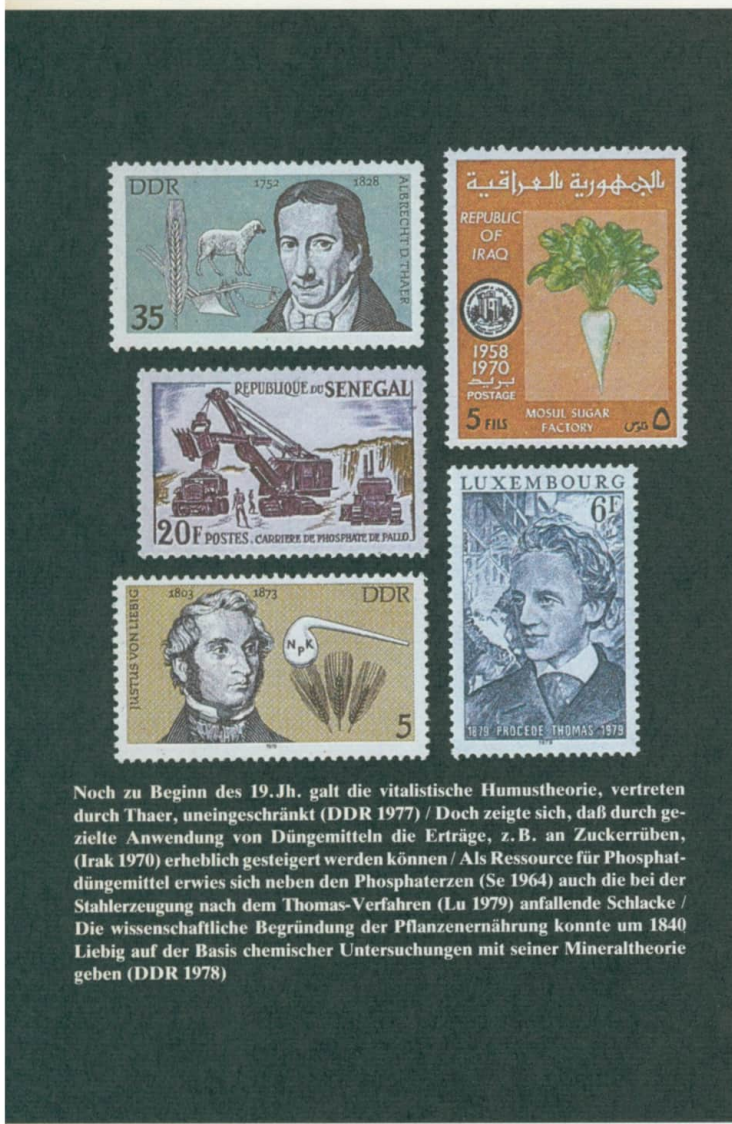


Struve fand die Parallaxe am Fixstern  $\alpha$  Lyrae (SU 1964) / Bessel wies die Parallaxe an 61 Cygni nach mit dem recht guten Wert von  $0,314''$  (modern:  $0,292''$ ), gab als erster eine absolute Fixsternentfernung an und schloß aus Bahnstörungen des Uranus, daß jenseits von Uranus noch ein weiterer Planet existieren müsse. Bessel war auch ein hervorragender Mathematiker; nach ihm sind Funktionen der höheren Analysis benannt (BRD 1984) / Léon Foucault. Nachdem sein Landsmann Fizeau 1848 terrestrisch, mit einem rotierenden Zahnrad, die Lichtgeschwindigkeit bestimmt hatte, gelang ihm dies 1849 ebenfalls mittels rotierender Spiegel (F 1958) / Le Verrier (F 1958)

# Chemie bringt Brot

Noch zu Beginn des 19. Jh. wurden auch die Lebensvorgänge in der Pflanze durch Annahme einer »Lebenskraft« erklärt. Gemäß dieser vitalistischen Auffassung, die vor allem von dem Arzt und Landwirt Thaer vertreten worden ist, sollte Humus die alleinige Nahrung der Pflanze sein. In Analogie zum Tier nehme auch die Pflanze ausschließlich organische Stoffe als Nahrungsmittel auf, während die anorganischen Salze nur Reizstoffe und nicht Baustoffe seien.

Sorgfältige Experimentaluntersuchungen des Schweizer Mineralogen und Pflanzenphysiologen de Saussure u. a. zeigten dagegen, daß die Pflanze Kohlendioxid aus der Luft und nicht aus dem Humus aufnimmt, daß sie Wasser und Minerale aus der Erde aufnimmt und daß Assimilation und Atmung verschiedenartige Prozesse sind. 1840 schließlich konnte der deutsche Chemiker Liebig die neuartigen Erkenntnisse der Pflanzenphysiologie in seiner Schrift »Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie« zusammenfassen, verallgemeinern und propagieren. Gestützt auf die Ergebnisse von Experimentalarbeiten formulierte Liebig nachstehend genannte Auffassungen: »Die Nahrungsmittel aller grünen Pflanzen sind unorganische Substanzen«, und weiter: »Die Pflanze lebt von Kohlensäure, Ammoniak (Salpetersäure), Wasser, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Kalk, Bittererde, Kali, Eisen; manche bedürfen Kochsalz.« Somit beruhe die Pflanzenernährung auf chemischen Vorgängen. Als Konsequenz daraus sollten sich durch Zusatz von chemischen Verbindungen (Mineralien) der Boden verbessern und damit die landwirtschaftlichen Erträge steigern lassen. Und tatsächlich erhielt man nach Minereraldüngung wesentlich bessere Ernten als ohne Düngung. Quantitative Untersuchungen über den Zusammenhang von Düngemittelgabe und Pflanzenertrag und ausgedehnte Feldversuche, besonders durch den Franzosen Boussingault u. a., führten bald zur weiteren Präzisierung der Kenntnisse über die Anwendung von Mineraldünger. Als besonders wirksam zur Bodenverbesserung erwiesen sich Salze, die die Elemente Kalium, Phosphor und Stickstoff enthalten. Bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jh. begann die fabrikmäßige Herstellung von Düngemitteln.



Noch zu Beginn des 19. Jh. galt die vitalistische Humustheorie, vertreten durch Thaer, uneingeschränkt (DDR 1977) / Doch zeigte sich, daß durch gezielte Anwendung von Düngemitteln die Erträge, z. B. an Zuckerrüben, (Irak 1970) erheblich gesteigert werden können / Als Ressource für Phosphatdüngemittel erwies sich neben den Phosphaterzen (Se 1964) auch die bei der Stahlerzeugung nach dem Thomas-Verfahren (Lu 1979) anfallende Schlacke / Die wissenschaftliche Begründung der Pflanzenernährung konnte um 1840 Liebig auf der Basis chemischer Untersuchungen mit seiner Mineraltheorie geben (DDR 1978)

Am 24. November 1859 gab es in London eine Sensation: Innerhalb von nur wenigen Stunden waren die 1250 Exemplare des Buches von Darwin »Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe um's Dasein« vollständig verkauft. Schon Anfang 1860 kam die zweite Auflage mit 3000 Exemplaren in den Handel. Noch im Jahre 1860 erschienen die erste amerikanische Ausgabe und die von Bronn besorgte deutsche Übersetzung. Im Januar 1864 folgte die erste russische Ausgabe.

Darwin, 1809 in der englischen Stadt Shrewsbury geboren, hatte von 1825 bis 1828 in Edinburgh Medizin und von 1828 bis 1831 in Cambridge Theologie studiert. Nach seiner Weltreise (1831–1836) bearbeitete er bis zu seinem Tode 1882 als Privatgelehrter naturwissenschaftliche Probleme.

Darwins Buch fand einerseits begeisterte Zustimmung, wurde jedoch andererseits von seinen Gegnern hart bekämpft.

Was war der Inhalt jenes folgenschweren Werkes?

In den Anfangskapiteln behandelte Darwin die Abänderung, also das Auftreten von Nachkommen, die sich deutlich von ihren Eltern unterscheiden. Eine solche Abänderung war sowohl bei den Haustieren als auch in der Natur beobachtet worden. Die nachfolgenden Kapitel beschäftigten sich mit der natürlichen Zuchtwahl, dem eigentlichen Kernstück der Darwinschen Lehren. Danach haben diejenigen Lebewesen, die am lebensfähigsten sind, im statistischen Durchschnitt die größte Überlebenswahrscheinlichkeit und können so eine große Anzahl von Nachkommen hervorbringen. Auf diese Weise können sich innerhalb eines genügend großen Zeitintervalls vorteilhafte Abänderungen durchsetzen und so die Evolution (Entwicklung) der Organismen bewirken. Es folgte ein Kapitel über die Bastarde. Und in den letzten Kapiteln schließlich erfaßte Darwin Beweise für die Richtigkeit der Evolution aus der Paläontologie (Lehre von den vorzeitlichen Tieren), aus der Biogeographie (Wissenschaft von der Verbreitung der Tiere und Pflanzen auf der Erde), der Morphologie (biologische Formen- und Gestaltenlehre), der Embryologie (Wissenschaft von der Entwicklung des Keimlings) u. a. m. Damit konnte Darwin die Evolutionslehre auf ein solides wissenschaftliches Fundament stellen und dem Entwicklungsgedanken zum Durchbruch verhelfen.

## London erlebt eine Sensation



Der 100. Todestag von Darwin war Anlaß zu zahlreichen Briefmarkenemissionen. Darwin hatte als »freiwilliger Naturforscher ohne Bezahlung« von 1831 bis 1836 an einer Weltreise teilgenommen.

Die Ausgabe der Falklandinseln (Fa 1982) zeigt sein Porträt, ein altes Mikroskop, die von Darwin auf den Falklandinseln entdeckte spezielle Inselform des Fuchses (*Dusicyon australis*) und das zur Reise benutzte Schiff »Beagle« / Bedeutsam für seine Arbeit »Die Entstehung der Arten...« waren u. a. die auf dem Galapagos-Archipel entdeckte Sonderform der Leguane (*Amblyrhynchus cristatus*) (GB 1982) und die durch ihre Artenvielfalt gekennzeichnete Unterfamilie der Grundfinken (*Geospizinae*) (GB 1982)

# Petroleum wird zum gefragten Handelsartikel

Petroleum, obwohl schon im Altertum bekannt, etablierte sich erst in der Mitte des 19. Jh. zum gefragten Handelsartikel. Konstruktionsverbesserungen an den Öllampen waren eine der notwendigen Voraussetzungen dafür, daß sich die Petroleumlampe gegenüber der Rübölfunzel in jener Zeit als überlegene Lichtquelle durchzusetzen begann.

Das Petroleum, ein Kohlenwasserstoffgemisch, das zwischen 150 ° und 270 °C siedet, wird durch fraktionierte Destillation von Erdöl zugänglich. Die Wiege dieser Erdöldestillation liegt in dem russischen Dorf Mosdok (nahe der Stadt Grosni), wo 1832 die Gebrüder Budinin eine einfache Destillationsanlage zur Gewinnung von Kerosin (Leuchtpetroleum) errichtet hatten und einen regen Kerosinhandel betrieben.

Das erste destillierte amerikanische Leuchtpetroleum wurde 1850 von Kier auf den Markt gebracht. Kier besaß in der Nähe von Pittsburgh einige Solequellen, deren Nutzung infolge Verunreinigung der Sole durch Erdöl uneffektiv war. Bei tieferen Bohrungen nach Sole stieß er auf Erdöl. Gemeinsam mit dem in Pittsburgh ansässigen Chemiker Booth baute Kier eine einfache Destillationsanlage, deren Kessel zunächst ein Fassungsvermögen von 120 Litern hatte. Das Kiersche Leuchtpetroleum fand guten Absatz. Bereits 1855 mußte Kier seine Anlage auf das Fünffache vergrößern.

Kier war zufällig auf Erdöl gestoßen. Die erste gezielte Erdölbohrung der Neuzeit konnte 1859 von Drake in Titusville (Pennsylvanien, USA) realisiert werden.

Nach zweimonatiger Bohrtätigkeit stieß Drake in einer Tiefe von 21 Metern auf Öl. Seine Quelle lieferte täglich 2 bis 3 Tonnen Öl und brachte ihm erhebliche Gewinne ein. So verwundert es nicht, daß in kürzester Zeit rund um die erste Bohrstelle weitere Bohrtürme errichtet worden sind. Die Ölförderung stieg sprunghaft an, und bereits nach 10 Jahren betrug die Förderleistung dieses Gebietes 1 Million Tonnen pro Jahr. Das aus dem Erdöl gewonnene Petroleum wurde hauptsächlich zu Beleuchtungszwecken benutzt, bis um die Jahrhundertwende einerseits die Petroleumlampe durch die Glühbirne (Edinson, 1879) verdrängt zu werden begann und andererseits der Wert des Erdöls als Rohstoff für andere Produktionszweige erkannt wurde.



Als 1859 die erste Bohrung nach Erdöl gelang (USA 1959), waren die Konsequenzen dieses Erfolges noch nicht abzusehen. Interessierte zunächst nur die Petroleumfraktion (Ka 1958), so lernte man bald die niedrigsiedenden Bestandteile als Farbverdünner und die hochsiedenden als Schmiermittel schätzen. Der Destillationsrückstand (Asphalt) eignete sich als Straßenbelag und Abdichtmittel. Heute ist Erdöl Rohstoff für die chemische Industrie und ein gefragter Energieträger. Auf internationalen Tagungen werden neueste Erkenntnisse zur Gewinnung, Verarbeitung und Verwendung von Erdöl diskutiert (VAE 1975) / Das älteste Zentrum der Erdölindustrie in der Sowjetunion ist Baku (SU 1971)

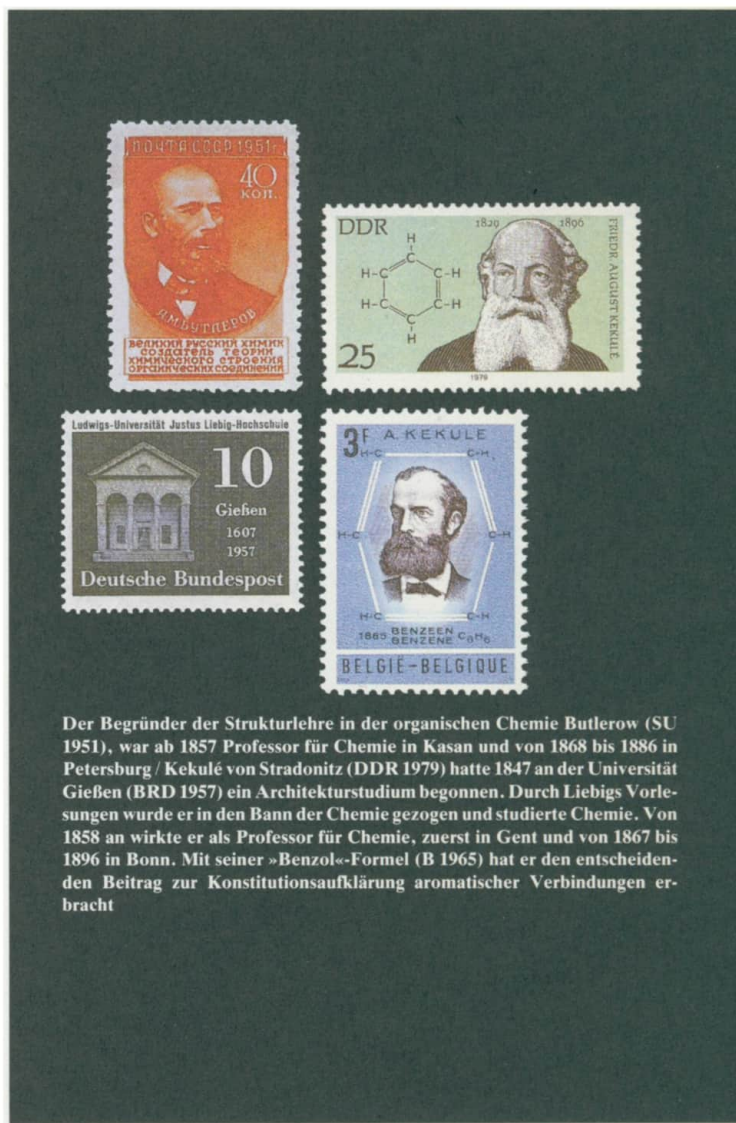
... dann finden wir vielleicht die Wahrheit ... aber hüten wir uns, unsere Träume zu veröffentlichen, ehe sie durch den wahren Verstand geprüft worden sind ...; so appellierte der 60jährige Chemiker Friedrich August Kekulé von Stradonitz am 11. März 1890 anlässlich des »Benzolfestes« an seine Fachkollegen. Die Deutsche Chemische Gesellschaft hatte an diesem Tage Chemiker aus aller Welt nach Berlin eingeladen, um das 25jährige Jubiläum der Veröffentlichung von Kekulé's »Benzol«-Formel zu begehen.

Die rasche Entwicklung besonders der organischen Chemie in der ersten Hälfte des 19. Jh. machte ein detailliertes Nachdenken über die vielfältigen Forschungsergebnisse besonders dringlich. Die Darstellung der Fakten in den Lehrbüchern war ohne eine übersichtliche Systematisierung nicht mehr möglich.

Seit Anfang der dreißiger Jahre des 19. Jh. waren zur theoretischen Durchdringung der Experimentalergebnisse zahlreiche Konzepte entwickelt worden, die aber durchweg nur befristet genutzt werden konnten. Ein Umschwung im theoretischen Bereich der organischen Chemie wurde 1861 durch den russischen Chemiker Alexander Butlerow eingeleitet. Butlerow führte den Begriff »chemische Struktur« ein, »um den chemischen Zusammenhang oder die Art und Weise der gegenseitigen Bindung der Atome in einem zusammengesetzten Körper zu bezeichnen«. Butlerows Anschauungen haben bis heute ihre Gültigkeit behalten und stimulierten das Strukturdenken der Chemiker in hohem Maße.

Ein weiterer Meilenstein in dieser Entwicklung war die eingangs genannte Aufklärung der Struktur des »Benzols« (Benzen) und seiner Abkömmlinge durch Kekulé im Jahre 1865. Kekulé hatte zunächst postuliert und schließlich durch eigene Experimente erhärtet, daß allen aromatischen organischen Verbindungen eine aus sechs Kohlenstoffatomen bestehende Gruppe, das »Benzol«, zugrundeliege. Für diese Verbindung formulierte er eine sechseckige Strukturformel, an deren Eckpunkten sich jeweils ein Kohlenstoffatom befindet, wobei alle C-Atome durch eine C–C-Einfachbindung miteinander verbunden sind. Durch die vierte Valenz der Kohlenstoffatome werden im Ring Doppelbindungen ausgebildet, die in »fortwährender Bewegung« sind, wie Kekulé dann 1872 aus Untersuchungen an »Benzol«-Derivaten schlußfolgern konnte.

»Lernen wir träumen,  
meine Herren ...«



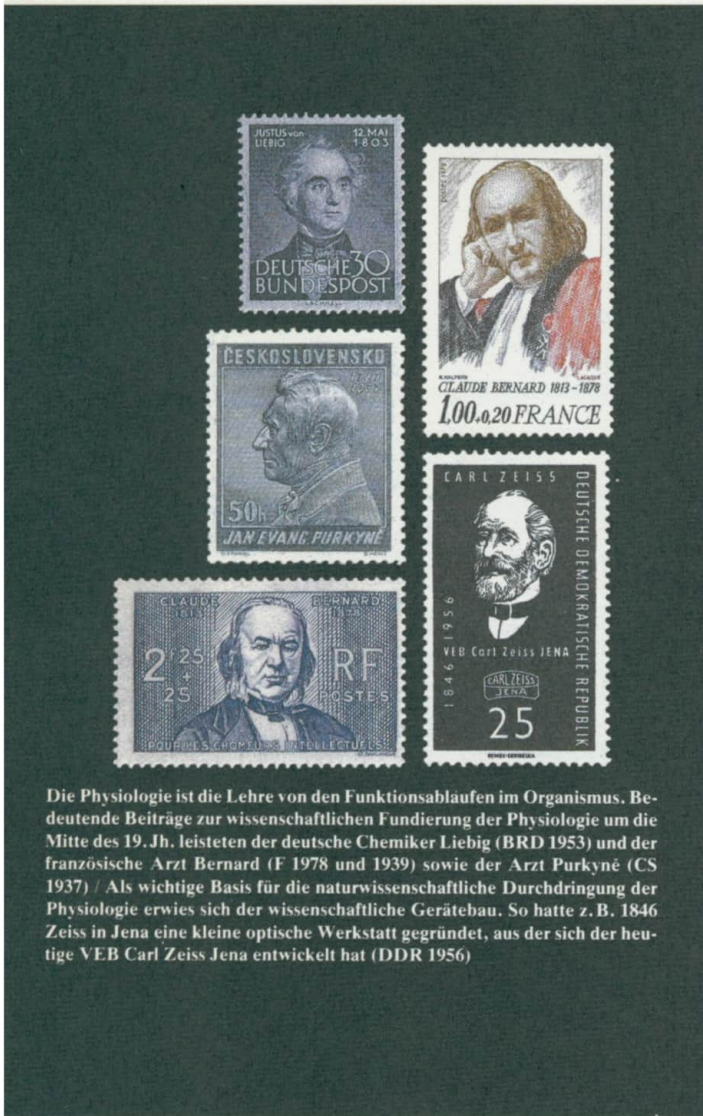
Der Begründer der Strukturlehre in der organischen Chemie Butlerow (SU 1951), war ab 1857 Professor für Chemie in Kasan und von 1868 bis 1886 in Petersburg / Kekulé von Stradonitz (DDR 1979) hatte 1847 an der Universität Gießen (BRD 1957) ein Architekturstudium begonnen. Durch Liebig's Vorlesungen wurde er in den Bann der Chemie gezogen und studierte Chemie. Von 1858 an wirkte er als Professor für Chemie, zuerst in Gent und von 1867 bis 1896 in Bonn. Mit seiner »Benzol«-Formel (B 1965) hat er den entscheidenden Beitrag zur Konstitutionsaufklärung aromatischer Verbindungen erbracht

# Die Physiologie wird Naturwissenschaft

Um die Mitte des 19. Jh. konnte sich, bedingt durch das erreichte Entwicklungsniveau von Physik und Chemie, auch die Physiologie zu einer exakten Naturwissenschaft entwickeln. Der Leipziger Physiologe Ludwig definierte im Jahre 1852 im Vorwort zum ersten Band seines »Lehrbuchs der Physiologie des Menschen« die naturwissenschaftliche Physiologie als eine auf den lebenden Organismus angewandte Physik und Chemie. Ludwig entwickelte spezielle Versuchsaufbauten und Meßverfahren zur Verfolgung und exakten Erfassung physiologischer Vorgänge im lebenden Organismus. Das physiologische Institut der Universität Leipzig, das heute seinen Namen trägt, erlangte durch ihn Weltruf.

In vergleichbarer Weise wie Ludwig in Deutschland wirkte in Frankreich Bernard. Er untersuchte in seinem Pariser Laboratorium vor allem Probleme der Ernährungs- und der Neurophysiologie und konnte 1855 die Zuckerbildung in der Leber nachweisen. Bernard prägte den Begriff »inneres Milieu«, worunter man heute die Gesamtheit der auf die inneren Rezeptoren des Organismus einwirkenden Reize versteht.

Grundlegende Arbeiten zu physiologischen Problemen wurden auch von den Chemikern Berzelius, Wöhler und Liebig publiziert. Letzterer regte mit seinem 1842 veröffentlichten Buch »Die Tierchemie oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie« sowohl die Chemiker als auch die Physiologen, Pathologen und die klinisch tätigen Ärzte zur experimentellen Untersuchung von Stoffwechselfvorgängen an. Einer der herausragenden Wegbereiter der Erforschung physiologischer Prozesse im Auge und im zellulären Bereich war Purkyně. Er war von 1832 bis 1849 Professor der Physiologie und Pathologie in Breslau (Wrocław) und gründete dort das Physiologische Institut. Von 1849 bis zu seinem Tode 1869 hatte er die Professur für Physiologie an der Universität Prag inne. Dort befaßte er sich neben seiner wissenschaftlichen Arbeit mit der Popularisierung moderner Forschungsergebnisse. Dazu gab er 1851 die naturwissenschaftliche Zeitschrift »Živa« heraus, die in einer deutschen und einer tschechischen Reihe publiziert wurde. Im Jahre 1862 gründete Purkyně eine Gesellschaft tschechischer Ärzte.



Die Physiologie ist die Lehre von den Funktionsabläufen im Organismus. Bedeutende Beiträge zur wissenschaftlichen Fundierung der Physiologie um die Mitte des 19. Jh. leisteten der deutsche Chemiker Liebig (BRD 1953) und der französische Arzt Bernard (F 1978 und 1939) sowie der Arzt Purkyně (CS 1937) / Als wichtige Basis für die naturwissenschaftliche Durchdringung der Physiologie erwies sich der wissenschaftliche Gerätebau. So hatte z. B. 1846 Zeiss in Jena eine kleine optische Werkstatt gegründet, aus der sich der heutige VEB Carl Zeiss Jena entwickelt hat (DDR 1956)

»Prälat Gregor Mendel machte hier Versuche zu seinem Gesetz. 1822–1922«, heißt die Inschrift, die in tschechischer, deutscher, französischer und englischer Sprache am Mendeldenkmal im Augustiner-Kloster in Staré Brno zu lesen ist. In einem Teilstück des Klostergartens führte Mendel zwischen 1856 und 1863 seine »Versuche über Pflanzen-Hybriden« aus. Mendel kreuzte Erbsen (*Pisum*) mit jeweils zwei alternativen Merkmalen wie z. B. runde bzw. kantige Samen, gelbe bzw. grüne Samenschalen usw. Aus den Resultaten dieser Kreuzungsversuche leitete er die nach ihm benannten Vererbungsgesetze ab.

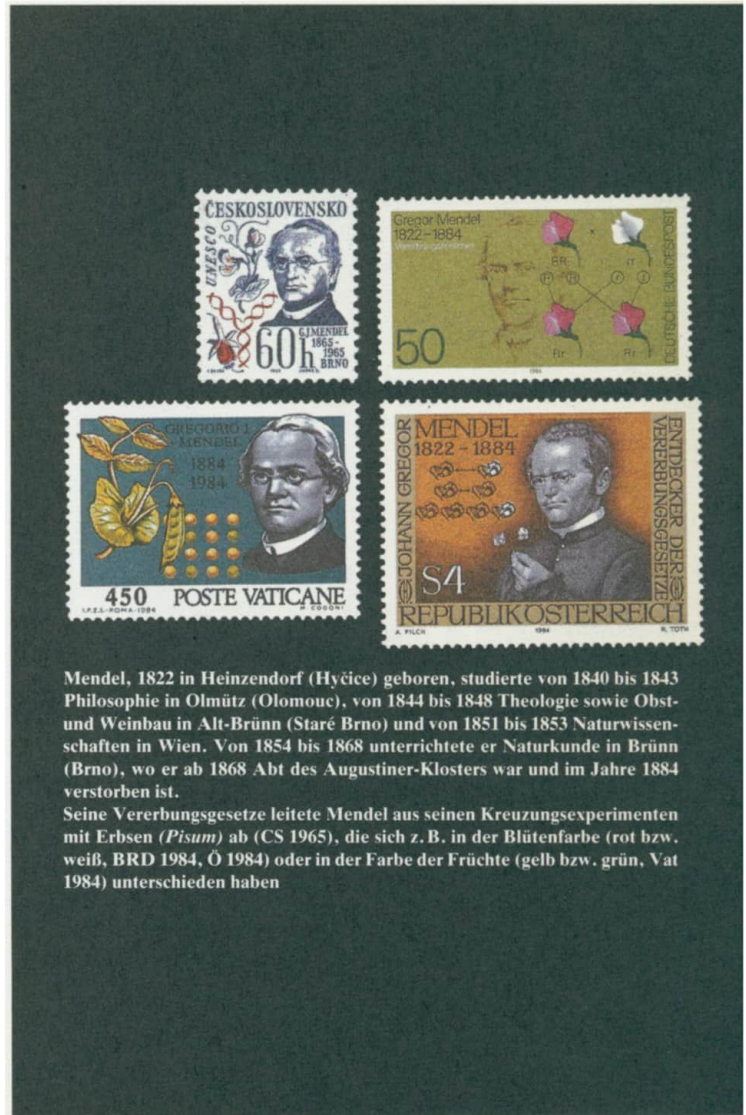
**Erstes Mendelsches Gesetz (Uniformitätsgesetz):** Werden zwei reinerbige, in bezug auf ein oder mehrere Merkmalspaare unterschiedlich Organismen gekreuzt, so sind die Nachkommen (Hybriden) in der F<sub>1</sub>-Generation (erste Filialgeneration) unter sich alle gleich (uniform), unter der Voraussetzung, daß die gleichen äußeren Bedingungen vorlagen.

**Zweites Mendelsches Gesetz (Spaltungsgesetz):** Werden Hybriden der F<sub>1</sub>-Generation untereinander gekreuzt, so ist die F<sub>2</sub>-Generation (zweite Filialgeneration) nicht einheitlich, sondern spaltet in bestimmten Zahlenverhältnissen auf. Für *n* differierende Merkmalspaare errechnen sich diese nach  $(3 + 1)^n$ .

**Drittes Mendelsches Gesetz (Gesetz der Neukombination der Merkmale):** Nach Kreuzung von Individuen, die sich in mehr als einem Merkmal voneinander unterscheiden, treten in der F<sub>2</sub>-Generation Neukombinationen auf. Dabei wird jedes Merkmal nach dem Spaltungsgesetz vererbt, und die Verteilung der Merkmale auf die Nachkommen erfolgt unabhängig voneinander.

Dieses Gesetz gilt, wie wir heute wissen, nur für nicht gekoppelte Merkmale, also für solche, die auf verschiedenen Chromosomenpaaren gelegen sind. Mendel hatte mit seinen Versuchen den Beweis erbracht, daß konstante Merkmale, welche an verschiedenen Individuen einer Pflanzensippe vorkommen, bei wiederholter künstlicher Befruchtung nach den Regeln der Kombination verteilt werden können. Der große Wert von Mendels Entdeckung liegt darin, daß erstmals klare Aussagen über die Merkmalsweitergabe bei der Vererbung gemacht wurden. Die große Bedeutung der Mendelschen Gesetze für die Züchtung von Kulturpflanzen wurde erst nach 1900 erkannt.

## Prälat Gregor Mendel



Mendel, 1822 in Heinzendorf (Hycice) geboren, studierte von 1840 bis 1843 Philosophie in Olmütz (Olomouc), von 1844 bis 1848 Theologie sowie Obst- und Weinbau in Alt-Brünn (Staré Brno) und von 1851 bis 1853 Naturwissenschaften in Wien. Von 1854 bis 1868 unterrichtete er Naturkunde in Brünn (Brno), wo er ab 1868 Abt des Augustiner-Klosters war und im Jahre 1884 verstorben ist.

Seine Vererbungsgesetze leitete Mendel aus seinen Kreuzungsexperimenten mit Erbsen (*Pisum*) ab (CS 1965), die sich z. B. in der Blütenfarbe (rot bzw. weiß, BRD 1984, Ö 1984) oder in der Farbe der Früchte (gelb bzw. grün, Vat 1984) unterschieden haben

## Zwei Männer schaffen Ordnung

Mit dem Auffinden zahlreicher neuer chemischer Elemente und dem vertieften Studium ihrer Eigenschaften erkannte man in der ersten Hälfte des 19. Jh., daß es eine Reihe von Elementen gibt, die einander ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften aufweisen. Es gab mannigfaltige Bemühungen, alle bekannten Elemente in ein System einzuordnen.

Der Durchbruch gelang 1869 unabhängig voneinander dem russischen Chemiker Mendelejew und dem deutschen Chemiker L. Meyer. Beide fanden ein Ordnungsprinzip in der Platzierung nach steigendem Atomgewicht. Es zeigte sich, daß chemisch ähnliche Elemente regelmäßige Abstände voneinander haben, daß es also einen periodischen Zusammenhang zwischen den Eigenschaften und dem Atomgewicht gibt. Elemente mit gleichen Eigenschaften bilden jeweils eine Gruppe (periodische Familie), und alle untereinander angeordneten Elemente sind eine Periode.

In diesem Periodensystem der Elemente (PSE), das damals allerdings noch recht lückenhaft war, hatte jedes Element seinen Platz. Aufgrund dieser Tatsache konnten z. B. die Atomgewichte für Beryllium und Indium postuliert und für Molybdän, Antimon und Caesium korrigiert werden.

Ein besonderes Verdienst Mendelejews besteht darin, daß er im PSE damals noch unbekannte Elemente platzieren und deren Atomgewichte sowie die chemischen Eigenschaften voraussagen konnte. Durch die Entdeckung des Galliums (1875), des Scandiums (1879) und des Germaniums (1886) fanden Mendelejews Prognosen ihre glänzende experimentelle Bestätigung.

In einigen Fällen, so beim Kalium und Neon mußte aufgrund der Eigenschaften das Prinzip der steigenden Atomgewichte durchbrochen und ein gegenseitiger Platztausch vorgenommen werden. Mit zunehmender Kenntnis des Atombaus konnte dieser scheinbare Widerspruch gelöst werden. Es zeigte sich, daß die Ordnungszahl besser zur Platzierung der Elemente im PSE geeignet ist als das Atomgewicht. In Abhängigkeit von der Ordnungszahl ändert sich auch die Anzahl der Elektronen insgesamt und speziell die der Elektronen in der äußeren Schale. Durch den Zusammenhang von Atombau und Stellung der Elemente im PSE konnten viele chemische Eigenschaften erklärt werden. Heute gehört das PSE zum Grundbestand des chemischen Wissens.



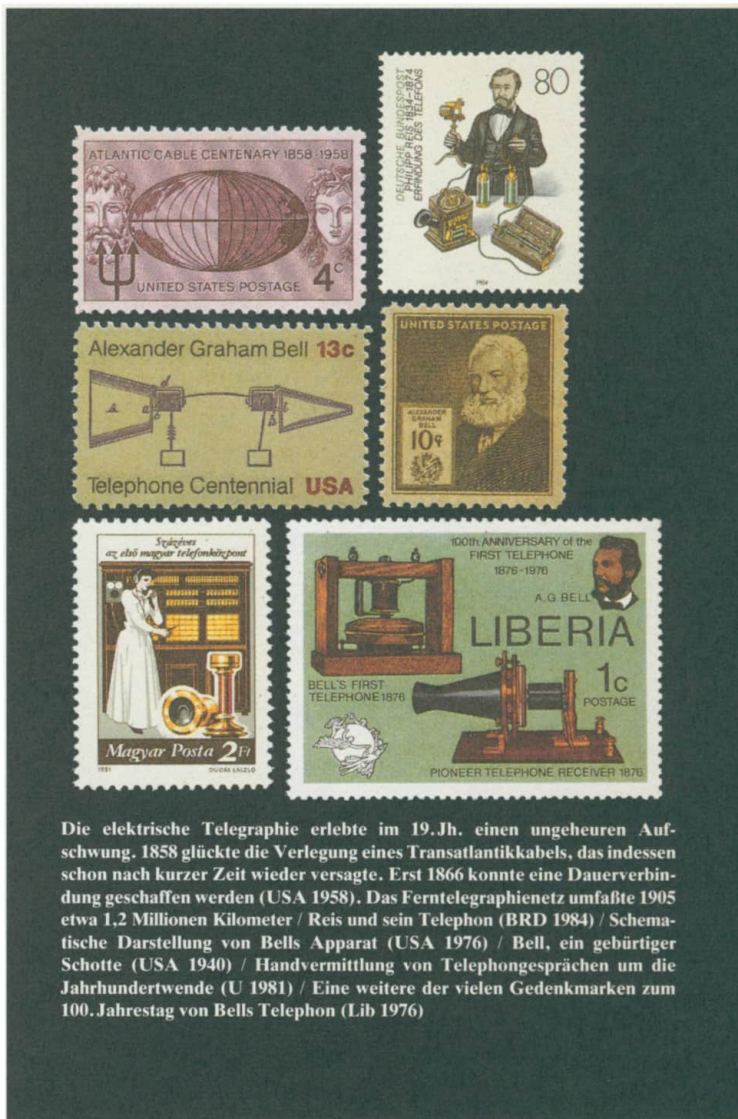
Mendelejew wirkte von 1857 bis 1890 an der Universität in Petersburg (heute Leningrad), wo er von 1865 an Professor für Chemie war. Sowohl sein 100. als auch sein 125. Geburtstag sowie das 100jährige Jubiläum der Aufstellung des Periodensystems der Elemente (1969) waren Anlaß zur Ausgabe von Sondermarken (SU 1934, P 1959, SU 1969). Mendelejew war mit großem Erfolg auch auf vielen Gebieten der Naturwissenschaften tätig. Von seinen chemischen Leistungen sollen die Herausgabe des ersten russischen Lehrbuches der organischen Chemie (1861) und der Bau eines Pyknometers (Gefäß zur Dichtbestimmung, 1859) besonders hervorgehoben werden

Am 6. August 1922 wurde der zwei Tage zuvor verstorbene Bell zu Grabe getragen. Ihm verdankt die Welt den praktisch nutzbaren Telefonapparat. Er besaß auch die Energie, eine physikalisch-technische Erfindung in gesellschaftliche Praxis umzusetzen. Er erfuhr eine symbolhafte, einmalige Würdigung: Das gesamte, schon riesige Telefonnetz Nordamerikas mit etwa 14 Millionen Anschlüssen wurde am Tage seiner Beisetzung für eine Minute unterbrochen.

Während die (elektromagnetische) Telegrafie elektrische Impulse übermittelt, wurde schon Mitte des 19. Jh. auch mit der Idee experimentiert, Schallwellen in elektrische Signale und diese wiederum in Schallwellen umzusetzen. Diese Grundidee des Fernsprechens scheint als erster ein französischer Telegrafienbeamter namens Charles Bourseuil um 1854 klar formuliert zu haben; seine Denkschrift trug den Titel »Téléphonie électrique«. Zur praktischen Durchführung gelangte er jedoch nicht. Wesentlich weiter stieß Reis vor, ein deutscher Lehrer. Seit 1852 bemühte er sich um ein »künstliches Ohr«, mit dessen Hilfe Luftschwingungen elektrische Stromstöße auslösen sollten. Anfangs tastete sich Reis mit tierischen Membranen, Wagnerschem Hammer, Stricknadeln in Spulen und einer Geige als Resonanzkasten arbeitend vor. Anfang der 60er Jahre konnte er gesprochenes Wort über 100 m verständlich übertragen. Doch selbst eine erfolgreiche Demonstration seines »Telephons« – er prägte die Bezeichnung – auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1864 wurde nur als Spielerei aufgefaßt. Nahezu vergessen starb Reis 1874 an Lungentuberkulose.

Anders als in Deutschland wurde die ökonomische Bedeutung einer solchen Erfindung wie des Fernsprechens in den USA rasch erkannt. Der Taubstummlehrer und Sprachphysiologe Bell hatte von Reis gehört, ließ Erfindungen einziehen und konnte nach wesentlichen Verbesserungen Anfang 1876 seinen Telefonapparat zum Patent anmelden. Schon im Herbst desselben Jahres existierte eine Telefonverbindung von Boston nach Cambridge (Massachusetts). Weitere Erfindungen und andere physikalische Prinziplösungen – Kohlemikrofon, Wählerscheibe, Pupinspule u. a. m. – ermöglichten den weltweiten Siegeszug des Telefons. In Deutschland waren Ende 1905 bereits mehr als 21 000 Orte an das Telefonnetz angeschlossen.

## »Künstliches Ohr« – Telephonie



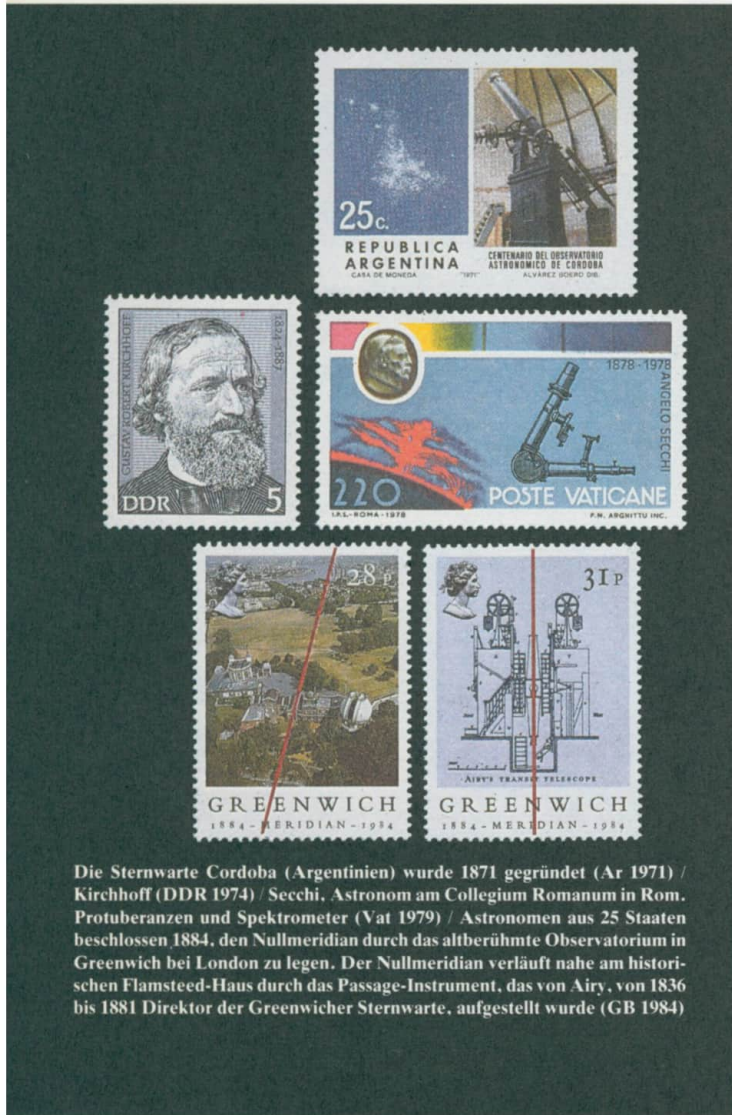
Die elektrische Telegraphie erlebte im 19. Jh. einen ungeheuren Aufschwung. 1858 glückte die Verlegung eines Transatlantikkabels, das indessen schon nach kurzer Zeit wieder versagte. Erst 1866 konnte eine Dauerverbindung geschaffen werden (USA 1958). Das Ferntelegraphienetz umfaßte 1905 etwa 1,2 Millionen Kilometer / Reis und sein Telefon (BRD 1984) / Schematische Darstellung von Bells Apparat (USA 1976) / Bell, ein gebürtiger Schotte (USA 1940) / Handvermittlung von Telefongesprächen um die Jahrhundertwende (U 1981) / Eine weitere der vielen Gedenkmärken zum 100. Jahrestag von Bells Telefon (Lib 1976)

# Licht der Sterne

Seit der Mitte des 19. Jh. wuchs die Zahl der Sternwarten rasch an; um 1900 gab es allein in den USA, Deutschland, Frankreich und England mehr als 100 leistungsfähige Observatorien. Die Zentren der Astronomie befanden sich freilich vorwiegend auf der Nordhalbkugel, da dort die ökonomisch fortgeschrittensten Staaten mit den größten Wissenschaftspotentialen bestanden. Neben einer quantitativen Ausdehnung astronomischer Beobachtungstätigkeit wurde nach der Jahrhundertmitte eine neue Arbeitsrichtung begründet, die Astrophysik, die heute sogar als Hauptarbeitsgebiet der Astronomie angesehen werden kann.

Der Anstoß ging von physikalischer Seite aus, von Kirchhoff und Bunsen. Die Legende berichtet, die beiden Physiker hätten nach einem Feuerwerk auf dem Schloß in Heidelberg den Zusammenhang der Farbefekte mit den verwendeten chemischen Substanzen näher untersucht und so den Weg zur Spektralanalyse gefunden. Tatsache ist, daß bereits Fraunhofer 1814 im Sonnenspektrum hunderte von (Absorptions-) Linien entdeckt hatte. Bunsen und Kirchhoff entdeckten, wie Absorptionslinienspektren entstehen, verglichen die Fraunhoferschen Linien mit der Lichtemission leuchtender Gase und schlossen schon 1861, daß die Sonne ein glühender Körper sein und die Sonnenatmosphäre auch auf der Erde vorkommende Elemente enthalten müsse. Auch führte die Spektralanalyse in wenigen Jahren zur Entdeckung zehn neuer chemischer Elemente, darunter Zäsium und Rubidium durch Kirchhoff sowie Helium, das 1868 auf der Sonne, später erst auf der Erde nachgewiesen werden konnte.

Der Jesuitenpater Secchi dürfte seit 1868 als einer der ersten neben der spektrographischen Untersuchung von Protuberanzen auf der Sonne Fixsternspektren studiert und klassifiziert haben. Gegen Ende des 19. Jh. waren – mit Spitzenleistungen von Huggins, Rowland und Vogel – ca. 20 000 Spektrallinien im Sonnenlicht vermessen und teils bekannten chemischen Elementen zugeordnet worden. Die materielle Einheit der Welt konnte als gewiß gelten. Das von den Sternen ausgehende Licht liefert, spektrographisch untersucht, ein ungeheures Maß an Informationen über Druck, Temperatur, chemische Zusammensetzung und Magnetfelder der äußeren Schichten von Fixsternen, über Bewegung von Sternen, über die Verteilung von interstellarer Materie.



Seit Cook und A. von Humboldt wurde ein neuer Typ von Reisen deutlich, der wissenschaftlicher Forschungsreisen und Länderbeschreibungen. Die Erde bot Anfang des 19. Jh. den Europäern noch eine Fülle unbekannter Regionen: das Innere Afrikas, Zentralasien mit Westchina, Tibet, das Innere Australiens, die Inselwelt der Südsee, das Innere Südamerikas und das Nordamerikas westlich des Mississippi sowie die Polregionen.

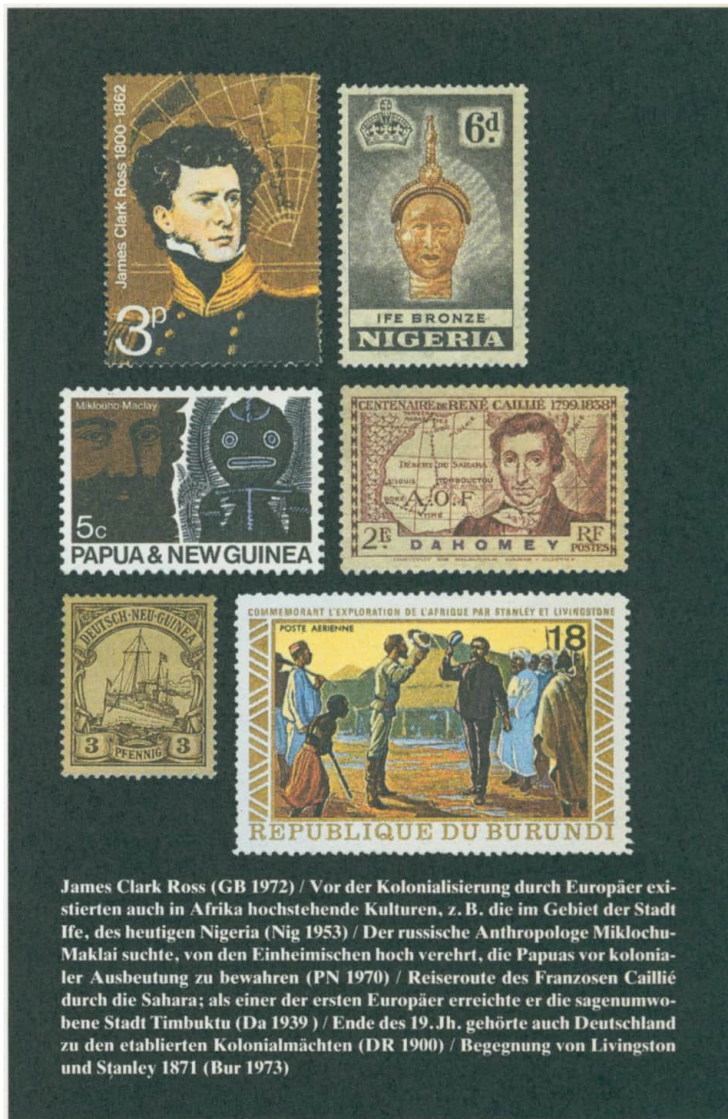
Zahlreiche Forscher machten sich auf beschwerliche Reisen. Manche kamen um; andere erreichten ihr Ziel nicht. Trotz vieler Opfer wurden viele »weiße Flecken« auf den Landkarten beseitigt. Der Lauf großer Ströme, der Verlauf von Küsten und Gebirgsketten wurde kartiert, Wüsten durchquert, Klima, Vegetation, magnetisches Feld, Bodenschätze und Meeresströmungen beschrieben, Völkerschaften und Sitten wurden geschildert, oftmals nicht frei von Vorurteilen und Überheblichkeit der Europäer.

Es war nicht nur Forscherdrang, der Europäer über Kontinente und Meere trieb. Auch handfeste nationale ökonomische Interessen standen auf dem Spiel. Es ging um Rohstoffe und Absatzmärkte. Unbestreitbar haben europäische geographische Gesellschaften über wissenschaftliche Aufgaben hinaus auch den Weg zur Kolonialisierung Afrikas und Asiens geebnet.

Von den zahlreichen Expeditionen in Afrika erreichten die des Schotten Livingstone eine besondere wissenschaftliche Bedeutung und zugleich große Popularität. Er erforschte das Gebiet des Sambesi-Stromes, entdeckte Ende 1853 die Viktoria-Fälle, klärte die Quellflüsse des Kongo auf und wurde, schon für verschollen gehalten, von dem nach ihm suchenden Stanley 1871 am Tanganjika-See lebend angetroffen. Stand bei Livingstone noch Forschung im Vordergrund, so hat Stanley die brutale Kolonialisierung persönlich betrieben.

In den Jahren 1819–21 umsegelte eine von Bellingshausen geleitete russische Expedition den antarktischen Kontinent. Nach dieser höher als 69° s. Br. führenden Reise durfte die Existenz riesiger eisbedeckter Landmassen um den Südpol als gesichert gelten. Angeregt durch A. von Humboldt und Gauß unternahm der Engländer Ross 1839–43 den Versuch, die Lage des magnetischen Pols auf der Südhalbkugel zu bestimmen. Der Vorstoß auf das Festland scheiterte an einer riesigen, heute nach ihm benannten Eisbarriere.

## Weißer Flecken – Expeditionen – Kolonien



James Clark Ross (GB 1972) / Vor der Kolonialisierung durch Europäer existierten auch in Afrika hochstehende Kulturen, z.B. die im Gebiet der Stadt Ife, des heutigen Nigeria (Nig 1953) / Der russische Anthropologe Miklocho-Maklaj suchte, von den Einheimischen hoch verehrt, die Papuas vor kolonialer Ausbeutung zu bewahren (PN 1970) / Reiseroute des Franzosen Caillie durch die Sahara; als einer der ersten Europäer erreichte er die sagenumwobene Stadt Timbuktu (Da 1939) / Ende des 19. Jh. gehörte auch Deutschland zu den etablierten Kolonialmächten (DR 1900) / Begegnung von Livingstone und Stanley 1871 (Bur 1973)

**Mit dem Wissen kommt das Denken, und mit dem Denken  
der Ernst und die Kraft in die Menge.**

*Alexander von Humboldt*

**Es ist nicht das Wissen, sondern das Lernen,  
nicht das Besitzen, sondern das Erwerben, nicht das Da Sein,  
sondern das Hinkommen, was den größeren Genuß gewährt.**

*Carl Friedrich Gauß*

**Arbeite! Vollende! Publiziere!**

*Michael Faraday*

**Eine gute Theorie ist das Praktischste, was es gibt.**

*Robert Kirchhoff*

**Die Bourgeoisie hat in ihrer kaum hundertjährigen  
Klassenherrschaft massenhaftere und kolossalere Produktions-  
kräfte geschaffen als alle vorangegangenen Generationen  
zusammen. Unterjochung der Naturkräfte, Mechanerie,  
Anwendung der Chemie auf Industrie und Ackerbau,  
elektrische Telegraphen, Urbarmachung ganzer Erdteile,  
Schiffbarmachung der Flüsse, ganze aus dem Boden hervor-  
gestampfte Bevölkerungen – welch früheres Jahrhundert ahnte,  
daß solche Produktionskräfte im Schoß der gesellschaftlichen  
Arbeit schlummerten.**

*Karl Marx/ Friedrich Engels*

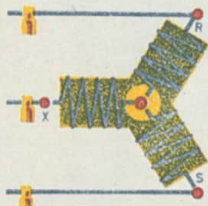
# VIII. GROSSE INDUSTRIE

Leben und Werk von Werner von Siemens machen die während des 19. Jh. entstandenen engen Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Großindustrie geradezu symbolhaft deutlich. Der preußische Artillerieoffizier Siemens machte eine Reihe technischer Erfindungen (u. a. 1840 galvanische Vergoldung, 1846 elektrischer Zeigertelegraph). 1847 gründete er zusammen mit dem Mechaniker Halske eine Werkstatt, die am Aufbau eines Telegraphennetzes maßgeblich beteiligt war und aus der durch Kombination von rigoroser kapitalistischer Unternehmertätigkeit mit technisch-organisatorischer Erfindungskraft ein Konzern von Weltbedeutung hervorging. Siemens selbst schuf mit der epochemachenden Konstruktion der Dynamomaschine und wesentlichen Verbesserungen des Wirkungsgrades von Generatoren und Motoren (z. B. Doppel-T-Anker) entscheidende Voraussetzungen zur Entwicklung der Starkstromtechnik und gab wichtige Impulse für deren Umsetzung u. a. im Verkehrswesen (BRD 1966)

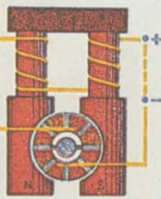
Sonderserie der Deutschen Bundespost

## Fortschritt in Technik und Wissenschaft

75 Jahre Drehstrom-Kraftübertragung

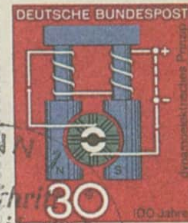


100 Jahre dynamoelektrisches Prinzip



Die Abhandlung „Über die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete“ im Jahre 1866 von W.v.Siemens und die Inbetriebnahme der ersten Drehstrom-Kraftübertragungsanlage im Jahre 1891 sind Anlass dieser Ausgabe.

Ersttag: Bonn/Bremen, den 28. September 1966



20 Fortschritt 30  
in Technik und  
Wissenschaft  
28. 9. 1966  
ERSTAUSGABE

53



# Wissenschaft wird Produktionsmittel des Reichtums



Was zielorientierte Anwendung der Wissenschaft zu leisten vermag, dokumentieren Ingenieurleistungen aus der zweiten Hälfte des 19. Jh. 1889 wurde in Paris der Eiffelturm, eine 300m hohe Stahlkonstruktion, errichtet (F 1939) / 1864 konnten die französischen Hütteningenieure Pierre und Emile Martin (F 1955) das Herdfrischverfahren zum Schmelzen von Stahl einführen / 1867 wurde eine Eisenbahnverbindung über den Brenner-Paß errichtet (Ö 1967) / 1863 begründete der Belgier Solvay sein Verfahren zur Sodaherstellung (B 1955)

In der zweiten Hälfte des 19. Jh. vollzog sich der Wandel des Kapitalismus der freien Konkurrenz zum Monopolkapitalismus. Dieser Differenzierungsprozeß äußerte sich in der Konzentration der Produktion und des Kapitals einerseits und der zunehmenden Verelendung der Arbeitenden andererseits. Damit verschärfte sich auch der Gegensatz zwischen der kleinen Gruppe der Besitzenden und der übergroßen Mehrheit der Besitzlosen, wobei letztere den Reichtum durch ihre Arbeit schufen. Unter den Bedingungen der kapitalistischen Produktionsweise etablierten sich die Naturwissenschaften zum Produktionsmittel des Reichtums, weil naturwissenschaftliche Erkenntnisse zunehmend zur unmittelbaren Grundlage der Produktion wurden. Besonders deutlich zeigte sich dies in der neu entstandenen Teerfarbenindustrie und in der Elektroindustrie. Auf wissenschaftlicher Grundlage konnten aber auch die Dampfmaschine und neuartige Lösungen für Antriebsmaschinen entwickelt werden, so z. B. der Gasmotor (Lenoir 1860, Otto und Langen 1867), der Ottomotor (1876) und der Dieselmotor (Patent 1892, erste praktische Ausführung 1897). Mit dem Entstehen der großen Industrie wurde der Übergang zur Massenproduktion vollzogen. Um den damit verbundenen neuen Anforderungen zu genügen, mußte das Verkehrsnetz erweitert werden, neue Eisenbahnlinien, Straßen und Kanäle auf solider ingenieurtechnischer Grundlage wurden gebaut. Neue Kommunikationssysteme wurden entwickelt: 1850 wurde das Unterseekabel durch den Ärmelkanal zwischen Dover und Calais in Betrieb genommen, und 1869 wurde der Bau der damals längsten Telegraphenlinie zwischen London und Kalkutta (18 000 km) beendet. Ab 1900 stand ein Transatlantik-Kabel, das von Emden nach New York reichte, für den Telegraphenverkehr zur Verfügung.

Als energetische Basis für das Aufblühen von Industrie und Wirtschaft erwies sich der elektrische Strom, der von 1872 an mittels der Dynamomaschine erzeugt werden konnte.

Der Prozeß der Umwandlung der Wissenschaft zu einer unmittelbaren Produktivkraft hatte aber noch eine andere Seite. Neben der bis dahin hauptsächlich betriebenen Hochschulforschung wurden auch durch die Industrie Forschungseinrichtungen aufgebaut, in denen Wissenschaftler systematisch Grundlagen- und Zweckforschung betreiben konnten.

In der Zeit, als Copernicus' weltbewegendes Buch »De revolutionibus« im Druck war (1542 oder 1543), entdeckten portugiesische Seefahrer zufällig die japanischen Inseln. Feuerwaffen wurden eingeführt. Es begann eine eifrige christliche Missionstätigkeit in einem agrarisch orientierten Land mit einer alten, hochentwickelten Kultur, die wesentlich vom Buddhismus geprägt war. Im Unterschied zu anderen asiatischen Ländern vermochte sich Japan, nach gewaltsamer Unterdrückung des Christentums, geschickt der Kolonialisierung durch die Europäer zu entziehen. Abgeschlossen von der Außenwelt und auf sich gestellt konnte Japan unter einer Militärregierung im 17. und 18. Jh. eine glänzende ökonomische und kulturelle Aufwärtsentwicklung durchlaufen. Lediglich eine kleine holländische Handelsmission wurde geduldet. Durch holländische Vermittlung gelangten auch einige Bruchstücke der europäischen Naturwissenschaft nach Japan, das seinerseits eine beachtenswerte Geographie, Zoologie, Botanik und Mathematik hervorgebracht hatte. Beispielsweise schuf Seki zur selben Zeit, als Newton und Leibniz in Europa wirkten, einen Determinantenkalkül zur Lösung von Gleichungssystemen und infinitesimale Methoden der Integralrechnung.

Mitte des 19. Jh. konkurrierten Rußland, England und die USA um die Vorherrschaft im Pazifik. Am 8. Juli 1853 erschien ein US-amerikanisches Geschwader unter der Leitung von Commodore Perry in der Bucht von Uraga.

Zwei der vier Schiffe waren Dampfschiffe; die »Schwarzen Schiffe« hinterließen einen ungeheuren Eindruck. Beim zweiten »Besuch«, 1854, mit sieben Schiffen, führte Perry Dampflokomotivmodelle und elektrische Telegraphen vor, demonstrierte militärische Stärke und »zeigte«, wie er sich ausdrückte, »diesem halbzivilisierten Volk den Sieg der Wissenschaft und abenteuerlicher Unternehmungen.«

Die Drohungen wirkten, Beschließung zweier japanischer Häfen half nach: Ein Handelsvertrag wurde abgeschlossen, die Europäer und die USA erhielten Stützpunkte in Japan.

Die außenpolitische Krise und tiefe innenpolitische Gegensätze führten 1867/68 zum Sturz der Militärregierung und zur sog. Meiji-Reform. Unter einem starken Kaiser beschrift Japan den Weg zum Kapitalismus.

## Commodore Perry »öffnet« Japan



Tor der Tempelanlage von Nikko, 17. Jahrhundert (J 1978) / Die »black ships« unter Perry vor Japan (USA 1953) / Burgschloß in Nagoya, 1612 erbaut (J 1969) / Im Sturm auf eignete sich Japan nach 1868 die »westliche« Wissenschaft an: Gastprofessoren wurden angeworben, japanische Studenten nach den USA und Europa entsandt, um – wie es in der (damaligen) japanischen Verfassung heißt – »Wissen auf der ganzen Erde zu suchen, auf daß die Grundlagen des Kaiserreiches sicher errichtet werden«. Die erste Eisenbahn fuhr bereits 1872 (J 1972), das Tokioter Naturkundemuseum wurde 1877 und die Sternwarte (J 1978) 1878 gegründet. Zur Jahrhundertwende hatte Japan den Anschluß an die Weltwissenschaft hergestellt

# Zauberwort Technik



Im ausgehenden 19. Jh. erzielten Technik und Produktion in den kapitalistischen Staaten Europas sowie in den USA sensationelle Ergebnisse. Es schien keine Grenzen des Fortschrittes zu geben, alles schien möglich und machbar, wenn nicht heute, so morgen. Verne erfaßte mit seinen technisch-utopischen Romanen den Zeitgeist. Der heutige Leser ist fasziniert von der erstaunlichen technischen Weitsicht des Autors und zugleich von seiner humanistischen Gesinnung. Aus einem elfwertigen Satz (Mo 1955) aus Anlaß seines 50. Todestages: Szenen aus den Werken »Eine schwimmende Stadt«, »Fünf Wochen im Ballon«, »20 000 Meilen unter dem Meer«, »Von der Erde zum Mond« und »Die 500 Millionen der Begum«

Mitte des 19. Jh. stellte Britannien das führende Industrieland der Erde dar. Dort reifte – etwa um die Zeit des Erscheinens des »Kommunistischen Manifestes« – die Idee, im Interesse des britischen Kapitalismus eine Weltausstellung der Industrie zu veranstalten. »The Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations« wurde am 1. Mai 1851 im legendären Kristallpalast eröffnet. Prinz Albert, Gemahl der Königin Victoria, deren Name zum Symbol eines ganzen Zeitalters werden sollte, verlieh dem Fortschrittsglauben an die Kraft der mit der Wissenschaft verbundenen kapitalistischen Technik und Produktion in der Eröffnungsrede Ausdruck: »Konkurrenzkampf und Kapital geben den Anreiz zur Produktion, und so nähert sich der Mensch einer immer vollkommeneren Erfüllung der großen geheiligten Aufgabe, die er in dieser Welt zu erfüllen hat.«

Angelegt als Vergleich und Bewertung des Neuesten an Produktion in Industrie und Handwerk nahmen 28 Länder (darunter englische Kolonien) mit mehr als 17 000 Ausstellern teil; die knappe Hälfte kam aus England. Gezeigt wurden 32 612 Exponate. London wurde ein großer Erfolg. Die nächste Weltausstellung fand 1855 in Paris statt, an einer Stätte traditioneller nationaler französischer Industrieausstellungen. Auch bildende Kunst wurde zum Ausstellungskomplex. Es folgten wiederum London 1862, Paris 1867, dann Wien 1873, Philadelphia 1876, Paris 1878, Sydney, Melbourne, Antwerpen und Melbourne, Paris 1889 (mit der Errichtung des Eiffelturms), Chicago 1893, Antwerpen 1894, Brüssel 1897 und noch einmal als große bedeutende Ausstellung Paris 1900. Dann hatte sich die ursprüngliche Idee überlebt: Der Welthandel unter den Bedingungen des Überganges vom Kapitalismus der freien Konkurrenz zum Monopolkapitalismus und Imperialismus erforderte andere Formen der Industrielenkung. Die Weltausstellungen nach dem Zweiten Weltkrieg – die bisher letzte umfassende 1970 in Osaka – wiesen Tendenzen der Unterhaltung mit touristischem Einschlag auf.

Die Ausstellung in Philadelphia markierte in doppelter Hinsicht eine Zäsur: Es zeigte sich, daß die USA im Begriff waren, die europäischen Industriemächte zu überflügeln und daß zweitens auf breiter Front Naturwissenschaft und Mathematik zu einem entscheidenden Faktor der Industrieproduktion und des technischen Fortschritts geworden waren.

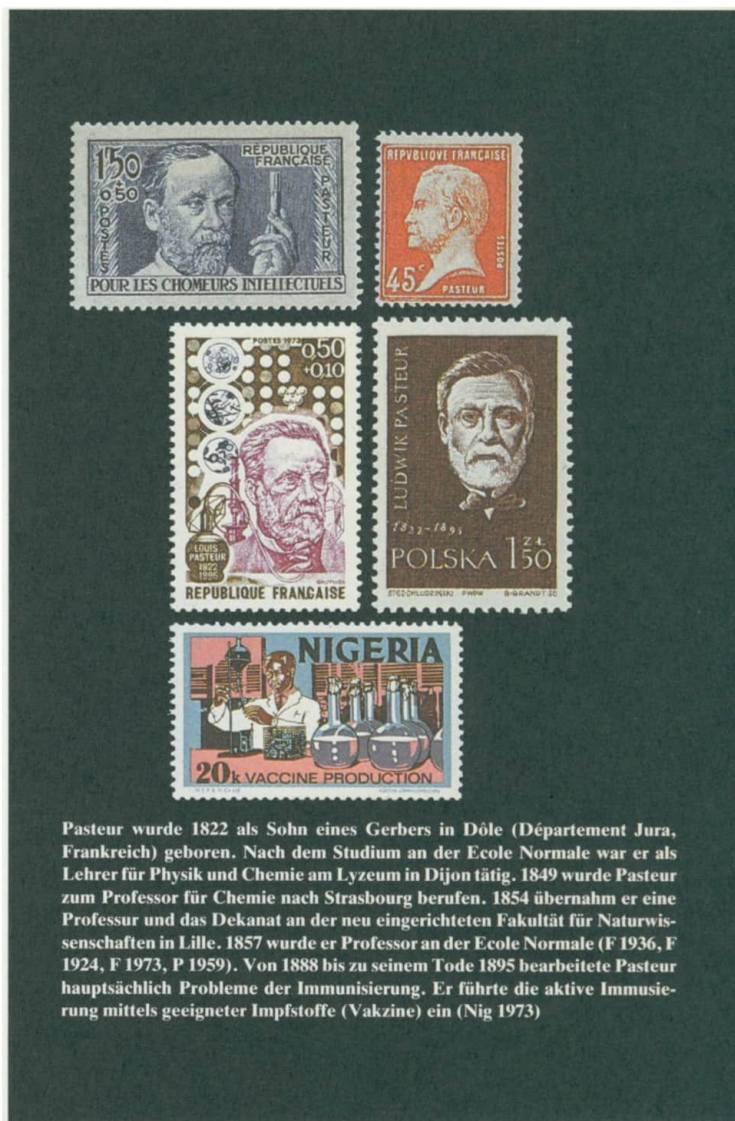
Eigentlich hatte Pasteur mit großem Erfolg Physik und Chemie studiert. 1847 promovierte er mit einer Arbeit über die Salze der arsenigen Säure. Von nachhaltigem Einfluß auf die Entwicklung des Strukturdenkens der Chemiker erwiesen sich seine Untersuchungen zur optischen Isomerie der Salze der Weinsäure.

1848 gelang es Pasteur, durch einfaches Auslesen nach dem äußeren Aussehen der Kristalle die Natrium-Ammonium-Salze der optisch inaktiven Traubensäure in die Salze der D- und L-Weinsäure aufzutrennen. Damit war erstmals ein Racemat in seine Komponenten zerlegt worden. Zur Erklärung der optischen Aktivität stellte Pasteur 1860 die Hypothese auf, daß diese Eigenschaft durch asymmetrische Kohlenstoffatome verursacht wird, also solchen, bei denen alle vier Valenzen durch unterschiedliche Gruppen abgesättigt sind.

Von 1856 an widmete sich Pasteur der Untersuchung von Gärungsvorgängen. Dabei kam er mit dem Problem der Urzeugung in Berührung. Die Anhänger der Hypothese von der Urzeugung vertraten die Auffassung, daß es möglich sei, daß Lebewesen unter bestimmten äußeren Bedingungen spontan – unabhängig von der Fortpflanzung – neu entstehen könnten. Pasteur hingegen kam zu dem Schluß, daß in der Luft enthaltene Keime die alleinige Ursache für Gärungs- und Fäulnisvorgänge sind. 1863 faßte er seine Forschungsergebnisse in der Schrift »Kleinste Organismen, die in der Atmosphäre vorkommen« zusammen. Im Jahre 1876 erfuhr die Keimtheorie von Pasteur eine weitere Bestätigung, als es Koch erstmals gelang, den Milzbranderreger zu isolieren und in einer Reinkultur zu züchten.

Auch Pasteur beschäftigte sich mit bakteriologischen Fragen, so mit der Untersuchung des Milzbrandes. Er hatte festgestellt, daß Tiere, die eine Erkrankung an Milzbrand überstanden hatten, gegen weitere Infektionen immun (widerstandsfähig) waren. Das betraf auch solche Tiere, die er mit abgeschwächten Erregern infiziert hatte. Pasteur erhärtete und popularisierte diesen Befund durch einen Großversuch. Er infizierte zunächst 25 Schafe mit abgeschwächten Milzbrandreggern. Nach überstandener Krankheit impfte er diese und 25 weitere mit virulenten (ansteckungsfähigen) Milzbrandreggern. Ein Monat später waren 21 der nicht immunisierten Schafe gestorben, während alle immunisierten gesund blieben.

## Chemiker und Bakteriologe Louis Pasteur



Pasteur wurde 1822 als Sohn eines Gerbers in Dôle (Département Jura, Frankreich) geboren. Nach dem Studium an der Ecole Normale war er als Lehrer für Physik und Chemie am Lyzeum in Dijon tätig. 1849 wurde Pasteur zum Professor für Chemie nach Strasbourg berufen. 1854 übernahm er eine Professur und das Dekanat an der neu eingerichteten Fakultät für Naturwissenschaften in Lille. 1857 wurde er Professor an der Ecole Normale (F 1936, F 1924, F 1973, P 1959). Von 1888 bis zu seinem Tode 1895 bearbeitete Pasteur hauptsächlich Probleme der Immunisierung. Er führte die aktive Immunisierung mittels geeigneter Impfstoffe (Vakzine) ein (Nig 1973)

# Kraftlinien – Feld – Wellen

Die mathematische Durchbildung der Theorie der Elektrodynamik auf der Grundlage der Fernwirkungstheorie – das vorherrschende Denkschema der Newtonschen Punktmechanik diente als Vorbild – konnte weitgehend die im Experiment beobachteten Effekte erfassen, darunter in den Arbeiten von Wilhelm Weber auch Elektrostatik und elektromagnetische Induktion. Doch es blieben Unzulänglichkeiten: Hatte die Elektrizität nicht etwa wie das Licht eine endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit? Versuche legten dies nahe.

Faraday hatte die anschauliche Hilfsvorstellung von »Kraftlinien« entwickelt und war schließlich zu der Überzeugung gelangt, daß sie real existieren und den Raum erfüllen. Auch gelangte er 1846 zu der Idee, daß Licht möglicherweise aus schwingenden Kraftlinien bestehe, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten.

Mochte dies für viele Physiker wie Spekulation klingen, der Schotte James Clerk Maxwell nutzte anfangs mechanische Modelle, um die Kraftlinienvorstellung des Elektromagnetismus mathematisch durchzuarbeiten. Dann aber ging Maxwell auch im Inhaltlichen, nicht nur im formalen Apparat, noch über Faraday hinaus: Auch die zeitliche Änderung eines elektrischen Feldes erzeugt ein magnetisches Feld. Daraus folgte, daß Licht eine elektromagnetische Schwingung ist, die sich wellenförmig ausbreitet. Nachdem Maxwell erstmals 1862 seine Theorie vorgestellt hatte, folgte 1873 eine zusammenfassende Darstellung der elektromagnetischen Feldtheorie. Sie bedurfte nun der experimentellen Bestätigung.

Durch seinen Lehrer, den vielseitigen und einflußreichen Berliner Physiker Helmholtz, kam der junge und begabte Heinrich Hertz in Berührung mit Maxwells Theorie. In Karlsruhe gelang ihm in den Jahren 1886–88 der experimentelle Nachweis elektromagnetischer Wellen, die die gleichen Erscheinungen – Reflexion, Brechung, Interferenz, Ausbreitungsgeschwindigkeit – wie die Lichtwellen zeigen. Auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte erklärte Hertz 1889 emphatisch: »Das Licht ist eine elektrische Erscheinung, das Licht an sich, alles Licht, das Licht der Sonne, das Licht der Kerze, das Licht eines Glühwurms. Nehmt aus der Welt die Elektrizität, und das Licht verschwindet ...«



Die Maxwellschen Gleichungen gehören zum Grundbestand der mathematischen Physik (Nic 1971) / Helmholtz erfaßte schon Anfang der 70er Jahre die Bedeutung der Maxwellschen Theorie und suchte nach experimentellen Bestätigungen (WB 1971) / H. Hertz erreichte mit einem aus Dipol und Funkeninduktor bestehenden »Oscillator« (dem Sender) ca. 80MHz und benutzte als »Resonator« (Empfänger) einen kreisförmigen Dipol. Fünklein zeigten das Vorhandensein von Wellen an (CS 1959) / Heinrich Hertz (DDR 1957) / Elektromagnetische Feldlinien (BRD 1983) / Mit dem u. a. von Branly entwickelten Kohärer konnten elektromagnetische Wellen nachgewiesen werden (F 1944)

Die Experimente von H. Hertz hatten Maxwells elektromagnetische Feldtheorie als Grundlage für Elektrodynamik und Wellenoptik endgültig bestätigt. Neben der Masse hatte sich das Feld als zweite Grundform der Materie erwiesen. Die Hertz'schen Versuche wurden überall wiederholt. Man hat Hertz 1889 gefragt, ob er die Verwendung elektromagnetischer Wellen zur Nachrichtenübermittlung für möglich halte. Hertz hat dies verneint, zu Recht, wenn man an die ihm zur Verfügung stehenden Geräte denkt. Aber die Entwicklung ging rasch voran; bald nach dem Tod von Hertz gelangen die ersten Erfolge.

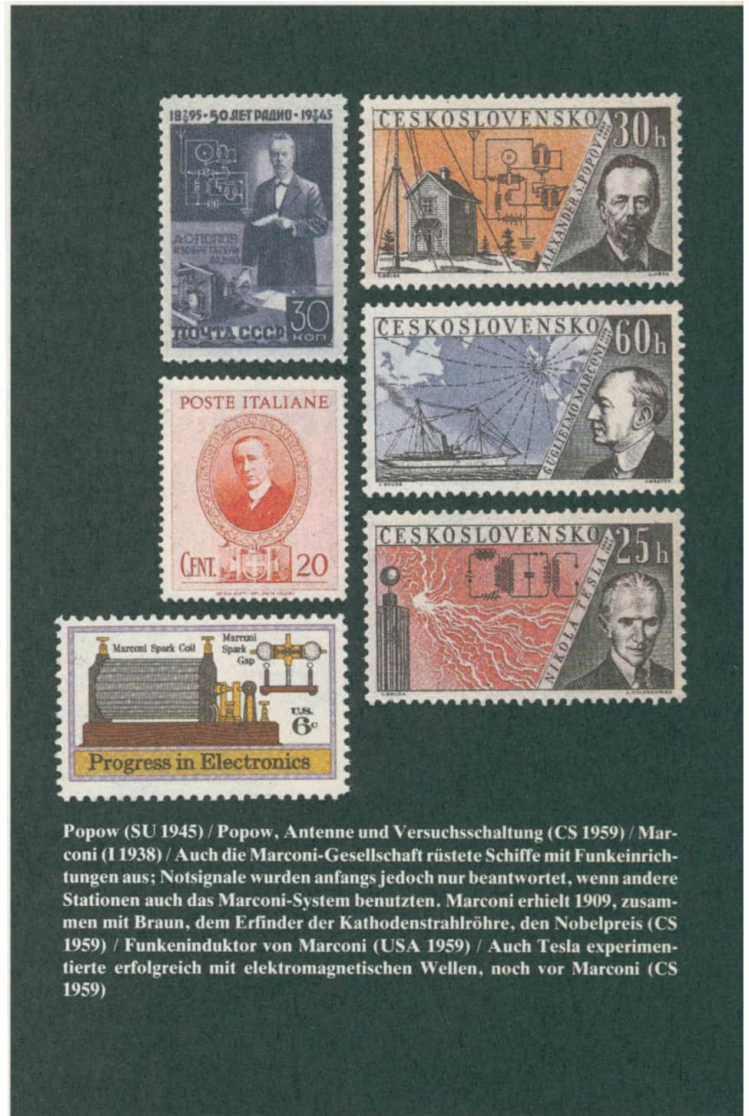
Popow in Petersburg konnte mit dem von ihm eingeführten »Aufnahmedraht« (Antenne) atmosphärische Entladungen über einen Kohärer mittels einer Klingel hörbar machen. Im Mai 1895 hielt Popow einen Vortrag vor der Russischen Physikalisch-Chemischen Gesellschaft und zeigte, daß sich durch Steinwände Signale drahtlos übertragen. Wenig später, 1896, überbrückte er mehr als 200 m, 1897 bereits 5 km zwischen zwei Schiffen.

Popows vielversprechende Versuche blieben im zaristischen Rußland ohne Förderung. Der Italiener Marconi dagegen konnte seine Erfindungen im großen Stil geschäftlich umsetzen.

Righi hatte 1894 in Bologna Experimentalvorlesungen über Hertz'sche Wellen gehalten. Marconi war einer der Hörer und gelangte so zu der Idee der drahtlosen Signalübermittlung. Ende 1895 konnte er Zimmerentfernung überbrücken. Er übernahm den Kohärer, Geräte von Righi, Popows Antenne und fügte als eigene Erfindung die Sendeantenne hinzu. 1896 konnte er in Italien über eine Strecke von 3 km Signale übertragen. 1897 überbrückte er in England 5,5 km. Noch im selben Jahr gründete man die »Marconi Wireless Co Ltd«. 1899 war die erste drahtlose Verbindung zwischen Frankreich und England hergestellt, und am 12. Dezember 1901 endlich gelang es, ein Funksignal über den Atlantik von England nach Neufundland zu übermitteln.

Auf der Seefunkkonferenz in Berlin 1906 wurde das internationale Seenotrufzeichen SOS beschlossen. Auf der Londoner Konferenz 1913 wurde festgelegt, alle Schiffe mit mehr als 50 Personen an Bord mit funktelegraphischen Apparaten auszurüsten.

## Blitzanzeiger – Drahtlose Telegraphie – SOS



Popow (SU 1945) / Popow, Antenne und Versuchsschaltung (CS 1959) / Marconi (I 1938) / Auch die Marconi-Gesellschaft rüstete Schiffe mit Funkeinrichtungen aus; Notsignale wurden anfangs jedoch nur beantwortet, wenn andere Stationen auch das Marconi-System benutzten. Marconi erhielt 1909, zusammen mit Braun, dem Erfinder der Kathodenstrahlröhre, den Nobelpreis (CS 1959) / Funkeninduktor von Marconi (USA 1959) / Auch Tesla experimentierte erfolgreich mit elektromagnetischen Wellen, noch vor Marconi (CS 1959)

# Elektrotechnische Revolution

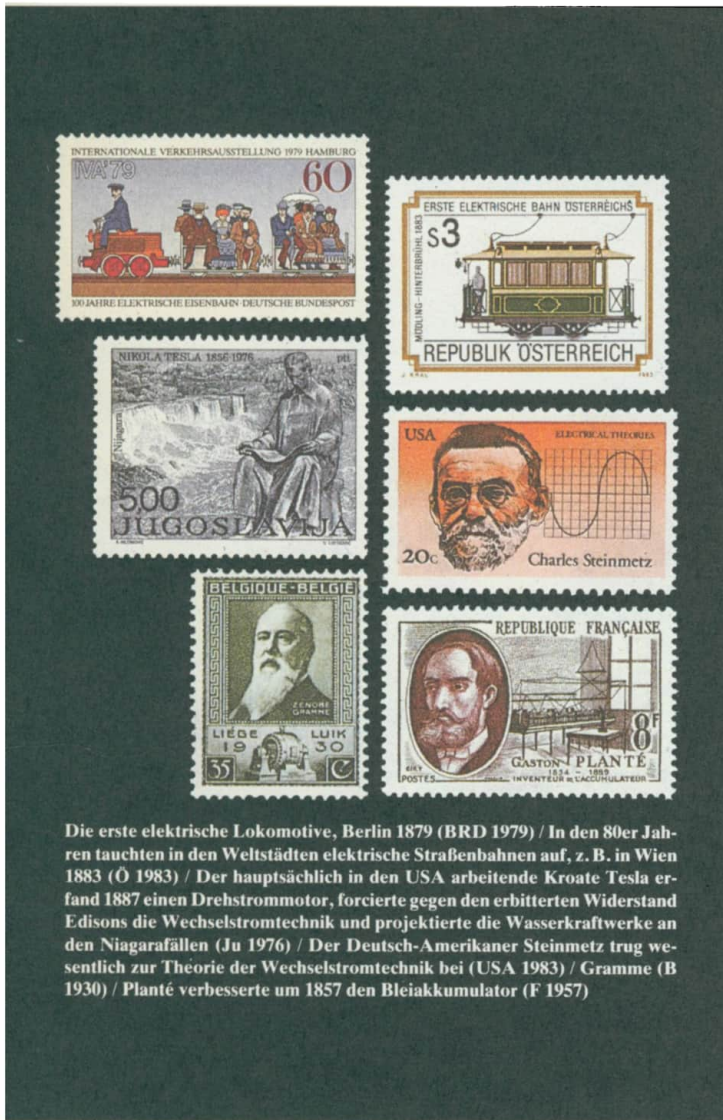
Schwachstromelektrotechnik hatte bereits im Anfang des 19. Jh. verbreitet Anwendung gefunden. Doch waren Grenzen gesetzt: Es fehlte an billigen und leistungsfähigen Stromquellen.

Das Jahr 1866 leitete die entscheidende Wende ein. Werner von Siemens entdeckte das »dynamo-elektrische Prinzip« und publizierte noch im Dezember die Arbeit »Über die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne permanente Magnete«. Andere Physiker – unter ihnen Wheatstone in England – sind ohne Zweifel dem dynamoelektrischen Prinzip der Stromerzeugung ohne Fremderregung nahe gekommen, aber Siemens besaß den scharfen Blick für die ökonomisch-technische Verwertbarkeit dieser physikalischen Entdeckung. Über die Dynamomaschine heißt es bei ihm 1867: »Dieser Apparat wird den Grundstein einer großen technischen Umwälzung bilden, welche die Elektrizität auf eine höhere Rangstufe der Elementarkräfte erheben wird.«

Stromerzeugung wurde nun in »unbegrenzter Stärke« (Siemens) möglich. Die Starkstromtechnik entwickelte sich im letzten Drittel des 19. Jh. in allen kapitalistischen Staaten außerordentlich rasch und leitete im Maschinenbau, im Verkehrswesen und in der Beleuchtungsindustrie jene durchgreifende, von Siemens vorausgesagte Wandlung ein.

Die ersten Dynamomaschinen erzeugten Gleichstrom. Bei Fernübertragung mußte man, selbst innerhalb einer Stadt, mit einem Energieverlust bis zur Hälfte rechnen. So setzte sich – Gramme in Belgien hatte 1878 eine produktionsreife Wechselstrommaschine konstruiert – der Wechselstrom relativ rasch durch. Eine erste Fernübertragung hochgespannten Drehstroms im großem Maßstab von Lauffen nach Frankfurt a. M. im Jahre 1891, an der der aus Rußland stammende Dolivo-Dobrowolski führend beteiligt war, erwies die technischen Vorzüge des Wechselstroms endgültig.

Schon 1879 hatte Siemens auf der Berliner Gewerbeausstellung eine elektrische Lokomotive vorgestellt. Die erste elektrische Straßenbahnlinie wurde 1881 in Berlin-Lichterfelde in Betrieb genommen. Eine Geschichte der Technik würde nachzuvollziehen haben, wie durch das Wechselspiel von Erfindung, Wissenschaft und Industrie noch im 19. Jh. die Elektrotechnik weithin durchgebildet wurde.



Die erste elektrische Lokomotive, Berlin 1879 (BRD 1979) / In den 80er Jahren tauchten in den Weltstädten elektrische Straßenbahnen auf, z. B. in Wien 1883 (Ö 1983) / Der hauptsächlich in den USA arbeitende Kroatie Tesla erfand 1887 einen Drehstrommotor, forcierte gegen den erbitterten Widerstand Edisons die Wechselstromtechnik und projektierte die Wasserkraftwerke an den Niagarafällen (Ju 1976) / Der Deutsch-Amerikaner Steinmetz trug wesentlich zur Theorie der Wechselstromtechnik bei (USA 1983) / Gramme (B 1930) / Planté verbesserte um 1857 den Bleiakкумуляtor (F 1930)

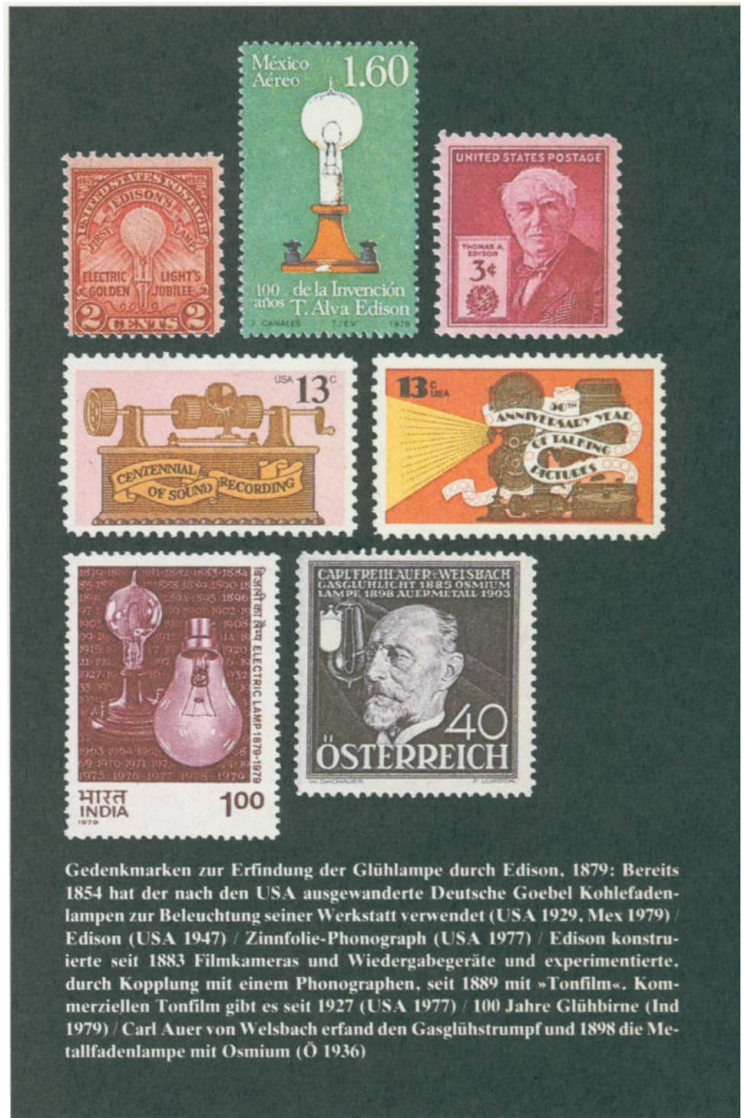
Der Weg Edisons vom Zeitungsjungen und Telegraphisten zum weltberühmten Erfinder und Unternehmer wird häufig nur als der eines typisch amerikanischen self-made-man empfunden. Doch spiegelt sich in Edisons Lebenswerk zugleich die Rolle der technisch-wissenschaftlichen Erfindungen in einer stürmischen Wachstumsperiode des Kapitalismus wider. Und umgekehrt hat Edison, schon arrivierter Erfinder, ausgebildete Naturwissenschaftler zu Rate gezogen und als Mitarbeiter eingestellt.

Der finanzielle Erfolg einiger Erfindungen – u. a. ein Anzeiger für Börsenkurse und ein Vielfachtelegraph – gestattete es Edison, 1876 in Menlo Park bei New York ein eigenes Forschungslaboratorium einzurichten. 1877 gelang die Erfindung des Kohlekornmikrophons; die Reichweite der Telefonverbindungen konnte beträchtlich erweitert werden. Er erfand eine »Sprechmaschine«, den Phonographen: Eine mit einem Mikrophon gekoppelte Nadel drückte durch die Schallwellen Rillen unterschiedlicher Tiefe in Zinnfolien auf Walzen ein. Viele hielten die Wiedergabe der menschlichen Stimme für Betrug, für einen Bauchrednertrick sogar. Andere verliehen Edison den Beinamen »Zauberer von Menlo Park« und erwarteten weitere Sensationen. Mit dem 1878 eingeleiteten und 1882 vollendeten Aufbau eines ersten Energieversorgungssystems – Kraftstation, Netz, Abnehmer – in einem New Yorker Stadtteil wurde Edison einer der Pioniere der Starkstromtechnik. Er konstruierte einen (Gleichstrom-) Dynamo, der bei unterschiedlicher Belastung konstante Spannung hielt, fand nach angestrengtem Suchen zusammen mit seinen Mitarbeitern in verkohlter Bambusfaser einen Glühfaden für eine produktionsreife Glühlampe, entwickelte Sockel und Schraubfassung, Sicherungen, Schalter, Kabel usw.

Der Erfolg war überwältigend. Schon eine Probeanlage auf der Pariser Weltausstellung von 1881 hatte Bewunderung erregt, Edison selbst war eine der Hauptattraktionen. Bereits 1900 belief sich die Anzahl der verwendeten Glühbirnen in den USA auf etwa 25 Millionen.

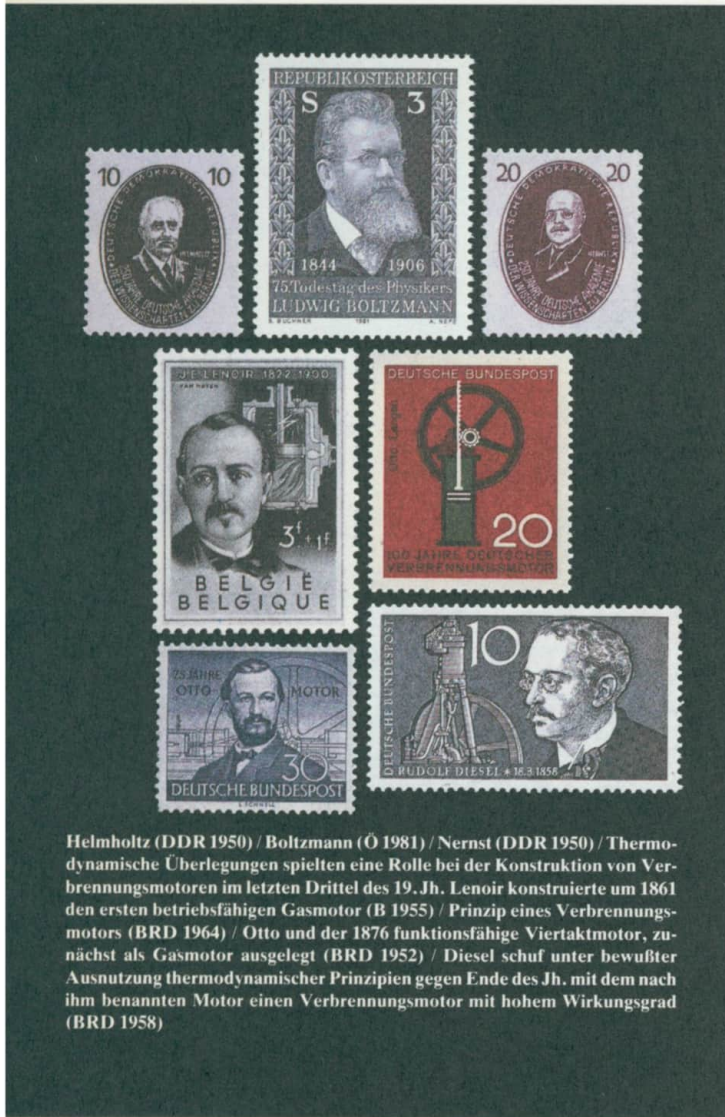
Edisons Erfindertätigkeit auf den verschiedensten Gebieten hielt mit wechselnden geschäftlichen Erfolgen bis zu seinem Tode an. Verluste bei Versuchen zur magnetischen Erzabscheidung wurden wettgemacht durch Gewinne bei Portlandzement und Nickel-Eisen-Akku. Insgesamt besaß Edison mehr als 1000 Patente.

## »Der Zauberer von Menlo Park«



Gedenkmärken zur Erfindung der Glühlampe durch Edison. 1879: Bereits 1854 hat der nach den USA ausgewanderte Deutsche Goebel Kohlefadenlampen zur Beleuchtung seiner Werkstatt verwendet (USA 1929, Mex 1979) / Edison (USA 1947) / Zinnfolie-Phonograph (USA 1977) / Edison konstruierte seit 1883 Filmkameras und Wiedergabegeräte und experimentierte, durch Kopplung mit einem Phonographen, seit 1889 mit »Tonfilm«. Kommerziellen Tonfilm gibt es seit 1927 (USA 1977) / 100 Jahre Glühbirne (Ind 1979) / Carl Auer von Welsbach erfand den Gasglühstrumpf und 1898 die Metallfadenlampe mit Osmium (Ö 1936)

# Energie – Entropie – Motor



Helmholtz (DDR 1950) / Boltzmann (Ö 1981) / Carnot (DDR 1950) / Thermodynamische Überlegungen spielten eine Rolle bei der Konstruktion von Verbrennungsmotoren im letzten Drittel des 19. Jh. Lenoir konstruierte um 1816 den ersten betriebsfähigen Gasmotor (B 1955) / Prinzip eines Verbrennungsmotors (BRD 1964) / Otto und der 1876 funktionsfähige Viertaktmotor, zunächst als Gasmotor ausgelegt (BRD 1952) / Diesel schuf unter bewußter Ausnutzung thermodynamischer Prinzipien gegen Ende des Jh. mit dem nach ihm benannten Motor einen Verbrennungsmotor mit hohem Wirkungsgrad (BRD 1958)

Der französische Ingenieur Sadi Carnot veröffentlichte 1824 eine grundlegende theoretische Arbeit, um den Wirkungsgrad von Dampfmaschinen zu berechnen und zu verbessern. Faraday stellte sich 1837 die Aufgabe, die »Beträge« oder »Äquivalente« des Austausches der Kräfte der Elektrizität, der Gravitation, der chemischen Affinität, der Kohäsion zu bestimmen. Ein praktischer Arzt aus Heilbronn namens Julius Robert Mayer reichte 1841 eine Arbeit mit dem Titel »Über die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte« zum Druck ein; sie wurde abgelehnt. Mayer ließ sich nicht abschrecken. Mit einem Gedankenexperiment fand er den Wert des Austausches von mechanischer und Wärmeenergie; die Arbeit »Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur« wurde 1842 gedruckt. Der englische Bierbrauer Joule studierte 1841/42 die Wärmewirkung des elektrischen Stromes und die Wärmeerzeugung durch Reibung. Der junge Militärarzt Helmholtz trug 1847 bei der Berliner Physikalischen Gesellschaft »Über die Erhaltung der Kraft« vor.

Alles zielte auf einen zentralen Sachverhalt der Physik, ja der ganzen Naturwissenschaft: auf den Satz von der Erhaltung der Energie. Es steht fest, daß Mayer als erster zur Erkenntnis des alle Naturkräfte umschließenden Energieerhaltungsprinzips vorgestoßen ist. Schon an der Welt verzweifelnd erhielt Mayer doch noch, nicht zuletzt durch das gerechte öffentliche Urteil von Helmholtz, die verdiente Anerkennung.

Der Satz von der Erhaltung der Energie ist äquivalent mit der Aussage, daß es kein perpetuum mobile (1. Art), also keine Erschaffung von Energie aus dem Nichts gibt. Aber es ist auch unmöglich, z. B. aus einer bloßen Temperaturdifferenz allein eine ausnutzbare Energie zu ziehen. Dieser merkwürdige Sachverhalt, daß verfügbare Energie sich teilweise sozusagen »entwertet« (z. B. beim Bremsen) und daß die Richtung eines Energieaustausches vorgezeichnet ist, ist Inhalt des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik, der 1867 in Form des Entropiesatzes von Clausius aufgestellt und später von Boltzmann auf atomistischer Basis in einen wahrscheinlichkeitstheoretischen Zusammenhang gestellt wurde. Der dritte Hauptsatz der Thermodynamik über die Unerreichbarkeit des absoluten Nullpunktes wurde 1906 von Nernst formuliert.

## Selbstbeweglich – Automobil

Die Dampfmaschine hatte als Antriebsmaschine im Straßenverkehr nur mäßige Erfolge erzielen können. Mit den aufkommenden Verbrennungsmotoren boten sich Motoren hoher Leistung bei relativ geringem Gewicht als Fahrzeugantrieb an. Schon Lenoir experimentierte in dieser Richtung, konzentrierte sich aber dann auf die Verbesserung des standortgebundenen Gasmotors. Der Dieselmotor erlangte erst nach wesentlichen Verbesserungen in der Mitte des 20. Jh. massenhafte Verwendung im Straßenverkehr. Die besten Möglichkeiten bot der Otto-Motor.

Ein aus Mecklenburg stammender Mechaniker, Marcus, brachte in Wien 1873/75 mit Benzinmotoren (mit magnet-elektrischer Zündung) betriebene Wagen zum Laufen. Der aus der Nähe von Stuttgart stammende Daimler erkannte, daß man für ein Kraftfahrzeug einen schnelllaufenden Motor hoher Kompression mit geringen Abmessungen entwickeln müsse. Daimler hatte am Polytechnikum in Stuttgart studiert, hatte in Maybach einen hochqualifizierten Mitarbeiter gefunden und die Glührohrzündung entwickelt. In Cannstatt entstand endlich Sommer 1883 ein Petroleummotor mit ca. 900 Umdrehungen pro Minute. Im November 1885 wurde ein hölzernes Fahrrad, Ende 1886/Anfang 1887 eine Kutsche mit einem Motor ausgerüstet. Der Wagen erreichte mit einem Motor von ca. 1½ PS (ca. 1 kW) etwa 18 km/h.

Schon am 29. Januar 1886 hatte Benz in Mannheim – nach einem Maschinenbaustudium am Polytechnikum in Mannheim – auf einen dreirädrigen Motorwagen ein Patent erhalten. Benz hatte begriffen, daß es nicht darum ging, in vorhandene Fahrzeuge Motoren einzubauen, sondern daß man einen gänzlich neuen Fahrzeugtyp schaffen muß; Bremsen, Schaltung, Vergaser, Ausgleichsgetriebe, Zündung, Kühlung wurden für diesen speziellen Zweck entwickelt. Der Patentwagen von 1886 war noch ein Dreirad, weil Benz erst 1892/93 mit der Achsschenkelenkung für Vierradwagen das Problem der Lenkung befriedigend lösen konnte.

Nach der Jahrhundertwende trat der moderne Typ des Automobils auch äußerlich zutage. Freilich konnten sich nur »Herrenfahrer« einen Motorwagen leisten. Erst die billige Massenproduktion, auf ein ausgeklügeltes System der Arbeitsteilung und Fließfertigung gestützt, machte das Auto zwischen den beiden Weltkriegen in den USA zum Massenverkehrsmittel.

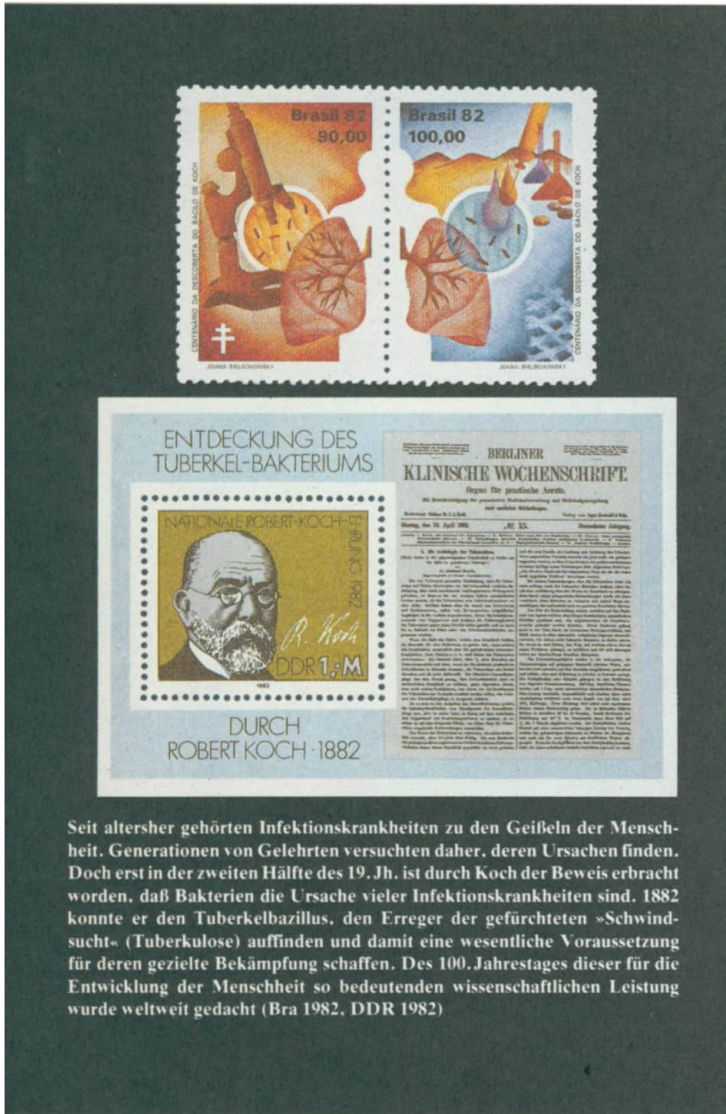


## »Bazillenvater« Robert Koch

Robert Koch, am 11. Dezember 1843 als Sohn eines Bergmanns in Clausthal-Zellerfeld geboren, studierte in Göttingen Medizin und schloß 1868 das Studium mit dem Staatsexamen ab. Von 1872 an war er als Landarzt in Wollstein bei Posen (Poznan) tätig. Dort begann er seine systematischen Untersuchungen über den Erreger des Milzbrandes, einer auf den Menschen übertragbaren Tierseuche. 1876 konnte er beweisen, daß ein stäbchenförmiger Bazillus diese Krankheit hervorruft. Damit war es erstmals gelungen, die wirkliche Ursache einer Infektionskrankheit aufzuzeigen. Koch ging davon aus, daß auch andere Infektionskrankheiten durch derartige Bazillen übertragen werden. Und 1882, inzwischen in Berlin tätig, fand er einen weiteren Bazillus, den Tuberkelbazillus, den Erreger der damals weit verbreiteten Schwindsucht, der Tuberkulose. Der Erforschung und Bekämpfung dieser Krankheit widmete sich Koch Zeit seines Lebens. 1905 wurde er für die Entdeckung des Tuberkelbazillus mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Im Jahre 1884 entdeckte Koch auch die Erreger der Cholera, die Cholera vibriolen. Koch erzielte seine Ergebnisse durch den Einsatz künstlicher Nährböden zur Züchtung von Reinkulturen der Erreger und wohlgedachte Tierexperimente. Er wurde dadurch zum Begründer der experimentellen Bakteriologie. 1885 erhielt er den Lehrstuhl für Hygiene an der Berliner Universität, und im gleichen Jahr wurde er Direktor des neu eröffneten Hygieneinstituts.

Im Jahre 1891 übernahm Koch die Leitung eines neu errichteten Institutes für Infektionskrankheiten. Dieses bestand aus einer wissenschaftlichen und einer klinischen Abteilung, letztere mit einer Kapazität von 108 Betten, so daß die direkte Umsetzung gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis möglich war. Außer seiner wissenschaftlichen Tätigkeit im Institut betätigte sich Koch als Leiter zahlreicher Expeditionen, deren Aufgabe darin bestand, Epidemien von Tropenkrankheiten und Tierseuchen einzudämmen und deren Ursachen zu erforschen. Nachdem er sich bereits in den Jahren 1883/84 aktiv an der Bekämpfung der Cholera in Ägypten und Indien beteiligt hatte, führte ihn seine Tätigkeit nunmehr u. a. nochmals nach Indien (1897), nach Java und Neuguinea (1899/1900) sowie in verschiedene Gebiete Süd- und Ostafrikas.



Seit altersher gehörten Infektionskrankheiten zu den Geißeln der Menschheit. Generationen von Gelehrten versuchten daher, deren Ursachen finden. Doch erst in der zweiten Hälfte des 19. Jh. ist durch Koch der Beweis erbracht worden, daß Bakterien die Ursache vieler Infektionskrankheiten sind. 1882 konnte er den Tuberkelbazillus, den Erreger der gefürchteten »Schwindsucht« (Tuberkulose) auffinden und damit eine wesentliche Voraussetzung für deren gezielte Bekämpfung schaffen. Des 100. Jahrestages dieser für die Entwicklung der Menschheit so bedeutenden wissenschaftlichen Leistung wurde weltweit gedacht (Bra 1982, DDR 1982)

Paris, 27. November 1895, Schwedischer Klub. Der 62jährige Großindustrielle Alfred Nobel, unverheiratet, kinderlos, verfügt testamentarisch über die ungeheure Summe von mehr als 33 Millionen Schwedenkronen. Die entscheidenden Sätze lauten:

»Das Kapital (meines Vermögens) . . . soll einen Fonds bilden, dessen jährliche Zinsen als Preise denen zugeteilt werden, die im verflossenen Jahr der Menschheit den größten Nutzen geleistet haben. Die Zinsen werden in fünf gleiche Teile geteilt, von denen zufällt: ein Teil dem, der auf dem Gebiet der Physik die wichtigste Entdeckung oder Erfindung gemacht hat; ein Teil dem, der die wichtigste chemische Entdeckung oder Verbesserung gemacht hat; ein Teil dem, der die wichtigste Entdeckung auf dem Gebiet der Physiologie oder der Medizin gemacht hat; ein Teil dem, der in der Literatur das Ausgezeichnetste in idealistischer Hinsicht hervorgebracht hat; ein Teil dem, der am meisten oder besten für die Verbrüderung der Völker gewirkt hat und für die Abschaffung oder Verminderung der stehenden Heere sowie für die Bildung und Verbreitung von Friedenskongressen.«

Dieses Testament wurde zur Stiftungsurkunde der Nobelpreise; diese wissenschaftlichen Preise gehören heute zu den höchstangesehenen Ehrungen.

Nobel hatte sein Vermögen als Unternehmer erworben, indem er seine zahlreichen Erfindungen profitbringend verwertete. Seine technischen und organisatorischen Leistungen sind unbestreitbar: großtechnische Produktion des von dem italienischen Arzt Sobrero entdeckten Nitroglycerins, des »Sprengöls«, die Erfindung des relativ gefahrlos handhabbaren Sprengstoffes Dynamit (Kieselgur mit Nitroglycerin getränkt), der Initialzündung, des rauchlosen Pulvers und des Raketenantriebs, Beschäftigung mit Physiologie u. v. a. m. Insgesamt erhielt Nobel 355 Patente in den verschiedensten Staaten. Obwohl Nobels Vermögen zu wesentlichen Teilen aus der Rüstungsindustrie floß, kann man kaum an Nobels tiefem Abscheu gegen den Krieg zweifeln; dies belegen viele authentische Äußerungen.

Aber es mußte eine Utopie bleiben, wenn er glaubte, die Kriegsführung werde durch die Bereitstellung immer schrecklicherer Waffen unmöglich werden. Achtzehn Jahre nach Nobels Tod kam es zum Ersten Weltkrieg, der mehr als 10 Millionen Tote forderte.

## Herr Alfred Nobel schreibt sein Testament



# Nobelpreis für Physiologie oder Medizin

Der erste Nobelpreis für Medizin wurde 1901 an Emil von Behring verliehen. Er hatte in seiner 1890 publizierten Arbeit »Über das Zustandekommen der Diphtherie-Immunität und der Tetanus-Immunität bei Tieren« die Grundlagen für die moderne Serumtherapie zur passiven Immunisierung gegen diese Krankheiten niedergelegt. Das Prinzip dieser Behandlungsmethode besteht darin, daß bei vermuteten Infektionen (Diphtherie bzw. Tetanus) dem betroffenen Menschen Antikörper injiziert werden, die aus tierischen Seren gewonnen worden sind.

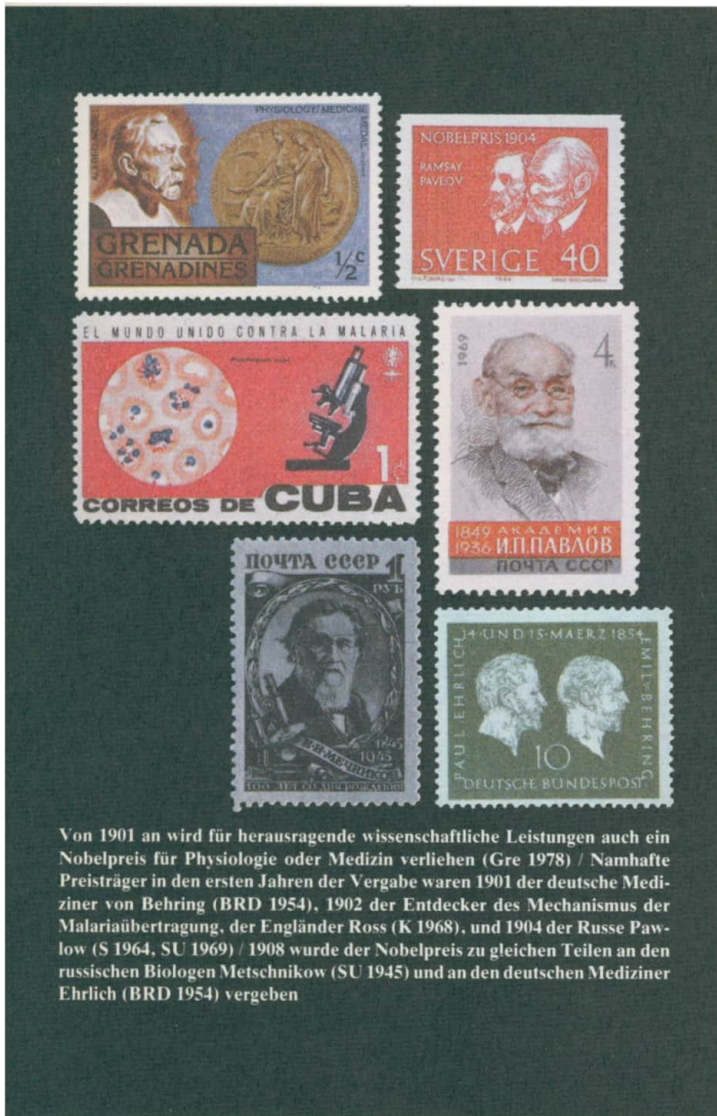
Der erste Nobelpreis für Physiologie wurde 1904 an den russischen Physiologen Pawlow für seine Experimentalarbeiten über die Verdauung vergeben.

Pawlow hatte von 1875 bis 1879 Naturwissenschaften an der Universität und Medizin an der militärärztlichen Akademie in Petersburg (Leningrad) studiert. Von 1884 bis 1886 weilte er zu Studienaufenthalten bei Ludwig in Leipzig und bei Heidenhain in Breslau. 1890 erhielt er den Lehrstuhl für Pharmakologie an der Universität Tomsk. Von dort wurde er an die militärärztliche Akademie in Petersburg berufen, wo er von 1896 bis 1924 als ordentlicher Professor für Physiologie und Direktor des von ihm begründeten physiologischen Instituts wirkte. 1897 legte er seine Forschungsergebnisse zur Verdauungsphysiologie in dem Buch »Vorlesungen über die Tätigkeit der Hauptverdauungsdrüsen« nieder.

Nach 1904 wandte sich Pawlow in seiner experimentell fundierten Forschung verstärkt den Fragen der Nervenfunktion zu.

Seine Lehre von den unbedingten (angeborenen) und bedingten (erworbenen) Reflexen revolutionierte die bis dahin gültigen Vorstellungen über die Funktionsweise des Zentralnervensystems von Tier und Mensch.

Der Nobelpreis im Jahre 1908 wurde an Ehrlich und Metschnikow vergeben. Ehrlich hatte 1904 in seinem Buch »Gesammelte Arbeiten zur Immunitätsforschung« mit seiner berühmten Seitenkettentheorie eine anschauliche Erklärung von Immunitätsvorgängen geben können. Metschnikow konnte nachweisen, daß sowohl bei der Vernichtung von Krankheitserregern als auch bei der Bildung von Antikörpern im Organismus sogenannte Phagozyten (Freßzellen) von entscheidender Bedeutung sind.



Von 1901 an wird für herausragende wissenschaftliche Leistungen auch ein Nobelpreis für Physiologie oder Medizin verliehen (Gre 1978) / Namhafte Preisträger in den ersten Jahren der Vergabe waren 1901 der deutsche Mediziner von Behring (BRD 1954), 1902 der Entdecker des Mechanismus der Malariaübertragung, der Engländer Ross (K 1968), und 1904 der Russe Pawlow (S 1964, SU 1969) / 1908 wurde der Nobelpreis zu gleichen Teilen an den russischen Biologen Metschnikow (SU 1945) und an den deutschen Mediziner Ehrlich (BRD 1954) vergeben

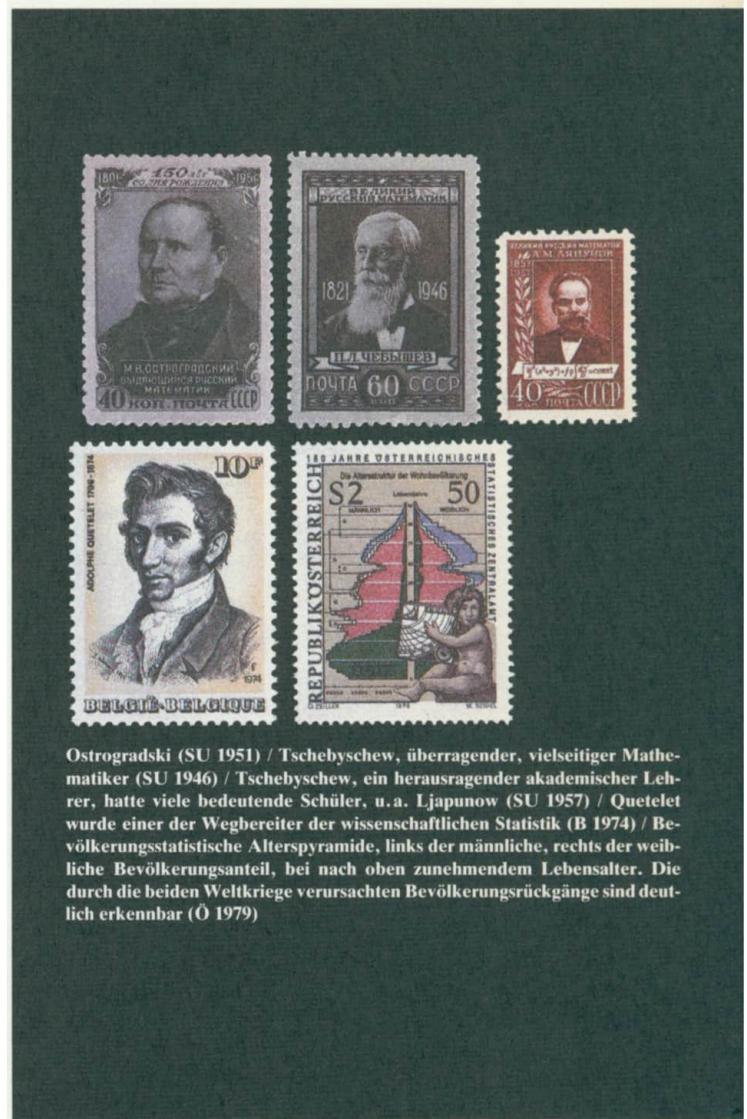
Während der zweiten Hälfte des 19. Jh. setzte sich der Differenzierungsprozeß innerhalb der sich rasch entfaltenden Mathematik fort. Aus den großen traditionellen Gebieten – Algebra, Analysis, Geometrie – spalteten sich nach Inhalt, Methode und regionalen Interessen spezielle Arbeitsrichtungen ab und gewannen den Charakter selbständiger mathematischer Disziplinen.

Die zunehmende Durchdringung und Verschmelzung von Physik mit höherer Analysis etablierte die Mathematische Physik. So flossen von Riemann entwickelte mathematische Theorien in die spätere Relativitätstheorie ein. Mit dem Fortschreiten der Industrialisierung wurden seit der Mitte des 19. Jh. neue Orientierungen für die Mathematik erkennbar. Höhere Mathematik erreichte im Ausbildungsprozeß der Ingenieure und Naturwissenschaftler eine zentrale Stellung. Mathematische Hilfsmittel der höheren Geometrie und Analysis ermöglichten die Lösung realer technischer Probleme bei Maschinengetrieben, Motoren, Knickfestigkeit, Schiffschwingungen, Turbinen, in der Baustatik.

Zu den traditionell auf mathematischem Gebiet führenden Staaten traten Italien, Rußland und die USA. Führende italienische Mathematiker waren überdies an der Herstellung der nationalen Einheit Italiens beteiligt. Ostrogradski, ein hervorragender Analytiker, begründete die Petersburger mathematische Schule, die in der 2. Hälfte des 19. Jh. besonders durch Tschebyschew geprägt wurde.

Wie in naturwissenschaftlichen Disziplinen entstanden eine Vielzahl neuer Fachzeitschriften und Gesellschaften. Gegründet wurde beispielsweise 1862 die Vereinigung der tschechoslowakischen Mathematiker und Physiker, 1864 die Moskauer Mathematische Gesellschaft, 1865 die Londoner Mathematische Gesellschaft, 1872 die Société Mathématique de France, 1890 die Deutsche Mathematikervereinigung, 1894 die American Mathematical Society. Nach einigen Anläufen fand 1897 in Zürich die erste offizielle internationale Mathematikertagung statt. Auf dem Pariser Kongreß 1900 in Paris formulierte Hilbert – im Besitz eines umfassenden Überblicks über das Gesamtgebäude der damaligen Mathematik – dreiundzwanzig offene Probleme, die sich fast alle als Schlüsselprobleme der künftigen Entwicklung erweisen sollten.

## Die Mathematik entfaltet sich



Ostrogradski (SU 1951) / Tschebyschew, überragender, vielseitiger Mathematiker (SU 1946) / Tschebyschew, ein herausragender akademischer Lehrer, hatte viele bedeutende Schüler, u.a. Ljapunow (SU 1957) / Quetelet wurde einer der Wegbereiter der wissenschaftlichen Statistik (B 1974) / Bevölkerungsstatistische Alterspyramide, links der männliche, rechts der weibliche Bevölkerungsanteil, bei nach oben zunehmendem Lebensalter. Die durch die beiden Weltkriege verursachten Bevölkerungsrückgänge sind deutlich erkennbar (Ö 1979)

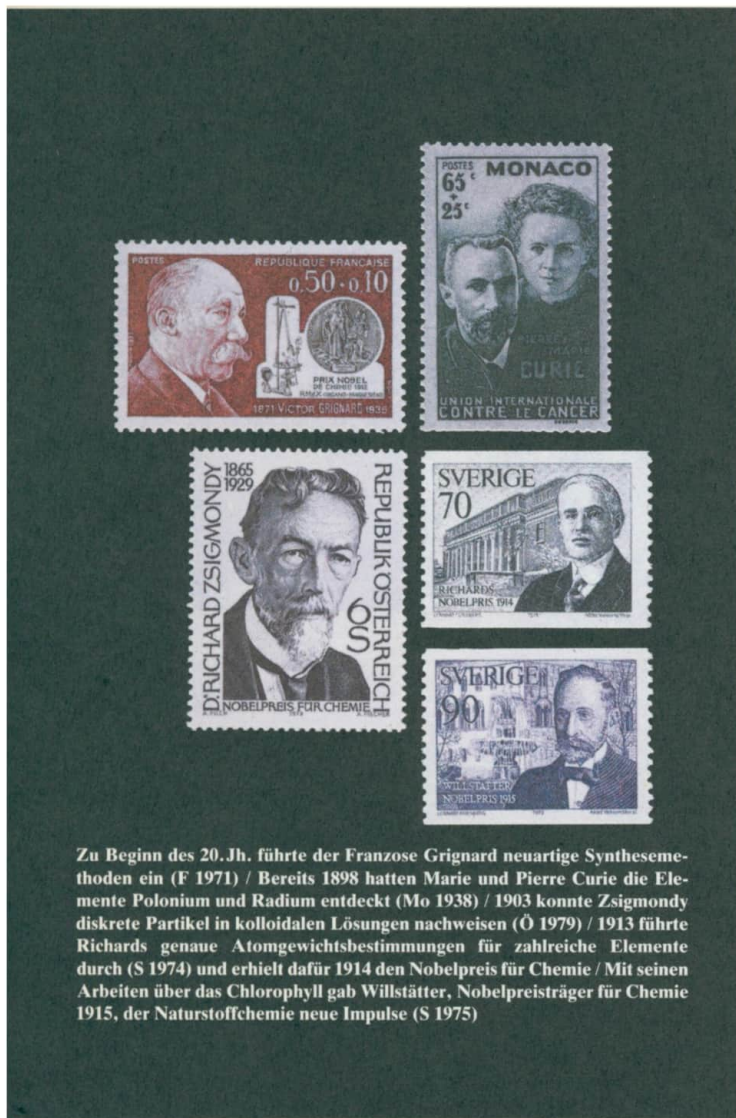
# Ausbau der chemischen Wissenschaften

Mit der Entfaltung der großen Industrie wurden Ergebnisse der fortgeschrittenen Wissenschaften gezielt in die industrielle Produktion übergeführt. In der chemischen Produktion kam es, wie der britische Wissenschaftshistoriker Bernal einschätzte, »zu einem radikalen Bruch mit jener schmutzigen Industrie, die zu Anfang des 19. Jh. auf Hinterhöfen betrieben wurde«.

Um den dafür notwendigen wissenschaftlichen Vorlauf zu schaffen, mußten die chemischen Wissenschaften auf allen Teilgebieten erheblich weiterentwickelt werden.

In der organischen Chemie setzte die intensive Suche nach neuartigen Synthesemethoden ein, die Chemie der Naturstoffe wurde entwickelt. 1900 beschrieb zum Beispiel Grignard die Möglichkeit der Addition von magnesiumorganischen Verbindungen (Alkylmagnesiumhalogeniden) an Carbonylverbindungen und schuf damit eine universell anwendbare Laboratoriumsmethode zur Synthese von Alkoholen, Ketonen und Carbonsäuren. Fischer entwickelte systematisch die Chemie der Zucker, der Peptide und der Flechtenstoffe und untersuchte die Bausteine dieser Naturstoffe. Willstätter gelang die Strukturaufklärung von Pflanzenfarbstoffen. Seine Untersuchungen über Chlorophyll wurden 1915 mit dem Nobelpreis für Chemie gewürdigt. In der anorganischen Chemie konnten durch die Entdeckung neuer Elemente weitere Lücken im Periodensystem der Elemente geschlossen werden. So fanden z. B. 1898 Marie und Pierre Curie die Elemente 84 (Polonium) und 88 (Radium) aufgrund deren intensiven radioaktiven Strahlung. Ramsay und Mitarbeiter entdeckten die Edelgase Argon (1894), Helium (1895), Krypton, Neon und Xenon (alle 1898). 1900 fanden Rutherford und Soddy das ebenfalls zu den Edelgasen zählende Radon.

Neben den traditionellen Gebieten der Chemie wurden auch neue Gebiete begründet und ausgebaut. 1903 konnten Siedentopf und Zsigmondy die heterogene Natur von kolloidalen Lösungen eindeutig beweisen. Damit war die Basis für die systematische Entwicklung der Kolloidchemie geschaffen, jenes Zweiges der physikalischen Chemie, der sich mit der Untersuchung von Lösungen beschäftigt, deren Teilchen mit einem Durchmesser von  $10^{-4}$  bis  $10^{-7}$  cm erheblich größer sind als die Teilchen in gewöhnlichen (molekular dispersen) Lösungen.



Zu Beginn des 20. Jh. führte der Franzose Grignard neuartige Synthesemethoden ein (F 1912) / Bereits 1898 hatten Marie und Pierre Curie die Elemente Polonium und Radium entdeckt (Mo 1938) / 1903 konnte Zsigmondy diskrete Partikel in kolloidalen Lösungen nachweisen (Ö 1929) / 1913 führte Richards genaue Atomgewichtsbestimmungen für zahlreiche Elemente durch (S 1914) und erhielt dafür 1914 den Nobelpreis für Chemie / Mit seinen Arbeiten über das Chlorophyll gab Willstätter, Nobelpreisträger für Chemie 1915, der Naturstoffchemie neue Impulse (S 1915)

Bereits 1836 versuchte Berzelius jene chemische Reaktionen zu erklären, bei denen außer den Reaktionspartnern ein weiterer Stoff, von ihm als Katalysator bezeichnet, auslösend ist. Berzelius schrieb dazu: »Die katalytische Kraft scheint eigentlich darin zu bestehen, daß Körper durch ihre bloße Gegenwart, nicht durch ihre Verwandtschaft, die ... schlummernden Reaktionsbereitschaften zu erwecken vermögen ...«

Im Jahre 1894 entwickelte Ostwald diese Auffassung weiter, indem er die Änderung der Reaktionsgeschwindigkeit (die Beschleunigungsfunktion) als entscheidendes Merkmal des Katalysators erkannte. Durch diese Formulierung und durch Ostwalds eigene Arbeiten erlebte die Katalyseforschung zu Beginn des 20. Jh. einen erheblichen Aufschwung. Aufbauend auf den neuen Erkenntnissen und Erfahrungen konnte dann schließlich 1926 Mittasch die Katalysatorenwirkung, die Katalyse, folgendermaßen definieren: »Katalyse ist die Geschwindigkeitsänderung sowie die Auslösung oder Lenkung von thermodynamisch möglichen Umsetzungen, hervorgerufen durch die Anwesenheit von Stoffen, welche selbst chemisch nicht oder nur ganz unwesentlich verändert werden.«

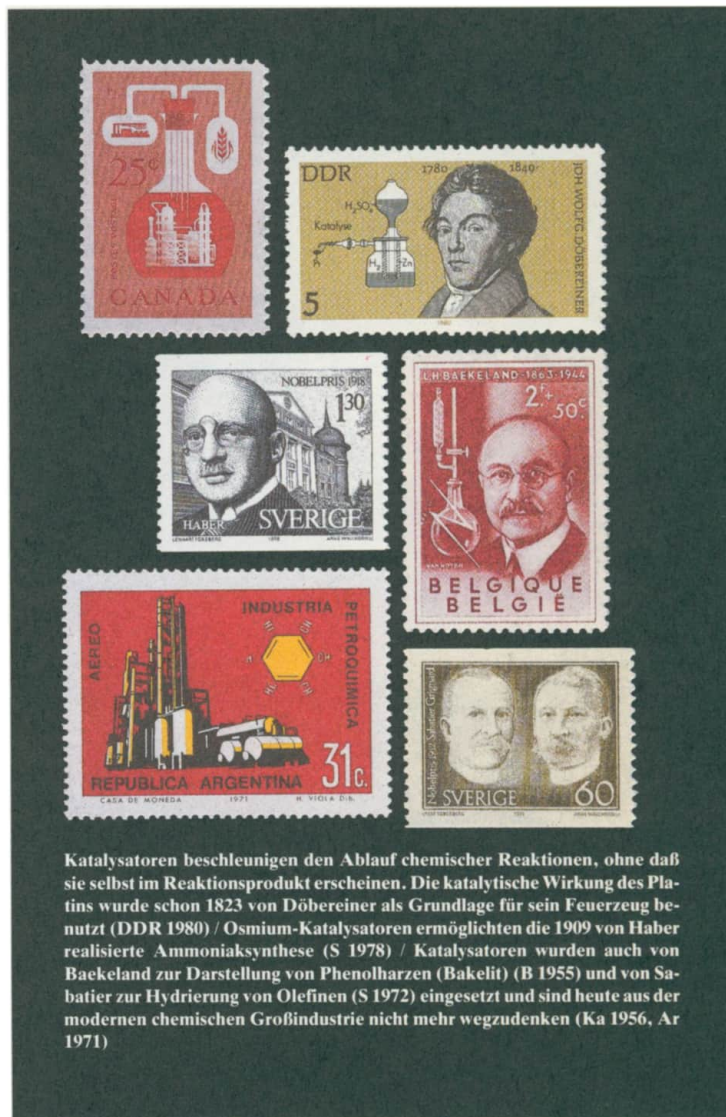
Katalysatoren sind sowohl in der Natur als auch in der chemischen Industrie allgegenwärtig. Die bei Stoffwechsellvorgängen lebender Organismen wirksamen Katalysatoren sind allgemein als Fermente oder Enzyme oder auch als Biokatalysatoren bekannt.

Als Katalysatoren in der chemischen Technik dienen Metalle oder deren Salze, Metalloxide, metallorganische Verbindungen, aber auch Säuren oder Basen. Bewährt haben sich außerdem sogenannte Mischkatalysatoren, deren Aktivität und Selektivität (zielgerichtete Wirksamkeit) in Abhängigkeit von den umzusetzenden Komponenten regulierbar sind.

Stoffe, die auf eine Reaktion verzögernd wirken, heißen negative Katalysatoren oder Inhibitoren.

Beispiele für die Anwendung von Katalysatoren in der Technik sind die 1899 von Sabatier und Senderens realisierte Hydrierung von Olefinen in der Gasphase in Gegenwart von Nickelpulver (bei Temperaturen von 250 bis 300 °C) sowie die 1907 von Baekeland unter Anwendung von basischen Katalysatoren zur technischen Reife entwickelte Polymerisation von Phenol und Formaldehyd zum Bakelit, dem ersten vollsynthetischen Plast.

## Katalysator gleich Beschleuniger



Katalysatoren beschleunigen den Ablauf chemischer Reaktionen, ohne daß sie selbst im Reaktionsprodukt erscheinen. Die katalytische Wirkung des Platins wurde schon 1823 von Döbereiner als Grundlage für sein Feuerzeug benutzt (DDR 1980) / Osmium-Katalysatoren ermöglichten die 1909 von Haber realisierte Ammoniaksynthese (S 1978) / Katalysatoren wurden auch von Baekeland zur Darstellung von Phenolharzen (Bakelit) (B 1955) und von Sabatier zur Hydrierung von Olefinen (S 1972) eingesetzt und sind heute aus der modernen chemischen Großindustrie nicht mehr wegzudenken (Ka 1956, Ar 1971)

# Enzyme – Vitamine – Hormone

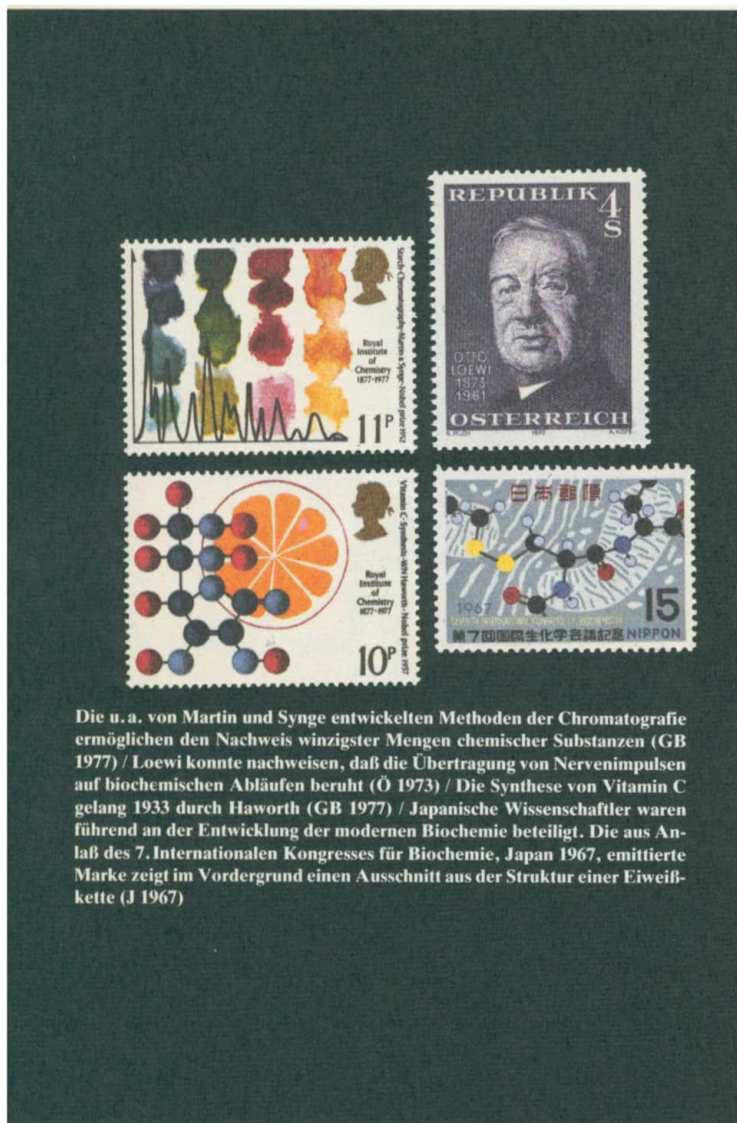
Am Ausgang des 19. Jh. wurde die Erforschung der in lebenden Organismen, speziell in Zellen, ablaufenden chemischen Vorgänge – etwa bei Gärung, Atmung, Photosynthese – zu einem zukunftsträchtigen Arbeitsgebiet, für das 1903 die Bezeichnung »Biochemie« geprägt wurde.

Zunächst stieß man auf eine Gruppe von Stoffen, die die Rolle von Biokatalysatoren spielen, sog. Fermente oder Enzyme. Einen wesentlichen Erfolg in der Enzymforschung erzielte der deutsche Chemiker Buchner, der 1897 nachweisen konnte, daß alkoholische Gärung auch durch zellfreien Hefeextrakt ausgelöst werden kann, daß also Fermentwirkungen nicht an lebende Zellen gebunden sind, sondern durch in ihnen enthaltene chemische Wirkstoffe (Enzyme) verursacht werden. Die Identifizierung und Isolierung der Enzyme wurde eine Hauptaufgabe. In den 20er Jahren wurden die Enzyme als Proteine erkannt, eine Reihe von ihnen kristallin dargestellt und sogar synthetisiert, u. a. die Urease, Pepsin und die Atmungsfermente.

Seit altersher kannte man merkwürdige Krankheiten, bei Seefahrern den gefürchteten Skorbut, in Südostasien die Beriberi-Erkrankung. Gegen Skorbut half der Verzehr von rohem Sauerkraut, gegen Beriberi der von Reiskleie. Es kam schließlich zu Versuchen, entsprechende chemische Wirkstoffe zu isolieren. Der polnische Chemiker Funk gewann um 1911 aus Reiskleie eine gegen Beriberi wirkende Substanz; 1912 schlug er den Namen »Vitamine« für derartige lebenswichtige Wirkstoffe vor. Aus Kohl und Apfelsinen wurde 1928 das gegen Skorbut wirkende Vitamin C isoliert. Heute sind rund zwanzig verschiedene Vitamine bekannt.

Es war eine große Leistung, als nachgewiesen werden konnte, daß Vitamine und Enzyme in engem Zusammenhang stehen: Vitamine, die dem Körper von außen über die Nahrungsmittel zugeführt werden müssen, ermöglichen in vielen Fällen erst die Wirkung von Enzymen.

Als eine dritte Gruppe erkannte man die vom Körper selbst erzeugten Wirkstoffe; sie erhielten 1906 den Namen »Hormone«. Um 1901 gelang die Isolierung eines ersten Hormons aus Nebennierenextrakten, des Adrenalins, schon 1902 die des Sekretins, 1914 die des Schilddrüsenhormons Thyroxin, die der Sexualhormone um 1929.



Die u. a. von Martin und Sygne entwickelten Methoden der Chromatografie ermöglichen den Nachweis winzigster Mengen chemischer Substanzen (GB 1977) / Loewi konnte nachweisen, daß die Übertragung von Nervenimpulsen auf biochemischen Abläufen beruht (Ö 1973) / Die Synthese von Vitamin C gelang 1933 durch Haworth (GB 1977) / Japanische Wissenschaftler waren führend an der Entwicklung der modernen Biochemie beteiligt. Die aus Anlaß des 7. Internationalen Kongresses für Biochemie, Japan 1967, emittierte Marke zeigt im Vordergrund einen Ausschnitt aus der Struktur einer Eiweißkette (J 1967)

Charakteristisch für die Zeit der großen Industrie ist nicht nur der Aufschwung innerhalb der Grundstoffindustrie, sondern auch die Entstehung neuartiger Industriezweige. Durch die Verbesserung traditioneller Technologien und die verstärkte Einführung neuer Verfahren auf wissenschaftlicher Basis nahm insbesondere die chemische Industrie im weitesten Sinne einen bis dahin nicht gekannten Aufschwung.

Im Jahre 1856 hatte der Engländer Perkin erstmals einen synthetischen Farbstoff, das Mauvein, dargestellt. 1868 konnten Graebe und Liebermann auch den Farbstoff der Krappwurzel, das Alizarin, durch Synthese, ausgehend vom Anthracen des Steinkohlenteers, herstellen. Beide Entdeckungen regten einerseits die Suche nach weiteren synthetischen Farbstoffen an und waren andererseits Ausgangspunkt für die Herausbildung einer umfangreichen Industrie zur Herstellung von synthetischen Farbstoffen, aus der dann, zu Anfang des 20. Jh., eine chemische Großindustrie hervorging.

Um 1870 konnte der deutsche Chemiker Mitscherlich das 1851 von Tilghman entdeckte Sulfidverfahren zur Gewinnung der Cellulose aus Holz entscheidend verbessern. 1874 stellte er das erste Papier aus derartigem Zellstoff her. Darüber hinaus wurde die Cellulose zum begehrten Faserrohstoff. Bereits 1846 hatte der deutsche Chemiker Schönbein bei der Behandlung von Cellulose mit Salpetersäure ein Produkt erhalten, aus dem sich nach Auflösen in organischen Lösungsmitteln Fäden gewinnen ließen. Nach Konstruktion der notwendigen technischen Anlagen hat dann 1889 der französische Ingenieur Chardonnet die erste Fabrik der Welt bauen können, in der Nitrocellulose-Fasern für die Produktion von »Kunstseide« hergestellt worden sind.

Ein neues Verfahren, die Schmelzflußelektrolyse von Aluminiumoxid in Gegenwart des Minerals Kryolith, ermöglichte die industrielle Gewinnung von Aluminium. 1886 hatten unabhängig voneinander der Amerikaner Hall und der Franzose Héroult ihre Patente für dieses Verfahren angemeldet. Bereits ein Jahr danach konnten Héroult und der Chemiker Kiliani die erste Großanlage zur Erzeugung von Aluminium bauen.

## Aufschwung der chemischen Industrie



Die Einführung neuartiger Produktionsverfahren und die wissenschaftliche Durchdringung traditioneller Methoden ermöglichte im letzten Drittel des 19. Jh. einen gewaltigen Aufschwung der chemischen Industrie. Im Jahre 1867 begann Nobel mit der Produktion seines neuen Sprengstoffes Dynamit (An 1976) / Neue technologische Lösungen forcierten die Entwicklung der Aluminium- und Zellstoffherstellung (Aus 1983, Ar 1971) / Die Einführung des ersten Chemotherapeutikums (Ö 1983), Salvarsan, durch Ehrlich eröffnete der Arzneimittelproduktion neue Wege / In Norwegen wurde 1905 mit der Produktion von Salpetersäure nach dem Verfahren von Eyde und Birkeland begonnen (No 1966)

# Paradoxien des Unendlichen – Mengenlehre



Sonja Kowalewskaja konnte im alten Rußland nicht studieren, ging nach Frankreich und Deutschland und fand in dem weltberühmten Mathematiker Weierstraß einen ihr freundschaftlich verbundenen Förderer. Auf Grund ihrer Forschungsergebnisse erhielt sie als erste Frau eine Professur für Mathematik in Stockholm (SU 1951) / Dedekind, einer der Mitsstreiter für die Mengenlehre (DDR 1981) / Der Mathematiker und Philosoph Russell engagierte sich als streitbarer Pazifist, u. a. für ein Kernwaffenverbot (Ind 1972) / Der Begründer der russisch-sowjetischen gruppentheoretischen Schule, Schmidt, war zugleich ein bedeutender Polarforscher (SU 1935)

Die Vokabel »unendlich« tritt seit altersher in der Mathematik auf. Dabei lag – wie z. B. bei der Berechnung des Flächeninhalts eines Kreises durch eingeschriebene regelmäßige  $n$ -Ecke mit ständig größer werdendem  $n$  – die Vorstellung von einem Prozeß zugrunde, der in beliebig vielen, der Anzahl nach unbeschränkt wachsenden Einzelschritten ein Ergebnis hervorbringt, ohne daß die unendlich vielen Schritte wirklich durchgeführt werden können. Das Unendliche existiert in der Sprechweise von Aristoteles nur als potentiell Unendliches.

Dies war die allgemeine Auffassung der Mathematiker bis zur Mitte des 19. Jh. Aber aus unendlich vielen Elementen bestehende Mengen zeigen Merkwürdigkeiten, wie schon Galilei bemerkt und Bolzano in seiner 1851 erschienenen Schrift »Paradoxien des Unendlichen« ausgeführt hatte. Man kann z. B. jeder natürlichen Zahl eindeutig ihre Quadratzahl zuordnen und umgekehrt. Beide Mengen enthalten also »gleichviel« Elemente, und doch ist die zweite Menge ein echter Teil der ersten. Modern gesprochen: Die Menge der natürlichen Zahlen ist einer ihrer echten Teilmengen gleichmächtig.

Zum eigentlichen Begründer der Mengenlehre wurde Cantor. Seit Anfang der siebziger Jahre drang er Schritt um Schritt in die Geheimnisse des aktual Unendlichen ein: Er entdeckte, daß es nichtgleichmächtige unendliche Mengen gibt. So ist die Menge der reellen Zahlen nicht mehr abzählbar. Es gibt verschiedene Größenordnungen des Unendlichen, die durch die sog. transfiniten Zahlen angegeben werden.

Cantor traf auf festgefügte Denkgewohnheiten und erbitterte Gegner und fand anfangs nur wenige Mitsstreiter, so den scharfsinnigen Dedekind in Deutschland und den weitsichtigen Mittag-Leffler in Schweden. Nach der Jahrhundertwende zeigte die Mengenlehre ihre Leistungsfähigkeit.

In der ursprünglichen Form von Cantors Mengenlehre lagen Widersprüche verborgen, Folgen eines noch naiven Mengenbegriffs. Als derartige Antinomien aufgedeckt wurden, wurden die Schwierigkeiten zur Existenzkrise der gesamten Mathematik hochgespielt. Russell und andere suchten nach Absicherung durch mathematische Logik, Hilbert durch formalistische Betrachtungsweise. Heute sind die Probleme weitgehend behoben. Mengenlehre ist zu einem Fundament der gesamten Mathematik geworden.

Uralt ist der Traum des Menschen, sich den Vögeln gleich in die Lüfte zu erheben. Die Antike verlieh der Vision des Fliegens sinnfälligen Ausdruck mit der Legende vom genialen Erfinder Daidalos und seinem Sohn Ikaros.

Der Traum vom Fliegen blieb. Leonardo da Vinci skizzierte um 1492 die Idee einer Tragluftschraube und studierte den Vogelflug. Berblinger, ein tollkühner Schneider, fiel 1811 bei seinen Flugversuchen mit vogelähnlichen Schwingen in Ulm in die Donau und erntete nur Hohn und Spott.

Die Geschichte berichtet über viele vergebliche Versuche des Fliegens mit Muskelkraft. Dabei hatte schon der italienische Physiker Borelli aus dem Vergleich der Muskelmassen bei Vogelflügeln und Menschenarmen geschlossen, daß vogelähnliches Fliegen allein mit Muskelkraft für den Menschen unmöglich sein müsse.

Der erfolgreiche Weg zum »Fliegen schwerer als Luft« wurde von den Brüdern Otto und Gustav Lilienthal besritten, indem sie systematisch den Auftrieb gewölbter Tragflächenprofile studierten. Otto gelangen Anfang der 90er Jahre mit Ein- und Doppeldeckern von Hügeln in der Nähe Berlins Flüge von mehreren hundert Metern.

Die Nachrichten über die Lilienthals ermunterten die Brüder Wilbur und Orville Wright, Besitzer einer Fahrradwerkstatt, in den USA zu Flugversuchen. Sie entdeckten die Wirkungsweise der Querruder. Ende 1903 bauten sie einen selbstgefertigten Vierzylinder-Viertakt-Motor von ca. 12 PS (ca. 8,8 kW) und nur 110 kg Masse in einen Doppeldecker ein, der zwei gegenläufige Luftschrauben antrieb. In Kitty Hawk (North Carolina, USA) am Atlantik gelang Orville am 17. Dezember 1903 der erste Flug; er dauerte nur 12 Sekunden.

Eine fieberhafte Konstruktions- und Flugtätigkeit setzte ein. Nicht wenige der Männer in den »fliegenden Kisten« fanden den Tod. Dennoch wurden in rascher Folge spektakuläre Erfolge – Dauer, Weite, Höhe – erzielt. Kunstfliegen wurde Mode. Im Ersten Weltkrieg wurde aus einem Mittel zur Beobachtung des Gegners eine wirksame Waffe, hergestellt in Massenproduktion. Gegen Kriegsende dürften allein auf deutscher Seite etwa 2000 Kriegsflyer monatlich produziert worden sein.

## Fliegen schwerer als Luft



Daidalos fertigte Vogelschwingen aus Federn und Wachs für seinen Sohn Ikaros. Der Sohn mißachtete die Warnungen des Vaters, kam der Sonne zu nahe, das Wachs schmolz, und er stürzte ins Meer (Gr 1978) / Otto Lilienthal am Hang bei Gleitversuchen. Er verunglückte im August 1896 nach mehr als 2000 absolvierten Flügen tödlich (WB 1978) / Motorflugzeug der Brüder Wright. Das Flugzeug fliegt von rechts nach links (USA 1928) / Deutsches Motorflugzeug von 1909 (DDR 1977) / Am 25. Juli 1909 überquerte Blériot als erster den Ärmelkanal (F 1972) / Shukowski wurde mit seiner Idee des Windkanals zum Mitbegründer der wissenschaftlichen Aerodynamik (SU 1963)

## Wettlauf zu den Polen



Nordenskiöld und die »Vega« (S 1973) / Eine österreichische Expedition unter Payer entdeckte 1873 im Nördlichen Eismeer eine Inselgruppe, die sie Franz-Joseph-Land nannte (Ö 1973) / Nansen und die vom Eis eingeschlossene »Fram« (SU 1961) / Der notgelandete Ballon von Andrée. Als 1930 die Überreste von Andrée und seinen beiden Gefährten gefunden wurden, waren deren Fotos noch auswertbar (S 1973) / Reiseroute 1819/21 der russischen Expedition unter Bellingshausen um das Südpolaregebiet (Sowjetunion 1970) / Scott (GB 1972)

Im ausgehenden 19. Jh. rückte die wirtschaftliche Erschließung der sibirischen Teile Rußlands und damit auch die Nordostpassage vom europäischen Nordmeer zum Pazifik erneut in den Vordergrund. In den siebziger Jahren gelangten Handelsdampfer während des kurzen Sommers immerhin bis zur Jenisseimündung. Die erste Nordostpassage konnte der Schwede Nordenskiöld, von sibirischen Großkaufleuten finanziell unterstützt, erzwingen; nach Überwinterung mit seinem Schiff »Vega« an der Nordküste der Tschuktschenhalbinsel erreichte er im Sommer 1879 die Beringstraße. Neun europäische Staaten und die USA beschlossen 1881 für 1882/83 ein Internationales Poljahr, in dessen Gefolge eine Anzahl fester Polarstationen eingerichtet wurden. Der Nordpol selbst blieb die größte Herausforderung. Der Norweger Nansen unternahm 1893/96 den Versuch, auf einem speziell konstruierten Schiff sich vom Eis einschließen zu lassen und mit der bereits bekannten Eisdrift dem Pol nahe zu kommen. Doch die Drift verlief viel weiter südlich als erwartet, und auf Schlitten konnte er nur bis 86° n. Br. vordringen. Der Schwede Andrée versuchte 1897, geradezu tollkühn, mit einem Freiballon von Spitzbergen aus den Nordpol zu erreichen. Er kam mit seinen Begleitern um, als er nach einer Notlandung versuchte, sich zu Fuß nach Süden zu retten. Die Amerikaner Cook und Peary behaupteten, sich gegenseitig den Ruhm streitig machend, 1908 bzw. 1909 den Pol auf dem Wege über das Eis erreicht zu haben; Peary gilt als der Verlässlichere.

Das antarktische Festland wurde erstmalig 1895 von der Besatzung eines norwegischen Walfangschiffes betreten. Die Erforschung der Antarktis verlagerte sich nun schrittweise vom Schiff auf das Festland. Die Geographenkongresse von 1895 und 1899 stimulierten u. a. englische, deutsche, schwedische, schottische und französische Expeditionen, welche Voraussetzungen für den Vorstoß ins Innere des sechsten Kontinentes schufen. Im Wettlauf zum Südpol unterlag der Engländer Scott dem Norweger Amundsen. Amundsen erreichte den Pol am 15. Dezember 1911, Scott erst am 18. Januar 1912. Nach tiefer Enttäuschung fand Scott mit seinen Begleitern auf tragische Weise beim Rückweg den Tod. Seine letzte Tagebucheintragung galt der Sorge um seine Frau. Dann strich er das Wort »Frau« und ersetzte es durch »Witwe«.

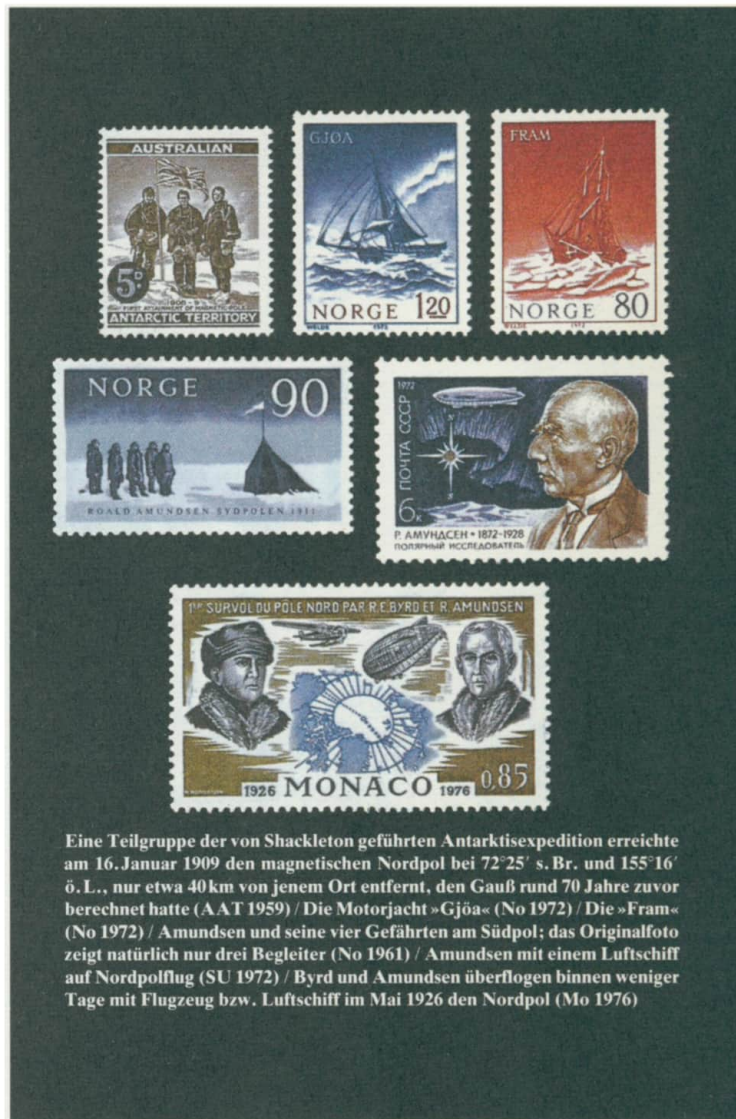
Als erster erreichte er den Südpol; der Nordpol wurde zu seinem Schicksal: der Norweger Amundsen, einer der bedeutendsten Forschungsreisenden und geographischen Entdecker der jüngeren Vergangenheit. Amundsen hatte sich zielstrebig auf seine Forschertätigkeit vorbereitet. Er war Seemann, beteiligte sich 1898/99 an einer belgischen Südpolarexpedition und bildete sich an Observatorien in Deutschland wissenschaftlich weiter. Eine erste Großtat leistete Amundsen, als es ihm 1903 bis 1906 mit sechs Begleitern nach mehrmaliger Überwinterung gelang, auf einem einzigen Schiff, der »Gjøa«, die Nordwestpassage zu erzwingen. Bei Messungen des erdmagnetischen Feldes stellte man fest, daß der magnetische Südpol wandert; 1904 wurde seine damalige Lage auf der Halbinsel Boothia Felix erkundet.

Bald darauf wandte sich Amundsen dem Südpol zu. Im Juni 1910 verließ er an Bord jenes schon durch Nansens Nordpolexpedition berühmt gewordenen Schiffes »Fram« Norwegen, erreichte Anfang 1911 die Ross-Eisbarriere und begann zu Anfang des Südsommers, Oktober 1912, mit Hundeschlitten den Marsch zum Südpol. Am 15. Dezember 1912 waren Amundsen und seine Gefährten am Ziel.

Nach dem Ersten Weltkrieg versuchte Amundsen, ähnlich wie Nansen, mittels der Eisdrift den Nordpol zu erreichen, ließ aber nach einigen Mißerfolgen diesen Plan fallen, um statt dessen auf dem Luftwege den Nordpol zu bezwingen. Zwei Flugzeugexpeditionen, 1923 und 1925, scheiterten.

So entschloß man sich zur Benutzung eines halbstarren Luftschiffes, der »Norge«. Zusammen mit dem Italiener Nobile, der die »Norge« steuerte, überflog Amundsen von Spitzbergen aus vom 11. bis 13. Mai 1926 den Nordpol. Die Ironie des Schicksals wollte es, daß ihm der Amerikaner Byrd um wenige Tage zuvorgekommen war, so wie Amundsen am Südpol dem Engländer Scott. Nobile unternahm seinerseits mit dem Luftschiff »Italia« 1928 eine weitere Arktisexpedition, verunglückte jedoch. Der schwedische Flieger Lundberg konnte Nobile bergen, der sowjetische Eisbrecher »Krassin« rettete den größten Teil der Besatzung der »Italia«. Auch Amundsen suchte Hilfe zu bringen; auf einem der Hilfsflüge im Juni 1928 ist Amundsen verschollen.

## Ein Mann – Zwei Pole



Eine Teilgruppe der von Shackleton geführten Antarktisexpedition erreichte am 16. Januar 1909 den magnetischen Nordpol bei 72°25' s.Br. und 155°16' ö.L., nur etwa 40km von jenem Ort entfernt, den Gauß rund 70 Jahre zuvor berechnet hatte (AAT 1959) / Die Motorjacht »Gjøa« (No 1972) / Die »Fram« (No 1972) / Amundsen und seine vier Gefährten am Südpol; das Originalfoto zeigt natürlich nur drei Begleiter (No 1961) / Amundsen mit einem Luftschiff auf Nordpolflug (SU 1972) / Byrd und Amundsen überflogen binnen weniger Tage mit Flugzeug bzw. Luftschiff im Mai 1926 den Nordpol (Mo 1976)

# Eine neue Disziplin – Physikalische Chemie



Als einer der Begründer der physikalischen Chemie gilt Ostwald (S 1969). Er hat, gemeinsam mit dem Holländer van't Hoff (S 1961) und dem Schweden Arrhenius (S 1959), die physikalische Chemie zu einer eigenständigen Wissenschaftsdisziplin entwickelt / Zu den wichtigen Grundlagen der physikalischen Chemie zählen neben der Thermodynamik und der Kinetik solche Gesetzmäßigkeiten wie die 1873 von van der Waals aufgestellte Zustandsgleichung für reale Gase (S 1970) und das 1867 von Guldberg und Waage formulierte Massenwirkungsgesetz (No 1967)

Die physikalische Chemie ist jene Disziplin innerhalb der Chemie, die im Grenzgebiet zwischen der Chemie und der Physik entstanden ist und mittels physikalischer Methoden versucht, den Chemiker interessierende Erscheinungen zu erfassen, zu beeinflussen oder verfügbar zu machen. Als »Gründungsjahr« der physikalischen Chemie wird meist das Jahr 1887 angesetzt, als Ostwald auf den Lehrstuhl für physikalische Chemie an die Universität Leipzig berufen worden war.

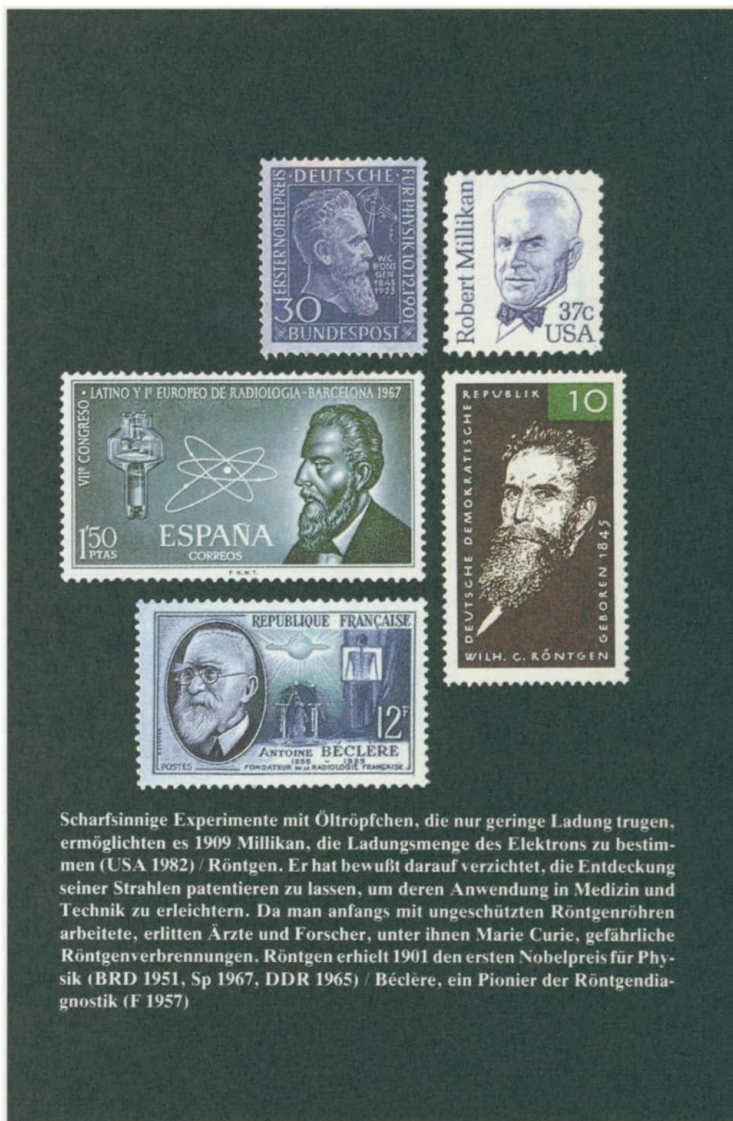
Entgegen dem Trend seiner Zeit, in der sich die Chemiker hauptsächlich mit organischer Chemie befaßten, hatte Ostwald sich frühzeitig mit physikalisch orientierten Fragen beschäftigt. Davon zeugen sowohl seine Kandidatenarbeit (1875) als auch seine Magisterdissertation (1878).

Von 1880 bis 1882 war Ostwald Dozent an der Universität Dorpat (Tartu). Dort hatte er die Absicht, das Manuskript für eine Vorlesung von zwei Stunden pro Woche über physikalische Chemie auszuarbeiten. Aber es entstand sein »Lehrbuch der allgemeinen Chemie« (1. Band 1885, 2. Band 1887). Und das kam so: Ostwald fand außer einem Buch mit dem Titel »Theoretische Chemie« aus dem Jahre 1863 keine zusammenfassende Arbeit zur physikalischen Chemie. Daher begann er, die gesamte ihm zugängliche Originalliteratur selbst aufzuarbeiten. Dabei erwarb er sich jenes breite Fachwissen und den umfassenden Überblick, die es ihm später ermöglichten, neue Arbeiten in ihrem Wert zu erkennen, sie aufzugreifen und zu fördern. Durch die systematische Zusammenfassung der gesammelten Fakten entstanden die beiden genannten Bände seines Lehrbuchs. Von 1887 an gab Ostwald, gemeinsam mit van't Hoff, die erste Zeitschrift für die neue Disziplin, die »Zeitschrift für physikalische Chemie« heraus. In Leipzig begann Ostwald, ein physikalisch-chemisches Laborpraktikum aufzubauen, um auf diese Weise anwendungsbereite Kenntnisse und Fertigkeiten zu vermitteln. Sein großes Engagement und seine große Ausstrahlungskraft bewirkten, daß viele Chemiker zu Ostwald kamen, um ihre Kenntnisse zu erweitern. Das Leipziger Institut wurde zu der Schule der physikalischen Chemie in der Welt, aus der etwa 70 spätere Universitäts- und Hochschulprofessoren der physikalischen Chemie hervorgingen.

Mit der durch den Bonner Glasbläser Heinrich Geißler um 1855 erfundenen Quecksilberluftpumpe war es möglich geworden, in Gasentladungsröhren sehr niedrige Drucke zu erzeugen. Julius Plücker bemerkte 1859 Fluoreszenz in der Nähe der Kathode solcher »Geißlersche« Röhren. Vier Jahre später fand sein Schüler Hittorf, daß diese Strahlung Schatten wirft. Man konnte auf eine geradlinige Ausbreitung dieser Strahlung schließen, für die Goldstein 1876 die Bezeichnung »Kathodenstrahlen« prägte.

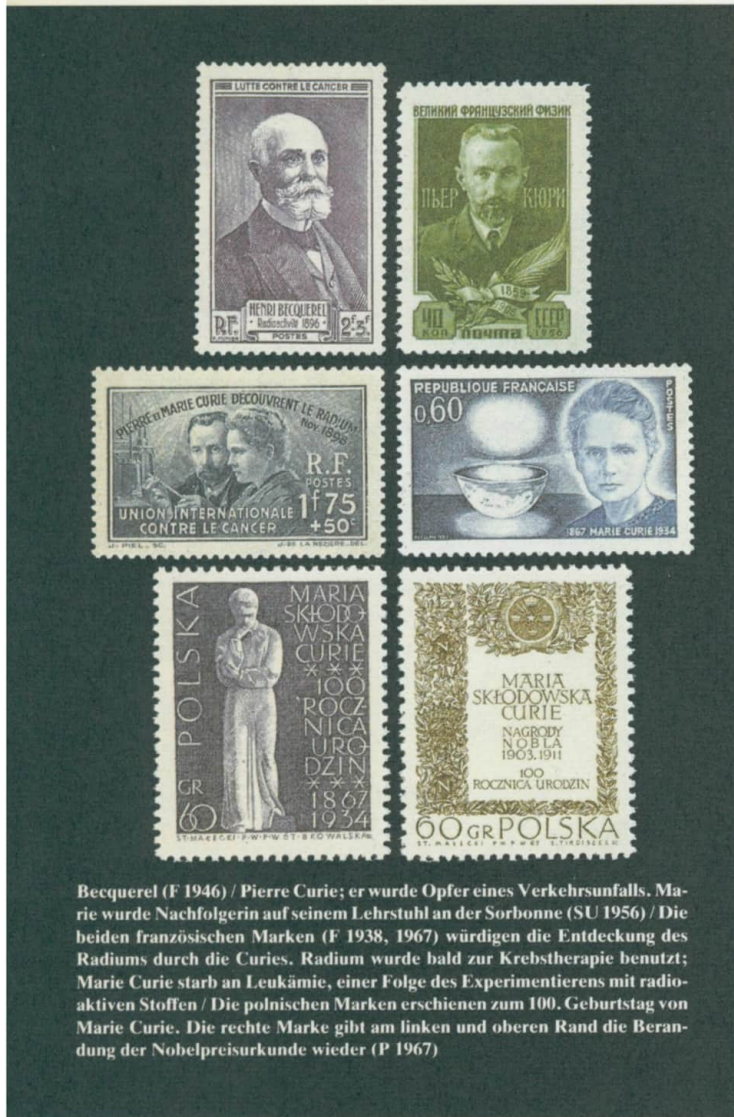
Was aber sind Kathodenstrahlen? Während die meisten Physiker in Deutschland meinten, eine spezielle elektromagnetische Strahlung vor sich zu haben, vertraten einige Physiker in England – unter ihnen Crookes – die Meinung, es handele sich um elektrisch geladene Teilchen. Die Entscheidung fiel 1897, als Joseph John Thomson, Professor am Cavendish-Laboratorium in Cambridge, zeigen konnte, daß Kathodenstrahlen – bei gutem Vakuum in den Röhren – im elektrischen Feld abgelenkt werden: Kathodenstrahlen sind negativ geladene Teilchen, die sich mit hoher Geschwindigkeit bewegen. Thomson bestimmte das Verhältnis von Ladung zu Masse und übernahm später wie alle Physiker die schon 1891 von Stoney gewählte Bezeichnung »Elektron«. Das erste Elementarteilchen war gefunden, das Atom als strukturiert erkannt, der Einstieg in die Atomphysik erfolgt. Am 8. November experimentierte der Würzburger Physikprofessor Röntgen mit Kathodenstrahlen. Ein Fluoreszenzschirm leuchtete auf, obwohl die Röhre mit Pappe umhüllt war. Bisher unbekannt durchdringende Strahlen – von Röntgen als X-Strahlen bezeichnet – mußten ausgetreten sein. In einigen Wochen nur erforschte er alle wesentlichen Eigenschaften, stellte geradlinige Ausbreitung, Brechbarkeit, Reflexion und Polarisierbarkeit fest und erkannte den Wert für Medizin und Technik. Schon Anfang 1896 konnte Röntgen Photographien vorzeigen, die mit Röntgenstrahlen gemacht worden waren, darunter Photos von den Handknochen seiner Frau samt Ehering. Bald folgte die Erkenntnis – die endgültig 1912 durch die Interferenz von Röntgenstrahlen an Kristallgittern bestätigt wurde –, daß Röntgenstrahlung kurzwellige elektromagnetische Strahlung ist. Sie entsteht als Bremsstrahlung beim Auftreffen der Elektronen auf ein Hindernis.

## Kathodenstrahlung – Elektron – X-Strahlen



Scharfsinnige Experimente mit Öltröpfchen, die nur geringe Ladung trugen, ermöglichten es 1909 Millikan, die Ladungsmenge des Elektrons zu bestimmen (USA 1982) / Röntgen. Er hat bewußt darauf verzichtet, die Entdeckung seiner Strahlen patentieren zu lassen, um deren Anwendung in Medizin und Technik zu erleichtern. Da man anfangs mit ungeschützten Röntgenröhren arbeitete, erlitten Ärzte und Forscher, unter ihnen Marie Curie, gefährliche Röntgenverbrennungen. Röntgen erhielt 1901 den ersten Nobelpreis für Physik (BRD 1951, Sp 1967, DDR 1965) / Becquerel, ein Pionier der Röntgendiagnostik (F 1957)

## Die Materie strahlt – Radioaktivität



Becquerel (F 1946) / Pierre Curie; er wurde Opfer eines Verkehrsunfalls, Marie wurde Nachfolgerin auf seinem Lehrstuhl an der Sorbonne (SU 1956) / Die beiden französischen Marken (F 1938, 1967) würdigen die Entdeckung des Radiums durch die Curies. Radium wurde bald zur Krebstherapie benutzt; Marie Curie starb an Leukämie, einer Folge des Experimentierens mit radioaktiven Stoffen / Die polnischen Marken erschienen zum 100. Geburtstag von Marie Curie. Die rechte Marke gibt am linken und oberen Rand die Benennung der Nobelpreisurkunde wieder (P 1967)

Die Entdeckung der X-Strahlen im Jahre 1895 empfanden viele Physiker als Herausforderung, da trotz genauer Beschreibung des Verhaltens der Strahlen deren physikalische Natur unaufgeklärt geblieben war. Kurze Zeit nach Röntgens Entdeckung, schon im Februar 1896, versuchte der französische Physiker Becquerel, den Zusammenhang zwischen Fluoreszenz und X-Strahlen näher aufzuklären. Dabei entdeckte er, daß von einer nach Sonnenbestrahlung fluoreszierenden Uraniumverbindung auch dann eine Strahlung ausging, wenn diese gar nicht belichtet worden war und also auch nicht fluoreszierte. Die Strahlung war dem Auge unsichtbar, schwärzte Fotoplatten, durchdrang Stoffe, überbrückte Entfernungen, wurde durch magnetische Felder abgelenkt.

Auch eine junge Polin, Marie Skłodowska, die 1895 in Paris den französischen Physiker Pierre Curie, den Entdecker der Piezoelektrizität geheiratet hatte, stürzte sich auf die Phänomene der neuen Strahlung, der sie den Namen »Radioaktivität« gab. Zu ihrer Verblüffung bemerkte Madame Curie, daß einige Uraniumminerale stärker strahlten, als es ihrem Uraniumanteil entsprach. Im Juli 1898 hatten Marie und Pierre ein neues, stärker radioaktives Element isoliert, das sie nach Marias Heimat Polonium nannten. Bereits im Dezember erkannten sie, daß ein noch weit stärker strahlendes Element existieren müsse; sie nannten es Radium, das Strahlende. In unendlicher Mühe, unter schwierigsten Arbeitsbedingungen in einem Holzschuppen, gelang es ihnen, aus einer Tonne uraniumhaltiger Pechblende aus dem böhmischen Joachimsthal (Jáchymov) ein Zehntel Gramm Radiumchlorid zu isolieren. Die Darstellung des Metalls gelang erst 1910.

Im Jahre 1903 erhielten Becquerel und das Ehepaar Curie den Nobelpreis für Physik, 1911 Marie Curie den Nobelpreis für Chemie für die Entdeckung zweier neuer Elemente. Madame Curie ist somit der erste Wissenschaftler, der zweimal einen naturwissenschaftlichen Nobelpreis erhielt.

Mit der Entdeckung der Radioaktivität gerieten Grundfassungen der Physik, ja der gesamten Naturwissenschaft ins Wanken: Das Atom, das »Unenteilbare«, zerfiel; wie war der Atombegriff nun zu fassen? Und galt der Energiesatz noch, da doch Radium ohne erkennbare äußere Änderung ständig Wärme erzeugte? Gab es doch ein Perpetuum mobile? Fragen über Fragen!

Der Astronom Friedrich Wilhelm Herschel hatte 1800 die Wärmewirkung des ultraroten Sonnenlichtes entdeckt. Drei Jahre später bemerkte Ritter bei Experimenten mit Silbersalzen die chemische Wirkung des ultravioletten Lichtes. Um die Mitte des Jahrhunderts war klargestellt, daß Ultrarot und Ultraviolett normales Licht darstellen, nur daß es vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen werden kann.

Maxwell und Heinrich Hertz hatten Licht als elektromagnetische Schwingung aufgefaßt, deren Frequenz bzw. Wellenlänge über Sichtbarkeit und Farbe entscheidet. Nun, gegen Ende des Jahrhunderts, ging es um den Zusammenhang der spektralen Verteilung der Strahlungsenergie mit der Temperatur des strahlenden Körpers – eine Grundfrage von höchster Bedeutung für Spektralanalyse, Astrophysik und Thermodynamik, aber auch für die sich entwickelnde Glühlampenindustrie, da die Lichtausbeute von der Temperatur des Glühfadens abhängt.

Es zeigte sich, daß eine Antwort nur auf Grundlage der statistischen Thermodynamik gefunden werden konnte. Das nach Stefan und Boltzmann benannte und 1879/84 formulierte Gesetz sagt aus, daß die Gesamtstrahlung eines (schwarzen) Körpers mit der vierten Potenz seiner (absoluten) Temperatur wächst. Wien fand 1893, in welcher Weise sich das Maximum der Energieabstrahlung mit steigender Temperatur verschiebt. Weitere Strahlungsgesetze wurden aufgestellt. Aber sie paßten nur zu experimentellen Befunden in Teilen des Spektrums.

Der Berliner Physikprofessor Planck entwickelte am 14. Dezember 1900 vor der Physikalischen Gesellschaft eine Strahlungsformel, die beste Übereinstimmung mit den Messungen über das gesamte Spektrum ergab. Aber dazu hatte er – wie er sagte, in einem »Akt der Verzweiflung« – die Annahme machen müssen, daß sich Energie nicht kontinuierlich, sondern nur diskret, in Vielfachen des Produkts aus Frequenz und Wirkungsquantum  $h$ , in »Quanten«, übertragen läßt. Aus historischer Sicht kann jener Tag als Beginn der Quantentheorie gelten, obgleich sich Planck selbst lange gegen diesen fundamentalen Umsturz im physikalischen Denken gewehrt hat. Einsteins quantentheoretische Deutung des lichtelektrischen Effekts (1905) stützte die Quantentheorie.

## Max Planck – Die Natur macht Sprünge



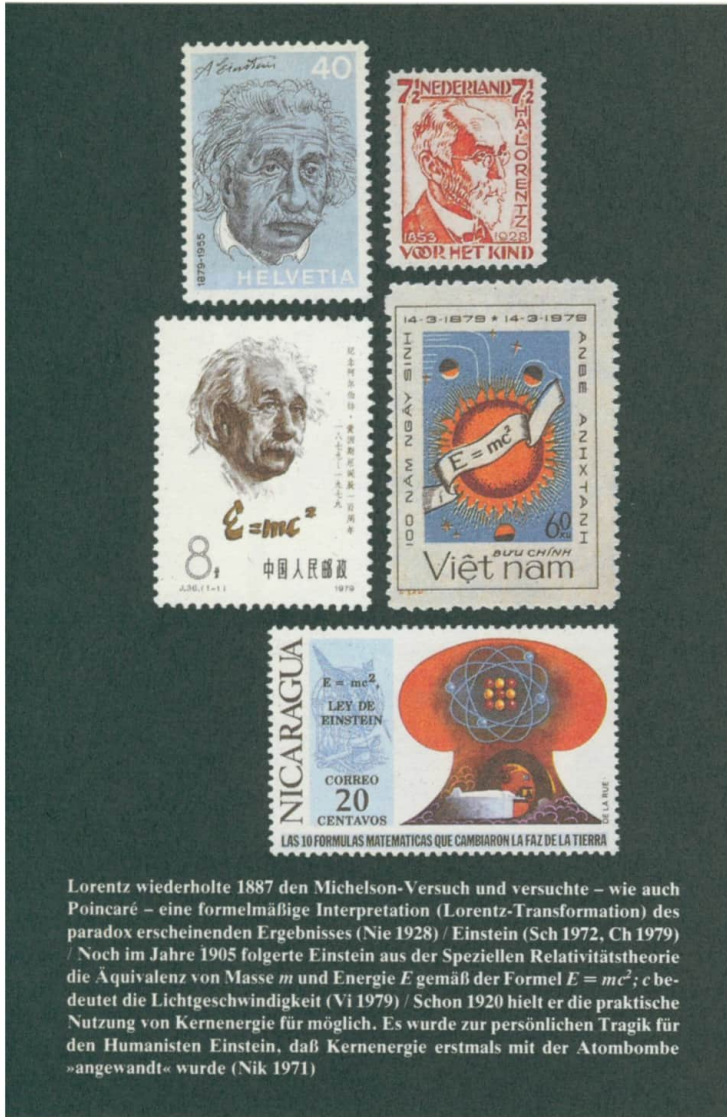
Der Moskauer Physiker Lebedew sagte, wie auch Maxwell, voraus, daß elektromagnetische Wellen einen mechanischen Impuls (Strahlungsdruck) ausüben; er konnte diesen winzigen Effekt Anfang des 20. Jh. tatsächlich messen (SU 1951) / Stefan (Ö 1985) / Wien (S 1971) / Planck und das Wirkungsquantum  $h$  (DDR 1958, DDR 1950) / Darstellung des lichtelektrischen Effekts. Die Länge der Pfeile deutet an, daß die durch Licht höherer Frequenz (blau) freigesetzten Elektronen eine höhere kinetische Energie haben als jene, die durch Licht niedriger Frequenz (rot) frei werden (BRD 1979)

# Albert Einstein – Relativitätstheorie

Im Jahre 1905 veröffentlichte Einstein, 26 Jahre alt, Angestellter am Patentamt in Bern, in Band 17 der »Annalen der Physik« drei geniale Abhandlungen. Für die erste, die quantentheoretische Deutung des lichtelektrischen Effekts, erhielt er den Nobelpreis. Die zweite gab eine molekularkinetische Interpretation der Brownschen Molekularbewegung. Die dritte hieß »Zur Elektrodynamik bewegter Körper«.

Die Maxwellsche Elektrodynamik hatte offengelassen, ob es zur Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen eines materiellen Trägers – eines Äthers – bedürfe, so wie der Schall der Luft. Bei Existenz des Äthers mußte die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes in der oder senkrecht zur Bewegungsrichtung der Erde unterschiedlich sein. Aber die Lichtgeschwindigkeit blieb unverändert, wie der Deutsch-Amerikaner Michelson bei gewissenhaften optischen Versuchen 1881 am Potsdamer Astrophysikalischen Observatorium zeigte. Die Deutung war schwierig. Nun, 1905, bot Einstein eine revolutionierende Lösung an. Er legte zwei Prinzipien zugrunde, daß man 1. grundsätzlich nicht zwischen ruhenden und gleichförmig geradlinig sich bewegendem physikalischen Systemen unterscheiden kann und daß 2. die Lichtgeschwindigkeit für alle Beobachter unabhängig von deren Bewegungszustand die gleiche bleibt. Geschwindigkeiten addieren sich in komplizierterer Weise als in der klassischen Mechanik. Daraus folgt: In Bewegungsrichtung werden alle Körper verkürzt. Uhren gehen langsamer. Freilich sind diese Effekte erst bei sehr hohen Geschwindigkeiten merklich. Die Lichtgeschwindigkeit ist für alle realen physikalischen Vorgänge die maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit.

In den folgenden Jahren wandte sich Einstein der Behandlung von Relativbewegungen gegeneinander beschleunigter Systeme zu, ging damit von der Speziellen zur Allgemeinen Relativitätstheorie über. Schwierige Mathematik war erforderlich; hier halfen Freunde. 1915 formulierte Einstein Feldgleichungen für das Gravitationsfeld; die Metrik des Raumes wird von der darin enthaltenen Materie bestimmt. Es wurde zur Sensation, als 1919 eine britische Expedition während einer Sonnenfinsternis jene Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfeld der Sonne wirklich feststellte, die aus der Theorie folgte. Einstein wurde weltberühmt. Alle redeten über Relativitätstheorie, nur die wenigsten verstanden sie.



Lorentz wiederholte 1887 den Michelson-Versuch und versuchte – wie auch Poincaré – eine formelmäßige Interpretation (Lorentz-Transformation) des paradox erscheinenden Ergebnisses (Nie 1928) / Einstein (Sch 1972, Ch 1979) / Noch im Jahre 1905 folgerte Einstein aus der Speziellen Relativitätstheorie die Äquivalenz von Masse  $m$  und Energie  $E$  gemäß der Formel  $E = mc^2$ ;  $c$  bedeutet die Lichtgeschwindigkeit (Vi 1979) / Schon 1920 hielt er die praktische Nutzung von Kernenergie für möglich. Es wurde zur persönlichen Tragik für den Humanisten Einstein, daß Kernenergie erstmals mit der Atombombe »angewandt« wurde (Nik 1971)

Als sich Planck 1874, nach Abschluß seiner Gymnasialzeit, bei dem bekannten Münchener Physiker Jolly nach den Aussichten eines Physikstudiums erkundigte, riet dieser ab. In der Physik gäbe es kaum noch etwas zu erforschen; die Physik müsse als im wesentlichen abgeschlossen betrachtet werden. Jolly gab eine allgemeine Meinung wieder: Das Energieprinzip galt als Krönung aller Physik. Licht war elektromagnetische Schwingung. Mechanik hatte eine jahrhundertelange Tradition. Die Kausalität allen Geschehens stand fest.

Nur ein Menschenalter später war die klassische Physik in ihren Grundfesten erschüttert. Die Wärmeentwicklung beim radioaktiven Zerfall schien im Widerspruch zum Energieerhaltungssatz zu stehen. Einsteins kühne Interpretation der Planckschen Quantenhypothese durch die Vorstellung eines korpuskelhaften Lichtphotons stellte die eben noch als endgültig bewiesen geglaubte Wellennatur des Lichtes wieder in Frage. Die Dualität von Welle und Korpuskel schien unbegreifbar. Die Relativitätstheorie hatte Masse in Energie »aufgelöst«, den Begriff der Materie ins Wanken gebracht und die klassische Vorstellung Newtons über Raum und Zeit aufgehoben. Kaum war die physikalische Existenz der Atome erwiesen, so zeigten sich Eigenschaften, die mit Sätzen der bisherigen Physik unvereinbar waren.

In der bürgerlichen Philosophie traten Agnostizismus und Positivismus stärker als je hervor. Lenin dagegen betonte den Gewinn des in der Physik hervortretenden dialektischen Denkens für die Erkenntnistheorie und bestimmte den philosophischen Materiebegriff.

Im Einvernehmen mit Planck organisierte Nernst eine Begegnung führender Physiker, damit man »gemeinsam auf Abhilfe sinnen« (Planck) könne. Das Treffen fand Oktober 1911 in Brüssel statt. Sommerfeld, seit 1907 Anhänger Einsteins und eben, 1910, durch eine Arbeit von Nernst über spezifische Wärme zur Quantenphysik bekehrt, forderte, mit Hilfe der Quantentheorie den Bau der Atome und Moleküle zu erklären. Das eben gelang im März 1913 einem noch jungen Forscher, dem Dänen Bohr, mit der quantentheoretischen Deutung des Wasserstoffatoms. Die Quantentheorie hatte einen entscheidenden Sieg erzielt; wenige Jahre später, 1919, gelang das auch der Relativitätstheorie. Die Physik hatte die Wende von der klassischen zur modernen Physik vollzogen.

## Umsturz im Weltbild



Einstein erhielt 1921 den Nobelpreis für Arbeiten zum lichtelektrischen Effekt (S 1981) / Planck hatte schon 1918 den Nobelpreis in Anerkennung der Quantentheorie erhalten. Als einer der ersten erkannte und würdigte er die Bedeutung der Speziellen Relativitätstheorie Einsteins. Planck bewirkte seine Berufung an die Berliner Akademie. Im Gutachten (1913) heißt es: Einstein sei gelegentlich auch einmal über das Ziel »hinausgeschossen, ... z. B. in seiner Hypothese der Lichtquanten ...«. Aber: »ohne Risiko ... keine wirkliche Neuerung« (S 1978) / Einstein (I 1979, Mo 1979, Ind 1979, SU 1979)

## Blick in den Kristall

Die Mehrzahl der in der Natur vorkommenden festen Stoffe tritt in fester Form auf, das bedeutet, daß die Bausteine dieser Stoffe eine weitestgehend fixierte Lage im Raum haben. Die grundlegenden Vorstellungen über den Kristallaufbau gehen auf den Franzosen Bravais zurück. Er stellte 1848 seine Hypothese auf, nach der die Schwerpunkte der Kristallbausteine in regelmäßigen Abständen zu einem Raumgitter angeordnet sein sollten. Die Richtigkeit dieser Raumgitterhypothese ist 1912 durch den Physiker von Laue mit der Entdeckung der Beugung von Röntgenstrahlen am Kristallgitter bewiesen worden. Darüber hinaus ermöglichte von Laues Entdeckung, die mittels einer Fotoplatte registrierbaren Beugungsreflexe der Röntgenstrahlen zur Ermittlung der Struktur des untersuchten Kristalls heranzuziehen. 1913 haben der britische Physiker Sir W. H. Bragg und sein Sohn W. L. Bragg den grundlegenden Zusammenhang zwischen dem Abstand der Atome im Kristallgitter und der Wellenlänge sowie dem Einfallswinkel (Glanzwinkel) der Röntgenstrahlen durch eine einfache mathematische Gleichung (Braggsche Gleichung) beschrieben. Davon ausgehend konnten Kristallstrukturen aus dem Beugungsdiagramm berechnet werden. Die Arbeiten von Vater und Sohn Bragg wurden 1915 mit dem Nobelpreis für Physik gewürdigt.

Die Anwendungsbreite der neuen Methode vergrößerte sich weiter, als 1916 Debye und Scherrer nachweisen konnten, daß man auch bei der Untersuchung von Kristallpulvern auswertbare Beugungsdiagramme bekommt (Debye-Scherrer-Verfahren). Von nun an war man nicht mehr allein auf die Untersuchung von Einkristallen beschränkt.

Damit waren die wesentlichen theoretischen und praktischen Voraussetzungen für die breite Anwendung der Röntgenbeugung zur Strukturanalyse geschaffen. Der »Blick in den Kristall« reduzierte sich auf apparative Lösungen. Hierzu wurden verschiedene Varianten entwickelt, von denen die Einkristallmethoden, die Drehkristallmethode und die Pulververfahren genannt werden sollen.

Heute ist die (hochauflösende) Röntgenstrukturanalyse zum unentbehrlichen Werkzeug für die Ermittlung der Lage von Atomen im Kristall sowie im Molekül geworden. Damit sind Aussagen über die Struktur auch von komplizierten Verbindungen möglich.



Im Jahre 1912 wies von Laue nach, daß sich Röntgenstrahlen beim Durchgang durch einen Kristall beugen lassen, d. h. auf einer hinter dem Kristall befindlichen Fotoplatte sind neben dem durch den Röntgenstrahl hervorgerufenen Hauptfleck noch zahlreiche kleinere Beugungsbilder zu sehen (S 1974, DDR 1979) / Davon ausgehend entwickelten 1913 der britische Physiker Sir William Henry Bragg und sein Sohn William Lawrence Bragg eine grundlegende Methode zur Kristallstrukturanalyse durch Beugung von Röntgenstrahlen (GB 1977, IM 1983) / Sie erhielten dafür 1915 den Nobelpreis für Physik (S 1975), Laue hatte ihn bereits 1914 erhalten (BRD 1979)

In Aristoteles Abhandlung über Meteorologie wird alles beschrieben, was sich nach seiner Meinung in den Regionen von Luft und Feuer befindet – Stürme, Kometen, Milchstraße, Erdbeben. Descartes war stolz, eine begründete optische Erklärung des Regenbogens vorlegen zu können. Doch mußten Ausführungen im Deskriptiven verbleiben, solange keine entsprechenden wissenschaftlichen Instrumente zur Verfügung standen; mit dem 17. Jh. wurden Barometer und Thermometer gängige Geräte zur Registrierung von Wettererscheinungen. Wettervorhersage dagegen muß über lokale Beobachtungen hinausgehen und erfordert ein großräumiges Netz von Beobachtungsstationen und Informationsaustausch über Luftdruck, Temperatur, Wind, Bewölkung usw. Erste derartige Ideen und Anfänge finden sich schon seit dem 17. Jh. bei der Royal Society, bei Leibniz, bei frühen meteorologischen Gesellschaften, bei A. von Humboldt und in ersten europäischen Wetterkarten. 1831 wurde der Weg eines tropischen Wirbelsturmes aus dem Jahre 1821 von der Karibik über den Atlantik nachbeschrieben. Die Erfindung des Telegraphen beschleunigte den Austausch von Daten, so daß seit den 60er Jahren in einigen Staaten – so in den USA, England, Frankreich, Niederlanden – tägliche Wetterkarten herausgegeben werden konnten. Der 1. Internationale Meteorologenkongreß fand 1873 in Wien statt. Gestützt auf Methoden der theoretischen Hydrodynamik konnte die Meteorologie große Fortschritte erzielen. Der Norweger Bjerknes stellte eine Theorie der Luftzirkulation auf und entwickelte 1921 eine Theorie der Polarfronten.

Ballons und Drachen lieferten Informationen aus der Höhe. 1902 wurde die Existenz einer Atmosphärenschicht, der Stratosphäre nachgewiesen. 1913 entdeckten Hess und Kolhörster unabhängig voneinander die aus dem Weltraum einfallende energiereiche kosmische oder Höhenstrahlung.

Auch andere Gebiete der Geowissenschaften erzielten bedeutende Erfolge. Wegener stellte 1915 die Theorie der Kontinentalverschiebung auf, wonach die Kontinentalschollen langsam auseinanderdriften; Südamerika »paßt« sozusagen an Afrika. Der Ungar Eötvös konnte mit einem Gravimeter die Äquivalenz von träger und schwerer Masse beweisen und die für geologische Erkundungen von Lagerstätten wichtigen, aber winzigen Abweichungen der Gravitation meßbar machen.

## Wetterfront und Höhenstrahlung



Bjerknes (No 1962) / Warm- und Kaltfront (Sch 1980) / Eötvös (H 1948) / Wegener, Geophysiker und Grönlandforscher, stellte die Theorie der Kontinentalverschiebung auf (WB 1980) / Hess (Ö 1983) / Am 30. Juni 1908 ging in Sibirien, in der Steinigen Tunguska, ein Meteorit nieder, der auf einer riesigen Fläche den Baumbestand vernichtete, jedoch nur kleine Einschlagkrater, aber keine Bruchstücke hinterließ. Das Areal wurde eingehend studiert, u. a. von Kulik. Neuerdings wird u. a. vermutet, es habe sich um einen Kometenkern gehandelt (SU 1958)

# Vom Lebensweg der Sterne



Blick auf eine spiralförmige Galaxis (Mex 1942) / Dieser sog. planetarische Nebel (nach einem Photo des Palomar Observatory) im Sternbild Lyra – kleiner Stern mit Ring – wird so interpretiert: Ein ehemaliger Roter Riese hat seine gasförmige Hülle abgestoßen, und der verbleibende Stern ist einem Weißen Zwerg ähnlich (Mex 1942) / Hertzsprung-Russell-Diagramm. Aufgetragen ist die Leuchtkraft über der Spektralklasse. Die Hauptreihe verläuft von links oben nach rechts unten, auf ihr liegt die Mehrzahl der Sterne einer Population. Rechts oben der Ast der Roten Riesen, links unten der der Weißen Zwerge. Obwohl ein solches Diagramm ein Momentbild darstellt, lassen sich daraus Schlußfolgerungen über die Sternentwicklung ziehen (Mex 1942)

Es gibt ganz verschiedene Fixsterne. Aus den Farben der Sterne kann man auf deren Oberflächentemperatur zurückschließen. Blaue Sterne sind heiß und rote verhältnismäßig kühl, aber immerhin noch fast 3000 K heiß. (Unsere Sonne hat eine Oberflächentemperatur um 5800 K). Als andere wichtige Kenngröße eines Sternes hat man dessen Leuchtkraft, die in den Weltraum pro Sekunde abgestrahlte Energie. Freilich ist diese aus der scheinbaren Helligkeit nur zu erschließen, wenn man die Entfernung des Sternes kennt. (Die Sonne hat eine nur mäßige Leuchtkraft).

Der Däne Hertzsprung machte 1905 die merkwürdige Entdeckung, daß Sterne gleicher Temperatur, also annähernd gleicher Spektralklasse, aber ungleicher Leuchtkraft, ganz unterschiedliche Größe besitzen, Riesen oder Zwerge sein können. Ordnet man Sterne – wie es der Nordamerikaner Russell erstmals 1913 tat – in einem Diagramm mit den Koordinaten absolute Helligkeit (bzw. Leuchtkraft) und Spektralklasse (bzw. Oberflächentemperatur), so erhält man ein Hertzsprung-Russell-Diagramm. Aus solchen Diagrammen, die Sternpopulationen beschreiben, hat man Folgerungen gezogen, u. a. über Entwicklung und Altern der Sterne.

Aus interstellaren Materiewolken bilden sich unter dem Einfluß der Gravitation Protosterne, die sich aufheizen, bis bei ca. 10 Millionen Grad die Kernfusion von Wasserstoff zu Helium im Inneren einsetzt. Dabei verbraucht ein Stern seinen Energievorrat an Wasserstoff umso schneller, je massereicher er ist. (Für einen Stern von Sonnenmasse dauert die Zeit des Wasserstoffbrennens etwa 10 Milliarden Jahre, für einen Stern mit 10facher Sonnenmasse nur knapp 10 Millionen Jahre).

Die massereichsten Sterne stehen in der Hauptreihe des Diagramms links oben. Wenn der Wasserstoff im Inneren erschöpft ist, blähen sich die Sterne auf, das Wasserstoffbrennen findet in der Schale statt, und im kontrahierten Kern fusioniert Helium zu Kohlenstoff und Sauerstoff. Der Stern hat an Oberflächentemperatur eingebüßt und an Größe zugenommen, ist zum Roten Riesen geworden. Neuere Durchrechnungen mathematischer Sternmodelle lassen vermuten, daß Weiße Zwerge (hohe Temperatur, geringe Größe, hohe Massendichte) auch aus Roten Riesen hervorgehen. Seit 1967 kennt man Pulsare; sie dürften – als Überreste von Supernovaexplosionen – rotierende Neutronensterne sein.

Ziel des Ersten Weltkrieges war die »Neuaufteilung« der Welt durch die imperialistischen Großmächte. Als kriegsführende Staaten standen die »Mittelmächte« Deutschland, Österreich-Ungarn, Italien (bis 1915), Türkei und Bulgarien den in der »Entente« zusammengeschlossenen Staaten Großbritannien, Frankreich, Rußland, Japan und ab 1915 (nach dem Bruch mit den Mittelmächten) Italien gegenüber. Anlaß des Krieges war das Attentat auf den österreich-ungarischen Thronfolger Franz Ferdinand am 28. Juni 1914 in Sarajevo. Die deutsche Blitzkriegstrategie gegen Frankreich scheiterte in der Marneschlacht (6. bis 9. September 1914) und mündete in einen langwierigen und verlustreichen Stellungskrieg, der ab Herbst 1914 auch an der Ostfront dominierte.

Am 18. Juli 1918 begann die Offensive der Entente, die mit der Niederlage der Mittelmächte endete. Am 11. November 1918 erfolgte die Unterzeichnung des Waffenstillstandsabkommens in Compiègne. Damit war der Kampf um die Neuaufteilung der Welt zugunsten der Entente-Mächte entschieden.

Die kriegsführenden Staaten hatten ihre Armeen unter Anwendung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem modernsten Kriegsgerät ausgerüstet. Auch zu dessen Herstellung wurde wissenschaftlich fundierte Methoden der Massenproduktion mißbraucht. Dies illustrieren folgende Zahlen: Die Produktion in Großbritannien, Frankreich und Rußland betrug 9 654 000 Gewehre, 8 100 Tanks, 103 400 Flugzeuge und 217 000 Kraftfahrzeuge. In Deutschland und Österreich wurden 12 047 000 Gewehre, 1 000 Tanks, 52 700 Flugzeuge und 75 000 Kraftfahrzeuge hergestellt.

Darüber hinaus sind die Kriegsflotten mit (gepanzerten) Großkampfschiffen ausgerüstet worden. Neu in die Seekriegstechnik eingeführt wurde das Unterseeboot.

Zu Beginn des Krieges wurde das Militärflugzeug zur technisch brauchbaren Kriegsmaschine entwickelt.

Mit dem Einsatz von chemischen Kampfstoffen wurden auch Erkenntnisse der Chemie mißbraucht.

Die Bilanz des Ersten Weltkrieges war schrecklich: Mehr als 10 Millionen Tote, 20 Millionen Verwundete und Invaliden, Zerstörung zahlreicher Städte, Dörfer und Industrieanlagen. Die Gesamtkosten dieses sinnlosen Krieges werden auf etwa 1 300 Mrd. Mark geschätzt.

## Mißbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse – Erster Weltkrieg



Im Ersten Weltkrieg (1914–1918) hatte die Mechanisierung der Kriegstechnik ein bis dahin nicht gekanntes Ausmaß erreicht. Die Infanterie- und Kavallerieeinheiten wurden durch neuartige Artilleriegruppierungen unterstützt. Letztere hatten sich bereits gegen Ende des 19. Jh. zur Hauptfeuerkraft der Landstreitkräfte entwickelt. Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse und modernste Technik hielten Einzug in die Seestreitkräfte. Durch Einsatz von Flugzeugen wurde nunmehr auch der Luftraum in die Kampfhandlungen einbezogen (Ö 1915) / Noch Jahre nach Kriegsende hatten große Teile der Bevölkerung, besonders die Kriegsinvaliden, an den Folgen des Krieges zu tragen (B 1923)

**D**as Bedürfnis nach Technik treibt die Wissenschaft voran.

*Nadeshda Konstantinowna Krupskaja*

**D**as schon Geleistete mag die Erreichung weiterer Fortschritte verbürgen. Die Zweifel an der vollen Gesetzmäßigkeit der Natur sind immer mehr zurückgedrängt worden, immer allgemeinere und umfassendere Gesetze haben sich enthüllt. Daß diese Richtung des wissenschaftlichen Strebens eine gesunde ist, haben namentlich ihre großen praktischen Folgen erwiesen.

*Hermann von Helmholtz*

**N**ur kurz leben und doch genug leben.

*Heinrich Hertz*

**D**er wichtigste Schritt für den Fortschritt einer jeden Wissenschaft ist das Messen von Größen.

*James Clerk Maxwell*

**D**as Elektron benimmt sich montags, mittwochs und freitags wie Wellen, dienstags, donnerstags und samstags wie Partikel und wie gar nichts an Sonntagen.

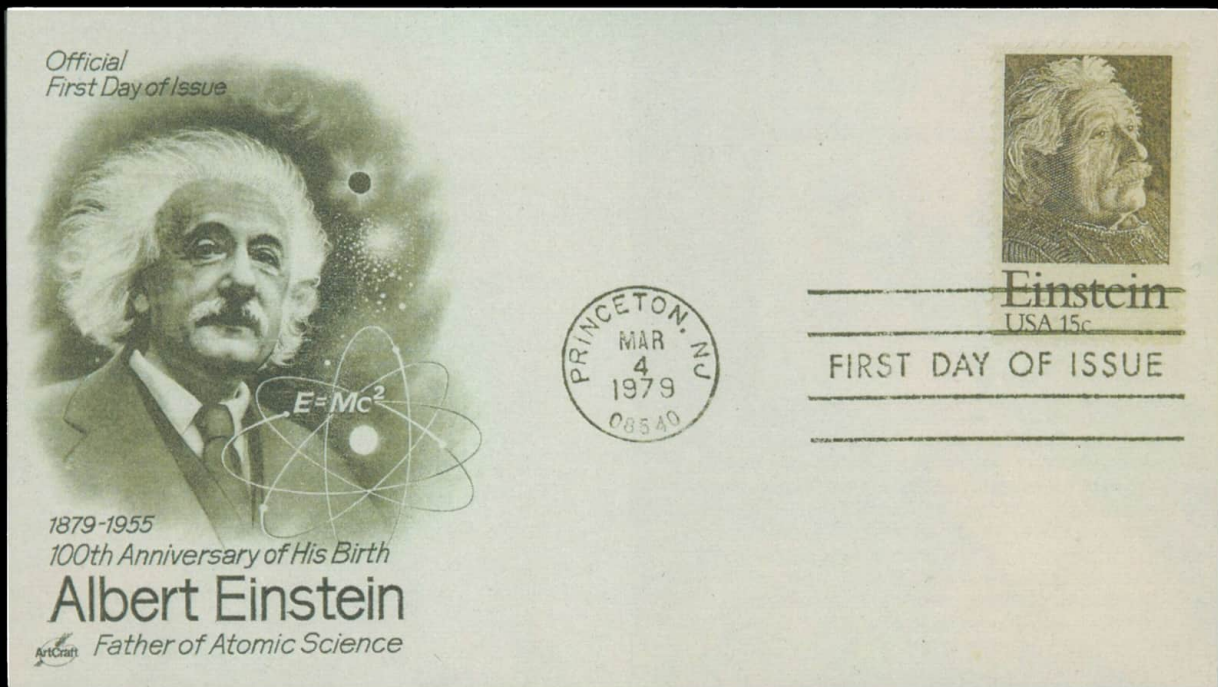
*William Henry Bragg*

**M**eine vergeblichen Versuche, das Wirkungsquantum irgendwie der klassischen Theorie einzugliedern, erstreckten sich auf eine Reihe von Jahren und kosteten mich viel Arbeit. Manche Fachgenossen haben darin eine Art Tragik erblickt.

*Max Planck*

# IX. WISSENSCHAFT HEUTE

Albert Einstein erreichte eine weltweite Popularität und wurde zur Symbolfigur der Wissenschaft des 20. Jh. Seine wissenschaftlichen Leistungen trugen zu einer Revolution im Weltbild der Physik bei. Seine humanistische Haltung in Zeiten von Kriegen, Faschismus und Menschenvernichtung verlieh ihm höchstes moralisches Ansehen (USA 1979)



# Der Rote Oktober

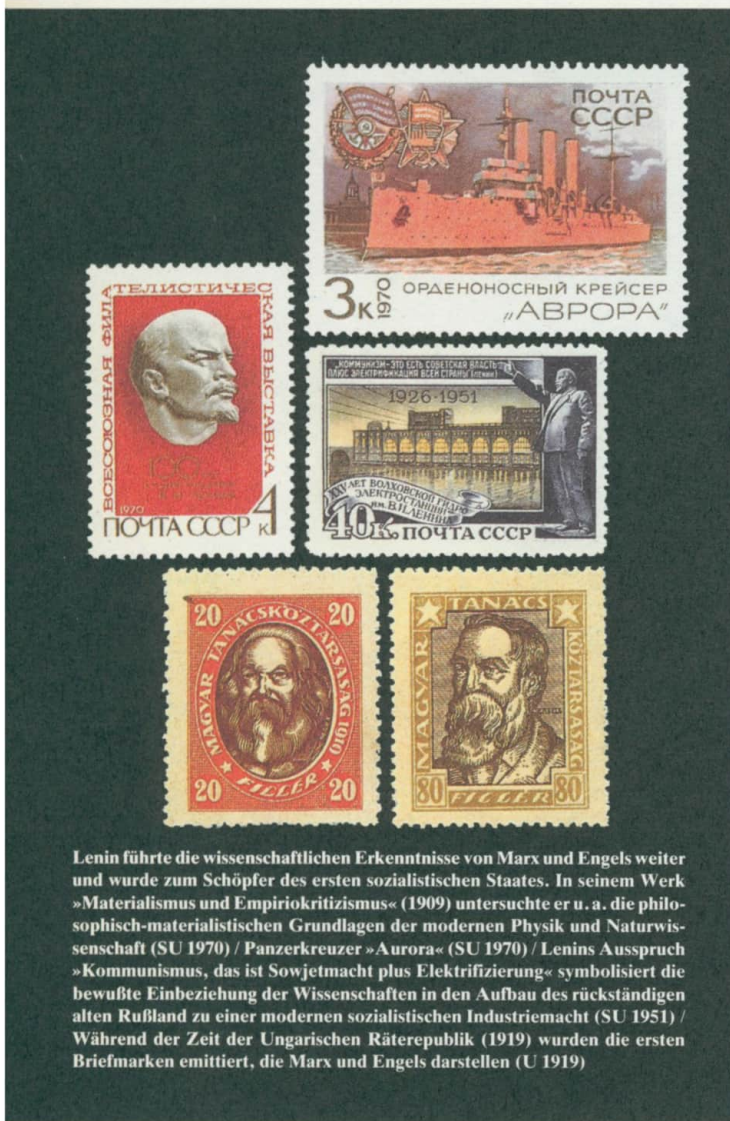
Im Februar 1917 war die Herrschaft des Zaren über Rußland zusammengebrochen. Am 25. Oktober (7. November des neuen Kalenders) 1917 proklamierte der Führer der revolutionären Partei der Arbeiterklasse Rußlands, Lenin, gestützt auf breite revolutionäre Aktionen der Arbeiter und Bauern, den Sturz der bürgerlichen Provisorischen Regierung. In der Nacht zum 8. November lösten die Schüsse der »Aurora« den Sturm auf das Winterpalais aus, den Sitz der Provisorischen Regierung. Die Revolution siegte zunächst in Petrograd (dem heutigen Leningrad) und erfaßte bald ganz Rußland. Die erste siegreiche proletarische Revolution der Weltgeschichte war Anfang 1918 vollzogen, wurde aber von äußeren und inneren Feinden hart bedrängt.

Trotz der ungeheuren materiellen Not als Folge von Krieg und Bürgerkrieg wandte die junge Sowjetmacht, unter persönlicher Beteiligung von Lenin, der Wissenschaft volle Aufmerksamkeit zu und betonte deren weitreichende Möglichkeiten für die Entfaltung des gesellschaftlichen Lebens, für die Entwicklung der Produktivkräfte, für Kultur und Weltanschauung.

Noch zu Lebzeiten Lenins wurde in den Jahren 1918 bis 1924 ein Projekt zur Mobilisierung der Wissenschaft und der natürlichen Ressourcen des Landes für den Aufbau des Staates verabschiedet und die Sowjetische Akademie der Wissenschaften reorganisiert. Der im Dezember 1920 verabschiedete GOELRO-Plan beschloß den Bau leistungsfähiger Wärme- und Wasserkraftwerke und die Elektrifizierung des riesigen Landes. Am Ausgang der 20er Jahre verfügte die Sowjetunion über eine moderne Schwerindustrie.

Viele Gelehrte aus der Vorkriegszeit stellten ihre Kräfte in den Dienst der Sowjetregierung. Anknüpfend an wissenschaftliche Traditionen des alten Rußland gelang es am Ende der 20er Jahre, auch den Anschluß an die Weltwissenschaft herzustellen. Bald schon konnten auf einigen Gebieten – Grundlagen der Mathematik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Geochemie, Physiologie, Physik – Weltspitzenleistungen erzielt werden.

In den früheren Randgebieten des zaristischen Rußland, die unter der Sowjetmacht bewußt gefördert wurden, konnten eigenständige wissenschaftlich-kulturelle Entwicklungen eingeleitet werden. Unter anderem entstanden eine Vielzahl von neuen Universitäten und Hochschulen sowie nationale Akademien.



Lenin führte die wissenschaftlichen Erkenntnisse von Marx und Engels weiter und wurde zum Schöpfer des ersten sozialistischen Staates. In seinem Werk »Materialismus und Empiriokritizismus« (1909) untersuchte er u. a. die philosophisch-materialistischen Grundlagen der modernen Physik und Naturwissenschaft (SU 1970) / Panzerkreuzer »Aurora« (SU 1970) / Lenins Ausspruch »Kommunismus, das ist Sowjetmacht plus Elektrifizierung« symbolisiert die bewußte Einbeziehung der Wissenschaften in den Aufbau des rückständigen alten Rußland zu einer modernen sozialistischen Industriemacht (SU 1951) / Während der Zeit der Ungarischen Räterepublik (1919) wurden die ersten Briefmarken emittiert, die Marx und Engels darstellen (U 1919)

Mangel oder Ausfall von Enzymen, Vitaminen und Hormonen führen zu Unregelmäßigkeiten und Störungen des Stoffwechsels und zu schweren Erkrankungen. Biochemie wurde zu einem stark sich entwickelnden Teil der medizinischen Forschung.

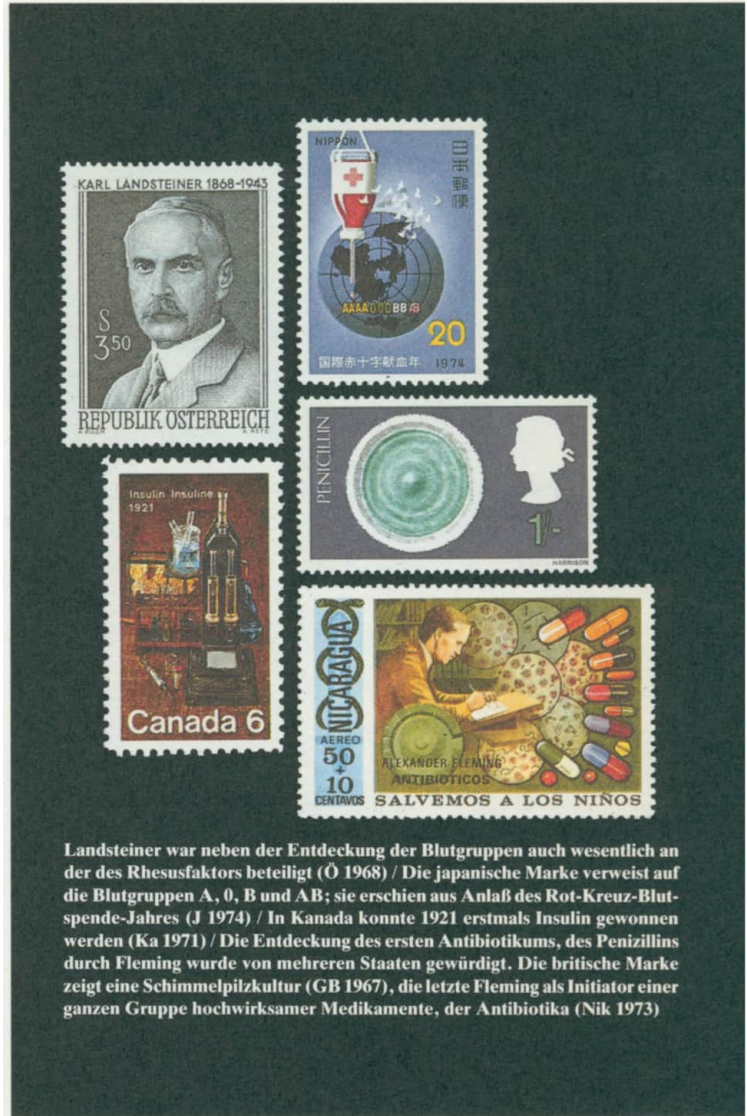
Die Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) beispielsweise besteht im Mangel des in der Bauchspeicheldrüse erzeugten Hormons Insulin. Der kanadische Physiologe Banting sowie der amerikanische Physiologe Best konnten 1921 in Toronto (Kanada) Insulin isolieren. Seit den zwanziger Jahren wird Insulin in großem Maßstab aus dem Pankreas von Tieren extrahiert; die Zuckerkrankheit hat ihren Schrecken weitgehend verloren.

Noch wünschenswerter ist die chemische Vollsynthese von Wirkstoffen. Sie ist – nach intensiver weltweiter Arbeit bei der Aufklärung der chemischen Struktur – für viele Vitamine und Hormone heute schon möglich und hat eine kaum zu überschätzende Bedeutung bei der Heilung und Linderung von Krankheiten.

Spannend und aufregend verlief auch die biochemische Erforschung des Blutes, seiner Zusammensetzung, seiner Funktion im Körper. »Blut ist ein ganz besonderer Saft« heißt es schon bei Goethe im »Faust«. Schwere Zwischenfälle bei Blutübertragungen forderten Mediziner und Biochemiker heraus. Der österreichische Serologe Landsteiner entdeckte um 1910 mit den Blutgruppen die Ursachen für die Unverträglichkeiten: Blutübertragung darf nur bei gleicher Blutgruppe bei Empfänger und Spender vorgenommen werden.

Seit dem Ende des 19. Jh. war bekannt, daß sich verschiedene Mikroorganismen gegenseitig in ihrer Entwicklung behindern und sogar abtöten, eine Erscheinung, die »Antibiose« genannt wurde. Um 1928/29 konnte der in Schottland geborene Bakteriologe Fleming aus Schimmelpilzkulturen ein bakterientötendes Konzentrat isolieren, das »Penicillin«. In den dreißiger Jahren erforschten der aus Australien stammende Pathologe Florey und der polnisch-englische Biochemiker Chain die antibiotischen Wirkungen des Penicillins genauer und ebneten den Weg zur industriellen Gewinnung. Zusammen mit weiteren Antibiotika – u. a. Streptomycin und Chloramphenicol (1944 bzw. 1947 entdeckt) – kann man heute Infektionen wirksam bekämpfen.

## Biochemie im Dienste der Medizin



## »Über den Wolken. Unter den Wellen«



Der vielseitige amerikanische Naturforscher Beebe wurde zum Wegbereiter des Tiefseetauchens. Er war an Flora und Fauna von Korallenriffen interessiert und suchte nach Möglichkeiten, in größere Tiefen vorzudringen; Schwimmtaucher mit Sauerstoffapparaten konnten nur etwas mehr als 100 m Tiefe erreichen. Beebe ließ eine stählerne Kugel, »Bathysphere« genannt, bauen. Mit ihr erreichte er 1930 in der Bermuda-See 240 m Tiefe und schließlich 1934 sogar 923 m. Beleuchtung und Quarzfenster ermöglichten u. a. das Studium von Tiefseefischen (Ber 1976) / Auguste Piccard mit Stratosphärenballon bzw. Tauchboot (SM 1983)

Dies ist der deutsche Titel eines 1954 erschienenen Buches, in dem der schweizerische Physiker Auguste Piccard über seine sensationellen Ballonaufstiege und Tiefseetauchexperimente berichtete. Als erster drang er in die Stratosphäre vor; als erstes erreichte ein von ihm konstruiertes Tauchboot eine Tiefe von mehr als 10 km.

Auguste Piccard studierte Physik und Maschinenbau und wurde Universitätsprofessor in Zürich und Brüssel. Er beschäftigte sich mit Höhenstrahlung und ionisierten Schichten der Atmosphäre; Meßdaten waren erforderlich. Da bemannte Flüge mit Freiballons in offenen Gondeln wegen Kälte und Druckabfall nur bis in geringe Höhen durchführbar sind, konstruierte er eine druckdichte Aluminium-Gondel. Am 27. Mai 1931 stieg er, zusammen mit einem Freund, von Augsburg aus auf, erreichte in der Druckkabine am Freiballon 16201 m Höhe und landete nach 16 Stunden auf einem österreichischen Gletscher. Ein zweiter Flug, am 18. August 1932, führte sogar bis in 16940 m Höhe, und sein Zwillingsbruder Jean Félix schaffte später sogar 17500 m.

Noch in den dreißiger Jahren wandte sich Auguste der Tiefsee zu. Schiffsexpeditionen und Lotungen hatten erwiesen, daß in sog. »Gräben« des Meeresbodens, z. B. im Marianengraben, das Meer mehr als 10 km tief ist. Auguste machte sich an die Konstruktion eines Tief-Tauchbootes (Bathyscaphe) mit Selbstantrieb, das einem ungeheuren Wasserdruck standhalten mußte. Aufgehalten durch den Zweiten Weltkrieg und nach einigen Fehlschlägen stellten sich Erfolge ein. Eines seiner Boote erreichte, mit ihm an Bord, 1953 im Tyrrenischen Meer 3150 m Tiefe. Schließlich gelang es dem von Auguste Piccard und seinem Sohn Jacques konstruierten dritten Tauchboot »Trieste«, am 23. Januar 1960 im Marianengraben die Tiefe von 10911 m zu erreichen; die Besatzung bestand aus Jacques Piccard und einem amerikanischen Seeoffizier. Auch in Regionen, in denen ewiges Dunkel herrscht, zeigte sich vielfältiges Leben.

Die bisher größte Wassertiefe wurde 1957 von dem sowjetischen Forschungsschiff »Witja« mit 11034 m gemessen. 1961 konnte von einem US-amerikanischen Forschungsschiff aus in der Nähe von Guadelupe die fast 200 m mächtige Sedimentschicht auf dem Boden des Ozeans durchbohrt und die Erdkruste angebohrt werden.

Als Folge des Ersten Weltkrieges, der auch in Kreisen der Mathematiker und Naturforscher aus beiden feindlichen Staatengruppierungen zu Wellen des Chauvinismus geführt hatte, zerbrach die internationale Organisation der mathematischen Wissenschaften. Die Vorrangstellung der europäischen Länder, insbesondere Frankreichs und Deutschlands, auf mathematischem Gebiet ging verloren. Zwischen den beiden Weltkriegen entstanden in der Sowjetunion und in den USA mathematische Hauptzentren. Zugleich begannen sich in Staaten wie Indien, Japan, Kanada erfolgreiche mathematische Gruppierungen zu formieren. Alles in allem gehört die vergleichsweise kurze Zeit zwischen den beiden Weltkriegen zu den fruchtbarsten Perioden in der Geschichte der Mathematik. Neben dem Ausbau der klassischen Gebiete entstanden auch gänzlich neue Arbeitsrichtungen und methodologische Konzeptionen, die einen auch heute noch spürbaren Strukturwandel der Mathematik einleiteten. Von den neueren Disziplinen rückten Mathematische Physik, Strukturalgebra, Mathematische Logik, Funktionalanalysis und Wahrscheinlichkeitsrechnung in den Vordergrund, die 1933 nach bedeutenden inneren begrifflichen Schwierigkeiten durch den sowjetischen Mathematiker Kolmogorow eine mengentheoretisch-axiomatische Grundlage erhielt.

In Deutschland hatte die mathematisch-physikalische Schule in Göttingen auch nach dem Ersten Weltkrieg ihre weltweit führende Position behaupten und sogar noch ausbauen können. Dann aber brach 1933 die Nacht des Faschismus über Deutschland herein. Einstein legte aus Protest gegen die neuen Machthaber die Mitgliedschaft in der Berliner Akademie nieder. Viele Göttinger Gelehrte wurden vertrieben, unter ihnen Emmy Noether, Artin, Weyl, Courant, Bernays, Born. Hilberts enger Freund Blumenthal wurde in einem Konzentrationslager umgebracht. Der Zahlentheoretiker Landau und der Nobelpreisträger Franck wurden ihres Amtes enthoben. Als der schon betagte Hilbert vom faschistischen Unterrichtsminister nach dem Stand der Dinge in Göttingen gefragt wurde, antwortete er: »Die Mathematik in Göttingen, die gibt es nicht mehr.«

## Eine Schule wird zerschlagen



Banach, einer der Hauptbegründer der Funktionalanalysis, starb an den Folgen des während der faschistischen Besetzung Polens erlittenen Schicksals (P 1982) / Lasker, Mathematiker, 27 Jahre lang – seit 1894 – Schachweltmeister, mußte seiner jüdischen Herkunft wegen Nazi-Deutschland verlassen (K 1976) / Pauli, Repräsentant einer Gruppe theoretischer Physiker, denen die Entwicklung hochspezialisierter, auf Physik »maßgeschneiderter« Mathematik zu danken ist (Ö 1983) / Unmöglichkeit geometrische Figuren; analoge Zeichnungen und Gemälde schuf der holländische Maler Escher (S 1982)

## Radio – Radar

Schon bald nach 1900 wurden verschiedentlich Versuche unternommen, mit Lichtbogensendern Musik und Sprache drahtlos zu übertragen. Dies gelang etwa 1902/03 dem Dänen Poulsen. Um eben diese Zeit gab es auch erfolgreiche Versuche in der Nähe von Berlin. Am Weihnachtsabend 1906 konnten Schiffsfunker mitten auf dem Atlantik statt der üblichen Morsezeichen Musik empfangen, abgestrahlt von einer in Massachusetts betriebenen Versuchsstation. Doch verdankt man den Durchbruch auf dem Gebiet der Funktechnik, insbesondere des Rundfunks, der Erfindung der Elektronenröhre. Im Jahre 1883 hatte Edison bei Studien an Glühlampen den glühelektrischen Effekt entdeckt, die »Wanderung von Strom« durch das Vakuum zu einer eingeschmolzenen Elektrode. Edison ist diesen Dingen jedoch nicht weiter nachgegangen. Fleming in London bewarb sich 1904 um ein Patent für eine Elektronenröhre, Audion (d. i. Hörrohr) genannt. De Forest in den USA und von Lieben in Österreich führten 1906 ein Gitter in die Röhre ein, schufen damit die Triode, mit der der Elektronenstrom zwischen Glühkathode und Anode – etwa gemäß den zu sendenden oder zu empfangenden Signalen – gesteuert werden kann. Die Verstärkeröhre bzw. die Senderöhre war dem Prinzip nach erfunden. Meißner, ein Ingenieur bei Telefunken, steuerte 1913 die höchst wichtige Erfindung der Rückkopplungsschaltung bei.

Nach dem Ersten Weltkrieg entwickelte sich der öffentliche Rundfunk sehr rasch, seit 1920 in den USA, 1921 in England (die BBC wurde 1922 gegründet), 1922 in der Sowjetunion, 1923 in Berlin und in der Schweiz, 1924 in Österreich, usw. Ursprünglich wurde im Mittel- und Langwellenbereich gesendet; Amateure bedienten sich der Kurzwellenbereiche. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg setzte sich der UKW-Bereich auch im zivilen Bereich durch und mit ihm die Stereoübertragung.

Die Anfänge des Radar (Abkürzung für Radio Detection and Ranging, d. i. Erkennen und Entfernungsbestimmung von Funkwellen) gehen auf das Jahr 1902 und den deutschen Ingenieur Hülsmeyer zurück. Die Grundidee, daß elektromagnetische Wellen von Metalloberflächen reflektiert werden und aus dem Empfang der reflektierten Wellen auf Entfernung und Geschwindigkeit sich bewegender Objekte – etwa von Schiffen – geschlossen werden könne, erwies sich als richtig.



H. Hertz und Maxwell dürfen als theoretische Väter der Hochfrequenztechnik – u. a. Rundfunk, Fernsehen, Funknavigation – gelten (Mex 1967) / Marconi und Braun erhielten 1909 den Nobelpreis für Physik (S 1969) / Elektronenröhren von de Forest (USA 1973) / Lieben und die Verstärkeröhre (Ö 1936) / 1923 wurde in Australien der reguläre Rundfunkbetrieb aufgenommen (Aus 1973) / Hülsmeyer fand keine finanzielle Unterstützung; auch stand die Verstärkeröhre nicht zur Verfügung. Mitte der dreißiger Jahre setzte in England und Deutschland eine fieberhafte Erforschung der Funkmeßtechnik zu militärischen Zwecken ein; schon 1938 war die Themse-Mündung mit Radarstationen zur Erkennung feindlicher Flugzeuge ausgerüstet. Moderner Radarschirm (GB 1967)

# Chemiefasern

Chemiefasern werden durch Umwandlung natürlicher Polymere oder durch Polymerisation von monomeren »Bausteinen« hergestellt. Die Anfänge der gezielten Verarbeitung natürlicher Polymere liegen in der 2. Hälfte des 19. Jh. Die Cellulose des Holzes ist zu Cellulose-regeneratfasern und später auch zu Celluloseesterfasern verarbeitet worden.

Die erste synthetische Faser wurde 1931 in der Filmfabrik Wolfen aus Polyvinylchlorid hergestellt.

1935 konnte der Amerikaner Carothers aus Hexamethylendiamin und Adipinsäure den Polyamid-6.6-Faserstoff Nylon gewinnen. 1937/38 erhielten die deutschen Chemiker Schlack den Polyamid-6-Faserstoff Perlon bzw. Dederon und Bayer das Polyurethan. Die Arbeiten der Engländer Whinfield und Dickson führten 1940 zur Entdeckung der Polyesterfaserstoffe. In den Jahren 1940 bis 1942 entwickelte Rein die Polyacrylnitrilfaserstoffe. Darüber hinaus werden bis in unsere Zeit hinein nach Darstellung neuer Polymere diese ebenfalls hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit als Faserstoffe getestet. Zu diesen Faserstoffen gehören solche aus Polypropylen, aus Polyethylen und aus Polyvinylalkohol. Für spezielle Einsatzgebiete wurden Elastomer- und Hochtemperaturfaserstoffe entwickelt.

Etwa bis 1950 spielten Chemiefaserstoffe gegenüber den Naturfasern eine untergeordnete Rolle. Noch 1950 betrug der Anteil der Baumwolle am Faseraufkommen 68 %, für Wolle lag der Wert bei 10 % und für die Chemiefasern bei 22 % (17 % davon für Cellulose-regeneratfasern und nur 5 % für Synthefasern).

In der Folgezeit erreichte die Produktion an Chemiefasern einen bis dahin nicht gekannten Aufschwung. Die Chemiefaserstoffe weisen gegenüber den Naturfasern eine Reihe von Vorzügen auf. So zeichnen sich Polyamidfaserstoffe durch ihre hohe Reiß- und Abriebfestigkeit sowie durch ihre gute Biegeelastizität aus. Polyesterfaserstoffe sind wegen ihrer Formbeständigkeit beliebt. Nachteilig auf die Gebrauchseigenschaften besonders der Synthefaserstoffe wirken sich ihre geringe Feuchtigkeitsaufnahme, die elektrostatische Aufladbarkeit und die starke Anschmutzbarkeit aus. Jedoch lassen sich diese Nachteile partiell zurückdrängen, wenn man die Fasern in ihrer Zusammensetzung oder durch besondere Behandlung modifiziert.

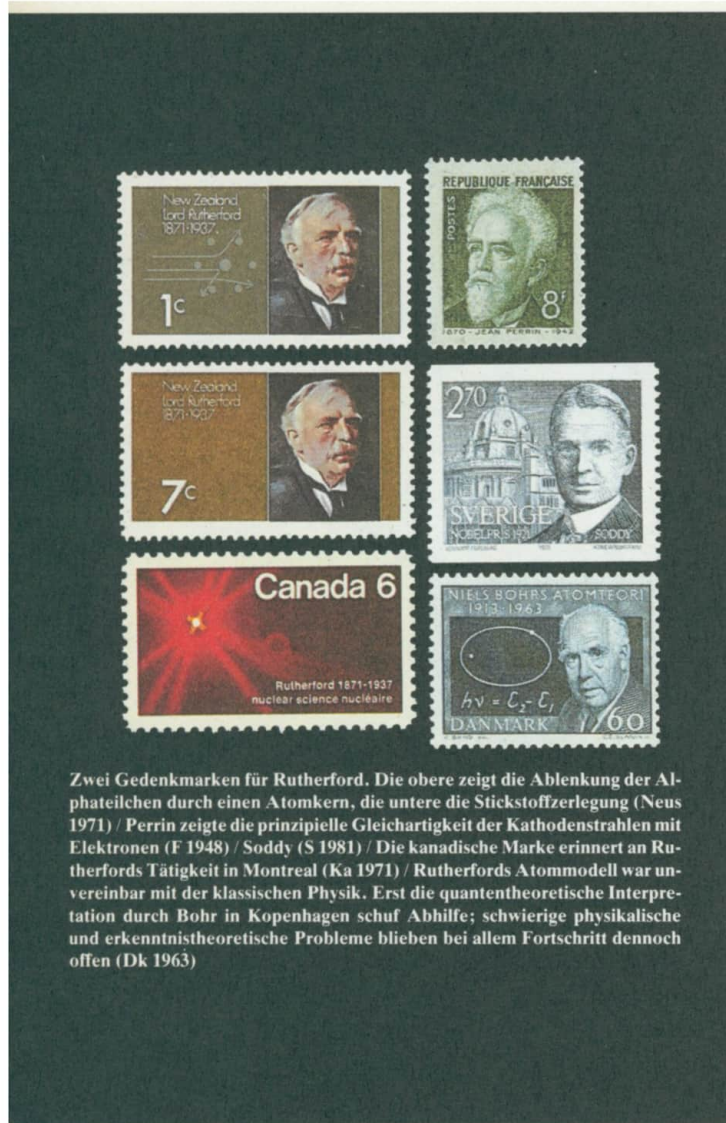


Der klassische, auch heute noch hoch geschätzte Faserrohstoff ist die Baumwolle (Äg 1958) / Doch sind bereits um die Mitte des 19. Jh. erste Untersuchungen über Chemiefasern durchgeführt worden (BRD 1971) / Forschungsergebnisse aus den dreißiger Jahren des 20. Jh., die Möglichkeit zur Massenproduktion von Chemierohstoffen (Fi 1970) und der ständig steigende Bedarf an textilen Materialien waren die Voraussetzungen dafür, daß nach 1950 die Massenproduktion von Chemiefasern beginnen konnte. Heute sind Chemiefasern sowohl zur Herstellung von textilen Materialien für technische Zwecke als auch in der Bekleidungsindustrie unentbehrlich geworden (SU 1964, DDR 1960)

## Ernest Rutherford – Physik des Atoms

Rätselhafte Strahlenscheinungen der verschiedensten Art – Kathodenstrahlen, X-Strahlen, Radioaktivität – beschäftigten die Physiker am Ausgang des 19. Jh. intensiv. Nur schrittweise konnten die Zusammenhänge geklärt werden. Ein Teil der natürlichen Radioaktivität – heute Alphastrahlung genannt – kann aus Heliumatomen bestehen, denen zwei Elektronen fehlen und die daher positiv geladen sind. Ein anderer Teil – die Betastrahlung – ist wesensgleich mit den von Plücker schon 1859 entdeckten Kathodenstrahlen und besteht aus kleinsten negativ geladenen Korpuskeln, den von Stoney und Ramsay in Großbritannien untersuchten Elektronen. Und ein dritter Teil – die Gammastrahlung – besteht aus sehr kurzwelligen elektromagnetischen Wellen, ist also der Röntgen- oder X-Strahlung verwandt. Bereits das Ehepaar Curie hatte diese drei Arten radioaktiver Strahlung erkannt. Eine systematische Untersuchung und die Bezeichnung der drei Typen des natürlichen radioaktiven Zerfalls verdankt man insbesondere dem aus Neuseeland stammenden Rutherford, der in Montreal, Manchester und Cambridge wirkte und mit weitgreifenden Entdeckungen die Physik des Atoms begründete. Aus der Ablenkung von Alphateilchen durch Atomkerne schloß Rutherford, daß Atomkerne positiv geladen sein müssen. Um 1910/11 entwickelte er ein Modell vom Bau der Atome: Im positiv geladenen Kern ist fast die gesamte Masse des Atoms vereint; Elektronen umkreisen im vergleichsweise riesigen Abstand den Kern wie Planeten die Sonne. Die Anzahl der Protonen, d. h. der positiven Ladungen des Kerns eines Elements, ist identisch mit dessen Ordnungszahl, also mit dessen Stellung im periodischen System der Elemente. Soddy, einer seiner Mitarbeiter, entdeckte die Isotopie; isotope Elemente verhalten sich bei gleicher Kernladungszahl chemisch völlig gleich, aber sie besitzen unterschiedlich viele Neutronen im Kern und haben daher verschiedene Massen.

Im Jahre 1919 machte Rutherford eine sensationelle Entdeckung: Auftreffende Alphateilchen können aus Stickstoffatomen Protonen ausschlagen; es entsteht Sauerstoff. In einem neuen Sinne waren die uralten Träume der Alchimisten von der Umwandlung der Elemente erfüllt. Freilich war die Ausbeute sehr gering.



Zwei Gedenkmünzen für Rutherford. Die obere zeigt die Ablenkung der Alphateilchen durch einen Atomkern, die untere die Stickstoffzerlegung (Neus 1971) / Perrin zeigte die prinzipielle Gleichartigkeit der Kathodenstrahlen mit Elektronen (F 1948) / Soddy (S 1981) / Die kanadische Marke erinnert an Rutherfords Tätigkeit in Montreal (Ka 1971) / Rutherfords Atommodell war unvereinbar mit der klassischen Physik. Erst die quantentheoretische Interpretation durch Bohr in Kopenhagen schuf Abhilfe; schwierige physikalische und erkenntnistheoretische Probleme blieben bei allem Fortschritt dennoch offen (Dk 1963)

Ein junger deutscher Chemiker, Otto Hahn, wollte vor Antritt seiner Stellung als Industriechemiker seine Fremdsprachenkenntnisse vertiefen und reiste 1904 nach London, um beim berühmten Chemiker Lord Ramsay zu arbeiten. Ramsay verwies Hahn auf das eben entstandene Arbeitsgebiet Radioaktivität – und Hahn entdeckte »zufällig«, wie er sagte, einen neuen radioaktiven Stoff (das Thoriumisotop  $^{228}_{90}\text{Th}$ ), das er »Radiothorium« nannte. Rutherford in Montreal hielt dies für puren Unsinn, doch Hahn fand beim anschließenden Studienaufenthalt bei Rutherford gleich noch zwei weitere neue radioaktive Atomarten. Nun sprach Rutherford vom »besonderen Riecher (smell)« Hahns für die Entdeckung neuer Elemente.

Diese und alle anderen späteren Erfolge Hahns, darunter die Entdeckung der Kernisomerie, beruhten indes auf überaus gewissenhafter Experimentierkunst und äußerster Selbstkritik gegenüber eigenen Resultaten. Dazu kam während seiner jahrzehntelangen Tätigkeit in Berlin die fruchtbare Zusammenarbeit mit der aus Wien stammenden theoretischen Physikerin Lise Meitner, die mit scharfem Verstand scheinbar widersprüchliche Experimentalergebnisse zu deuten wußte. Dem Bündnis des Kernchemikers Hahn und seines Mitarbeiters Fritz Straßmann mit Lise Meitner entsprang eine Entdeckung von größter Tragweite, die der Kernspaltung.

Auf der Suche nach Elementen mit höherer Ordnung als Uranium, sog. Transurane, beschossen Hahn und Straßmann Uraniumkerne mit Neutronen. Sie fanden Ende 1938 gegen alle damaligen Denkmöglichkeiten Bariumatome mit der Ordnungszahl 56.

Hahn konsultierte brieflich seine alte Mitarbeiterin Meitner, die nach Schweden emigriert war. Zusammen mit ihrem Neffen Frisch analysierte sie das »Zerplatzen des Atoms«: Es entstehen Barium, Krypton und weitere Neutronen. Frisch führte die Bezeichnung »Spaltung« (fission) ein und kam unter Rückgriff auf die Einsteinsche Beziehung  $E = mc^2$  zu der Erkenntnis, daß bei der Uraniumspaltung ungeheure Energiemengen frei werden. Freilich stellte sich bald heraus, daß nur das Uraniumisotop  $^{235}_{92}\text{U}$  spaltbar ist.

Mitte 1939, kurz vor Beginn des Zweiten Weltkrieges, waren Energiegewinnung zu friedlichen Zwecken und der Bau einer Atombombe in den Bereich des Möglichen gerückt.

## Hahn, Meitner, Straßmann – Das Atom zerplatzt



Zu Hahns 100. Geburtstag emittierten die DDR und die BRD je eine Gedenkmarke, die in Formelschreibweise bzw. symbolisch die Spaltung des Uranisotops  $^{235}_{92}\text{U}$  zeigen (DDR 1979, BRD 1979) / Lise Meitner mußte 1938 als Jüdin auf gefährlichen Wegen Hitlerdeutschland verlassen (Ö 1978) / Irène Joliot-Curie, älteste Tochter von Marie Curie, und ihr Mann Frédéric Joliot-Curie entdeckten 1934 die künstliche Radioaktivität; er erkannte als einer der ersten die Möglichkeit der Kettenreaktion und damit die technische Verwertbarkeit der Atomspaltung; Entstandene Neutronen spalten weitere Uranatome (F 1982)

# Der Zweite Weltkrieg

Der Verlauf des Zweiten Weltkrieges machte den entscheidenden Einfluß des ökonomischen und des wissenschaftlichen Potentials der beteiligten Staaten auf den Ausgang des Krieges überdeutlich. Ins Gigantische stiegen Produktion, technologische und waffentechnische Durchbildung der Infanteriewaffen, der Artillerie, der Kriegs- und Transportschiffe, der Grad der Motorisierung und des Nachrichtenwesens. Neue, kriegsentscheidende Funktionen erlangten die Luftstreitkräfte und die Panzertruppen. Noch im Zweiten Weltkrieg wurden Atomwaffen eingesetzt. Der Kampf um die Luftherrschaft erwies sich – das zeigte u. a. die »Schlacht um England« (1940) und der Verlauf der Kampfhandlungen im Pazifik – von strategischer Bedeutung. Allein von den amerikanischen »Fliegenden Festungen« (Boeing B 17) wurden nahezu 13 000 eingesetzt. Dagegen konnten die gegen Kriegsende in Hitlerdeutschland entwickelten strahlgetriebenen Jagdflugzeuge und Raketenwaffen die Niederlage des Faschismus nicht abwenden. Die sog. »V2«, eine Flüssigkeitsrakete, hatte eine Reichweite von 320 km und transportierte einen Sprengkopf von 1 t. Im Zweiten Weltkrieg erlangten die Panzertruppen über taktische Aufgaben hinaus weitreichende strategisch-operative Bedeutung. Der Ausbau der sowjetischen Panzerwaffe war eine der Vorbedingungen des Sieges über die faschistische Aggression.

Auch in der Funktechnik herrschte ein wissenschaftlich-technologischer Krieg. Die Luftschlacht um England wurde nicht zuletzt deswegen zugunsten der Briten entschieden, weil diese durch den Einsatz von Radargeräten ihre Jagdflugzeuge gezielt gegen die anfliegenden deutschen Bomber einsetzen konnten. Der Übergang zur Zentimetertechnik sicherte den Alliierten die Überlegenheit über die deutschen Funkortungsgeräte. Insbesondere der Einsatz des seit 1943 bei der Royal Air Force verfügbaren Such- und Rundsichtgeräts, mit dem Ziele auch bei Nacht und Wolkendecke erkannt werden konnten, beeinflusste wesentlich den Luftkrieg über Deutschland sowie die Bekämpfung der deutschen U-Boote.

Die Bilanz des von Hitlerdeutschland ausgelösten Zweiten Weltkrieges war schrecklich: Mehr als 50 Millionen Menschen – davon allein 20 Millionen in der Sowjetunion – kamen ums Leben. Die Kriegskosten werden auf 1 000 Milliarden Dollar geschätzt; ein Bruchteil nur hätte die Wissenschaft bedeutend voranbringen können.



Großbritannien konnte 1940 die Luftschlacht über England für sich entscheiden. Tragflügelspitzen von »Spitfire« und »Me-109« (GB 1965) / Die Sowjetunion produzierte zwischen 1943 und 1945 mehr als 30 000 Stück des erfolgreichen, legendären Panzers T-34 (SU 1984) / Im Februar und März 1945 eroberten amerikanische Truppen in blutigen Kämpfen gegen die Japaner die als Luftwaffenstützpunkt strategisch wichtige Insel Iwo Jima (USA 1945) / Siegesalut auf dem Roten Platz in Moskau (SU 1965) / Frankreich, USA, Sowjetunion und Großbritannien bildeten den Kern der Anti-Hitler-Koalition. Die Sowjetunion mußte die größten Opfer an Menschen und materiellen Werten bringen (F 1965)

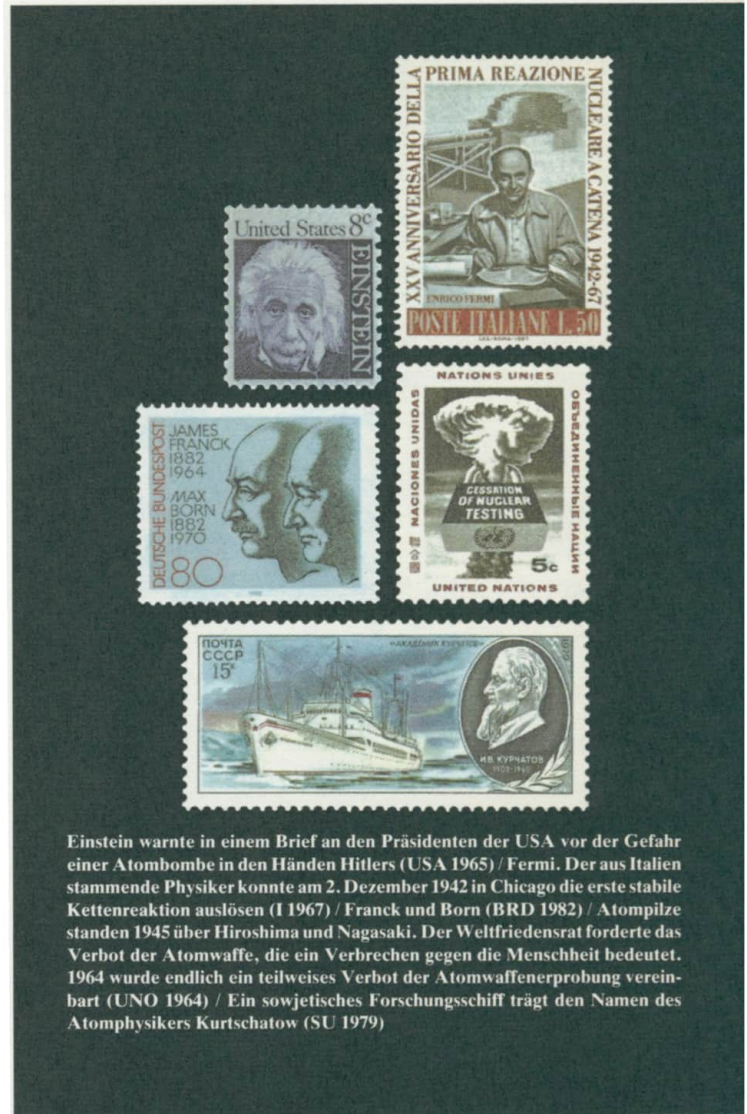
Die Entdeckung der Kernspaltung ließ die Physiker aufhorchen. Lise Meitner informierte noch im Januar 1939 Bohr in Kopenhagen und dieser während einer Vortragsreise am 26. Januar 1939 die US-amerikanischen Physiker, die aus der Tagung der Physikalischen Gesellschaft wegstürzten, um die Experimente zu wiederholen. Es begann eine intensive Forschungstätigkeit; in Deutschland wies man auf die freiwerdenden Energiemengen hin, in der Sowjetunion wurde z. B. der Beweis erbracht, daß in der Natur spontan Spaltungsprozesse am Uranium stattfinden. Bis zum Beginn des Zweiten Weltkrieges wurden mehr als 100 Originalarbeiten zur Kernspaltung publiziert.

Die ökonomischen Ressourcen Hitlerdeutschlands reichten nicht aus, eine Bombe zu bauen. Einige deutsche Wissenschaftler, wie Hahn, suchten sich dieser Aufgabe zu entziehen oder desorientierten, wie Heisenberg, die faschistische Führung; Joliot-Curie entzog Uranium und schweres Wasser dem Zugriff der faschistischen Truppen in Frankreich. In Deutschland stand gegen Kriegsende ein einziger nur zur Energiegewinnung bestimmter Reaktor kurz vor der Fertigstellung.

In den USA befürchtete man, daß Hitlerdeutschland Atomwaffen herstellen werde. So wurde Ende 1941 der Bau einer Atombombe in die Wege geleitet. Oppenheimer koordinierte die riesenhaften Anstrengungen, denen sich aus Europa emigrierte antifaschistische Wissenschaftler anschlossen. Größte Schwierigkeiten bereitete die Anreicherung von spaltbarem Uranium bzw. die Gewinnung des ebenfalls spaltbaren Plutoniums. Am 16. Juli 1945 wurde in der Wüste von Nevada die Versuchsbombe gezündet. Einige der in den USA lebenden Physiker, unter ihnen der aus Deutschland emigrierte Franck, versuchten, den militärischen Einsatz der Bombe zu verhindern – vergeblich! Am 6. und 9. August 1945 wurden zwei japanische Großstädte total zerstört. Unter unsäglichen Qualen starben Hunderttausende.

Maßgeblichen Anteil an der Entwicklung und Einführung der Kerntechnik in der Sowjetunion hatte der Atomphysiker Kurtschatow. Seine kerntechnischen Arbeiten in Leningrad wurden durch die faschistische Belagerung der Stadt unterbrochen. Unter seiner Leitung wurde am 25. Dezember 1946 der erste Kernreaktor Europas in Betrieb genommen, und 1949 besaß auch die Sowjetunion die Atombombe.

## Der Bau der Atombombe



Einstein warnte in einem Brief an den Präsidenten der USA vor der Gefahr einer Atombombe in den Händen Hitlers (USA 1965) / Fermi. Der aus Italien stammende Physiker konnte am 2. Dezember 1942 in Chicago die erste stabile Kettenreaktion auslösen (I 1967) / Franck und Born (BRD 1982) / Atompilze standen 1945 über Hiroshima und Nagasaki. Der Weltfriedensrat forderte das Verbot der Atomwaffe, die ein Verbrechen gegen die Menschheit bedeutet. 1964 wurde endlich ein teilweises Verbot der Atomwaffenerprobung vereinbart (UNO 1964) / Ein sowjetisches Forschungsschiff trägt den Namen des Atomphysikers Kurtschatow (SU 1979)

## Atomenergie – Fluch oder Segen?



Eine weltweite Bewegung vereint Menschen aller Völker, Rassen, Glaubensbekenntnisse und verschiedenster politischer Überzeugungen gegen die Gefahr eines Atomkrieges (UNO 1972) / Das erste Atomkraftwerk der Welt in Obninsk (SU 1955) / Der erste Atomeisbrecher, die »Lenin« (SU 1958) / Stapellauf eines japanischen Nuklearfrachtschiffes (J 1969) / Die kanadische Marke setzt sich für die friedliche Nutzung der Kernenergie ein (Ka 1966) / Kernenergie ist eine große Hoffnung insbesondere auch für Entwicklungsländer (Ind 1965/66). Zum Aufbau ihrer Volkswirtschaften gehört die Entwicklung einer leistungsfähigen Energiebasis, auch dann, wenn fossile Brennstoffe nur in geringem Maße zur Verfügung stehen

Eine Gruppe führender deutscher Kernforscher wurde von den westlichen Alliierten nach der militärischen Niederlage Nazideutschlands in England interniert. Dort erfuhr auch Hahn vom Abwurf der Atombomben und durchlitt tiefste Depressionen wegen der verbrecherischen Ausnutzung seiner Forschungsergebnisse. Getragen von Abscheu gegen Krieg und aus tiefer humanistischer Verantwortung heraus traten führende Wissenschaftler aus aller Welt öffentlich für die friedliche Nutzung der Atomenergie ein. Hahn z. B. regte 1955 eine Erklärung an, in der 52 Nobelpreisträger – darunter die Physiker Born, Compton, Heisenberg, Soddy, Yukawa – den Verzicht auf die Anwendung der Atomwaffen forderten. Weitere Gelehrte schlossen sich an.

F. Joliot-Curie, Einstein und der Mathematiker und Philosoph Russell organisierten internationale Begegnungen von Wissenschaftlern gegen die Aufrüstung. Die nach dem ersten Tagungsort, Pugwash in Kanada, benannten Konferenzen finden seit 1956 jährlich statt. F. Joliot-Curie leistete, seit 1951 Präsident des Weltfriedensrates, Hervorragendes für die Verhinderung eines Kernwaffenkrieges.

In Verbindung mit der Entwicklung der Raketentechnik, mit dem Bau der Wasserstoffbombe, deren Wirkung die der Hiroshima-Bombe um ein Vielfaches übersteigt, ist die atomare Gefahr für die gesamte Menschheit ins Unermessliche gewachsen.

Wissenschaft als solche ist weder gut noch böse. Über ihren Gebrauch, über Fluch oder Segen ihrer Ergebnisse, entscheiden Menschen und gesellschaftliche Kräfte. Zugleich mit der durch Atomwaffen zunehmenden Bedrohung werden die menscheitsdienlichen Möglichkeiten der Kernforschung immer deutlicher wirksam, in der Medizin bei Therapie und Diagnose, in der Produktion bei Materialprüfung und bei der Energiegewinnung.

Das erste Atomkraftwerk der Welt wurde 1954 in Obninsk bei Moskau in Betrieb genommen; 1957 wurde der erste mit Atomkraft betriebene Eisbrecher, die sowjetische »Lenin«, in Dienst gestellt. Hahn konnte 1964 noch am Stapellauf des ersten Nuklearfrachtschiffes der BRD, der »Otto Hahn«, teilnehmen. Im Jahre 2000 dürften etwa ein Drittel der Elektroenergie auf der Erde in Atomkraftwerken erzeugt werden.

Im Januar 1884 erhielt der deutsche Ingenieur Paul Nipkow ein Patent auf ein »Elektrisches Teleskop«. Der auch schon früher geäußerte Grundgedanke – zeilenweise Bildabtastung, d. h. Auflösung des Bildes in Bildpunkte und Wiederausammensetzung auf der Empfängerseite – hat sich als grundlegend richtig erwiesen. Nipkow verwendete rotierende Scheiben mit spiralförmig angeordneten Löchern. Bis 1943 waren noch Nipkow-Scheiben in Betrieb, nachdem seit Anfang der dreißiger Jahre einige nach Nipkows Prinzip arbeitende Fernsehsender ihren Betrieb aufgenommen hatten. In Deutschland gab es Versuchssendungen seit 1930, in der Sowjetunion seit 1931. Das erste öffentliche Fernsehprogramm wurde 1934 von Berlin-Witzleben ausgestrahlt; 1935 stand ein Versuchssender auf dem Empire State Building in New York. Die Zukunft aber gehörte nicht dem mechanischen, sondern dem elektronischen Fernsehen. Der deutsche Physiker Karl Ferdinand Braun, dem u. a. mit der Einführung des Kristalldetektors wesentliche Erfolge bei der Empfangstechnik elektromagnetischer Wellen zu danken sind, entwickelte um 1910 die ersten Elektronenstrahlröhren, mit denen elektrische Schwingungen sichtbar gemacht werden können. Nach erheblichen konstruktiven Verbesserungen, an denen u. a. Manfred von Ardenne beteiligt war, konnte dieser im August 1931 in Berlin unter Verwendung Braunscher Röhren ein vollelektrisches Fernsehsystem vorstellen. Bei der Olympiade von 1936 in Berlin, die ganz im Zeichen der faschistischen Propaganda stand, wurde erstmals eine elektronische Fernsehkamera im öffentlichen Fernsehen verwendet. Auch die USA gehörten zu den Pionierländern des elektronischen Fernsehens. Bald nach dem Krieg verbreitete sich das Fernsehen weltweit. Der Däne Poulsen führte 1900 auf der Pariser Weltausstellung ein einige Jahre zuvor entwickeltes Gerät vor, das er »Telegraphon« genannt hatte. Durch elektromagnetische Magnetisierung konnten auf einer Metallwalze mittels eines Mikrophons in Stromimpulse verwandelte akustische Signale aufgezeichnet und auch wieder, mittels Telephon, reproduziert werden. Doch der Erfinder fand keine Interessenten. Erst die spätere Verwendung von Verstärkerröhren und magnetisierbaren Bändern führte um 1940 zu technisch akzeptablen Lösungen und bereiteten nach dem Zweiten Weltkrieg den Siegeszug des Magnetophons, des Tonbandgerätes, vor.

## Elektrisches Teleskop – Fernsehen – Tonband



Mechanische Bildzerlegung mit der Nipkow-Scheibe, Prinzip des ersten funktionierenden Fernsehsystems (WB 1983) / Aus Laboratoriengeräten der Physiker wurden in kurzer Zeit industrielle Massenprodukte (USA 1973) / Fernsehkamera des Amerikaners Farnsworth (USA 1983) / Bereits in den 60er Jahren gehörte Fernsehen zum täglichen Leben in den industrialisierten Ländern (CS 1963) / Farbfernsehen erfordert gegenüber dem Schwarz-Weiß-Fernsehen einen erheblichen zusätzlichen technischen Aufwand (DDR 1980) / Zum 100. Geburtstag von Poulsen, einem der Erfinder des Lichtbogensenders und »Vater« des Tonbandes (Dk 1969)

# Elementarteilchen – Hochenergiephysik



Neutronengenerator, Zagreb (Ju 1960) / Teilchenbeschleuniger der 60er Jahre, Ljubljana (Ju 1960) / Die riesigen Dimensionen eines modernen Synchrotrons (DESY bei Hamburg, BRD) werden durch diese Marke verdeutlicht (BRD 1984) / Gedenkmarke zur Errichtung eines Produktionszyklotrons zur Gewinnung von radioaktiven Isotopen, Fleurus (Belgien) (B 1982) / Der in den USA arbeitende Japaner Yukawa (Nobelpreisträger 1949) sagte 1930 auf Grund der Theorie die Existenz weiterer Elementarteilchen, der  $\pi$ -Mesonen, voraus; sie wurden zuerst in der kosmischen Strahlung nachgewiesen (J 1985)

Die Entwicklung der Physik schien sich in der ersten Hälfte des 20. Jh. zu überstürzen. Aus der Physik der Atome wurde noch in den 20er Jahren eine Physik der Atomkerne. Chadwick konnte 1932 die lange vermutete Existenz eines elektrisch neutralen Elementarteilchens, des Neutrons, nachweisen. Heisenberg, Tamm und Iwanenko formulierten Theorien des Kernaufbaues aus Protonen und Neutronen, die auch die Isotopie erklärlich machten. Anderson entdeckte 1932 in der kosmischen Strahlung ein von der Theorie vorhergesagtes neues Elementarteilchen, das Positron, das Elektron mit positiver Ladung. Dasselbe Jahr brachte ein neues, fundamentales Ergebnis: Die Rutherford-Schüler Cockroft und Walton beschossen Lithium-Kerne mit Protonen und bewirkten die erste künstliche Kernzertrümmerung. Weitere Elementarteilchen wurden mit leistungsfähigen Teilchenbeschleunigern entdeckt. So kann den Teilchen jene kinetische Energie verliehen werden, daß sie in den Kern eindringen und dort physikalische Umwandlungen auslösen. Physik der Elementarteilchen und Hochenergiephysik wuchsen zusammen.

Der Physiker Lawrence konstruierte 1929–32 in Berkeley (Kalifornien) das erste Zyklotron, bei dem geladene Teilchen, im Magnetfeld auf Kreisbahn gehalten, nach jedem halben Umlauf erneut beschleunigt werden. 1941 entstand das Betatron zur Beschleunigung von Elektronen. Heute stehen mit dem Synchrotron – an dessen Entwicklung u. a. Weksler führend beteiligt war – Beschleuniger zur Verfügung, mit denen Teilchen viele hunderttausend Millionen Elektronenvolt erreichen. Die riesigen Anlagen erfordern leistungsfähige Großrechner zur Steuerung und Auswertung der Ergebnisse sowie eingespielte Bedienungsmannschaften. Nur große Staaten oder internationale Gremien können den finanziellen Aufwand tragen. Hochleistungsfähige Beschleuniger stehen u. a. in der Sowjetunion (Dubna, Nowosibirsk, Serpuchow), in den USA (Berkeley, Brookhaven, Stanford), in Genf (CERN), in Hamburg (DESY). Neben den stabilen Elementarteilchen fand man bis zum Ende der 70er Jahre über 70 verschiedene Elementarteilchen von außerordentlicher Kurzlebigkeit. Selbst die Deutung der Experimente, z. B. der Übergang der Teilchen ineinander, ist schwierig. Von einer geschlossenen Theorie der Elementarteilchen ist man trotz größter Anstrengung noch weit entfernt.

## Große Teleskope

Im Dezember 1934 wurde in den USA der Glasblock für den Spiegel zu einem gewaltigen Teleskop gegossen. Erst der zweite Versuch gelang: 20 t Spezialglas wurden 2 Monate auf Schmelztemperatur gehalten und in 10 Monaten langsam abgekühlt. In 11 Jahren entstand in Pasadena (Kalifornien) durch Schleifen und Polieren der Spiegel, der 1947/48, schon montiert, nochmals optisch korrigiert werden mußte. Das seinerzeit größte Spiegelteleskop nahm 1948 in dem Palomar Mountain Observatory (Südkalifornien) seine Forschungsarbeit auf; das beherbergende Gebäude hat die Höhe eines zwölfstöckigen Hauses. Das Teleskop mit dem 5,08-m-Spiegel wurde nach dem Astronomen Hale benannt, der sich, schon als Begründer des berühmten Mount-Wilson-Observatoriums, als Forscher und als nicht zu entmutigender Initiator des Palomar-Observatoriums bleibende Verdienste erworben hat.

Heute unterhalten neben den USA die Sowjetunion, aber auch Frankreich, Italien, die BRD, VR Polen, die DDR, Kanada, Japan, Großbritannien und Indien eine größere Anzahl von außerordentlich leistungsfähigen astronomischen Observatorien.

Den wesentlich leistungsverbesserten Geräten insbesondere verdankt die Astronomie des 20. Jh. eine Reihe bedeutender Entdeckungen, die auch kosmologische Fragen berühren.

Der amerikanische Astronom Hubble konnte 1923 die extragalaktische Stellung des Andromeda-Nebels beweisen; der Nebel gehört also nicht zu unserer Milchstraße. Mit Hilfe der Teleskope auf dem Mount Wilson und auf dem Mount Palomar konnten Sternnebel in Einzelsterne optisch aufgelöst und sogar deren Spektren gewonnen werden. Auf diesem Gebiet hat sich besonders der Deutsch-Amerikaner Baade hervorgetan.

Überhaupt wurde seit dem Zweiten Weltkrieg die Untersuchung der extragalaktischen Sternsysteme, der Galaxien, zu einem ausgedehnten Forschungsgegenstand.

1963 wurde entdeckt, daß von Objekten, die im optischen Spektralbereich sternähnlich (quasistellar) aussehen, eine Radiostrahlung ausgeht. Über die physikalische Natur dieser Quasare genannten Objekte ist noch wenig Sicheres bekannt. Seit dem Ausgang der 60er Jahre konnte mittels Radioastronomie eine ständig wachsende Anzahl von organischen Molekülararten im interstellaren Raum nachgewiesen werden.



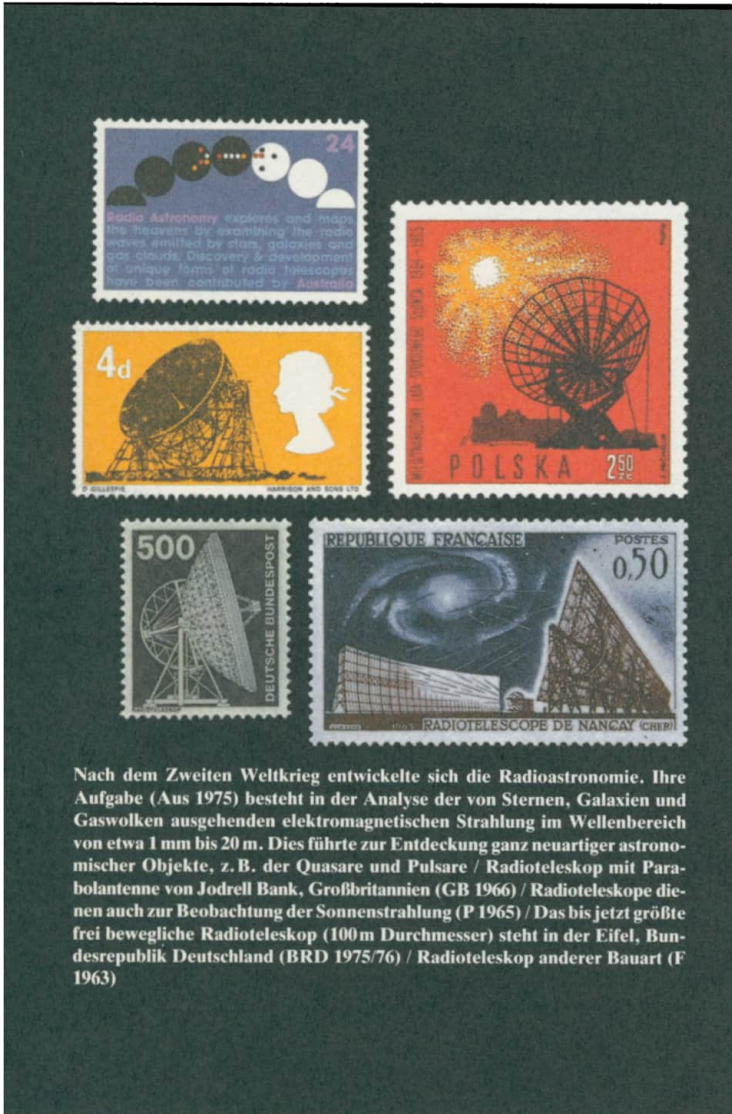
Durch Zusammenlegung des 1831 gegründeten Moskauer Astronomischen Observatoriums mit dem Geodätischen Forschungsinstitut und dem Astrophysikalischen Institut wurde 1931 in Moskau das Astronomische Sternberg-Institut gegründet, benannt nach dem Astronomen und Revolutionär Sternberg (SU 1958) / Palomar Mountain Observatory (USA 1948) mit dem Hale-Teleskop (As 1971). Das gegenwärtig größte Spiegelteleskop befindet sich in Selentschukskaja (Nord-Kaukasus), ein 6-m-Spiegel, 1976 in Betrieb genommen / Königlich-Belgisches Observatorium (B 1966) / Karl-Schwarzschild-Observatorium (Tautenburg/Thüringen) (DDR 1975)

# Der Urknall

Mit der Allgemeinen Relativitätstheorie wurden Fragen neu aufgeworfen, die die Entstehung und Entwicklung des Weltalls betreffen. Die Weltmodelle des Niederländers de Sitter und des sowjetischen Gelehrten Friedmann forderten eine Ausdehnung des Weltalls und wurden gestützt durch astronomische Beobachtungen, so u. a. durch die von dem amerikanischen Astronomen Hubble 1929 gemachte Beobachtung, daß sich die Linien der Spektren der extragalaktischen Sternsysteme nach dem roten Spektralbereich hin verschieben. Im Jahre 1948 wurde die Drei-Kelvin-Hintergrund-Strahlung der »Weltraumgrenze« theoretisch vorausgesagt und 1965 tatsächlich gefunden; auch sie entspricht einem relativistischen Expansionsweltmodell. Statische Weltmodelle sind eine Zeitlang diskutiert, aber im allgemeinen wieder verworfen worden.

Wenn man im Expansionsmodell zurückrechnet, dann muß vor etwa 12 bis 15 Milliarden Jahren bei unerhörter Verdichtung der Materie das Weltall recht klein gewesen sein. Wenn man weiter zurückrechnet, dann kommt man zu einem Zeitpunkt, wo, ungefähr vor 20 Milliarden Jahren, die Massendichte unendlich groß gewesen sein mußte. Diese kosmische Singularität wird oft auch »Urknall« genannt; dies soll die Entstehung des Weltalls durch eine große Explosion mit nachfolgender Expansion ausdrücken. Das Weltall ist nach dieser weitgehend anerkannten Theorie also etwa 20 Milliarden Jahre alt; die Frage nach Zeit und Raum vor dem Urknall ist sinnlos.

Noch wissen wir sehr wenig über den physikalischen Zustand des Weltalls zur Zeit unmittelbar nach dem Urknall. Doch kann man mit quantentheoretischen Überlegungen einige ziemlich sichere Aussagen machen: In sehr kurzer Zeit nach dem Urknall entstanden bei vorherrschender hochenergetischer Strahlung Elementarteilchen. Bruchteile von Sekunden danach dürften noch Temperaturen von  $10^{13}$  Kelvin geherrscht haben. Als die Temperatur auf  $10^9$  Kelvin gesunken war, war bereits die Entstehung von Positronen und Elektronen beendet; später entstanden Helium- und Wasserstoffkerne. Die schweren Elemente bildeten sich erst wesentlich später im Inneren von Sternen, die, unter Mitwirkung von Gravitationskräften, aus Materiewolken hervorgingen.



Nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelte sich die Radioastronomie. Ihre Aufgabe (Aus 1975) besteht in der Analyse der von Sternen, Galaxien und Gaswolken ausgehenden elektromagnetischen Strahlung im Wellenbereich von etwa 1 mm bis 20 m. Dies führte zur Entdeckung ganz neuartiger astronomischer Objekte, z. B. der Quasare und Pulsare / Radioteleskop mit Parabolantenne von Jodrell Bank, Großbritannien (GB 1966) / Radioteleskope dienen auch zur Beobachtung der Sonnenstrahlung (P 1965) / Das bis jetzt größte frei bewegliche Radioteleskop (100 m Durchmesser) steht in der Eifel, Bundesrepublik Deutschland (BRD 1975/76) / Radioteleskop anderer Bauart (F 1963)

Die Anzahl der heute bekannten organischen Verbindungen wird auf etwa 4 Millionen geschätzt. Diese enorme Zahl kommt u. a. durch die Vielfalt der Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen den Atomen in diesen Verbindungen zustande. Kenntnisse zur Struktur im weitesten Sinne sind notwendige Voraussetzung zur Identifizierung, aber auch zur Darstellung der jeweiligen Verbindungen. Darüber hinaus geben sie Auskünfte über die Eigenschaften und erlauben damit (bis zu einem gewissen Grade) Prognosen über ihre mögliche Verwendung.

Traditionell (im 19. Jh. und auch noch bis etwa zur Mitte des 20. Jh.) basierten die Kenntnisse über die Struktur vor allem aus chemischen Untersuchungen. Wie mühevoll dieser Weg zur Strukturaufklärung sein konnte, zeigt das Beispiel des Pseudopelletierins. Das ist ein Inhaltsstoff (Alkaloid) der Rinde des Granatapfelbaumes. Es wurde erstmals im Jahre 1878 von dem französischen Apotheker Tanret isoliert. In den Jahren 1893 bis 1905 ist durch chemischen Abbau festgestellt worden, daß dem Pseudopelletierin eine Achtringverbindung zugrundeliegt, die zwischen 1911 und 1913 von Willstätter über einen spezifischen Abbau isoliert werden konnte. Und erst 1923 gelang mit der Laborsynthese der endgültige Strukturbeweis für Pseudopelletierin. Somit brauchte man zur Lösung des Rätsels um die Struktur insgesamt 45 Jahre!

Seit der Mitte des 20. Jh. wurden die chemischen in zunehmendem Maße durch physikalische, insbesondere durch spektroskopische, Methoden zur Strukturaufklärung abgelöst. Exemplarisch seien genannt die Infrarotspektroskopie, die Raman-Spektroskopie und die kernmagnetische Resonanzspektroskopie. Allen gemeinsam ist, daß durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung definierter Wellenlängenbereiche in relativ komplizierten Geräten sogenannte Spektren erzeugt werden. Aus diesen Spektren lassen sich dann exakte Aussagen zur Struktur entnehmen, besonders wenn mehrere Spektren aus verschiedenen Methoden herangezogen werden. Der Vorteil dieser Verfahrensweise besteht darin, daß die Informationen innerhalb von Stunden oder Tagen zugänglich sind. Außerdem liegt der Substanzbedarf in Größenordnungen von weniger als einem Gramm. Allerdings müssen diese Vorzüge durch die Anschaffung eines teuren »Geräteparkes« erkauft werden.

## Rätsel um das Molekül



Außer der qualitativen und der quantitativen Zusammensetzung einer chemischen Verbindung sind für den Chemiker auch die Art der Verknüpfung der Atome (Struktur oder Konstitution) und deren räumliche Anordnung im Molekül (Konfiguration) interessant. Derartige Informationen lassen sich vorzugsweise aus spektroskopischen Messungen ableiten (Sp 1969, Aus 1975, Ind 1971) / So wurden auf diesem Wege z. B. detaillierte Aussagen zum strukturellen Aufbau von Riechstoffen (SU 1968) sowie von Steroiden (GB 1969) möglich / Auch die sogenannte Doppelhelix-Struktur der Desoxyribonucleinsäure (DNS) konnte spektroskopisch aufgeklärt werden (Sp 1969)

# Wissenschaftlich-technische Revolution



Das Wesen der wissenschaftlich-technischen Revolution (WTR) besteht in der grundlegenden qualitativen Umgestaltung der Produktivkräfte. Die Wissenschaft entwickelt sich immer mehr zu einer unmittelbaren Produktivkraft. Durch bemannte Weltraumflüge konnte der Kosmos erschlossen werden (SU 1985) / Die WTR beeinflusst nachhaltig das Leben der Menschen, den Inhalt ihrer Arbeit, Bildung, Kultur und Lebensweise (J 1984) / Wichtige Grundlagen für die enorme Erhöhung der Effektivität sind die Mikroelektronik (DDR 1983) und die Vergrößerung des Energieaufkommens. Von den diskutierten neuartigen Energiequellen (UNO/W 1981) konnten mit der Kernenergie die meisten Erfahrungen gesammelt werden (Fi 1977)

Basierend auf Forschungsergebnissen, die zum Teil schon früher gewonnen worden waren, erlebte zu Beginn der 50er Jahre die Menschheit einen bis dahin nicht gekannten Aufschwung von Wissenschaft und Produktion. Dieser Prozeß wird heute allgemein wissenschaftlich-technische Revolution genannt. Sie erfaßt die sozialistischen sowie die führenden kapitalistischen Länder und strahlt auch auf die Entwicklungsländer aus. Sie beeinflusst alle Seiten des Lebens der menschlichen Gesellschaft. Unter sozialistischen Produktionsverhältnissen kommen die Ergebnisse der wissenschaftlich-technischen Revolution allen Menschen zugute. Eine augenfällige Erscheinung der wissenschaftlich-technischen Revolution ist die Beschleunigung der Überführung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die industrielle Praxis. Dazu folgendes Beispiel: Von der Entdeckung der künstlichen Kernspaltung durch Hahn und Straßmann (1938) bis zu ihrer Ausnutzung zur Erzeugung von Elektroenergie (1. Kernkraftwerk 1954 in der UdSSR) sind nur 16 Jahre vergangen. Demgegenüber dauerte es zur Zeit der Industriellen Revolution von der Entdeckung des elektrischen Stromes durch Galvani im Jahre 1771 bis zur Inbetriebnahme des ersten Elektrizitätswerkes der Welt 1882 in New York 111 Jahre.

Eine wichtige Voraussetzung für diese Entwicklung war (und ist) der umfassende intensive und extensive Ausbau der Wissenschaften, insbesondere der Naturwissenschaften.

In der Chemie ist beispielsweise die Anzahl der wissenschaftlichen Arbeiten, die in einem der führenden Referateorgane verzeichnet sind, von etwa 39 000 im Jahre 1947 auf 103 000 im Jahre 1957 gestiegen. 1967 wurden 269 000 Arbeiten referiert, und 1977 waren es bereits 478 000. Im gleichen Zeitraum hat sich die Anzahl der Wissenschaftler etwa alle 15 Jahre verdoppelt. Eine analoge Entwicklung ist auch in zahlreichen anderen Wissenschaftsdisziplinen erfolgt. Eine besondere Bedeutung erlangten die Technikwissenschaften. Sie wurden in ihrer Funktion als Bindeglied zwischen Wissenschaft und Produktion zu einem wesentlichen Träger der wissenschaftlich-technischen Revolution.

Am 15. April 1912 sank das englische Luxusship »Titanic« nach Kollision mit einem Eisberg vor der nord-amerikanischen Küste; 1517 Menschen ertranken. Die »Titanic« hatte sich auf der Jungfernfahrt von England nach New York befunden. Doch es ist eine Legende, daß sie das »Blaue Band« habe erobern wollen, jene symbolische Auszeichnung für die schnellste Atlantiküberquerung in Ost-West-Richtung. Aus Nationalprestige und Profitgründen wetteiferten die Reedereien um das »Blaue Band« für ihre Schnelldampfer. Das »Blaue Band« wurde zum letzten Male 1952 vergeben, an die 53 329 BRT große »United States« aus den USA; sie lief 34,51 Knoten und benötigte zur Überfahrt über den »Großen Teich« nur 3½ Tage.

Inzwischen war dem Schiffspassagierverkehr ein Konkurrent erwachsen, das Flugzeug. Die waghalsige Atlantiküberquerung in West-Ost-Richtung im Nonstop-Allein-Flug durch Lindbergh vom 20. bis 21. Mai 1927 in 33½ Stunden von New York nach Paris geriet zur Welt-sensation. Doch schon 30 Jahre später, 1957, überqueren mehr Passagiere im Flugzeug als im Schiff den Atlantik. Das Flugzeug war unschlagbar hinsichtlich der Geschwindigkeit. Der Linienpassagierverkehr zu Schiff näherte sich in den 60er Jahren seinem Ende. Aus Ozeanlinern wurden Kreuzfahrtschiffe.

Die erste den Atlantik überquerende regelmäßig beflogene Strecke führte nach Südamerika und wurde von der deutschen Lufthansa 1934 eingerichtet; dabei bestand noch eine harte Konkurrenz zum Transatlantikverkehr mittels Luftschiff. Nach dem Zweiten Weltkrieg schufen entscheidende technisch-wissenschaftliche Fortschritte – insbesondere Turbinenluftstrahltrieb und aerodynamische Formgebung des Flugzeugkörpers – die Voraussetzungen für ein dichtes, zuverlässiges, weltumspannendes Luftverkehrsnetz. Heute bestimmen Jumbojets mit mehreren hundert Passagieren das Bild. Die technischen Meisterleistungen der zivilen Überschallflugzeuge (Sowjetunion TU 144, 1975; Frankreich/England Concorde, 1976) haben aus ökonomischen Gründen bisher noch keine größere Verbreitung erreichen können. Dieselantrieb und Elektrifizierung eröffneten nach dem Zweiten Weltkrieg dem Eisenbahnverkehr eine neue Ära; in den entwickelten Industriestaaten haben Dampflokomotiven nur noch touristische oder museale Bedeutung.

## Blaues Band und Jumbojet



Die »Bremen« (51 656 BRT, 27kn) eroberte 1929 das »Blaue Band« (BRD 1977) / Die »Normandie« (79 280 BRT, 29kn) wurde am 5. Mai 1935 in Dienst gestellt und erhielt 1936 das »Blaue Band« (F 1935) / Japan ging besonders in der Entwicklung superschneller Züge voran. Auf der zwischen Tokyo und Osaka 1964 eröffneten Eisenbahnlinie legt der sog. »bullet train« die 500km lange Entfernung in 190 Minuten zurück (J 1982) / Als erster Staat der Erde setzte die Sowjetunion 1956 mit der TU 104 Düsenflugzeuge im regelmäßigen zivilen Linienverkehr ein (SU 1958) / Auch Großbritannien war führend an der Entwicklung von Strahltriebwerken beteiligt (GB 1967)

## »Nicht ewig bleibt die Menschheit auf der Erde«



Ziolkowski (SU 1951) / Am 4. Oktober 1957 brachte die Sowjetunion den ersten künstlichen Satelliten (»Sputnik«) auf eine Erdumlaufbahn (SU 1957) / Die am 4. Oktober 1959 gestartete »dritte kosmische Rakete« der Sowjetunion umrundete den Mond auf komplizierten, von Gravitationskräften bestimmten Bahnen und übermittelte am 7. Oktober Aufnahmen von der (von der Erde aus nicht sichtbaren) Mondrückseite (SU 1959, SU 1960) / Neben Ziolkowski muß man den amerikanischen Physiker Goddard (USA 1964) und den Deutsch-Rumänen Oberth zu den Pionieren der Raumfahrt rechnen (R 1982)

Kepler hatte im »Traum vom Mond« die Vision der Flüge von Menschen zum Mond entwickelt. An Galilei hatte er geschrieben: »Schaff' nur Fahrzeuge oder Segel, die der Himmelsluft angepaßt sind, dann kommen schon Menschen, die sich nicht einmal vor jener weiten Öde fürchten werden.«

Freilich, Anfang des 17. Jh. gab es keine sicheren Vorstellungen über den Raum zwischen Erde und Mond und gar über Raumfahrzeuge. Eigentlich rückte erst am Ende des 19. Jh. die mit dem Rückstoßprinzip arbeitende Rakete in den Blickpunkt wissenschaftlicher Überlegungen; sie allein bietet die Möglichkeit gesteuerter Bewegung im luftleeren, aber mit Gravitationskräften erfüllten Raum. Doch gehörte damals ein Übermaß an Optimismus und Zukunftsglauben dazu, ernsthaft an der Realisierung des Raketenfluges zu arbeiten.

Als bedeutender Pionier der Raumfahrt ist der russische Wissenschaftler Ziolkowski in die Menschheitsgeschichte eingegangen. Seine erste einschlägige Arbeit erschien bereits 1883; trotz einiger utopischer Elemente ist das Raketenprinzip klar ausgesprochen. Obwohl durch Schwerhörigkeit, Spätfolge einer Scharlacherkrankung, behindert, arbeitete er sich schrittweise vor; nur mühsam fand er eine kleine finanzielle Beihilfe.

Immerhin konnte er noch vor dem Ersten Weltkrieg die für den Raumflug entscheidende Beziehung zwischen Raketenmasse, Raketengeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der ausströmenden Brenngase aufstellen. Diese Arbeit aus dem Jahre 1903 trägt den Titel »Erforschung des Weltraumes mittels Reaktionsapparaten«. Später, 1911/14, schlug er Flüssigkeitstriebwerke vor, da er Feststoffe (Pulver) als Treibstoff für zu schwach hielt, um wirklich die erste kosmische Geschwindigkeit zu erreichen. Darüber hinaus schlug er das Prinzip der Stufenrakete vor und befaßte sich mit Problemen der Lenkung von Raketen und deren Orientierung im Raum. Sogar ernstzunehmende Vorstellungen über bewohnte Weltraumstationen gehen auf Ziolkowski zurück. Erst nach der Oktoberrevolution erhielt Ziolkowski Anerkennung und großzügige Förderung. Ziolkowski wird in der Sowjetunion hoch verehrt, und sein liebevoll gepflegtes ehemaliges Wohnhaus in Kaluga ist zu einem vielbesuchten Museum geworden.

Auf Ziolkowskis Grab in Kaluga stehen seine Worte: »Nicht ewig bleibt die Menschheit auf der Erde.«

Der 12. April 1961 gehört zu den Sternstunden der Menschheit. An diesem Tage umkreiste der sowjetische Fliegermajor Gagarin in einem Raumschiff auf einer etwa 200 km hohen Satellitenbahn die Erde in knapp 90 Minuten und landete sicher. Gagarin war damit der erste Mensch im Kosmos, der erste Kosmonaut. Der 12. April wird seitdem in der Sowjetunion alljährlich als »Tag der Kosmonauten« feierlich begangen.

Der von Gagarin benutzte Raumflugkörper trug die Bezeichnung »Wostok«, besaß für eine 1-Personen-Besatzung eine kugelförmige Kabine von ca. 2,3 m Durchmesser und 2,4 t Masse. Die Gesamtmasse von »Wostok« betrug 6,17 t. Mit »Wostok«-Kapseln führte die Sowjetunion ihre nächsten weiteren Raumflüge aus: Titow 1961, Nikolajew 1962, Popowitsch 1962, Bykowski 1963, Tereschkowa 1963. Dann, 1964, folgten Kosmosflüge mit dem dreizehnten Raumschiff vom Typ »Woschod«.

Der Start Gagarins wurde vom Konstrukteur der Raumkapsel und der Trägerrakete freigegeben, von Koroljow. Er war seit 1927 in der Luftfahrtindustrie der Sowjetunion tätig und seit 1934 Leiter der Abteilung Raketenflugkörper im »Institut zur Erforschung des Rückstoßes« in Moskau. Zusammen mit Zander experimentierte Koroljow erfolgreich mit Flüssigkeitsraketen. Schon 1933 wurden 400 m Höhe erreicht, 1934 bereits 1 500 m. Die erste erfolgreiche Rakete von 1933 trug die Bezeichnung GIRD X; GIRD ist die Abkürzung von Gruppya Isutschenija Reaktiwnogo Dwishenija, einer zentralen Forschungsstelle für Raumfahrttechnik. Während des Großen Vaterländischen Krieges war Koroljow führend an der Konstruktion von Kampfflugzeugen beteiligt. Nach dem Kriege wurde er Leiter des großangelegten sowjetischen Raketenentwicklungsprogrammes. Er prägte, als Chefkonstrukteur unter großen persönlichen Opfern arbeitend, die erste Etappe der sowjetischen Raumfahrt-erfolge. Koroljow kann als bedeutendster Schüler Ziolkowskis gelten.

Kurz nach dem Start von Gagarin bemühte man sich auch in den USA um bemannte Raumflüge. Am 5. Mai 1961 führte Shepard in einer »Merkury«-Kapsel einen ballistischen Flug von 15 Minuten Dauer aus. Am 20. Februar 1962 gelang Glenn als erstem Amerikaner ein Raumflug.

## Mensch im Kosmos



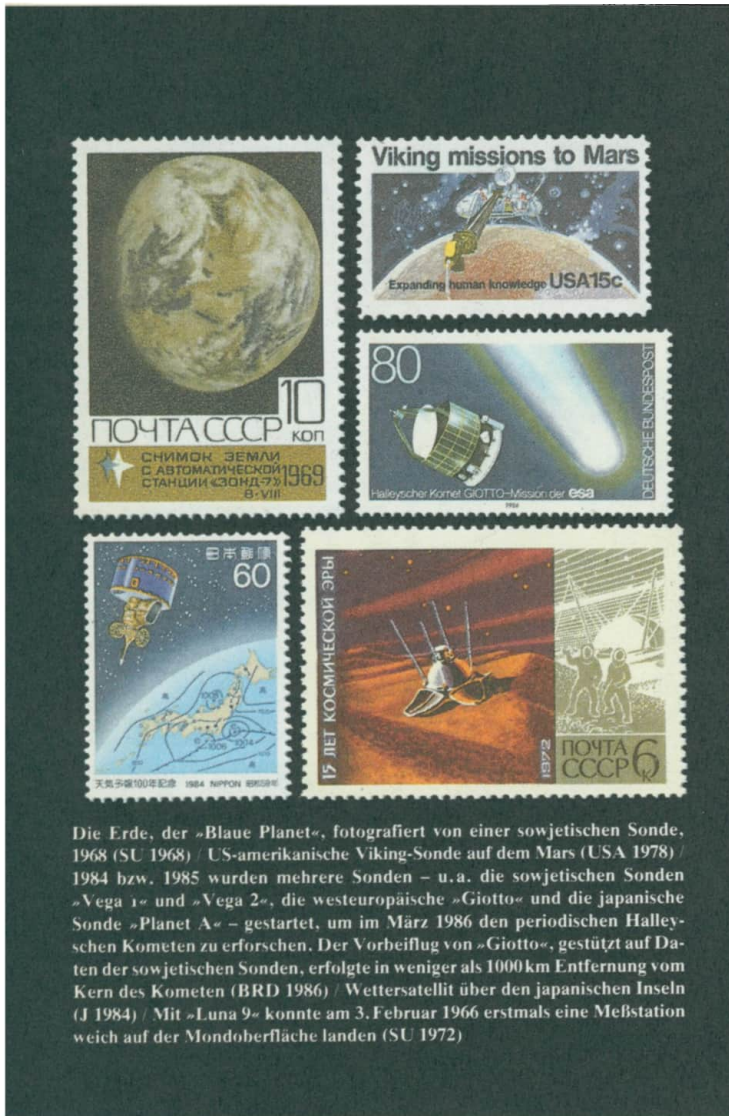
Gagarin. Er verunglückte tödlich beim Test eines Flugzeugs (SU 1961) / Als Trägerrakete für die »Wostok«-Kapseln wurde eine dreistufige Flüssigkeitsrakete mit einer Startmasse von etwa 400 t und einem Startschub von 512 Mp verwendet. »Wostok«-Trägerrakete beim Start (SU 1969) / Als erste Frau startete Walentina Tereschkowa, ebenfalls in einer »Wostok«-Kapsel, am 16. Juni 1963 in den Kosmos und absolvierte 48 Erdumrundungen. Sie heiratete 1963 den Kosmonauten Nikolajew, der vom 11.–14. August 1962 in »Wostok 2« ebenfalls im Kosmos war und später, 1970, nochmals zu einem Langzeitflug startete (SU 1963) / Koroljow (SU 1969)

# Satelliten und Sonden

Zur Faszination der Astronomie gesellten sich seit den 60er Jahren die spektakulären Erfolge der Raumfahrt. Sowjetische und amerikanische Sonden funkten detailreiche Aufnahmen von den Oberflächen unserer Mitplaneten zur Erde, landeten weich auf Mond, Venus und Mars, brachten Bodenproben vom Mond zur Erde zurück, übermittelten Angaben über Druck, Temperatur und Zusammensetzung der Venusatmosphäre, ergründeten die Feinstruktur des Saturnringes, bestimmten die Stärke von Magnetfeldern. Über den weit entfernten Riesenplaneten Uranus sind erst in jüngster Zeit Einzelheiten bekannt geworden, die durch visuelle Beobachtung niemals hätten gewonnen werden können. Die 1977 gestartete Sonde »Voyager 2« funkte Anfang 1986 Informationen – deren Laufzeit immerhin  $2\frac{3}{4}$  Stunden betrug – zur Erde: Der Uranus besitzt ein starkes Magnetfeld, mindestens 15 Monde und ein aus mehreren Einzelringen bestehendes Ringsystem. »Voyager 2« soll im August 1989 in Neptunnähe gelangen.

Weltraumstarts, Satellitenflüge und Weltraumsonden erfordern gewaltige Kosten und technischen Aufwand. Und doch ist heute schon die ökonomische Bilanz der – friedlichen – Weltraumforschung positiv. Nachrichtensatelliten ermöglichen per Telefon und Fernsehen ungleich bessere weltweite Kommunikation. Satelliten liefern kartographische Informationen bisher unerreichter Genauigkeit, erkunden kostengünstig Lagerstätten an Erzen, Mineralien und Erdöl, gestatten verlässliche Wettervorhersagen, erteilen Warnungen vor Taifunen und Eisbarrieren, gestatten Ernteprognosen und Aussagen über Umweltschäden. Experimente in Weltraumlaboratorien haben wesentlich neue medizinische, biologische und technologische Ergebnisse erbracht.

Die Zukunft wird permanente große Weltraumstationen entstehen sehen. Während die USA sich auf wiederverwendbare Raumfähren (1981, space shuttle) orientierten, die allerdings nur relativ kurze Zeit im Raum bleiben können, verfügt die Sowjetunion über große Erfahrungen mit langlebigen bemannten Raumstationen. So absolvierten 1983 zwei Kosmonauten in einem Orbitalkomplex »Salut 7 – Sojus T«, an den Raketen zur Übernahme von Versorgungsgütern und zum Austausch von Besatzungen ankoppeln können, einen 211tägigen Aufenthalt im Raum.



Die Erde, der »Blaue Planet«, fotografiert von einer sowjetischen Sonde, 1968 (SU 1968) / US-amerikanische Viking-Sonde auf dem Mars (USA 1978) / 1984 bzw. 1985 wurden mehrere Sonden – u.a. die sowjetischen Sonden »Vega 1« und »Vega 2«, die westeuropäische »Giotto« und die japanische Sonde »Planet A« – gestartet, um im März 1986 den periodischen Halley'schen Kometen zu erforschen. Der Vorbeiflug von »Giotto«, gestützt auf Daten der sowjetischen Sonden, erfolgte in weniger als 1000 km Entfernung vom Kern des Kometen (BRD 1986) / Wettersatellit über den japanischen Inseln (J 1984) / Mit »Luna 9« konnte am 3. Februar 1966 erstmals eine Meßstation weich auf der Mondoberfläche landen (SU 1972)

## Astronauten und Kosmonauten

Der amerikanische Professor Goddard hatte 1919 eine Schrift »A Method of Reaching Extreme Altitudes« veröffentlicht und 1920 begonnen, mit flüssigen Brennstoffen zum Raketenantrieb zu experimentieren. Am 16. März 1926 erhob sich die erste Flüssigkeitsrakete der Welt, doch betrug die Flugzeit nur 2,5 s. Im Jahre 1935 beendete Goddard sein Forschungsprogramm mit dem erfolgreichen Start einer Rakete, die 2 300 m Höhe erreichte. Nach dem Zweiten Weltkrieg knüpfte die Raketenforschung in den USA vorwiegend an die in Hitlerdeutschland erzielten Ergebnisse an. Der technische Leiter des deutschen Entwicklungszentrums in Peenemünde an der Ostsee, Wernher von Braun, Schöpfer der »V2«, und viele seiner Mitarbeiter stellten sich der Raketenrüstung in den USA zur Verfügung.

Im Jahre 1961 forderte der damalige Präsident der USA, John F. Kennedy, deutlich aus Prestige Gründen, von der 1953 gegründeten amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA, bis spätestens 1970 amerikanische Astronauten auf den Mond zu bringen. Das sog. Apolloprogramm wurde mit Zielstrebigkeit und ungeheuren Kosten schrittweise realisiert; führender Kopf war Wernher von Braun: Eine dreistufige Saturn-Rakete bringt das Raumfahrzeug auf eine Parkbahn um den Mond. Zwei Astronauten steigen von der auf der Parkbahn verbleibenden Kommandoeinheit in eine »Mondfähre« um, die mit Raketenkraft weich auf dem Mond landet. Mit einem Aufstiegsteil der Mondfähre erreichen die beiden Astronauten wieder die Kommandoeinheit auf der Parkbahn; von dort erfolgt die Rückkehr zur Erde.

»Apollo 11« mit Neil Armstrong (Kommandant), Edwin Aldrin (Pilot der Mondfähre) und Michael Collins (Pilot der Kommandoeinheit) wurde am 16. Juli 1969 gestartet, führte die von früheren Apollounternehmen nur geprobte Mondlandung wirklich aus und kehrte wohlbehalten zur Erde zurück. Weitere Mondlandungen folgten. Bodenproben wurden zur Erde gebracht, ein Mondauto benutzt, wissenschaftliche Geräte installiert.

Sowjetische Gelehrte hatten von vornherein erklärt, man werde sich nicht am sog. Wettlauf zum Mond beteiligen. Statt dessen wurden unbemannte Sonden, Lande- und Rückkehrgeräte (1970) und Mondautos (Lunochod 1970, Mondmobil 1973) auf den Mond gebracht, die ebenfalls wichtige Daten über die Mondoberfläche lieferten und Mondgestein zur Erde zurückbrachten.



# Brot für alle



Die Versorgung der Menschen mit Nahrungsmitteln ist, in Abhängigkeit vom Entwicklungsstand der Produktivkräfte und vom Charakter der Produktionsverhältnisse, in den einzelnen Ländern der Erde sehr unterschiedlich. Der Überernährung eines oftmals erheblichen Teiles der Bevölkerung in den hochentwickelten Industrieländern stehen Hunger und Unterernährung in den meisten Entwicklungsländern gegenüber. Der Kampf gegen den Hunger, vor allem in den Entwicklungsländern, ist heute zu einem der dringlichsten Probleme geworden, deren Lösung keinen Aufschub zuläßt und die Wissenschaft vor neue Aufgaben stellt. 80 % der Menschen unserer Erde leben in diesen Ländern. Ihr Anteil an der Nahrungsmittelerzeugung liegt aber weit niedriger. Er beträgt z. B. für Getreide etwa 50 %, für Fleisch 35 % und für Milch 20 %. Die Ursachen dafür sind u. a. in der durch die koloniale Vergangenheit bedingten Rückständigkeit sowie in der oft niedrigen Arbeitsproduktivität zu suchen. Verschärft wird dieser Widerspruch zusätzlich durch das enorme Anwachsen der Bevölkerung. Betrug die Zahl der auf der Erde lebenden Menschen 1950 etwa 2,5 Milliarden, so waren es im Jahre 1980 mehr als 4,4 Milliarden. Nach Schätzungen von UNO-Experten werden zu Beginn des nächsten Jahrtausends etwa 6,2 Milliarden Menschen auf der Erde leben. Der stärkste Bevölkerungszuwachs wird für die Länder Lateinamerikas und Afrikas erwartet.

Dem Kampf gegen den Hunger haben sich wiederholt die Vereinten Nationen einschließlich ihrer Spezialorganisationen gewidmet. Eine wesentliche Grundlage für die Sicherstellung ausreichender Mengen an Nahrungsmitteln für alle Menschen sind die Erhöhung der landwirtschaftlichen Erträge durch Intensivierung und Verbesserung der Bodenbearbeitung, ausreichende Düngung, gezielte Unkraut- und Schädlingsbekämpfung, Be- und Entwässerung, Neulandgewinnung sowie die Züchtung neuer Tierrassen und Pflanzensorten.

Unterstützt werden können diese Bemühungen auch durch die verbesserte Nutzung natürlicher Nahrungsmittelreserven wie z. B. aus den Weltmeeren oder aus den Wäldern.

Daneben werden Maßnahmen einer gezielten Geburtenregulierung trotz der in manchen Ländern vorhandenen traditionellen und kulturellen Schranken für unumgänglich gehalten.

## Datenverarbeitung – Computer

Der britische Mathematiker Babbage, ein Vorkämpfer der industriell zu verwertenden Wissenschaft, entwarf in den 30er Jahren einen programmgesteuerten Rechenautomaten mit Speicher, Rechenwerk und Lochkartensteuerung, scheiterte jedoch an technischen Details. Zur Aufarbeitung der bei der Volkszählung 1890 in den USA anfallenden Datenmengen konstruierte der Amerikaner Hollerith elektromechanisch arbeitende Maschinen zum Sortieren und Auswerten der auf Lochkarten gespeicherten Informationen. Hollerith-Maschinen fanden im 20. Jh. weite Verbreitung.

Zu Anfang des 20. Jh. gehörten – neben Schreibmaschinen – auch mechanisch arbeitende Rechenmaschinen zur normalen Büroausstattung. In der Mathematik waren Maschinen in Gebrauch, u.a. Geräte, mit denen durch Abtasten der Begrenzung einer ebenen Fläche deren Flächeninhalt bestimmt werden konnte.

Die Idee von Babbage erwies sich als geniale Antizipation. Mitte des 20. Jh. standen zum Bau programmgesteuerter Rechenmaschinen geeignete Bauelemente bereit, zunächst elektromagnetische, später elektronische, dann mikroelektronische. In den 30er Jahren wurde in den USA, in Deutschland, England und Frankreich der Bau programmierbarer Rechenanlagen begonnen. Konrad Zuse in Deutschland vollendete 1941 den elektromechanischen Relaisrechner Z 3 als ersten programmierbaren Rechenautomaten der Welt. 1944 wurde an der Harvard-Universität der Großrechner MARK I in Dienst gestellt. Schon 1946 entstand mit ENIAC der erste Rechner mit elektronischen Schaltelementen. Der 1951/52 fertiggestellte sowjetische Rechner BESM 1 wurde beim Start des ersten Sputnik (1957) verwendet.

Miniaturisierung der Bauelemente und Leistungsfähigkeit moderner Rechner sind geradezu phantastisch. Auf einem Kristall sind Zehntausende von Schaltkreisen pro  $\text{mm}^2$  vorhanden. Ein Computer kann mehrere hundert Millionen Operationen pro Sekunde ausführen. Die von Napier in 30 langen Jahren errechnete Logarithmentafel (1614) kann man heute in Sekunden berechnen. Computer repräsentieren einen wesentlichen Aspekt der gegenwärtigen wissenschaftlich-technischen Revolution. Sie erobern sich – auf Grundlage der sich stürmisch entwickelnden Mikroelektronik – ständig neue Anwendungsgebiete in Wissenschaft, Produktion und im täglichen Leben. Noch ist kein Ende der Entwicklung erkennbar.



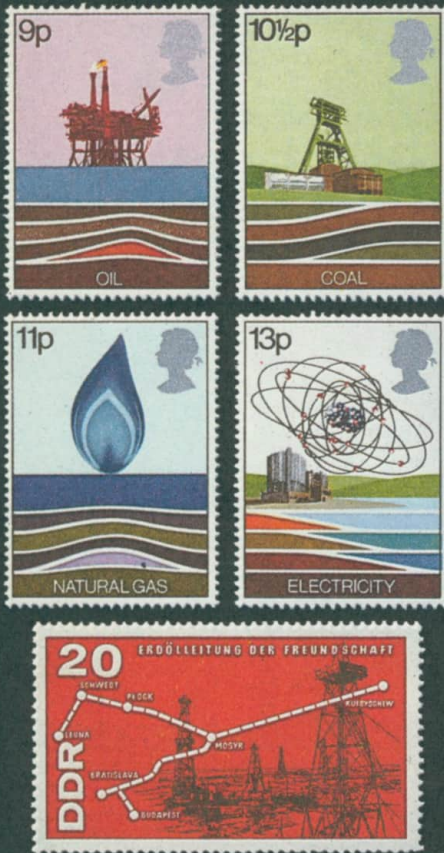
# Fossile Rohstoffe

Die fossilen Rohstoffe sind vor vielen Millionen Jahren aus organischen Stoffen entstanden. Ihr Vorrat ist begrenzt, und sie können nicht regeneriert (erneuert) werden.

Nach derzeitigen Schätzungen betragen die Weltvorräte an Erdöl 200 Mrd. t (400 Mrd. t Steinkohleeinheiten (SKE)), an Kohle 1500 Mrd. t (1500 Mrd. t SKE), an Erdgas 200 Mrd. t (280 Mrd. t SKE) und an Ölschiefer und Ölsand 500 Mrd. t (650 Mrd. t SKE). Geht man davon aus, daß heute im Weltmaßstab jährlich ca. 10 Mrd. t SKE verbraucht werden, dann reichen die geschätzten Vorräte noch etwa drei Jahrhunderte. Allerdings muß bei solchen Überlegungen berücksichtigt werden, daß z. B. im Jahre 2000 ca. ein Viertel des Energiebedarfs durch Kernenergie gedeckt werden soll, so daß auf diese Weise die fossilen Rohstoffe »entlastet« werden. Andererseits ist ein Anstieg des Absolutverbrauches an fossilen Rohstoffen zu erwarten, wenn in zunehmendem Maße die gegenwärtig bestehenden großen Unterschiede im Energieverbrauch z. B. zwischen den hochentwickelten Industrieländern und den Entwicklungsländern ausgeglichen werden.

Die Zahlen über die Mengen an fossilen Rohstoffen zeigen weiter, daß die Vorräte an Erdöl und Erdgas viel schneller erschöpft sein werden als die Vorräte an Kohle. Diese Situation wurde noch zugespitzt durch eine Entwicklung, die etwa in den fünfziger Jahren des 20. Jh. einsetzte. Seit dieser Zeit entwickelte sich weltweit die Petrochemie zu einem Industriezweig mit bis dahin nicht gekannten Dimensionen. Erdöl und etwas später auch Erdgas wurden zu begehrten Chemierohstoffen und somit zur Grundlage für die Massenproduktion von Plasten, Synthefasern, Elasten, organischen Lösungsmitteln, Farben, Lacken und anderen Produkten.

Mit der Zunahme der Produktion stieg der Produktionsverbrauch an Energie. Anfang der 80er Jahre waren daher etwa 85 bis 90 % des wertvollsten fossilen Rohstoffs, des Erdöls, verbraucht. Ein Zustand, der zum Nachdenken über den sinnvollen Einsatz von Erdöl geradezu herausforderte. Im Ergebnis der Überlegungen wurde in zahlreichen Ländern auf die Ausnutzung alternativer Energieträger und von Kohle zur Energieerzeugung orientiert. Zum anderen sind auch in der chemischen Industrie effektive Verfahren der Kohlechemie erneut eingeführt worden.



Zu den fossilen Rohstoffen gehören Erdöl, Kohle, Erdgas. Bestandteil dieser Ressourcen ist der Kohlenstoff, dem eine Doppelfunktion zukommt: Er liefert Energie und dient als Rohstoff für die chemische Industrie. Seit 1954 (erstes Kernkraftwerk der Welt in der UdSSR) wird zur Erzeugung von Elektroenergie zunehmend Kernenergie genutzt (GB 1978). Über die 5327 km lange Erdölleitung »Freundschaft« erhalten Polen, die DDR, die CSSR und Ungarn Erdöl aus der UdSSR (DDR 1976).

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat auch der Bedarf an mineralischen Rohstoffen sprunghaft zugenommen. Ursachen dafür sind das Wachstum der Weltbevölkerung, der Anstieg der Industrieproduktion und der Nachholebedarf der Entwicklungsländer. Allein zwischen 1950 und 1975 wurden im Weltmaßstab mehr Rohstoffe verbraucht als in der gesamten Zeit davor. Und der Bedarf steigt weiter an. Folgende Zahlen verdeutlichen dies. Der durchschnittliche Rohstoffverbrauch pro Einwohner betrug z. B. im Jahre 1913 etwa 4,9 t, 1980 fast 22,5 t, und für das Jahr 2000 wird die Menge auf 35 t geschätzt. Jedoch weist der Durchschnittswert einen Streubereich zwischen 1 t und 100 t pro Jahr auf. Nach der amerikanischen Studie »Global 2000« nutzen gegenwärtig (1985) nur 25 % der Menschen in den hochentwickelten Industrieländern etwa 75 % der Rohstoffe der Welt. Die USA beanspruchen mit etwa 5,5 % der Weltbevölkerung etwa 40 % der mineralischen Rohstoffe.

Ein echter Widerspruch besteht zwischen dem steigenden Bedarf und der begrenzten Verfügbarkeit zahlreicher Rohstoffe.

Hinzu kommt, daß der Aufwand für die Erkundung, Gewinnung und den Transport zunehmend steigt, weil die Gewinnung unter ungünstigeren geologischen, geographischen und klimatischen Bedingungen vorgenommen werden muß.

Gegenwärtig werden von den über 2500 bekannten mineralischen Rohstoffen etwa 200 volkswirtschaftlich genutzt. 55 davon besitzen größere industrielle Bedeutung. Verbesserte Methoden zur Rohstofferkundung haben dazu geführt, daß in den letzten Jahrzehnten zahlreiche neue Lagerstätten entdeckt werden konnten.

Veränderungen in der Technologie der Rohstoffgewinnung, Ersatz von Rohstoffen durch geeignete andere, Verwendung von bisher nicht genutzten Ressourcen sowie die verstärkte Ausnutzung von Sekundärrohstoffen sind wesentliche Voraussetzungen zum rationellen Rohstoffverbrauch. Der Übergang von der linearen Rohstoffnutzung (Rohstoff-Produkt-Abfall) zu abfallarmen Technologien durch Schließen der Produktionskette zum Kreislauf (Rohstoff-Produkt-Abfall-Sekundärrohstoff) ist ein weiterer Schritt zur Intensivierung der Rohstoffversorgung und damit ein Beitrag zur Stabilisierung der Rohstoffversorgung über lange Zeit.

## Mineralische Rohstoffe



Infolge der ungleichmäßigen Verteilung der natürlichen Ressourcen gibt es rohstoffarme und rohstoffreiche Länder. Kanada ist bekannt durch seinen Rohstoffreichtum wie z. B. durch seine Vorkommen an Silber und Kobalt (Ka 1978) und an Uranium (Ka 1980). Jamaika realisiert heute über 20 % des Bauxitaufkommens in der Welt (Ja 1964). Der Inselstaat Nauru (in Mikronesien) verfügt über große Phosphatvorkommen (Na 1980). Zunehmende Bedeutung erlangen heute die Rohstoffressourcen des Meeresbodens (F 1981). Von grundlegender Bedeutung für die Gewinnung der Bodenschätze Sibiriens war die verkehrsmäßige Erschließung des Gebietes durch die Baikal-Amur-Magistrale (SU 1981).

# Petrolchemie

Die Petrolchemie ist jenes Teilgebiet der technischen organischen Chemie, das die Darstellung von Ausgangs- und Zwischenproduktionen für Plaste, Elaste, Chemiefasern, organische Lösungsmittel und Weichmacher u. a. aus Erdöl und Erdgas zum Gegenstand hat.

Wichtige Produkte der Petrolchemie, häufig als Petrolchemikalien bezeichnet, sind Ethan, die Butene, Butadien, Benzen, Toluol, Xylen sowie Synthesegas für die Herstellung von Ammoniak, Methanol, Ketonen u. a. Verbindungen.

Die Palette der petrolchemischen Verfahren umfaßt destillative und extraktive Trennmethode, thermische und katalytische Spaltverfahren sowie spezifische Synthesen.

Die meisten derartigen Chemikalien wurden traditionell aus Kohle gewonnen. Da sie aber auf petrolchemischen Wege wesentlich einfacher und billiger zugänglich sind, werden sie seit den fünfziger Jahren in großem Umfang aus Erdöl erzeugt.

Neben dem Erdöl etablierte sich seit dieser Zeit zunehmend auch das Erdgas zu einem gefragten Chemierohstoff und zu einem gern benutzten Energieträger. Diese Entwicklung wurde einerseits durch das Auffinden großer Erdgaslagerstätten in der Sowjetunion, in Frankreich, in den Niederlanden und in der Nordsee beschleunigt. Andererseits lernte man Erdgas über transkontinentale Ferngasleitungen bequem vom Fundort zum Verbraucher zu transportieren. Die 2700 km lange Trasse »Sojus«, über die Erdgas aus der Sowjetunion in zahlreiche Länder Europas geliefert wird, sei als Beispiel genannt. Ähnlich wie beim Erdöl hängt auch die Zusammensetzung von Erdgas von der Art der Lagerstätte ab. Sogenanntes »trockenes« Erdgas enthält bis zu 80 Vol. % Methan, während dagegen »nasses« Erdgas nur etwa 20 Vol. % dieses Kohlenwasserstoffes enthält. Seit den siebziger Jahren (des 20. Jh.) gibt es einen Trend zur »Rückbesinnung« auf die Kohle als Chemierohstoff. Wiederholte Manipulationen der Weltmarktpreise für Erdöl hatten zur Folge, daß verschiedene Produkte der Kohlechemie wieder rentabel hergestellt werden konnten.

Die Rückbesinnung auf die Kohlechemie ist nicht eine einfache Wiedereinführung traditioneller Verfahren, sondern hat die Anwendung verbesserter und neuartiger Kohleveredlungsverfahren zum Inhalt.

Um die Mitte des 20. Jh. entwickelte sich die Petrolchemie. Durch die Einführung neuartiger Lösungen, wie Bohrseln, konnte auch das Erdöl der Meere ausgebeutet werden (VAE 1975) / Erdgas (Ir 1978) wurde zum gefragten Energieträger und wichtigen Chemierohstoff; über transkontinentale Ferngasleitungen wurde es von den Lagerstätten zum Bestimmungsort transportiert (SU 1983) / In großen Destillations- und Spaltanlagen (DDR 1976) wurde das Erdöl zu Chemierohstoffen, Treibstoffen und Brennstoffen (USA 1982) verarbeitet. Zwischen 1950 und 1970 stieg der Anteil der Petrolchemikalien von 44 % auf 90 % der in der Welt erzeugten organischen Verbindungen

Der Gesamtenergiebedarf der Weltbevölkerung verdoppelt sich gegenwärtig etwa alle 20 bis 30 Jahre. Auch für die kommenden Jahrzehnte wird eine analoge Bedarfsentwicklung erwartet.

Zur Deckung dieses hohen Bedarfs gewinnen außer den traditionellen Energieträgern wie z. B. Kohle, Erdöl, Erdgas und Wasserkraft der Flüsse sowie Kernenergie auch zunehmend sogenannte regenerative (erneuerbare) Energiequellen an Bedeutung. Dazu zählen die Energie der Sonne und des Windes, die Energie der Weltmeere, der Erdwärme sowie von biologischen Materialien.

Nach Schätzungen von Experten soll im Jahre 2000 der Anteil dieser Energiequellen etwa 5 % des Gesamtenergieaufkommens erreichen. Die regenerativen Energiequellen haben somit in erster Linie eine ergänzende und nicht, wie oftmals übertrieben dargestellt wird, eine alternative Funktion. Die Ursache dafür ist, daß die meisten der regenerativen Energiequellen aus technischen und ökonomischen Gründen nur innerhalb bestimmter Regionen effektiv ausnutzbar sind. Ihr Einsatz wird daher vorerst auf die Deckung des regionalen Energiebedarfs begrenzt bleiben.

Gegenwärtig wird in zahlreichen Ländern Sonnenenergie zum Betrieb von Kleinanlagen zur hauseigenen Warmwasserversorgung oder zur Raumheizung ausgenutzt. Größere Anlagen zur Erzeugung von Elektroenergie, die entweder mit großflächigen Kollektoreinrichtungen (Solarfarmanlagen) oder als Solarturmanlagen arbeiten, werden getestet. Darüber hinaus ist auch die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie unter Ausnutzung des inneren lichtelektrischen Effektes (Solarzellen) technisch möglich, aber ökonomisch noch nicht rentabel. Im Testbetrieb befinden sich auch verschiedene Typen von Windenergieanlagen, von Wellen- und Gezeitenkraftwerken, von Meereswärme- kraftwerken sowie von geothermischen Heißquellenanlagen und Gletschereiskraftwerken.

Als aussichtsreiche Möglichkeiten zur Erschließung von biologischen Materialien (Biomasse) zur Energieerzeugung gelten zur Zeit die gezielte Großproduktion von Pflanzen, die Verarbeitung von bisher nicht genutzten Pflanzen, die Züchtung von speziellen Kulturen, wie z. B. von Mikroorganismen, und die Verwertung von Abfallprodukten aus der Land- und Forstwirtschaft.

## Neue und erneuerbare Energiequellen



Die Vorräte an fossilen Energieträgern (Kohle, Erdöl und Erdgas) sind begrenzt, die Energieträger selbst nicht regenerierbar. Demgegenüber steigt weltweit der Energiebedarf an. Ein langfristiger Wandel im Einsatz von Energieträgern ist somit unumgänglich. Bereits heute werden neben den genannten fossilen Energieträgern vor allem Wasserkraft (SU 1981) und Kernenergie (F 1974) genutzt.

Als neue und zugleich erneuerbare Energiequellen gewinnen die Energie warmer Quellen (Is 1972), die Sonnenenergie (UNO/G 1981), die Windkraft (Por 1976), geothermische Ressourcen (Por 1976) und in jüngster Zeit auch biologische Materialien steigende Bedeutung

# Erhaltung der Umwelt

Der Umwelt als Gesamtheit aller Faktoren, die das Leben eines Organismus beeinflussen und mit denen er sich in enger Wechselwirkung befindet, gebührt gegenwärtig die besondere Aufmerksamkeit.

Die durch die wissenschaftlich-technische Revolution hervorgebrachte Massenproduktion von Industrie- und Konsumgütern, die konzentrierte Ansiedlung von Menschen in der Nähe industrieller Ballungsgebiete, die industriemäßige Produktion in der Landwirtschaft u. a. haben auch erhebliche Veränderungen der Umweltfaktoren verursacht. Die natürlichen Regel- und Reinigungszyklen wurden überfordert, ja zum Teil völlig außer Kraft gesetzt. Über den Großstädten und den Industriezentren vermehrten sich die »Dunstglocken« aus Staub und Abgasen. Flüsse und Seen wurden oftmals so stark verschmutzt, daß alles Leben in ihnen zugrunde ging. Auch das ökologische Gleichgewicht der Weltmeere ist durch Öl und Schmutz zunehmend gefährdet. Darüber hinaus kam es in einigen Ländern zu folgenschweren Umweltkatastrophen. Als Beispiel soll hier die 1976 in der italienischen Stadt Seveso (bei Mailand gelegen) aufgetretene Betriebschavarie genannt werden, in deren Folge ca. 135 g der hochtoxischen Chemikalie »Dioxin« (2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-1,4-dioxin) freigesetzt worden sein sollen, welches das umliegende Territorium für Jahrzehnte völlig unbenutzbar gemacht hat. Ein wirkungsvoller Umweltschutz muß auf Maßnahmen zur Erhaltung einer für den Menschen und andere Lebewesen gesunden Umwelt oder zumindest auf die Verhütung oder Verringerung von gesundheitsschädigenden Einflüssen gerichtet sein. Das bedeutet nicht etwa einen Verzicht auf den wissenschaftlich-technischen Fortschritt, sondern bedarf wohlgedachter Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft und des Wassers, zum Schutz des Bodens, zur sinnvollen Abproduktbeseitigung sowie zu einer vernünftigen Landschaftspflege. Derartige Maßnahmen lassen sich nur in enger Zusammenarbeit von Naturwissenschaftlern, Praktikern, Ökonomen und Politikern realisieren. Fortschritte auf dem Gebiet des Umweltschutzes sind also weder durch Dramatisierung noch durch Bagatellisierung der Probleme erreichbar, sondern nur durch aktives »umweltbewußtes« Handeln aller Menschen auf der Basis entsprechender Sachkenntnis. In diesem Sinne erfährt der Umweltschutz in zahlreichen Ländern zunehmende Aufmerksamkeit.



Als eine Folge der industriellen Massenproduktion sind besonders in industriellen Ballungsgebieten oftmals schwerwiegende Umweltprobleme entstanden, die eine echte Gefahr für die Gesundheit des Menschen und anderer Lebewesen darstellen. Seit den 60er Jahren des 20. Jh. wird auf diese Gefahr weltweit auch auf Briefmarken, meist durch symbolische und stilisierte Darstellungen aufmerksam gemacht, z. B. Schmetterling, Fisch und Zweig (BRD 1981), Wasser und Blätter (UNO/G 1982), abgeknickte Blume bzw. abstürzender Vogel (U 1975). Es bedarf erheblicher finanzieller Aufwendungen, die Schadstoffquellen zu beseitigen oder sie wenigstens in ihrer Wirkung zu reduzieren

# Rohstoff Wasser

Der Bedarf an Trinkwasser für einen erwachsenen Menschen beträgt pro Tag mindestens 2,5 Liter und kann bei schwerer körperlicher Arbeit oder hoher Lufttemperaturen bis auf 10 Liter ansteigen. Dazu kommt der Wasserverbrauch in den Haushalten, für den gegenwärtig in den Großstädten 150 bis 300 Liter pro Einwohner und Tag veranschlagt werden. Dieser hohe Verbrauch ist durch die komfortable Ausstattung vieler moderner Haushalte mit WC, Bad, Wasch-, Geschirrspülmaschinen u. a. bedingt.

Weitaus größer als der Wasserbedarf der Bevölkerung ist der Verbrauch an Wasser in Industrie und Landwirtschaft. Jedoch ist hier meist nicht Trinkwasserqualität notwendig. Auf dem europäischen Kontinent verteilt sich der Wasserverbrauch in folgender Weise: Industrie 45 %, Landwirtschaft 40 % und Haushalte 15 %. Zur Herstellung von einer Tonne Roheisen werden z. B. 65 bis 220 m<sup>3</sup> Wasser benötigt, für eine Tonne Papier 60 bis 100 m<sup>3</sup> und für eine Tonne Benzin 30 bis 70 m<sup>3</sup>.

Der zur Zeit steigende Wasserverbrauch der Landwirtschaft wird vor allem durch die Einführung industriemäßiger Produktionsmethoden in der Viehhaltung und durch künstliche Bewässerung verursacht.

Zur Deckung des Wasserbedarfes werden sowohl Grundwasser als auch Oberflächenwasser herangezogen. Grundwasser zapft man in Brunnenanlagen (»Brunnen-galerien«) und pumpt es nach entsprechender Aufbereitung über Fernwasserleitungen zu den Verbrauchern.

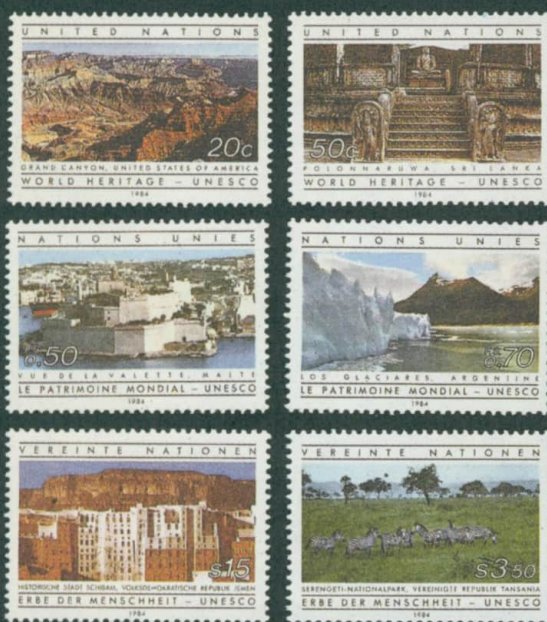
Oberflächenwasser wird häufig zur Anreicherung des Grundwassers eingesetzt, kann aber auch direkt aus Flüssen, Seen und Talsperren entnommen und nach Aufbereitung und Reinigung als Trink- oder Brauchwasser verwendet werden.

Nach seiner Verwendung kommt das Wasser als Abwasser wieder zurück in die Gewässer. Abwasser enthält die verschiedensten Schmutzstoffe, die ihm im erforderlichen Umfang entzogen werden müssen. Unzureichende Abwasserreinigung hat in der Vergangenheit besonders in ausgedehnten Gebieten Nordamerikas und Europas zu erheblichen Schädigungen des gesamten Ökosystems Wasser geführt. In vielen Staaten sind daher in den letzten Jahren ernsthafte Anstrengungen unternommen worden, um den »Rohstoff Wasser« vor Verschmutzung zu bewahren.



Ohne Wasser wäre Leben unmöglich. Der Mensch nutzt seit alters her die Wasserressourcen der Weltmeere für die Schifffahrt (SU 1978) / In den letzten Jahren ist wiederholt auf die zunehmende Verschmutzung des Wassers aufmerksam gemacht worden (BRD 1982) / Demgegenüber wird, insbesondere auf japanischen Emissionen, die Schönheit natürlicher Gewässer hervorgehoben, z. B. Unterwasserszene im Iromete-Nationalpark (J 1974) und Tenryu-kyo-Schlucht im Tenryo-Okumikawa-Quasi-Nationalpark (J 1973) / Mit der Abbildung des Staubeckens der Rapp-Bode-Talsperre (DDR 1968) wird auf die Bedeutung des Wassers für die Deckung des Trinkwasserbedarfs hingewiesen

# UNESCO, Organisation für Erziehung, Wissenschaft und Kultur



In ihrer Konvention vom November 1972 hat die UNESCO umfassende Maßnahmen zum Schutz des kulturellen und natürlichen Erbes der Menschheit festgelegt. Die UNO-Postämter propagieren auf ihren Briefmarken-Sonderausgaben »Erbe der Menschheit« (begonnen 1984) entsprechende Objekte, wie z. B. den großen Canyon in den USA und die mittelalterliche Hauptstadt von Sri Lanka, Polonnaruwa (beide UNO/N 1984), das Fort St. Angelo in Vittoriosa bei Valetta in Malta und den Nationalpark Los Glaciares in Argentinien (beide UNO/G 1984) sowie die historische Stadt Shibban in der VDR Jemen und den Serengeti-Nationalpark in der VR Tansania (beide UNO/W 1984)

Die Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO) begann ihre Tätigkeit als Spezialorganisation der Vereinten Nationen im Dezember 1946 und hat ihren Sitz in Paris. Gegenwärtig gehören ihr mehr als 150 Staaten an. Das im Artikel 1 ihrer Verfassung verankerte Ziel der UNESCO besteht darin, »... durch Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Völkern auf den Gebieten der Erziehung, Wissenschaft und Kultur zur Erhaltung des Friedens und der Sicherheit beizutragen, um die Achtung vor Gerechtigkeit und Recht, vor den Menschenrechten und Grundfreiheiten in der ganzen Welt für jedermann, ohne Unterschied von Rasse, Geschlecht, Sprache oder Religion, zu stärken, wie dies die Charta der Vereinten Nationen für alle Völker vorsieht«.

Zur Verwirklichung dieser Aufgabenstellung arbeitet die UNESCO, meist auf der Grundlage von Zweijahresplänen, mit anderen internationalen Organisationen zusammen, unterstützt internationale wissenschaftliche und künstlerische Vereinigungen, betreibt eine größere Anzahl eigener Institute und pflegt das Kulturerbe der Welt. Darüber hinaus veranstaltet sie Expertentreffen, Konferenzen und Weiterbildungsveranstaltungen, unterstützt finanziell und durch Experteneinsätze die Entwicklung nationaler Bildungs- und Kommunikationssysteme, initiiert die Realisierung internationaler naturwissenschaftlicher und gesellschaftswissenschaftlicher Programme und Projekte. Aufbauend auf internationalen Forschungsergebnissen und Erfahrungen arbeitet sie Empfehlungen und internationale Konventionen aus und beteiligt sich auf diesem Wege aktiv an der Lösung der globalen Probleme der Menschheit. Seit ihrer Gründung arbeitet die UNESCO an der Überwindung des Analphabetentums und an der Sicherung einer Grunderziehung für alle. Mit dem Beitritt der Sowjetunion und anderer sozialistischer Staaten im Jahre 1954 wurde die Tätigkeit der UNESCO zunehmend auch auf die grundlegenden politischen Fragen unserer Zeit, vor allem auf die Erhaltung und Festigung des Friedens, auf die Völkerverständigung und auf die Überwindung von Kolonialismus und Rassismus gerichtet.

Die derzeitige Arbeit der UNESCO hat die Realisierung von 14 Hauptprogrammen, die von der 4. Außerordentlichen Generalkonferenz 1982 in Paris verabschiedet worden sind, zum Ziel.

Im Jahre 1985 lebten auf der Erde etwa 830 Millionen erwachsene Menschen, die weder lesen noch schreiben konnten; 125 Millionen Kinder hatten nicht die Möglichkeit, eine Schule zu besuchen. Trotz verschiedener Kampagnen zur Beseitigung des Analphabetentums steigt die Zahl der Analphabeten weiter an. Nach Schätzungen von UNESCO-Experten wird es um die Jahrtausende mehr als 900 Millionen Analphabeten geben! Zur Zeit wohnen 75 % der Analphabeten in Ländern Asiens, 20 % in Afrika und 5 % in Lateinamerika. Die Ursachen der Unwissenheit in diesen Regionen liegen im wesentlichen bei den ehemaligen Kolonialmächten, die große Teile der Bevölkerung von der Bildung fernhielten.

Nach dem Zerfall der großen Kolonialreiche wurde der Weg frei zum Kampf gegen die Fessel der Unwissenheit. 1961 ist von der 16. UN-Vollversammlung eine auf Initiative der Sowjetunion basierende entsprechende Resolution angenommen worden. Die UNESCO wurde darin aufgefordert, eine weltweite Kampagne zur Beseitigung des Analphabetentums zu starten. Von 1966 bis 1973 ist dann unter der Regie der UNESCO u. a. ein sogenanntes experimentelles Weltalphabetisierungsprogramm durchgeführt worden, in das 20 Länder einbezogen waren; z. B. Algerien, Ekuador, Iran, Mali, Tansania. Das Programm stützte sich auf eine unmittelbar den praktischen Bedürfnissen dienenden und aus ökonomischen Erfordernissen abgeleiteten Ausbildung im Schreiben, Lesen und Rechnen.

Bis zum Jahr 1970, das zum internationalen Erziehungsjahr proklamiert wurde, konnte die Zahl der Schreib- und Lesekundigen um 625 Millionen erhöht werden. An 12 UNESCO-Projekten waren etwa 5000 Instruktoren, darunter zahlreiche aus den sozialistischen Ländern beteiligt.

Auf der Grundlage eigener historischer Erfahrungen konnte die Sowjetunion im Kampf gegen das Analphabetentum mitarbeiten.

Sie hatte auf der Basis des bereits 1919 von Lenin unterzeichneten Dekrets »Über die Liquidierung des Analphabetentums« innerhalb von zwei Jahrzehnten das Analphabetentum überwunden.

Auch im sozialistischen Kuba gehört heute das Analphabetentum der Vergangenheit an. Die dort erreichten Erfolge sind beispielgebend für den ganzen amerikanischen Kontinent.

## Kampf gegen die Fessel der Unwissenheit



Der Kampf gegen das Analphabetentum gehört in vielen Nationalstaaten zu den Schwerpunktaufgaben bei der Gestaltung des unabhängigen Entwicklungsweges. Zahlreiche Briefmarkenemissionen unterstreichen dies. 1981 gab Nikaragua einen Satz zur Propagierung der Alphabetisierungskampagne heraus (Nik 1981) / Äthiopien würdigte in seiner Ausgabe zur revolutionären Entwicklung des Landes (1979) das Bildungs- und Gesundheitswesen (Äth 1979) / Australien propagierte 1974 in einer Emission den Fernunterricht (Aus 1974) / In Kuba wurde dem Ausbau des Bildungswesens auf dem Lande besondere Aufmerksamkeit gewidmet (K 1973), und Moçambique machte auf die Leistungen der Frauen im Bildungswesen aufmerksam (Moc 1976)

## Krebs – Geißel der Menschheit?



Der Kampf gegen den Krebs, auf einer holländischen Briefmarke (Nie 1974) symbolisiert durch einen durchbohrten Krebs unter einer optischen Linse, ist heute nicht allein Aufgabe der Ärzte / Techniker schufen Geräte zur Strahlentherapie bösartiger Geschwülste (J 1966) / In zahlreichen Ländern wurden Einrichtungen für Krebsforschung gegründet, wie 1916 das Forschungsinstitut für Onkologie »N. N. Petrow« in Moskau (SU 1976) / Methoden zur Früherkennung von Krebserkrankungen wurden ausgearbeitet, z. B. der Zelltest nach Papanicolaou (USA 1978) / Eine wesentliche Vorbeugungsmaßnahme gegen den Lungenkrebs ist die Bekämpfung des Nikotinmißbrauchs (Por 1980)

Krebs ist die Sammelbezeichnung für bösartige Geschwülste, deren Zellwachstum sich der Kontrolle des Organismus entzogen hat. Infolge ihres fortschreitenden Wachstums durchsetzen die Krebszellen lebenswichtige Organe und zerstören sie oder schädigen deren Funktion.

Die Krebserkrankungen werden nach den Organen benannt, an denen sie entstehen. Durch die Bildung von Tochtergeschwülsten, Metastasen, kann sich der Krebs auf andere Organe ausbreiten.

Für eine erfolgreiche Behandlung frühzeitig erkannten Krebses werden heute im wesentlichen drei grundlegende Methoden, entweder jede für sich oder miteinander kombiniert, angewendet.

Die älteste Methode zur Behandlung des Krebses besteht in der operativen Entfernung der Geschwulst und ihrer Metastasen. Die Behandlung bösartiger Geschwülste mit Röntgenstrahlen, mit radioaktiven Strahlern (Kobaltkanone) oder mit schnellen Neutronen beruht auf der Erfahrung, daß deren Zellen unter der Behandlung langsam und schrittweise zum Absterben gebracht oder zumindest in ihrer Teilungsfähigkeit geschädigt werden können. Um 1940 wurden erste Erfolge in der Behandlung von bösartigen Geschwülsten mit Arzneimitteln (Zytostatika) erreicht. Von dieser Zeit an ist die Chemotherapie ständig weiterentwickelt worden. Dieser Prozeß ist bis heute noch nicht abgeschlossen. Die Wirkung der Zytostatika beruht auf der Hemmung der Zellteilung und der dadurch möglichen Unterbindung des Zellwachstums des kranken Gewebes.

Das Krankheitsbild des Krebses wird heute zumeist zu den »chronischen Krankheiten der zweiten Lebenshälfte des Menschen« gezählt, in einer Reihe gestellt also mit den Herz-Kreislauf-Krankheiten, der Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) und den Gelenkkrankheiten.

In vielen Ländern der Erde werden erhebliche Mittel für die Krebsbekämpfung aufgewendet. In der »Prognose zur Krebsforschung und Krebsbehandlung der RGW-Länder bis zum Jahre 2000« z. B. sind dazu fünf Schwerpunkte hervorgehoben worden: (1) die weitere Erforschung der Krebsursachen; (2) eine umfassende Krebsvorbeugung; Verbesserung der (3) Diagnostik und (4) Behandlung von Geschwulstkrankheiten; (5) Organisation eines weitreichenden Krebsbekämpfungssystems.

In allen Industrieländern stehen heute die Herz-Kreislauf-Krankheiten (HKK) an der Spitze der Todesursachenstatistik.

Zu der großen Gruppe dieser Erkrankungen gehören Durchblutungsstörungen des Herzens, Wandveränderungen der Gefäße (Arteriosklerose), die entzündlichen Herzkrankheiten, funktionelle Störungen des Herzrhythmus und des Blutdruckes und die Herzfehler. Langzeituntersuchungen haben ergeben, daß die Entstehung einer Vielzahl der HKK durch sogenannte Risikofaktoren begünstigt wird. Solche sind ein zu hoher Cholesterinspiegel des Blutes, häufiger Nikotingenuß, hoher Blutdruck, Bewegungsmangel, Übergewicht, unausgeglichene Lebensführung und damit verbundene nervliche Überbelastung.

Bei der Bekämpfung der HKK haben geeignete Vorbeugungsmaßnahmen einen besonderen Stellenwert. So wird seitens der Mediziner auf eine maßvolle und ausgewogene Ernährung, auf die Vermeidung von Übergewicht, auf das Unterlassen bzw. Einstellen des Rauchens und auf regelmäßiges körperliches Training orientiert.

Systematische Untersuchungen ergaben, daß bei täglichem Training eine Zeitdauer von nur 10 Minuten zur Erzielung eines ausreichenden Trainingseffektes genügen. Bei dreimaligem Training pro Woche sind bereits 20 bis 30 Minuten notwendig, und für zweimaliges Training pro Woche sind 60 Minuten erforderlich. Die aktive körperliche Betätigung sollte mit einer gesunden Ernährung kombiniert werden, als deren Grundprinzipien folgende genannt werden: 1. Erhöhung (gegenüber herkömmlichen Gewohnheiten) des Eiweißanteiles der Nahrung (Fisch, magere Fleischsorten, Milch, Quark), 2. Reduktion der Fettzufuhr und 3. Verminderung der Zufuhr an Kohlenhydraten (Zucker, Brot, Mehlprodukte).

Dabei sollte der Körper in ausreichendem Maße mit Vitaminen, Mineralstoffen und Ballaststoffen (z.B. in Form von Rohkost) versorgt werden. Weiterhin wird auf eine Verteilung der Nahrungszufuhr auf fünf kleine Mahlzeiten pro Tag orientiert, wobei vom Morgen bis zum Abend hin die Mahlzeit sowohl in der Menge als auch in ihrem Energiegehalt abnehmen sollten.

Von nicht zu unterschätzendem Einfluß werden geordnete und ausgeglichene Beziehungen zu anderen Menschen sowie ein ausreichender Schlaf angesehen.

## Herz-Kreislauf-Krankheiten



# Gesundheit für alle bis zum Jahre 2000

Dieses Ziel ist im Jahre 1981 auf der 34. Weltgesundheitsversammlung, dem höchsten Organ der Weltgesundheitsorganisation (WHO), verkündet worden. Die dazu notwendige globale Strategie wurde beschlossen. In dem entsprechenden Grundsatzdokument wird gefordert, daß »alle Menschen der Welt bis zum Jahre 2000 einen solchen Gesundheitszustand erreichen, der ihnen gestattet, ein gesellschaftlich und ökonomisch produktives Leben zu führen.«

Als Basis dafür gelten folgende Grundsätze:

1. Die Gesundheit ist ein grundlegendes Menschenrecht.
2. Jeder Mensch hat das Recht, aber auch die Pflicht, an der Planung seiner gesundheitlichen Betreuung teilzunehmen.
3. Die Regierungen der Länder müssen durch entsprechende gesundheitliche und andere soziale Maßnahmen ihrer Verantwortung für die Gesundheit ihrer Völker nachkommen.
4. Die Gesundheit wird als integrierender Bestandteil der Entwicklung angesehen. Das bedeutet, daß die durch die verbesserte Gesundheit gewonnene Leistungskraft zur Unterstützung der ökonomischen und sozialen Entwicklung zu mobilisieren ist. Und umgekehrt, daß wiederum die ökonomische und soziale Entwicklung auch dazu beitragen muß, die Gesundheit der Menschen verbessern zu helfen. Es wird davon ausgegangen, daß die einzelnen Länder ihre Gesundheitsangelegenheiten selbständig entscheiden.
5. Auch die Weltressourcen müssen besser als bisher zur Förderung von Gesundheit und Entwicklung nutzbar gemacht werden, um auf diese Weise zugleich der Sicherung des Weltfriedens zu dienen.

Die Verwirklichung dieser Strategie der WHO ist auch von der UNO-Vollversammlung zum Bestandteil ihrer Entwicklungsstrategie in den achtziger Jahren erhoben worden. Die WHO kann auf eine Menge von positiven Ergebnissen in ihrer jahrzehntelangen Tätigkeit verweisen. Beispiele sind die Unterstützung einer Vielzahl von Staaten beim Aufbau von Gesundheitseinrichtungen durch Lieferung von Ausrüstungen, Entsendung von Experten, Gewährung von Stipendien zur Aus- und Weiterbildung von medizinischen Fachkräften sowie die Organisation und Durchführung von medizinischen Weiterbildungskursen, Seminaren und Fachtagungen.



Die Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization – WHO) wurde 1948 gegründet (K 1973). Sie kann u. a. auf gute Erfolge im Ausbau nationaler Gesundheitsdienste sowie in der Ausbildung medizinischer Fachkräfte vor allem aus den Entwicklungsländern zurückblicken / Schwerpunkte der gegenwärtigen Arbeiten sind die Ausrottung der Malaria (USA 1962, DDR 1963) und der Tuberkulose sowie die Bekämpfung von Herz- und Kreislaufkrankheiten (SU 1982, P 1972) / Neben ihren Aktivitäten zur Standardisierung von Arzneimitteln bemüht sich die WHO um Maßnahmen zur Gewährleistung einer wirksamen Arzneimittelkontrolle (J 1981)

Das 19. Jahrhundert hatte in den entwickelten Staaten der Erde eine Fülle von wissenschaftlichen Gesellschaften und Vereinigungen entstehen sehen, von der Mathematik bis zur Medizin, von der Physik bis zu den Ingenieurwissenschaften. Ähnlich wie die Entwicklung des Zeitschriftenwesens spiegelt sich hier die schon damals stürmische quantitative Entwicklung ebenso wider wie deren zunehmende Differenzierung sowie der Zwang zum organisierten Austausch wissenschaftlicher Ergebnisse. Dem kamen auch internationale Kongresse entgegen, die eine wirksame wissenschaftsorganisierende Funktion ausübten und noch ausüben. Der Erste Weltkrieg zerstörte das Netz wissenschaftlicher Kommunikation, zumal sich auch Wissenschaftler in den kriegführenden Staaten als anfällig für Nationalismus und Chauvinismus erwiesen. Wenige nur – unter ihnen M. Curie, Einstein, Hilbert, Langevin – gehörten zu den Ausnahmen.

In der Zeit nach dem Ersten Weltkrieg wurden – nach einer Periode der Diskriminierung der Wissenschaftler in den Verliererstaaten – auf nahezu allen Gebieten internationale Vereinigungen bzw. Unionen gegründet bzw. wieder neu aufgebaut. Einem 1919 gegründeten »Conseil International de la Recherche« konnte in der kurzen Zeitspanne bis zur abermals sich zuspitzenden Kriegsgesfahr nur wenig Erfolg beschieden sein.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde mit der Gründung der Vereinten Nationen und ihrer Unterorganisation UNESCO für Erziehung, Wissenschaft und Kultur ein neuer, vielversprechender Anfang gemacht. Die bitteren Erfahrungen der beiden Weltkriege, die von den neuen Massenvernichtungswaffen ausgehenden Gefahren führten am 21. Juli 1946 zur Gründung der »Weltföderation der Wissenschaften«, die engagiert für Abrüstung, gegen den Mißbrauch der Wissenschaften, für soziale Belange der Wissenschaftler und deren gesellschaftliche Mitverantwortung bei der Erhaltung des Weltfriedens eintritt.

Internationale Forschung konzentriert sich auch an international geführten Instituten, so bei CERN und im Kernforschungszentrum Dubna. Nicht zuletzt haben die gewaltigen Bau- und Betriebskosten wissenschaftlicher Großanlagen die Forschungskooperation forciert. Die 1957 errichtete Internationale Atomenergie Organisation, der mehr als 100 Mitgliedsländer angehören, hat ihren Hauptsitz in Wien.

## Zusammenarbeit und Verantwortung



Die UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) wurde am 4. November 1946 gegründet; sie hat ihren Sitz in Paris (F 1958) / Die Organisation der Vereinten Nationen mahnt zum Weltfrieden (UNO 1964) und zur ausschließlich friedlichen Nutzung des Weltraumes (UNO 1982) / In Meyrin bei Genf liegt das Hauptquartier von CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire); es liegt mit seinen ausgedehnten Teilchenbeschleunigern auf den Territorien der Schweiz und Frankreichs (F 1976) / Die Vereinigten Institute für Kernforschung in Dubna bei Moskau wurden 1956 gegründet (SU 1976) / Durch Weltkongresse ihrer Unterorganisationen bemüht sich die UNESCO um internationale Zusammenarbeit (J 1984)

**K**ommunist kann einer nur werden, wenn er sein Gedächtnis um alle Schätze bereichert, die von der Menschheit gehoben worden sind.

*Wladimir Iljitsch Lenin*

**W**ir müssen wissen. Wir werden wissen.

*David Hilbert*

**D**ie Gefahr der Selbstausrottung, welche der gesamten Menschheit droht, falls ein zukünftiger Krieg zur Anwendung solcher Bomben in größerer Zahl führen sollte, kann man nicht ernst genug nehmen; keine Phantasie vermag sich die Folgen auszumalen.

Eine überaus eindringliche Friedensmahnung liegt in den 80 000 Toten von Hiroshima, den 40 000 Toten von Nagasaki für alle Völker, vornehmlich für ihre verantwortlichen Staatsmänner.

*Max Planck*

**I**ch bin überzeugt, daß das Studium der Naturwissenschaften, das Erlernen der wissenschaftlichen Methodik durch weite Kreise letzten Endes der Menschheit bei der Lösung der großen gesellschaftlichen und politischen Probleme helfen wird.

*Linus Pauling*



# Verzeichnis der Abkürzungen

Äg	Ägypten	GB	Großbritannien	Na	Nauru	Sp	Spanien
Al	Albanien	Gi	Gibraltar	Neus	Neuseeland	SU	Sowjetunion
An	Antigua	Gr	Griechenland	Nie	Niederlande	Sy	Syrien
Ar	Argentinien	Gre	Grenada	Nig	Nigeria	Togo	Togo
Arab	Saudi-Arabien	Grö	Grönland	Nik	Nikaragua	Tun	Tunesien
As	Ascension	Ho	Honduras	No	Norwegen	Tü	Türkei
ATA	Australisches Antarktisches Territorium	I	Italien	Ö	Österreich	U	Ungarn
Äth	Äthiopien	IM	Isle of Man	Oman	Oman	UNO/G	UNO/Genf
Aus	Australien	Ind	Indien	P	Polen	UNO/N	UNO/New York
B	Belgien	Ir	Irland	Pak	Pakistan	UNO/W	UNO/Wien
Ber	Bermudas	Irak	Irak	Pan	Panama	USA	Vereinigte Staaten von Amerika
Bra	Brasilien	Iran	Iran	Par	Paraguay	VAE	Vereinigte Arabische Emirate
BRD	Bundesrepublik Deutschland	Is	Island	Peru	Peru	Vat	Vatikan
Bul	Bulgarien	Isr	Israel	PN	Papua-Neuguinea	Ve	Venezuela
Bur	Burundi	J	Japan	Por	Portugal	Vi	Vietnam
C	Ceylon	Ja	Jamaika	R	Rumänien	WB	Berlin (West)
Ch	China	Je	Jersey	Rw	Rwanda	Zyp	Zypern
Co	Cookinseln	Ju	Jugoslawien	S	Schweden		
CS	Tschechoslowakei	K	Kuba	Sch	Schweiz		
Da	Dahomey	Ka	Kanada	Se	Senegal		
DDR	Deutsche Demokratische Republik	Kol	Kolumbien	SM	San Marino		
Dk	Dänemark	Kon	Kongo				
Do	Dominikanische Republik	Kos	Kostarika				
DR	Deutsches Reich	Li	Liechtenstein				
ES	El Salvador	Lib	Liberia				
F	Frankreich	Lu	Luxemburg				
Fa	Falklandinseln/ Malwinen	M	Marokko				
Fi	Finnland	Mali	Mali				
		Mau	Mauretanien				
		Mex	Mexiko				
		Mo	Monaco				
		Moc	Moçambique				
		Mon	Mongolei				

Die Autoren verdanken ihre Informationen u. a. der Lektüre von Publikationen der Autoren

H. Bauer, H. Bechstein, A. Beguin, I. Benedek, H. Berndt, E. H. Berninger, E. Beuschold, H. Beyer, K. R. Biermann, M. Biskup, B. Brentjes, S. Brentjes, E. J. Browne, G. Buchheim, M. Buhr, K. Bürger, W. F. Bynum, W. Conrad, M. Dautmas, H.-H. Dehmel, A. Dick, J. Dobrzycki, F. Engels, S. Engels, E. Fabian, E. Fellmann, M. Franke, W. Friebe, K. Friese, E. Fründt, W. Gaude, H. Geiss, W. Genschorek, W. Göbel, D. Goetz, H. Grötzsch, M. Guntau, Gerhard Harig, Georg Harig, K. Heinig, H.-J. Heintze, J. Hemleben, A. Hermann, F. Herneck, D. B. Herrmann, J. Herrmann, E. N. Hiebert, H. Hille, P. Hossfeld, H.-J. Ilgauds, I. Jahn, F. Jürß, A. P. Juschkewitsch, H.-D. Kahlke, E. Kaiser, H. Kant, J. Karpinski, I. Kästner, B. Kéki, C. Graf v. Klinckowstroem, P. Kirchberg, H. Klare, W. Kleinwächter, E. Klengel-Brandt, M. Kline, W. Köhler, H.-G. Körber, W. Krämer, G. Kröber, J. Kuczynski, I. Kupčik, W. Langenbeck, W. I. Lenin, R. Löther, K. Marx, S. Marx, S. F. Mason, H. Meschkowski, H. Mielke, S. R. Mikulinskij, A. Mittasch, H. Mochmann, H.-H. Müller, R. Nabielek, H.-D. Naumann, A. Neubauer, S. Neufeld, A. Nowak, W. Palm, H. Pauke, W. Pfau, W. Plesse, R. Porter, F. Raaz, E. Rehbein, S. Richter, C. A. Ronan, H.-J. Rock, D. Rux, J. Sajner, J. Sarkady, W. L. Schaaf, W. Schirmer, T. Schramm, P. Schreiber, W. Schreier, E. Schröder, H. Schwann, S. W. Schuchardin, K. Senglaub, R. Sonnemann, W. Spröte, R. Stolz, M. Strich, I. Strube, D. J. Struik, R. Taton, U. Troitzsch, D. Tutzke, G. Ürögdi, P. Vandenberg, K. Vogel, B. L. van der Waerden, W. Weber, J. Wickert, H. H. Wille, A. Windelband, K. Winnacker, I. Winter, S. Wollgast, H. Wünsche, H. Zimmermann, G. Zirnstein, G. A. Zischka und W. Zöllner.

Weiterhin wurden Nachschlagewerke der Verlage VEB F. A. Brockhaus (Leipzig), VEB Bibliographisches Institut (Leipzig), Charles Scribner's Sons (New York) und transpress VEB Verlag für Verkehrswesen (Berlin) verwendet.

Als unverzichtbare Informationsquelle dienten die Lipsia Kataloge.

## Statt eines Literaturverzeichnisses

# Personenregister

Die *kursiv* gedruckten Seitenzahlen verweisen  
auf die Bildunterschriften.

## A

Abälard, Peter (1079–1142) 55  
Abel, Niels Henrik (1802–1829) 140, 140  
Abu-l-Wafa (940–997/98) 46, 47  
Adams, John Couch (1819–1892) 143  
Adelard von Bath (1090–1160) 49  
Agricola, Georg (1494–1555) 72, 72  
Ahmes (17. Jh. v. u. Z.) 21  
Airy, George Biddell (1801–1892) 152  
al-Battani (ca. 858–929) 46  
Albert, Prinz von Sachsen-Coburg und Gotha (1819–1861)  
158  
Alberti, Leon Battista (1404–1472) 61, 65  
Albertus Magnus, eigentl. Albert Graf von Bollstädt (1206/07  
bis 1280) 51, 55, 60  
al-Biruni (973–1048) 46  
al-Bitruji (gest. um 1200) 46  
al-Chwarizmi, Abu Ja'far Muhammed ibn Musa (gest. um 850)  
39, 46, 49  
Aldrin, Edwin (geb. 1930) 211  
Aldrovandi, Ulysse (1522–1605) 84  
Alembert, Jean le Rond d' (1717–1783) 92, 117, 117  
Alexander II. von Mazedonien, der Große (356–323 v. u. Z.)  
31, 31, 43  
al-Farabi (ca. 870–950/51) 46, 49  
al-Farasi (gest. 1320) 47  
al-Farghani (gest. nach 861) 46  
Alfonso X. von Kastilien, der Weise (1221–1284) 49  
al-Hayyam (ca. 1048– ca. 1131) 46, 47  
Alhazen *siehe* Ibn al-Haitham  
al-Idrisi (1100–1166) 48, 48  
al-Kindi (um 800–um 870) 46  
Alkuin von York (ca. 735–804) 53  
al-Mas'udi (gest. um 957) 48  
Alpetragius *siehe* al-Bitruji  
al-Qalasadi (1412–1486) 46  
Alströmer, Jonas (1685–1761) 114  
al-Tusi (1201–1274) 46, 46  
Amenhotep (14. Jh. v. u. Z.) 20  
Ampère, André Marie (1775–1836) 132, 136, 136

Amundsen, Roald (1872–1928) 176, 177, 177  
Anaxagoras von Klazomenai (ca. 500– ca. 428 v. u. Z.) 29  
Anaximandros (ca. 611–ca. 545 v. u. Z.) 27  
Anderson, Carl David (geb. 1905) 202  
Andrée, Salomon August (1854–1897) 176, 176  
Anthemios von Tralleis (gest. 534) 37  
Apollonios von Perge (ca. 262– ca. 190 v. u. Z.) 31, 35, 49  
Arago, François (1786–1853) 135, 142, 143  
Archimedes von Syrakus (ca. 287–212 v. u. Z.) 32, 32, 38, 49, 89  
Ardenne, Manfred von (geb. 1907) 201  
Argelander, Friedrich Wilhelm August (1799–1875) 141  
Aristarchos von Samos (ca. 310– ca. 230 v. u. Z.) 32, 35, 35  
Aristoteles (384–322 v. u. Z.) 30, 30, 31, 33, 35, 37, 38, 48, 49,  
55, 55, 56, 59, 71, 83, 83, 94, 104, 174, 185  
Armstrong, Neil (geb. 1930) 211, 211  
Arrhenius, Svante (1859–1927) 178  
Artin, Emil (1898–1962) 193  
Aryabhata (geb. 476) 43, 44  
Asklepiades von Bithynien (ca. 130– ca. 40 v. u. Z.) 33  
Asper, Jean (1499–1571) 84  
As-Sufi (903–986) 46  
Atahualpa (ca. 1502–1533) 78  
Auer von Welsbach, Carl (1858–1929) 163  
August II., der Starke (1670–1733) 108  
Augustinus (354–430) 52, 52  
Augustus, erster römischer Kaiser (63 v. u. Z.–14 u. Z.) 34  
Averroes *siehe* Ibn Ruschd  
Avicenna *siehe* Ibn Sina  
Avogadro, Amedeo (1776–1856) 131

## B

Baade, Wilhelm Heinrich Walter (1893–1960) 203  
Babbage, Charles (1792–1871) 213  
Bacon, Francis (1561–1626) 24, 90, 104, 104  
Bacon, Roger (ca. 1219– ca. 1292) 55, 57, 60  
Baekeland, Leo Hendrik (1863–1944) 171, 171  
Baily, Francis (1774–1844) 97  
Balbao, Vasco Núñez de (ca. 1475–1517) 78  
Banach, Stefan (1892–1945) 193  
Banting, Frederick Grant (1891–1941) 191  
Bardeen, John (geb. 1908) 213  
Beccaria, Giambatista (1716–1781) 142  
Béclère, Antoine (1856–1939) 179  
Becquerel, Henri (1852–1908) 180, 180  
Beda Venerabilis (672–735) 53  
Beebe, William (1877–1962) 192  
Behaim, Martin (1459–1507) 85  
Behring, Emil von (1854–1917) 168, 168

- Bell, Alexander Graham (1847–1922) 151, 151  
 Bellingshausen, Fabian Gottlieb von (Faddei Faddejewitsch) (1779–1852) 153, 176  
 Belon, Pierre (1517–1564) 84  
 Beltrami, Eugenio (1835–1900) 138  
 Benedikt von Nursia (ca. 480– ca. 550) 52  
 Benz, Carl Friedrich (1844–1929) 165, 165  
 Berblinger, Albrecht Ludwig (1770–1829) 175  
 Bering, Vitus (1681–1741) 110  
 Bernal, John Desmond (1901–1971) 170  
 Bernard, Claude (1813–1878) 148, 148  
 Bernays, Isaac Paul (1888–1977) 193  
 Bernoulli, Jakob (1654–1705) 92, 109  
 Bernoulli, Johann (1667–1748) 92, 109, 115  
 Berthelot, Pierre Eugène Marcellin (1827–1907) 137  
 Berthollet, Claude Louis (1748–1822) 130, 130, 132  
 Berzelius, Jöns Jakob (1779–1848) 131, 131, 137, 148, 171  
 Bessel, Friedrich Wilhelm (1784–1846) 143, 143  
 Best, Charles Herbert (geb. 1899) 191  
 Bhaskara I. (Ende 6./Anfang 7. Jh.) 44  
 Biot, Jean Baptiste (1774–1862) 128  
 Birkeland, Kristian (1867–1917) 173  
 Bjerknes, Vilhelm Frimann Koren (1862–1951) 185, 185  
 Black, Joseph (1728–1799) 124  
 Blenkinsop, John (1783–1831) 124  
 Blériot, Louis (1872–1936) 175  
 Blumenthal, Otto (1876–1944) 193  
 Bock, Hieronymus (1498–1554) 82  
 Boerhaave, Hermann (1668–1738) 96, 107, 107, 114  
 Boethius, Anicius Manlius Severinus (ca. 480–525) 36  
 Bohr, Niels Henrik David (1885–1962) 183, 196, 199  
 Bolivar, Simon (1783–1830) 134  
 Bollstädt, Albert Graf von *siehe* Albertus Magnus  
 Boltzmann, Ludwig (1844–1906) 164, 164, 181  
 Bolyai, Farkas (Wolfgang) (1775–1856) 138  
 Bolyai, János (Johann) (1802–1860) 138, 138  
 Bolzano, Bernard (1781–1848) 140, 174  
 Bonpland, Aimé (1773–1858) 134  
 Booth, James Curtis (1810–1888) 146  
 Borda, Jean Charles (1733–1799) 133  
 Borelli, Giovanni Alfonso (1608–1679) 106, 175  
 Born, Max (1882–1970) 193, 199, 200  
 Bosek, Josef (1782–1835) 125  
 Böttger, Johann Friedrich (1685–1719) 108  
 Botticelli, Sandro (ca. 1445–1510) 62  
 Boulton, Mathew (1728–1809) 124  
 Bourseuil, Charles (1829–1912) 151  
 Boussingault, Jean Baptiste (1802–1887) 144  
 Boyle, Robert (1627–1691) 104, 104, 116  
 Bradley, James (1693–1762) 143  
 Bradwardine, Thomas (ca. 1290–1349) 56  
 Bragg, William Henry Sir (1862–1942) 184, 184, 188  
 Bragg, William Lawrence (geb. 1890) 184, 184  
 Brahe, Tycho (1546–1601) 46, 70, 86, 86, 87, 88  
 Brahmagupta (598–665) 44  
 Bramante, Donato (ca. 1444–1514) 63  
 Brand, Vance (geb. 1931) 211  
 Branly, Edouard (1844–1940) 160  
 Brattain, Walter Houser (geb. 1902) 213  
 Braun, Ferdinand (1850–1918) 161, 194, 201  
 Braun, Wernher von (1912–1977) 211  
 Bravais, Auguste (1811–1863) 184  
 Briggs, Henry (1561–1630) 73  
 Bronn, Heinrich Georg (1800–1862) 145  
 Brugsch, Theodor (1878–1963) 223  
 Brunelleschi, Filippo (1377–1446) 63, 65  
 Brunfels, Otto (ca. 1489–1534) 82  
 Bruno, Giordano (1548–1600) 69, 94  
 Buch, Leopold von (1774–1853) 127  
 Buchner, Eduard (1860–1917) 172  
 Buddha, eigentl. Siddharta Gautama (ca. 550–480 v. u. Z.) 43  
 Budinin 146  
 Buffon, Georges Louis Leclerc Comte de (1707–1788) 92, 126, 126, 127  
 Bunsen, Robert Wilhelm Eberhard (1811–1899) 152  
 Bürgi, Jo(o)st (1552–1632) 73, 87, 87  
 Buridan, Johannes (ca. 1295– ca. 1358) 56  
 Butlerow, Aleksander Michailowitsch (1826–1886) 147, 147  
 Bykowski, Waleri Fjodorowitsch (geb. 1934) 209  
 Bylica, Marcin von Olkusz 66  
 Byrd, Richard Evelyn (1888–1957) 177, 177
- ## C
- Cabeza de Vaca, Alvar Nuñez (gest. nach 1564) 81  
 Cabot, John (ca. 1455– ca. 1499) 81  
 Cabot, Sebastian (ca. 1476–1557) 81  
 Cabral, Pedro Alvarez (ca. 1467– ca. 1526) 75  
 Caesar, Gajus Julius (100–44 v. u. Z.) 34, 36, 36  
 Caillié, René (1799–1838) 153  
 Calvin, Johann (1509–1564) 71  
 Camerarius, Rudolph Jacob (1665–1721) 114  
 Cantor, Georg (1845–1918) 174  
 Cardano, Girolamo (1501–1576) 63  
 Carnot, Lazare Nicolas Marguerite (1753–1823) 130, 130  
 Carnot, Nicolas Léonard Sadi (1796–1832) 164  
 Carothers, Wallace Hume (1896–1937) 195  
 Carter, Howard (1873–1939) 20

Cartier, Jacques (1491–1557) 81, 81  
 Cauchy, Augustin Louis (1789–1857) 132, 140  
 Cavendish, Henry (1731–1810) 128, 131  
 Caventou, Jean Bienaimé (1795–1877) 137  
 Cayley, Arthur (1821–1895) 138  
 Celsius, Anders (1701–1744) 120, 120  
 Chadwick, James (1891–1974) 202  
 Chain, Ernest Boris (geb. 1906) 191  
 Chambers, Ephraim (ca. 1680–1740) 117  
 Champlain, Samuel (ca. 1567–1635) 81  
 Champollion, Jean François (1790–1832) 16  
 Chappe, Claude (1763–1805) 130, 130  
 Chardonnet, Hilaire Graf Bernigaud de (1839–1924) 173  
 Charles, Jacques Alexandre César (1746–1823) 128  
 Châtelet, Marquise de (1706–1749) 118  
 Cheops, altägyptischer König (um 2700 v. u. Z.) 19, 21  
 Chlodwig I., Merowingerkönig (466–511) 52  
 Cicero, Marcus Tullius (106–43 v. u. Z.) 33, 38  
 Cid (gest. 1099) 49  
 Clausius, Rudolf (1822–1888) 164  
 Cockroft, John Douglas (1897–1967) 202  
 Colbert, Jean Baptiste (1619–1683) 100, 100  
 Collins, Michael (geb. 1930) 211  
 Colombo, Christoforo *siehe* Kolumbus  
 Colón, Christóbal *siehe* Kolumbus  
 Compton, Arthur Holly (1892–1962) 200  
 Cook, Frederik Albert (1865–1940) 134, 153, 176  
 Cook, James (1728–1799) 112, 112, 113, 113  
 Copernicus, Nicolaus (1473–1543) 19, 35, 35, 46, 66, 66, 68, 68, 69, 69, 70, 73, 85, 86, 87, 94, 95, 116, 143, 157  
 Coronelli, Vincenzo Maria (1650–1718) 85  
 Cortés, Hernán (1485–1547) 78, 79  
 Coulomb, Charles Augustin (1736–1806) 121, 121, 135  
 Courant, Richard (1888–1972) 193  
 Cranach, Lucas d. Ä. (1472–1553) 71  
 Crookes, William (1832–1919) 179  
 Cugnot, Nicolas Joseph (1725–1804) 125, 125  
 Curie, Marie (1867–1934) 170, 170, 179, 180, 180, 196, 197, 225  
 Curie, Pierre (1859–1906) 170, 170, 180, 180, 196  
 Cusanus *siehe* Nicolaus Cusanus  
 Cuvier, Georges (1769–1832) 126, 126, 127

## D

Daguerre, Louis Jacques Mandé (1787–1851) 142, 142  
 Daimler, Gottlieb (1834–1900) 165, 165  
 Dalton, John (1766–1844) 131  
 Dampier, William (1651–1715) 113  
 Dante Alighieri (1265–1321) 59, 59

Darwin, Charles Robert (1809–1882) 127, 145, 145  
 Darwin, Erasmus (1731–1802) 127  
 Davy, Humphry (1778–1829) 135  
 Debye, Peter (1884–1966) 184  
 Dedekind, Richard (1831–1916) 174, 174  
 Demokrit von Abdera (ca. 460– ca. 370 v. u. Z.) 27, 27, 36, 42, 47, 59  
 Desargues, Girard (1591–1661) 98  
 Descartes, René du Perron (1596–1650) 47, 92, 93, 98, 98, 99, 100, 104, 106, 122, 185  
 Dias, Bartolomëu (ca. 1450–1500) 75, 75, 77  
 Dickson, J. T. 195  
 Diderot, Denis (1713–1784) 92, 117, 117, 122  
 Diesel, Rudolf (1858–1913) 164  
 Dietrich von Freiberg (ca. 1250– ca. 1310) 57  
 Diophantos von Alexandria (um 250 u. Z.) 31  
 Dioskorides (1. Jh. u. Z.) 59  
 Diviš, Prokop (1698–1765) 121  
 Djoser, altägyptischer König (um 2780 v. u. Z.) 20  
 Döbereiner, Johann Wolfgang (1780–1849) 171  
 Doliwo-Dobrowolski, Michail Ossipowitsch (1862–1919) 162  
 Dom Enrique el Navegador *siehe* Heinrich der Seefahrer  
 Draï, K. F. Freiherr Draï von Sauerbronn (1785–1851) 165  
 Drake, Edwin Laurentine 146  
 Drake, Sir Francis (ca. 1540–1596) 110, 110  
 Dulong, Pierre Louis (1785–1838) 132  
 Dumas, Jean Baptiste André (1800–1884) 132  
 Dunant, Henri (1828–1910) 167  
 Dürer, Albrecht (1471–1528) 63, 65, 65, 71, 82, 84

## E

Edison, Thomas Alva (1847–1931) 146, 162, 163, 163, 194  
 Ehrenberg, Christian Gottfried (1795–1876) 134  
 Ehrlich, Paul (1854–1915) 168, 168, 173  
 Einstein, Albert (1879–1955) 136, 181, 182, 182, 183, 183, 189, 193, 199, 200, 225  
 Eisenbart, Johann Andreas (1663–1727) 106  
 Elcano, Juan Sebastián de (ca. 1486–1526) 81, 81  
 Elisabeth I., Königin von England (1533–1603) 110, 110  
 Engels, Friedrich (1820–1895) 60, 129, 154, 190  
 Eötvös, Loránd von (1848–1919) 185, 185  
 Epikur (342/41–271/70 v. u. Z.) 36, 59  
 Erasistratos von Kos (um 300–240 v. u. Z.) 33  
 Erasmus von Rotterdam, eigentl. Gerard Gerards (1469 bis 1536) 62  
 Eratosthenes von Kyrene, ca. 276– ca. 195 v. u. Z. 31, 33  
 Eric der Rote (ca. 950– ca. 1002) 58  
 Eriugena, Johannes *siehe* Scottus

Escher, Maurits Cornelis (1898–1972) 193  
Eudoxos von Knidos (ca. 400– ca. 347 v. u. Z.) 30, 35  
Euklid (ca. 365– ca. 300 v. u. Z.) 31, 46, 49, 59, 65, 68, 98, 138  
Euler, Johann Albrecht (1734–1800) 115  
Euler, Leonhard (1707–1783) 92, 115, 115, 116  
Eyck, Jan van (ca. 1390–1441) 65  
Eyde, Sam (1866–1940) 173

## F

Fahrenheit, Daniel Gabriel (1686–1736) 120  
Faraday, Michael (1791–1867) 135, 136, 154, 160, 164  
Farnsworth, Philo T. (1906–1971) 201  
Fauchard, Pierre (1678–1761) 107, 107  
Faust, Johannes (ca. 1480– ca. 1540) 71, 71  
Ferdinand II., der Katholische, König von Sizilien und Aragonien (1452–1516) 76, 77  
Fermat, Pierre de (1601–1665) 98, 100  
Fermi, Enrico (1901–1954) 199  
Fetti, Domenico (ca. 1588–1624) 32  
Fischer, Emil (1852–1919) 170  
Fizeau, Armand Hippolyte Louis (1819–1896) 143  
Flamsteed, John (1646–1719) 102  
Fleming, Sir Alexander (1881–1955) 191, 191  
Fleming, John Ambrose (1849–1945) 194  
Flinders, Matthew (1774–1814) 113  
Florey, Howard Walter (1898–1968) 191  
Fontenelle, Bernard le Bouyer de (1657–1757) 100  
Ford, Henry (1863–1947) 165  
Forest, Lee de (1873–1961) 194, 194  
Forster, Georg Adam (1754–1794) 112, 134  
Foucault, Jean Bernard Léon (1819–1868) 143, 143  
Fourcroy, Antoine François de (1755–1809) 130  
Fracastoro, Girolamo (ca. 1478–1553) 106  
Franck, James (1882–1964) 193, 199, 199  
Franklin, Benjamin (1706–1790) 111, 111, 121, 121, 133  
Franz von Assisi (ca. 1181–1226) 53  
Franz Ferdinand (Erzherzog von Österreich) (1863–1914) 187  
Fraunhofer, Joseph (1787–1826) 141, 152  
Fresnel, Augustin Jean (1788–1827) 132  
Friedmann, Alexander Alexandrowitsch (1888–1925) 204  
Friedrich I., König von Preußen (1657–1713) 108  
Friedrich II., deutscher Kaiser (1194–1250) 49  
Friedrich II., König von Preußen (1712–1786) 115  
Friedrich III., der Weise, Kurfürst von Sachsen (1463–1525) 71  
Frisch, Otto Robert (1904–1979) 197  
Frobisher, Martin (ca. 1535–1594) 81, 81  
Fuchs, Leonhart (1501–1566) 82

Füchsel, Georg Christian (1722–1773) 127  
Fugger, Jakob (1459–1525) 73  
Fulton, Robert (1765–1815) 125, 125  
Funk, Casimir (1884–1967) 172

## G

Gagarin, Juri Aleksejewitsch (1934–1968) 209, 209  
Galen (ca. 129– ca. 200) 33, 83, 106  
Galilei, Galileo (1564–1642) 69, 87, 88, 92, 92, 93, 94, 94, 95, 95, 97, 97, 99, 99, 100, 101, 102, 102, 104, 116, 120, 174, 208  
Galle, Johann Gottfried (1812–1910) 143  
Galois, Evariste (1811–1832) 140, 140  
Galvani, Luigi (1737–1798) 121, 121, 135, 136, 206  
Gama, Vasco da (1469–1524) 75, 75  
Gauß, Carl Friedrich (1777–1855) 119, 138, 138, 139, 139, 141, 153, 154, 177  
Gay-Lussac, Louis Joseph (1778–1850) 128, 131, 132  
Geißler, Johann Heinrich Wilhelm (1815–1879) 179  
Gerbert von Aurillac, Papst in Rom (ca. 940–1003) 49  
Gerhard von Cremona (1114–1187) 49  
Gerstner, Franz Josef Ritter von (1756–1832) 132  
Gesner, Konrad von (1516–1565) 84, 84  
Giotto, eigentl. Giotto di Bondone (ca. 1266–1337) 65  
Glauber, Johann Rudolf (1604–1668) 105  
Glenn, John Herschel (geb. 1921) 209  
Goddard, Robert Hutchings (1882–1945) 208, 211  
Goebel, Heinrich (1818–1893) 163  
Goethe, Johann Wolfgang (1749–1832) 50, 69, 71, 130, 191  
Goldstein, Eugen (1850–1930) 179  
Goncalves, Nuno 74  
Gottsched, Johann Christoph (1700–1766) 69  
Graebe, Carl (1841–1927) 173  
Gramme, Zénobe Theophile (1826–1901) 162, 162  
Gregor XIII., Papst seit 1572 (1502–1585) 36  
Grignard, Victor (1871–1935) 170, 170  
Grimmelshausen, Hans Jakob Christoffel von (ca. 1622–1676) 89, 89  
Grosseteste, Robert (ca. 1168–1253) 57  
Grottefend, Georg Friedrich (1775–1853) 16  
Grotius, Hugo (1583–1645) 93  
Guericke, Otto von (1602–1686) 99, 99, 104, 121  
Guldberg, Cato Maximilian (1836–1902) 178  
Guo Shoujing (1231–1316) 42  
Gur-Emir (15. Jh.) 45  
Gutenberg, Johann, eigentl. Johannes Gensfleisch zum Gutenberg (ca. 1397–1468) 64, 64

## H

Haber, Fritz (1868–1934) 171  
Hahn, Otto (1879–1968) 197, 197, 199, 200, 206  
Hale, George Ellery (1868–1938) 203, 203  
Hall, Charles Martin (1863–1914) 173  
Haller, Albrecht von (1708–1777) 92, 107, 107  
Halske, Johann Georg (1814–1890) 155  
Hamilton, William Rowan (1805–1865) 140  
Hammurapi (ca. 1728–1686 v. u. Z.) 22, 22  
Harding, Carl Ludwig (1765–1834) 141  
Hardouin-Mansart, Jules (1646–1708) 100, 100  
Harrison, John (1693–1776) 101  
Harun ar-Raschid, seit 786 Kalif in Bagdad (ca. 765–809) 45  
Harvey, William (1578–1657) 83, 106  
Haworth, Walter Norman (1883–1950) 172  
Heidenhain, Rudolf (1834–1897) 168  
Heine, Heinrich (1797–1856) 24  
Heinrich VIII., König von England (1491–1547) 81  
Heinrich der Seefahrer (1394–1460) 74, 74  
Heisenberg, Werner Karl (1901–1976) 199, 200, 202  
Helmholtz, Hermann von (1821–1894) 160, 160, 164, 164, 188  
Helmont, Johann Baptist van (1579–1644) 93, 93, 106  
Helvétius, Claude Adrien (1715–1771) 117  
Henckel, Johann Friedrich (1679–1744) 116  
Heraklit von Ephesos (ca. 540– ca. 480 v. u. Z.) 27  
Heron von Alexandria (um 100 u. Z.) 31, 34  
Heron von Byzanz (10. Jh.) 37  
Herophilus von Chalkedon (geb. ca. 330 v. u. Z.) 33  
Hérault, Paul-Louis Toussaint (1863–1914) 173  
Herschel, Friedrich Wilhelm (1738–1822) 97, 97, 119, 141, 181  
Herschel, John Frederick William (1792–1871) 97, 119, 141  
Hertz, Heinrich Rudolf (1857–1894) 160, 160, 161, 181, 188, 194  
Hertzprung, Ejnar (1873–1967) 186  
Hess, Viktor Franz (1883–1964) 185, 185  
Hevelius, Johannes (1611–1687) 97  
Hieron II., Herrscher von Syrakus (3. Jh. v. u. Z.) 32  
Hilbert, David (1862–1943) 169, 174, 193, 225, 226  
Hildegard von Bingen (1098–1179) 53, 57  
Hipparchos von Nikaia (ca. 190–125 v. u. Z.) 35, 35, 70  
Hippokrates von Kos (ca. 460– ca. 370 v. u. Z.) 27, 33  
Hippokrates von Chios (um 440 v. u. Z.) 28  
Hittorf, Johann Wilhelm (1824–1914) 179  
Hoff, Jacobus Henricus van't (1852–1911) 178, 178  
Hohenheim, Theophrastus Bombastus von *siehe* Paracelsus  
Hollerith, Hermann (1860–1929) 213  
Homer (vermutl. 8. Jh. v. u. Z.) 26  
Hooke, Robert (1635–1702) 96, 104  
Hrabanus Maurus (ca. 776–856) 53

Hubble, Edwin Powell (1889–1953) 203, 204  
Huggins, William (1824–1910) 152  
Hülsmeyer, Christian (1881–1957) 194, 194  
Humboldt, Alexander von (1769–1859) 112, 127, 134, 134, 139, 153, 154, 185  
Humboldt, Wilhelm von (1767–1835) 38, 134  
Hus, Jan (ca. 1371–1415) 62  
Hutten, Ulrich von (1488–1523) 90  
Hutton, James (1726–1797) 127  
Huygens, Christiaan (1629–1695) 93, 100, 101, 101, 104  
Hypatia (ca. 370–415 u. Z.) 36

## I

Ibn al-Haitham (ca. 965– ca. 1039) 46, 47, 47  
Ibn al-Nafis (1210–1288) 47  
Ibn Ruschd (1126–1198) 46, 49, 49, 55, 55  
Ibn Sina (980–1037) 47, 48, 49, 55, 59  
Imhotep (um 2750 v. u. Z.) 20  
Innozenz XII., Papst seit 1691 (1615–1700) 96  
Isabella II., die Katholische (1451–1504) 76, 77  
Isidoros von Milet (um 520 u. Z.) 37  
Iwanenko, Dmitri Dmitrijewitsch (geb. 1904) 202

## J

Jacobi, Carl Gustav Jacob (1804–1851) 132, 140  
Jacquard, Joseph Marie (1752–1834) 129  
Jadwiga, Frau des polnischen Königs Jagiello 54  
Jagiello, Großfürst von Litauen, als Władysław II. seit 1386  
König von Polen (ca. 1351–1434) 54  
Janszen, Jan (gest. ca. 1619) 96  
Janszen, Zacharias (1588– ca. 1631) 96, 97  
Jefferson, Thomas (1743–1826) 111, III, 122  
Jesajas (2. Hälfte 8. Jh. v. u. Z.) 62  
Jesus (um 4 v. u. Z.–um 30 u. Z.) 37, 52  
Johannes Philoponus (6. Jh. u. Z.) 56  
Johannes von Gmunden (1384–1444) 67  
Johannes von Sevilla (gest. ca. 1153) 49  
Joliot-Curie, Frédéric (1900–1958) 197, 199, 200  
Joliot-Curie, Irène (1897–1956) 197  
Jolly, Philipp Johann Gustav von (1809–1884) 183  
Joule, James Prescott (1818–1889) 164

## K

Kaendler, Johann Joachim (1706–1775) 108  
Kamel, Joseph (1661–1706) 105  
Kant, Immanuel (1724–1804) 118, 118, 119

Karl der Große, Kaiser des Frankenreiches (742–814) 52, 53  
 Karl IV., deutscher Kaiser seit 1355 (1316–1378) 54  
 Karl V., deutscher Kaiser von 1519 bis 1556 (1500–1558) 71, 73, 78  
 Katharina II., russische Zarin seit 1762 (1729–1796) 115  
 Kekulé von Stradonitz, Friedrich August (1829–1896) 147, 147  
 Kelvin of Largs (eigentl. William Thomson) (1824–1907) 120  
 Kennedy, John Fitzgerald, Präsident der USA (1917–1963) 211  
 Kepler, Johannes (1571–1630) 46, 47, 69, 73, 73, 87, 88, 88, 89, 89, 94, 97, 116, 142, 208  
 Kier, Samuel M. 146  
 Kiliani, Heinrich (1855–1945) 173  
 Kircher, Athanasius (ca. 1601–1680) 142  
 Kirchhoff, Gustav Robert (1824–1887) 135, 152, 152  
 Klein, Christian Felix (1849–1925) 138  
 Kleopatra, ägyptische Königin seit 51 (69–30 v. u. Z.) 31  
 Koch, Robert (1843–1910) 159, 166, 166  
 Kolbe, Hermann (1818–1884) 137  
 Kolhörster, Werner (1887–1946) 185  
 Kolmogorow, Andrej Nikolajewitsch (1903–1987) 193  
 Kolumbus, Christoph (1451–1506) 58, 67, 76, 76, 77, 77, 78, 81, 85  
 Kolumbus, Sebastian 81  
 Konfuzius (551–479 v. u. Z.) 50  
 Konrad von Megenberg (1309–1374) 57  
 Koroljow, Sergej Pawlowitsch (1907–1966) 209, 209  
 Kowalewskaja, Sonja Wassiljewna (1850–1891) 174  
 Kremer *siehe* Mercator  
 Krupskaja, Nadeshda Konstantinowna (1869–1939) 188  
 Ktesibios (möglicherweise 2. Jh. v. u. Z.) 34  
 Kubassow, Waleri Nikolajewitsch (geb. 1935) 211  
 Kulik, L. A. (1883–1942) 185  
 Kurtschatow, Igor Wassiljewitsch (1903–1960) 199, 199  
 Kyrill (ca. 827–869) 37  
 Kyros II., König von Persien seit 559 v. u. Z. (gest. 529 v. u. Z.) 18

## L

Lagrange, Joseph Louis (1736–1813) 119, 119, 132, 133  
 Lamarck, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet de (1744 bis 1829) 126, 127  
 Lambert, Johann Heinrich (1728–1777) 119  
 Landau, Edmund (1877–1938) 193  
 Landsteiner, Karl (1868–1943) 191, 191  
 Langen, Eugen (1833–1895) 156  
 Langevin, Paul (1872–1946) 225  
 Laplace, Pierre Simon (1749–1827) 115, 119, 119, 132, 133, 141

Lasker, Emanuel (1868–1941) 193  
 Laue, Max von (1879–1960) 184, 184  
 Lavoisier, Antoine Laurent (1743–1794) 104, 131, 131  
 Lawrence, Ernest Orlando (1901–1958) 202  
 Lebedew, Pjotr Nikolajewitsch (1866–1912) 181  
 Leeuwenhoek, Antoni van (1632–1723) 96, 96  
 Leibniz, Gottfried Wilhelm (1646–1716) 91, 92, 109, 109, 115, 157, 185  
 Leif Ericson (10./11. Jh.) 58, 58  
 Lenin, Wladimir Iljitsch (1870–1924) 183, 190, 190, 221, 226  
 Lenoir, Jean Joseph Etienne (1822–1900) 156, 164, 165  
 Leonardo da Vinci (1452–1519) 63, 63, 65, 90, 175  
 Leonardo Fibonacci von Pisa (ca. 1180–ca. 1250) 57  
 Leonow, Aleksej Archipowitsch (geb. 1934) 211  
 Leukippos (um 440 v. u. Z.) 27  
 Le Verrier, Urbain Jean Joseph (1811–1877) 69, 143, 143  
 Levi ben Gerson (1288–1344) 87  
 Li Bing (3. Jh. v. u. Z.) 41  
 Li Shizhen (1518–1593) 41  
 Lieben, Robert von (1878–1913) 194, 194  
 Liebermann, Carl (1842–1914) 173  
 Liebig, Justus von (1803–1873) 144, 144, 147, 148, 148  
 Lilienthal, Gustav (1849–1933) 175  
 Lilienthal, Otto (1848–1896) 175, 175  
 Lindbergh, Charles (1902–1974) 207  
 Linnaeus, Carl *siehe* Linné, Carl von  
 Linné, Carl von (1707–1778) 92, 92, 114, 114, 126  
 Lippersheim (oder Lippershey), Johannes (ca. 1572–ca. 1640) 97  
 Livingstone, David (1813–1873) 153, 153  
 Ljapunow, Aleksandr Michailowitsch (1857–1918) 169  
 Lobatschewski, Nikolai Iwanowitsch (1792–1856) 138, 138  
 Loewi, Otto (1873–1961) 172  
 Lomonossow, Michail Wassiljewitsch (1711–1765) 92, 116, 116, 122  
 Lorentz, Hendrik Antoon (1853–1928) 182  
 Ludwig XIV., König von Frankreich, der »Sonnenkönig« (1638–1715) 85, 100, 100  
 Ludwig, Carl (1816–1895) 148, 168  
 Lulio, Raimondo (Ramón Lullus) (ca. 1232–1316) 109  
 Lullus *siehe* Lulio, Raimondo  
 Lundberg 177  
 Luther, Martin (1483–1546) 71, 71, 78  
 Lyell, Charles (1797–1875) 127

## M

Magellan, Fernando (ca. 1480–1521) 81, 81, 113  
 Mahavira *siehe* Wardhamana

Maimonides, eigentl. Rabbi Moses ben Maimon (ca. 1135 bis 1204) 49, 55  
 Malpighi, Marcello (1628–1694) 96, 96  
 Malus, Etienne Louis (1775–1812) 132  
 Marconi, Guglielmo (1874–1937) 161, 161, 194  
 Marcus, Siegfried (1831–1898) 165, 165  
 Marggraf, Andreas Sigismund (1709–1782) 105  
 Mariotte, Edme (ca. 1620–1684) 104  
 Martin, Archer John Porter (geb. 1910) 172  
 Martin, Emile 156  
 Martin, Pierre (1824–1915) 156  
 Marx, Karl (1818–1883) 129, 154, 190  
 Matejko, Jan (1838–1893) 66  
 Matthias I. Corvinus, König von Ungarn (1443–1490) 67, 67  
 Maupertuis, Pierre Louis Moreau de (1698–1759) 85  
 Maxwell, James Clerk (1831–1879) 136, 160, 161, 181, 181, 188, 194  
 Maybach, Wilhelm (1846–1929) 165  
 Mayer, Julius Robert (1814–1878) 164  
 Meißner, Alexander (1883–1958) 194  
 Meitner, Lise (1878–1968) 197, 197, 199  
 Melanchthon (eigentl. Schwarzert), Philipp (1497–1560) 71, 71, 90  
 Mendel, Johann Gregor (1822–1884) 149, 149  
 Mendelejew, Dmitri Iwanowitsch (1834–1907) 150, 150  
 Mercator (eigentl. Kremer), Gerard (1512–1594) 41, 85, 85  
 Mersenne, Marin (1588–1648) 100  
 Method (ca. 815–885) 37  
 Metschnikow, Ilja Iljitsch (1845–1916) 168, 168  
 Meyer, Lothar (1830–1895) 150  
 Michael Psellos (1018–1078) 37  
 Michael Scotus (gest. ca. 1235) 49  
 Michaux 165  
 Michelangelo (eigentl. Michelagnolo Buonarroti) (1475 bis 1564) 62  
 Michelson, Albert Abraham (1852–1931) 182, 182  
 Miklucho-Maklaj, Nikolai Nikolajewitsch (1846–1888) 153  
 Millikan, Robert Andrews (1868–1953) 179  
 Milton, John (1608–1674) 102  
 Mitscherlich, Alexander (1836–1918) 173  
 Mittag-Leffler, Magnus Gösta (1846–1927) 174  
 Mittasch, Alwin (1859–1950) 171  
 Mixteca, Prinzessin 79  
 Möbius, August Ferdinand (1790–1868) 140, 140  
 Moivre, Abraham de (1667–1754) 100  
 Monge, Gaspard (1746–1818) 130, 132, 132  
 Montesquieu, Charles Louis de Secondat, Baron de la Brède et de (1689–1755) 117, 117  
 Montgolfier, Jacques Etienne (1745–1799) 128

Montgolfier, Joseph Michel (1740–1810) 128  
 Morse, Samuel Finlay Breese (1791–1872) 136  
 Mufet, Thomas (1553–1604) 84  
 Muhammad (ca. 570–632) 45  
 Müller, Johannes *siehe* Regiomontanus

## N

Nansen, Fridtjof (1861–1930) 176, 176, 177  
 Napier *siehe* Neper, John  
 Napoleon I. (Bonaparte), Kaiser der Franzosen seit 1804 (1779–1821) 119, 125, 130, 132, 132, 135  
 Nebukadnezar II., neubabylonischer König seit 604 v. u. Z. (gest. 562 v. u. Z.) 22, 22  
 Neper, John (1550–1617) 73, 213  
 Nernst, Walther Hermann (1864–1941) 164, 164, 183  
 Neumann, Caspar (1683–1737) 105  
 Newcomen, Thomas (1663–1729) 99, 124, 129  
 Newton, Isaac (1642(43)–1727) 69, 87, 89, 92, 92, 95, 97, 101, 102, 102, 103, 103, 104, 104, 109, 109, 118, 119, 120, 157, 183  
 Nicolaus Cusanus (1401–1464) 66, 66  
 Nicot, Jean (ca. 1530–1604) 82  
 Niépce, Joseph (1765–1833) 142, 142  
 Nikolajew, Andrijan Grigorjewitsch (geb. 1929) 209, 209  
 Nipkow, Paul (1860–1940) 201  
 Nobel, Alfred Bernhard (1833–1896) 167, 167, 168, 173  
 Nobile, Umberto (1885–1978) 177  
 Noether, Amalie Emmy (1882–1935) 193  
 Nonius *siehe* Nuñez, Pedro  
 Nordenskiöld, Adolf Erik (1832–1901) 176, 176  
 Novara, Dominico Maria (1454–1504) 66  
 Nuñez, Pedro (1502–1578) 87

## O

Oberth, Hermann (geb. 1894) 208  
 Oersted, Hans Christian (1777–1851) 136, 136  
 Ohm, Georg Simon (1789–1854) 135, 136  
 Ölbers, Heinrich Wilhelm Matthias (1758–1840) 141  
 Omar Hayyam *siehe* al-Hayyam  
 Oppenheimer, J. Robert (1904–1967) 199  
 Oresme, Nicolaus (ca. 1320–1382) 56  
 Ortelius, Abraham (1527–1598) 85, 85  
 Ostrogradski, Michail Wassiljewitsch (1801–1862) 169, 169  
 Ostwald, Wilhelm (1853–1932) 171, 178, 178  
 Otto, Nikolaus August (1832–1891) 156, 164  
 d'Oviedo y Baldy, Gonzalo Fernández (1478–1557) 82

## P

Pacioli, Luca (ca. 1445–1517) 65  
Papanicolaou, George (1883–1962) 222  
Papin, Denis (1647– ca. 1712) 99, 99, 100  
Pappos von Alexandria (um 320 u. Z.) 65  
Paracelsus, eigentl. Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus von Hohenheim (ca. 1493–1541) 83, 83, 106  
Paré, Ambroise (ca. 1510–1590) 106  
Pascal, Blaise (1623–1662) 73, 98, 98, 99, 99, 100  
Pascal, Etienne (1588–1651) 99  
Pasteur, Louis (1822–1895) 159, 159  
Pauli, Wolfgang (1900–1958) 193  
Pauling, Linus (geb. 1901) 226  
Pawlow, Iwan Petrowitsch (1849–1936) 168, 168  
Payer, Julius Ritter von (1841–1915) 176  
Peary, Robert Edwin (1856–1920) 176  
Pelletier, Pierre Joseph (1788–1842) 137  
Périer 99  
Perikles, athenischer Staatsmann (ca. 494–429 v. u. Z.) 29, 29  
Perkin, William Henry (sen.) (1838–1907) 173  
Perrin, Jean Baptiste (1870–1942) 196  
Perry, Matthew Galbraith (1794–1858) 157, 157  
Peter I., Zar von Rußland seit 1682 (1672–1725) 115  
Petrarca, Francesco (1304–1374) 62, 62  
Petrus Peregrinus (13. Jh.) 57  
Petzval, Josef Max (1807–1891) 142  
Peuerbach, Georg von (1423–1461) 67, 67  
Pheidias, Vater des Archimedes 32  
Phidias, Bildhauer (2. Hälfte d. 5. Jh. v. u. Z.) 25  
Philipp II., König von Spanien seit 1555 (1527–1598) 110  
Philipp II. von Mazedonien (ca. 383–336 v. u. Z.) 29  
Piazzi, Guisepe (1746–1826) 141  
Piccard, Auguste (1884–1962) 192, 192  
Piccard, Jacques (geb. 1922) 192  
Piccard, Jean Félix (1884–1963) 192  
Piri Reis (gest. 1554) 48  
Pizarro, Franzisco (1478–1541) 78, 78, 80  
Planck, Max Karl Ernst Ludwig (1858–1947) 181, 181, 183, 183, 188, 226  
Planté, Gaston Raimond (1834–1889) 162  
Platon (427–348/47 v. u. Z.) 28, 29, 29, 37, 89  
Plinius der Ältere (Gaius Plinius Secundus) (23–79 u. Z.) 33  
Plücker, Julius (1801–1868) 179, 196  
Poincaré, Jules Henri (1854–1912) 138, 138  
Poisson, Siméon Denis (1781–1840) 132  
Polo, Marco (1254– nach 1324) 58, 58, 74  
Polsunow, Iwan Iwanowitsch (1728–1766) 124  
Polykrates von Samos, Tyrann von Samos (gest. 522 v. u. Z.) 28

Pombal, Carvalho e Mello de (1699–1782) 92  
Poncelet, Jean Victor (1788–1867) 132  
Popow, Aleksandr Stepanowitsch (1859–1906) 161, 161  
Popowitsch, Pawel Romanowitsch (geb. 1930) 209  
Poulsen, Valdemar (1869–1942) 194, 201, 201  
Priestley, Joseph (1733–1804) 131, 131  
Proclos Diadochos (ca. 410–485) 36  
Ptolemaios (ca. 100– ca. 170 u. Z.) 23, 35, 35, 39, 46, 48, 49, 59, 66, 67, 68, 69, 70, 75, 85  
Purkyně, Jan Evangelista (1787–1869) 148, 148  
Pythagoras von Samos (ca. 560– ca. 480 v. u. Z.) 28, 28, 41, 89

## Q

Quetelet, Lambert Adolphe Jacques (1796–1874) 169

## R

Raffael (1483–1520) 30  
Raleigh, Sir Walter (ca. 1552–1618) 110, 110  
Ramsay, Sir William (1852–1916) 170, 196, 197  
Ramses II., ägyptischer König seit 1290 (gest. 1224 v. u. Z.) 20  
Ray, John (1627–1705) 114  
Réaumur, René Antoine Ferchault de (1683–1757) 120  
Regiomontanus, Johannes (1436–1476) 66, 67, 67  
Rein, Herbert Richard Paul (1899–1955) 195  
Reinhold, Erasmus (1511–1553) 71  
Reis, Johann Philipp (1834–1874) 151, 151  
Rembrandt, eigentl. Harmensz van Rijn (1606–1669) 93, 93  
Ressel, Joseph (1793–1857) 125  
Rhaeticus, Georg Joachim von Lauchen (1514–1574) 71  
Ribera, Jusepe de (1591–1652) 32  
Ricci, Matteo (1552–1610) 40  
Ricci, Ostilio (1540–1603) 94  
Richards, Theodore (1868–1920) 170  
Richelieu, Armand Jean du Plessis, franz. Staatsmann (1585 bis 1642) 98  
Riemann, Georg Friedrich Bernhard (1826–1866) 138, 169  
Ries, Adam (1492–1559) 72, 73, 73  
Righi, Augusto (1850–1920) 161  
Ritter, Johann Wilhelm (1776–1810) 136, 181  
Roberval, Gilles Personne de (1602–1675) 100  
Robespierre, Maximilien de (1758–1794) 130, 132  
Roemer, Ole Christensen (1644–1710) 97, 97  
Roger II., König der Normannen (1095–1154) 48  
Rondelet, Guillaume (1507–1566) 84  
Röntgen, Wilhelm Conrad (1845–1923) 179, 179, 180  
Rose, Gustav (1798–1873) 134  
Ross, James Clark (1800–1862) 153, 153

Ross, Sir Ronald (1857–1932) 168  
Rousseau, Jean Jacques (1712–1778) 117, 117  
Rowland, Henry Augustus (1848–1901) 152  
Rozier, Jean François Pilatre de (1754–1785) 128  
Rudolph II., deutscher Kaiser seit 1576 (1552–1612) 86, 87, 88,  
88  
Runge, Friedlieb Ferdinand (1795–1867) 137  
Russell, Bertrand Arthur William (1872–1970) 174, 174  
Russell, Henry Norris (1877–1957) 186  
Rutherford, Ernest (1871–1937) 170, 196, 196, 197, 202

## S

Sabatier, Paul (1854–1941) 171, 171  
Santorio, Santorio (1561–1636) 106  
Saussure, Nicolas Théodore de (1765–1845) 144  
Scheele, Carl Wilhelm (1742–1786) 131, 137, 142, 142  
Scheiner, Christoph (1573–1650) 142  
Scherrer, Paul (geb. 1890) 184  
Scheuchzer, Johann Jakob (1672–1733) 127  
Schickard, Wilhelm (1592–1635) 73, 73  
Schilling, Paul (1786–1837) 139  
Schlack, Paul (geb. 1897) 195  
Schliemann, Heinrich (1822–1890) 26  
Schmidt, Otto Juljewitsch (1891–1956) 174  
Schönbein, Christian Friedrich (1799–1868) 173  
Schulze, Johann Heinrich (1687–1744) 142  
Schwarzschild, Karl (1873–1916) 203  
Scott, Robert Falcon (1868–1912) 176, 176, 177  
Scottus, Johannes (ca. 810– ca. 877) 52  
Secchi, Angelo (1818–1878) 152, 152  
Seki, Takakazu (ca. 1642–1708) 157  
Semiramis (8. Jh. v. u. Z.) 22  
Senderens, Jean Baptiste (1856–1936) 171  
Senebier, Jean (1742–1789) 142  
Seneca, Lucius Annaeus (ca. 4 v. u. Z.–65 u. Z.) 36, 38  
Senefelder, Alois (1771–1834) 142  
Shackleton, Ernest Henry (1874–1922) 177  
Shepard, Alan (geb. 1923) 209  
Shockley, William (geb. 1910) 213  
Shukowski, Nikolai Jegorowitsch (1847–1921) 175  
Siedentopf, Henry (1872–1940) 170  
Siemens, Werner von (1816–1892) 155, 162  
Siger von Brabant (ca. 1240– ca. 1284) 55  
Sinin, Nikolai Nikolajewitsch (1812–1880) 137  
Sitter, Willem de (1872–1934) 204  
Skłodowska, Marie *siehe* Curie, Marie  
Slayton, Donald (geb. 1924) 211  
Sobrero, Ascanio (1812–1888) 167

Soddy, Frederick (1877–1956) 170, 196, 196, 200  
Solvay, Ernest (1838–1922) 156  
Sommerfeld, Arnold (1868–1951) 183  
Sophokles (496–406 v. u. Z.) 24  
Sosigenes (2. Hälfte des 1. Jh. v. u. Z.) 36  
Spallanzani, Lazzaro (1729–1799) 107, 107  
Speed, John 85  
Spinoza, Benedikt (eigntl. Baruch) (1632–1677) 93, 104, 104  
Stafford, Thomas P. (geb. 1930) 211  
Stahl, Ernst Georg (1659–1734) 131  
Stanley, Henry Morton (1841–1904) 153, 153  
Stefan, Josef (1835–1893) 181, 181  
Steinmetz, Charles Proteus (1865–1923) 162  
Steno, Nicolaus *siehe* Stensen, Niels  
Stensen, Niels (1638–1686) 72  
Stephenson, George (1781–1848) 124, 124  
Sternberg, Pawel Karlowitsch (1865–1920) 203  
Stevin, Simon (1548–1620) 93, 93, 133  
Stifel, Michael (ca. 1487–1567) 73  
Stoney, George Johnstone (1826–1911) 179, 196  
Straßmann, Fritz (1902–1980) 197, 206  
Struve, Friedrich Georg Wilhelm (1793–1864) 141, 141, 143, 143  
Sun Simiao (581–682) 42  
Suttner, Bertha von (1843–1914) 167  
Swammerdam, Jan (1637–1680) 96, 96  
Sylvester II. *siehe* Gerbert von Aurillac  
Synge, Richard Lawrence Millington (geb. 1914) 172

## T

Talbot, William Henry Fox (1800–1877) 142  
Tamm, Igor Jewgenjewitsch (1895–1971) 202  
Tanred, Charles (1847–1917) 205  
Tartaglia, Niccolò (ca. 1500–1557) 63  
Tasman, Abel Janszoon (1603–1659) 113  
Tatti, Jacopo (1486–1570) 62  
Tereschkowa, Walentina (geb. 1937) 209, 209  
Tertullian, Quintus Septimus Florens (ca. 160– nach 220 u. Z.)  
52  
Tesla, Nikola (1856–1943) 161, 162  
Thabit ibn Qurra (826–901) 47  
Thaer, Albrecht Daniel (1752–1828) 144, 144  
Thales von Milet (ca. 625– ca. 547 v. u. Z.) 27  
Thenard, Louis Jacques (1777–1857) 132  
Theoderich, König der Ostgoten (ca. 454–526) 36  
Theophrastos von Eresos (ca. 371– ca. 287 v. u. Z.) 30, 30  
Thomas von Aquino (1225–1274) 51, 55, 55  
Thomas, Jean 84  
Thomson, Joseph John (1856–1940) 179

Tilghman, Richard Albert (1824–1899) 173  
Timur, Herrscher in Samarkand seit 1370 (1336–1405) 46  
Titow, German Stepanowitsch (geb. 1935) 209  
Titus Lucretius Carus (97–55 v. u. Z.) 36  
Torricelli, Evangelista (1608–1647) 92, 99, 99  
Tournefort, Joseph Pitton de (1656–1708) 114  
Trajan, Marcus Ulpius, römischer Kaiser seit 98 (53–117 u. Z.) 33, 33  
Tschebyschew, Pafnuti Lwowsch (1821–1894) 169, 169  
Tschirnhaus, Ehrenfried Walther von (1651–1708) 108  
Turgot, Anne Robert Jacques (1727–1781) 117, 117  
Tutenchamun, altägyptischer König (um 1340 v. u. Z.) 20, 21

## U

Ulug Beg, Herrscher von Samarkand (1394–1449) 46  
Urban VIII., Papst in Rom seit 1623 (1568–1644) 95

## V

Valmiki, Maharsi (4. oder 3. Jh. v. u. Z.) 44  
Vandermonde, Alexandre Théophile (1735–1796) 130  
Vauban, Sébastien le Prestre de (1633–1707) 100, 100  
Vauquelin, Nicolas Louis (1763–1829) 132  
Vergil, Publius Vergilius Maro (70–19 v. u. Z.) 34, 59, 59  
Verne, Jules (1828–1905) 158  
Vesal, Andreas (1514–1564) 83  
Vespucci, Amerigo (1452–1512) 77, 77  
Victoria, Königin von Großbritannien und Irland seit 1837 (1819–1901) 158  
Vieta (Viète), François (1540–1603) 73  
Vitruv, Pollio (gest. ca. 25 v. u. Z.) 34  
Viviani, Vincenzo (1622–1703) 99  
Vogel, Hermann Carl (1841–1907) 152  
Volta, Alessandro Guiseppe Antonio Anastasio (1745–1827) 135, 135  
Voltaire, François Marie Arouet (1694–1778) 103, 117, 117, 118

## W

Waage, Peter (1837–1900) 178  
Waals, Johannes van der (1837–1923) 178  
Waldseemüller, Martin (1470–ca. 1518) 77  
Wallenstein, Albrecht Wenzel Eusebius von (1583–1634) 88  
Walther von der Vogelweide (ca. 1170–ca. 1230) 56  
Walton, Ernest Thomas Sinton (geb. 1903) 202  
Wapowski, Bernard (1475–1535) 85  
Wardhamana (ca. 550–470 v. u. Z.) 44, 50

Washington, George, erster Präsident der USA (1732–1799) 111, 111  
Watt, James (1736–1819) 124, 129  
Weber, Wilhelm Eduard (1804–1891) 139, 139, 160  
Wegener, Alfred Lothar (1880–1930) 185, 185  
Weierstraß, Carl Theodor Wilhelm (1815–1897) 174  
Weksler, Wladimir Iossifowitsch (1907–1966) 202  
Werner, Abraham Gottlob (1750–1817) 127  
Weyl, Hermann (1885–1955) 193  
Wheatstone, Charles (1802–1875) 162  
Whinfield, John Rex 195  
Wien, Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz (1864–1928) 181, 181  
Wilhelm I., genannt der Eroberer (ca. 1027–1087) 57  
Willdenow, Carl Ludwig (1765–1812) 105  
William von Ockham (ca. 1285–1349) 56  
Willstätter, Richard (1872–1942) 170, 170, 205  
Wöhler, Friedrich (1800–1882) 137, 137, 148  
Wolff, Christian (1679–1754) 116  
Wolfram von Eschenbach (ca. 1170–nach 1220) 56  
Wotton, Edward (1492–1555) 84  
Wren, Christopher (1632–1723) 104  
Wright, Orville (1871–1948) 175, 175  
Wright, Wilbur (1867–1912) 175, 175

## X

Xu Guangqi (1562–1633) 41

## Y

Yukawa, Hideki (1907–1981) 200, 202

## Z

Zander, Friedrich Arturowitsch (1887–1933) 209  
Zedler, Johann Heinrich (1706–1763) 117  
Zeiss, Carl (1816–1888) 148  
Zenon von Kition (ca. 335–263 v. u. Z.) 29  
Zeppelin, Ferdinand Graf von (1838–1917) 128  
Zhang Heng (78–139) 41  
Zinin, Nikolai Nikolaevic *siehe* Sinin, Nikolai Nikolajewitsch  
Ziolkowski, Konstantin Eduardowitsch (1857–1935) 208, 208, 209  
Zorn, Friedrich 108  
Zsigmondy, Richard (1865–1929) 170, 170  
Zu Chongzhi (429–500) 41  
Zuse, Konrad (geb. 1910) 213  
Zwingli, Huldrych (1484–1531) 71

