

Bücher
der Naturwissenschaft

herausgegeben von
Professor Dr. Siegmund Günther.

3. Band.

Geschichte
der Naturwissenschaften

von
Siegmund Günther.

Zweiter Teil.

Mit 2 farbigen und 8 schwarzen Tafeln.

Leipzig.

Druck und Verlag von Philipp Reclam jun.

Bücher
der Naturwissenschaft

Verfasser

Professor Dr. Hermann Müller

Verzeichnisse

der Naturwissenschaften

Stimmung

Stimmung

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25



Geschichte der Naturwissenschaften.

Inhalt des 2. Teiles.

Dritte Abteilung.

Die neuzeitliche Entwicklung bis zum Schlusse des Aufklärungszeitalters.

	Seite
13. Die Astronomie unter dem Zeichen des Gravitationsprinzipes	5
14. Die experimentellen Wissenschaften in dem Zeitraume zwischen D. v. Guericke und L. A. Lavoisier	25
15. Die Naturbeschreibung mit Linné als Mittelpunkt	68
16. Die geographisch=geologischen Disziplinen mit den Kartreinen Varenius und Humboldt	93

Vierte Abteilung.

Die neueste Zeit.

17. Prinzipielle Fragen der modernen anorganischen Naturforschung	109
18. Die Astronomie im neunzehnten Jahrhundert	121
19. Die Physik im neunzehnten Jahrhundert	134
20. Die Chemie im neunzehnten Jahrhundert	170
21. Mineralogie und Petrographie im neunzehnten Jahrhundert	195
22. Die geographisch=geologischen Disziplinen im neunzehnten Jahrhundert	203
23. Die Botanik im neunzehnten Jahrhundert	230
24. Zoologie und Anthropologie im neunzehnten Jahrhundert	240
25. Die modernen biologischen Probleme	250

Gesamtregister der Namen	259
------------------------------------	-----

Geschichte der Naturwissenschaften

Inhalt des 2. Teiles

Dritte Abteilung

Die wissenschaftliche Entwicklung bis zum Erscheinen des 1. Bandes

- 1. Die Wissenschaften vor dem Erscheinen des 1. Bandes
- 2. Die Wissenschaften im 17. Jahrhundert
- 3. Die Wissenschaften im 18. Jahrhundert
- 4. Die Wissenschaften im 19. Jahrhundert
- 5. Die Wissenschaften im 20. Jahrhundert

Vierte Abteilung

Die deutsche Zeit

- 1. Die deutsche Zeit vor dem Erscheinen des 1. Bandes
- 2. Die deutsche Zeit im 17. Jahrhundert
- 3. Die deutsche Zeit im 18. Jahrhundert
- 4. Die deutsche Zeit im 19. Jahrhundert
- 5. Die deutsche Zeit im 20. Jahrhundert

2
13
ni
98
8
a
b
f
in
d
bi
b
p
li
m
h
3
je
f
8
8
9

Dritte Abteilung.

Die neuzeitliche Entwicklung bis zum Schlusse des Aufklärungszeitalters.

15. Die Astronomie unter dem Zeichen des Gravitations- prinzipes.

Durch Kepler und Galilei war nicht bloß der mechanischen Physik und der Sternkunde, sondern der gesamten Naturwissenschaft ein Anstoß erteilt worden, der für alle Zeiten nachwirkte. Hatte vorher wesentlich nur die Beobachtung nebst der philosophischen Erörterung das Feld beherrscht, so verschwand nun letztere für lange Zeit, bis fast zum Beginne des neunzehnten Jahrhunderts, völlig im Hintergrunde, und dafür trat nun jener Dreieck der menschlichen Erkenntnismittel die Herrschaft an, der bis zum heutigen Tage sie behauptete und wohl für immer behaupten wird: Beobachtung mit bewehrtem Auge, Experiment und Rechnung. Es wird als das unvergängliche Verdienst jenes Dioskurenpaares betrachtet werden müssen, die Menschheit auf den Weg hingewiesen zu haben, der allein zum Ziele führen kann. Noch fehlten zwar der angewandten Mathematik die kräftigen Werkzeuge, welche erst eine durchgreifende Ausnützung der Erfahrungsergebnisse sicherten, aber noch während Galileis Lebzeiten, im Jahre 1637, schuf René Descartes oder Cartesius (1596—1650) die analytische Koordinatengeometrie, und im Todesjahre des großen Italieners

erblickte das Licht der Welt Isaac Newton (1642—1727, s. Tafel IX), dem es vorbehalten war, aus den bei Kepler, Fermat, Roberval, Barrow u. a. zu findenden Ansätzen heraus die Infinitesimalrechnung zu begründen, worüber bald noch eingehender zu handeln sein wird. Und ebenderselbe Mann setzte den Schlüsselstein in das von Copernicus, Brahe und Kepler aufgeführte kosmologische Gebäude ein, indem er die Kräfte bestimmte, durch welche alle himmlischen Bewegungen reguliert werden. Sein Prinzip der allgemeinen Schwere hat aber noch während des neuen Jahrhunderts insofern eine zentrale Stellung innegehabt, als erst gegen 1800 hin durch Laplaces „Mécanique Céleste“ die Zurückführung des ganzen feinen Getriebes der kosmischen Ortsveränderungen auch in den Einzelheiten abgeschlossen war. So bildet denn der Zeitraum zwischen 1640 und 1800 in der Geschichte der Astronomie ein zusammengehöriges Ganzes, und bis zu einem gewissen Grade gilt das auch für andere Zweige der Naturwissenschaft. Um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts fängt jene kulturgeschichtliche Periode, die man Aufklärungszeit zu nennen pflegt, langsam sich vorzubereiten an, und zwar trifft dies vor allem für das von den Stürmen des Dreißigjährigen Krieges erlöste Deutschland zu. Und eine neue Zeit bricht an mit den gewaltigen politischen Umgestaltungen in Frankreich, mit denen solche in allen Teilen des geistigen Lebens Europas parallel gehen. Literatur und Naturwissenschaft sind daran gleichmäßig beteiligt.

Durch Galilei und Kepler war der Sieg der heliozentrischen Weltordnung entschieden worden, mochten

auch nach wie vor die direkten Beweise noch fehlen, und mochte auch noch gar mancher konservative Gelehrte, wie z. B. der Bologneser Jesuit Giambattista Riccioli (1598—1671) in seinem „Neuen Almagest“ (1631), die Anzahl der gegen Copernicus sprechenden Argumente für die überwiegende erklären. Bald ergab sich, daß man wenigstens für die Erdrotation augenfällige Demonstrationen erbringen könne; dem Grundsatz nach dienten hiezu die von Newton und dem gewandten Experimentator Robert Hooke (1635—1703) befürworteten Fallversuche an Türmen, deren Wesen auch Pierre Gassendi (1592—1655), ein von scholastischer Vorbildung zu tiefer Einsicht in die exakten Wissenschaften durchgedrungener Franziskaner, bei seiner Polemik gegen Tycho Brahe (I, S. 104) richtig herausgeföhlt hatte. Aber auch für die Jahresbewegung bahnte sich Ähnliches an, als Olaus Roemer (1644—1710), ein in Paris lebender Däne, im Jahre 1675 die Entdeckung machte, daß das Licht zu seiner Fortpflanzung Zeit braucht. Die Verfinsternung der von Galilei (I, S. 109) aufgefundenen und tabellarisch berechneten Jupiternonde trat je nach der Stellung der Erde zu jenem Planeten früher oder später ein. Roemer gab auch gleich die Lichtgeschwindigkeit annähernd richtig mit 48203 französischen Meilen an.

Nur in indirekter, darum aber keineswegs unwichtiger Beziehung stehen zur großen Hauptfrage andere Fortschritte, welche unsere Wissenschaft in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts machte. Die Beobachtungskunst wurde vielfach ausgebildet, und immer

zahlreicher entstanden neue Observatorien. Zwar mußte die von dem berühmten Architekten Perrault erbaute Pariser Sternwarte, die 1669 der Leitung Domenico Cassinis (1625—1712) unterstellt ward, unter den künstlerischen Neigungen des Bauleiters in sachlicher Beziehung einigermaßen leiden; aber dafür ward die englische Nationalsternwarte zu Greenwich (nächst London), deren erster Vorstand John Flamsteed (1646 bis 1719) war, von Anfang an das Musterinstitut, das sie bis in unsere Tage geblieben ist. Auch Berlin erhielt eine Sternwarte mit Gottfried Kirch (1639—1720) als erstem Direktor. Die astronomischen Messungen erfuhren eine beträchtliche Erhöhung ihrer Exaktheit, als man aufhörte, durch bloße Dioptern — ohne Gläser — die Objekte anzuvisieren; Jean Picard (1620—1682) und N. Azout (gest. 1691) gingen 1667 dazu über, ein Fernrohr auf der Alhidade ihrer Quadranten anzubringen. Erstmalsig verband mit dem Sehrohre der junge W. Gascoigne (1621—1644), ein Opfer des englischen Bürgerkrieges, eine mikrometrische Vorrichtung. Eine über Nonius (I, S. 99) und Tycho (I, S. 104) weit hinausgehende Methode zum Ablesen kleiner Winkelgrößen erfanden unabhängig Clavius (I, S. 108) und P. Bernier (nicht Werner); letzterer Anno 1631. Endlich empfing auch die bisher der Beobachtungspraxis noch ferne gebliebene Pendeluhr (I, S. 103) durch den berühmten niederländischen Mathematiker Christian Huygens (nicht Huyghens; 1629—1695) die Einrichtung, die sie zum unentbehrlichen Inventariatsstück einer jeden Sternwarte machen sollte.

So wurden denn alle Messungen unvergleichlich zuverlässiger, wovon zu allererst die mathematische Geographie Nutzen hatte. Polhöhen ließen sich mit dem Mauerquadranten ungleich sicherer als bisher mit Astrolabium und Jakobstab (I, S. 71) erhalten. Die Längenbestimmung, für die schon im vorhergehenden Jahrhundert Werner, Finaeus, Gemma Frisius u. a. die Prinzipien richtig angegeben hatten, wurden allmählich brauchbarer, wie sich denn 1612 der kundige Seemann Baffin in der nach ihm genannten Bai nur noch um einen Bogengrad irrte. Die von vielen — Stevin (I, S. 113) und Nautonnier seien besonders genannt — gehegte Hoffnung, eine Methode zur Ermittlung der Meereslänge auf die magnetische Deklination (I, S. 96) zu begründen, erwies sich freilich im Verlaufe des achtzehnten Jahrhunderts nach und nach als illusorisch. Mit der Ausgestaltung der zur Lösung des Ortsbestimmungsproblems dienlichen Mittel ging auch die des Kartenwesens Hand in Hand. Gerhard Mercator (1512 bis 1594), dessen Sohn Rumold das uns heute so geläufig gewordene Wort „Atlas“ halb unwillkürlich der geographischen Kunstsprache einfügte, Ortelius, Blaeu und andere Niederländer versahen die Welt mit trefflichen Länderbildern von untadelhaftem geometrischen Gerüste, auf denen nach und nach auch die neuen Entdeckungen im Bereiche der nordöstlichen und nordwestlichen Durchfahrt ihren Platz fanden. Zugleich regten sich die ersten Ansätze einer korrekteren Situationszeichnung; die ersten Spuren des Schraffierens findet man 1599 bei dem in hohem Ansehen stehenden Fortifikationskünstler D. Specke.

Das Fernrohr erlaubte nun auch, von astronomischen Ereignissen Notiz zu nehmen, die sich früher der Kenntnisnahme entzogen hatten. J. Horrox (1619—1641) beobachtete 1639 den ersten Venusdurchgang, G. Halley (1656—1742) den ersten vorausberechneten Merkurdurchgang. Dies geschah 1676 auf der Insel St. Helena, wohin man den Astronomen gesandt hatte, um eine genauere Karte des Südhimmels zu zeichnen. Die erwähnte Beobachtung benützte er dazu, auf den ungleich höheren Wert hinzuweisen, den ein Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe für die Ausmittlung der astronomischen Fundamentaldistanz Erde—Sonne haben würde, und es wird sich demnächst zeigen, eine wie gute Stätte dieser Rat gefunden hat. Mit Halleys Durchmusterung des Südfirmamentes konnte die Astrognosie, der 1603 J. H. Bayer (1563—1625) einen vorzüglichen Sternatlas in seiner „Uranometria nova“ zur Verfügung gestellt hatte, als einstweilen abgeschlossen betrachtet werden.

Gewaltig mehrte sich in den Jahrzehnten nach 1630 das Wissen von den einzelnen Himmelskörpern. Den Ring Saturns erkannte als solchen Huygens (S. 8); die Saturnmonde bemerkten teils er, teils D. Cassini (S. 8). Auch über Venus und Mars erfuhr man Neues durch Fontana, Zucchi, Riccioli (S. 7) und vor allem durch den Danziger Patrizier Johannes Hevelke oder Hevelius (1611—1687), der mit enormen Kosten Fernrohre von unglaublichen Dimensionen anfertigen ließ. Er und der belgische Jesuit M. F. van Langren sind die Väter der von Galilei (I, S. 108) mehr nur angedeuteten topo-

graphischen Mondkunde oder — wie sich beide übereinstimmend ausdrückten — Selenographie. Die Sitte, Mondobjekten die Namen berühmter Personen beizulegen, haben aber Riccioli und sein Genosse F. M. Grimaldi (1618—1663) aufgebracht. Weniger vermochte das Fernrohr vorläufig noch die Erforschung der Kometen zu fördern, die man aber seit Kepler mehr und mehr als kosmische und nicht mehr mit Aristoteles (I, S. 30) als atmosphärische Erscheinungen anerkannte. Bei seiner Verfolgung des riesigen Schweifsternes von 1680 rang sich der Plauener Pastor G. S. Doersel (1643—1688) zu der Erkenntnis durch, Kometen bewegten sich in einer parabolischen Bahn mit der Sonne im Brennpunkt. Eben auch Doersel wagte sich an die Berechnung einer Sternschnuppenbahn heran. Im allgemeinen rechnete man damals diese kosmischen Vaganten noch nicht zu den für die Astronomie wichtigen Objekten und wollte noch über hundert Jahre lang in hyperkritischer Anwandlung den Fall von Meteorsteinen nicht als Realität hinnehmen. Ausnahmen freilich kamen vor, wie sich denn z. B. Paracelsus (I, S. 122) den Meteorfall von Ensisheim im Elsaß (1492) als das Ergebnis der koagulierenden Wirkung gewisser Strahlungen der Gestirne zurechtgelegt hatte.

Auch das Streben nach genauerer Erkundung der Erdgröße muß lobende Erwähnung finden. In den Jahren 1615—1617 nahm Willebrord Snellius von Leiden (1591—1626) eine nach den strengen Regeln der Triangulierung sich richtende Gradmessung (I, S. 69) vor, die einen sehr exakten Wert für den Meridiangrad

lieferte. Mit seiner Leistung konnten sich die 1633 bis 1635 und 1645 bewerkstelligten Messungen von R. Norwood und Riccioli-Grimaldi (S. 11) nicht vergleichen, wengleich die letztere insofern einen Fortschritt bedeutete, als dadurch Keplers weitfichtiger Vorschlag, Bogenmessungen nicht ausschließlich im Meridiane auszuführen, Verwirklichung fand. Die rein terrestrischen Methoden eines Kepler, Clavius (S. 8), Giuntini, Ghetaldi u. a., deren Tendenz mit derjenigen des Abiruni (I, S. 64) übereinstimmte, kamen für den Ernstfall nicht in Betracht. Wir werden nachher auf die Probleme der höheren Geodäsie in der durchaus neuen Fassung zurückkommen, in die sie hauptsächlich durch Newtons (S. 6) Auftreten gebracht worden waren.

Denn mit diesem Namen sind seit den achtziger Jahren des siebzehnten Jahrhunderts alle Errungenschaften auf dem uns zurzeit beschäftigenden Gebiete untrennbar verknüpft. Von dem durch geistvolle geometrische und optische Arbeiten berühmt gewordenen Professor Isaak Barrow (1630—1677) herangebildet, wurde der junge Newton 1669 der Nachfolger seines vom Lehramte zurückgetretenen Meisters, und bald darauf dürfte er schon den Fluxionskalkül erfunden haben, der in seiner Art das nämliche anstrebte, was ein wenig später die Differentialrechnung seines Nebenbuhlers Gottfried Wilhelm v. Leibniz (1646—1716) erreichte. Der langwierige Prioritätsstreit gilt nunmehr als in dem Sinne geschlichtet, daß beiden Männern das Anrecht auf die gleiche große Erfindung zuzusprechen ist, während für die praktische Anwendung die Leibniz zu dankende Ent-

wicklung bequemer Rechnungsvorschriften noch wertvollere Dienste als Newtons geistvolle geometrische Einleitung der Lehrsätze zu leisten berufen war. Mindestens zwei Dezennien hindurch war letzterer mit der Verarbeitung des Gedankens beschäftigt, ein und dieselbe Anziehungskraft, proportional den Massen und im umgekehrten Verhältnis des Quadrates der Entfernung wirkend, herrsche im ganzen Universum. Den überzeugenden Beweis dafür glaubte er dadurch zu erhalten, daß er die Strecke, um die der Mond bei plötzlichem Aufhören seiner Umlaufbewegung gegen die massenkräftigere Erde hin fallen müßte, mit dem freien Fallraume eines irdischen Körpers in der ersten Sekunde verglich. Die erstgenannte Größe folgte aus den um diese Zeit von Huggens (S. 8, 10) hergeleiteten Gesetzen der Zentralbewegung, und die andere ergab sich aus dem Galileischen Fallgesetze (I, S. 114). Der Vergleich jedoch war nur möglich, wenn man das Verhältnis des Erdbahnmessers zur Entfernung Erde = Mond kennt, und für dieses Verhältnis hatte Newton zuerst einen unrichtigen Wert angesetzt, so daß die Rechnung nicht stimmte. Schon im Begriffe, den ganzen Ideengang preiszugeben, erfuhr er, daß eine 1671 von Picard (S. 8) ins Werk gesetzte Erdmessung jene Distanz ungefähr dem Sechzigfachen des Erdradius gleich ergeben habe, und mit dieser Zahl fand sich endlich das erwartete Ergebnis. Alles, was daraus zu folgern war, stellte Newton in seiner „Philosophiae naturalis principia mathematica“ zusammen, die er 1687 der „Royal Society“ — einer achtzehn Jahre früher begründeten,

noch heute blühenden englischen Gelehrtenvereinigung — vorlegte. Aus ihnen folgte nicht allein die Richtigkeit der Keplerschen Geseze (I, S. 106), sondern zugleich deren Notwendigkeit.

Auch im übrigen enthielt das Werk eine Fülle der wichtigsten, größtenteils neuen Wahrheiten. Die 1672 von dem französischen Astronomen Jean Richer in Cayenne festgestellte Tatsache, daß ein Sekunden schlagendes Pendel um so kürzer werde, je mehr man sich dem Äquator nähere, erklärte Newton durch die polare Abplattung der Erde, die nicht als Kugel, sondern als Umdrehungsellipsoid anzusehen sei; damit war auch die kausale Begreifung der bislang als ganz unverständlich hingegenommenen Präzession (I, S. 45) verbunden; auch Ebbe und Flut erschienen jetzt als einfache Konsequenz der Attraktion, die Mond und Sonne auf die flüssige Umhüllung des Erdkörpers ausüben. Auch die Berechnung der Planetenbahnen und Planetenmassen stellte sich als Korollar des Gravitationsgesetzes dar.

In Großbritannien fand die neue Lehre bereitwillig Eingang; auf dem Kontinente dagegen war ihr ein vierzigjähriger Kampf beschieden. Als englische Gelehrte, die Newtons Fußstapfen folgten, sind R. Cotes (1682 bis 1716), J. Keill (1671—1721) und, als bedeutendster, der uns schon bekannte Halley (S. 10) zu nennen. Dieser führte des Meisters Werk dadurch um ein bedeutendes Stück weiter, daß er, ohne von Doerfel (S. 11) etwas zu wissen, die erste elliptische Bahnberechnung für einen Kometen durchführte. Er behauptete, daß dieser Schweifstern, jetzt als Hallenscher Komet

bef
we
un
Gl
Um
Zal
feh
ver
eber
anf
der
ma
leif

die
des
lehr
Sun
nou
min
rag
Kor
Wo
Tro
ihre
Gre
17
gef
(16
B.

bekannt, bereits 1456, 1531 und 1607 sichtbar gewesen sei; 1682 war er aufs neue beobachtet worden, und demgemäß sollte er 1758 und 1835 wiederkehren. Glänzend hat sich diese Voraussage bewahrheitet, die Umlaufsdauer beträgt 76 bis 77 Jahre, und in den Jahren 1910 resp. 1911 ist auf eine erneute Wiederkehr mit Sicherheit zu rechnen. Bei Kometenbahnen vermögen allerdings Planetenstörungen, wie sie Newton ebenfalls bereits als eine Konsequenz seiner Grundanschauung erkannt hatte, erhebliche Abweichungen von der berechneten Bahn herbeizuführen, weil die Kometenmasse zu gering ist, um nachhaltigen Widerstand zu leisten.

Der gefährlichste Gegner der Gravitationslehre war die früher schon (I, S. 120) besprochene Wirbeltheorie des Cartesius, der die namhaftesten festländischen Gelehrten beipflichteten. Gerade die großen Mathematiker Huygens (S. 8, 10), Leibniz (S. 12) und Johann Bernoulli (1667—1745) standen auf diesem Standpunkte; minder entschieden des letzteren nicht weniger hervorragender Bruder Jakob (1654—1705), der in den Kometen Trabanten eines unbekanntes, weit entfernten Planeten erblicken wollte. In erster Linie war es die Frage nach der wahren Erdgestalt, die als Streitobjekt ihre Rolle spielte. Der oben genannten Picardschen Gradmessung war nämlich in den Jahren 1683 bis 1718 eine zweite, auf französischem Gebiete ausgeführte, gefolgt, an der Cassini (S. 8) und sein Sohn Jacques (1677—1756), G. F. Maraldi (1665—1729) und P. De la Hire (1640—1718) teilgenommen hatten,

und in dem Werke, das der jüngere Cassini 1720 hierüber publiziert hatte, wurde der überraschende Satz aufgestellt, die Erde habe zwar ellipsoidische Gestalt, aber die Umdrehungsachse sei größer als die Äquatorachse. In England, so scherzte der geistvolle A. De Voltaire (1694—1778), selbst ein begeisterter Anhänger Newtons, sei unser Planet eine Orange und in Paris sei er eine Zitrone. Das vierte Jahrzehnt des achtzehnten Jahrhunderts entschied den Zwist im Sinne des großen englischen Geometers.

Die französische Regierung entschloß sich im Jahre 1735, im Einverständnis mit der schwedischen und spanischen, je einen Meridiangrad im hohen Norden und in nächster Nähe des Äquators messen zu lassen. Nach Schwedisch-Lappland ging daraufhin P. L. M. De Maupertuis (1698—1759) mit seinen französischen Genossen Clairaut, Camus, Duthier, Lemonnier und dem Schweden Celsius; die Delegierten für Ecuador waren Pierre Bouguer (1698—1758), De la Condamine, Godin nebst den spanischen Astronomen A. De Ulloa und Juan y Santacilia. Zumal diese letztere Expedition hatte große Schwierigkeiten zu überwinden und brauchte mehrere Jahre, die aber auch zu umfassenden Studien über die Landesnatur und bedeutsame geophysische Probleme — terrestrische Strahlenbrechung, Bendelschwingungen, Gebirgsanziehung — ausgenützt wurden. Die Vergleichung der gemessenen Werte ergab unwiderleglich: Ein Grad am Polarkreise ist größer als ein Grad am Äquator, d. h. die Erde ist gegen den Pol hin abgeplattet. Daß auf solchen Triumph hin der

Widerspruch gegen Newtons System sich immer weniger bemerklich machte, kann erwartet werden.

Und zwar um so mehr, weil zahlreiche andere Meridiangradmessungen, die noch in das gleiche Jahrhundert fallen, ausnahmslos Bestätigungen lieferten. Es folgten die Gradmessung im Kirchenstaate — R. G. Bossovich (1711—1787) und C. Maire (1697 bis 1767) —, in den Ostalpen — J. Riesganig (1719 bis 1799) —, in Piemont — G. B. Beccaria (1716—1781) und D. Canonica (1739—1795) —, in Pennsylvanien — C. Mason (gest. 1787) und J. Dixon (gest. 1777) —, in Bengalen — R. Burrow (1747—1792). Tiefere Einblicke gewährte noch die erste einschlägige Operation auf der Südhalbkugel, die man dem bewundernswert fleißigen N. L. Lacaille (1713—1762) verdankte und welche die früheste Andeutung der nachmals voll bekräftigten Tatsache lieferte, die Sphäroidgestalt des Erdkörpers sei keine ganz vollkommene. Die umfassende Gradmessung, zu der die französische Revolution die Anregung gab, wird besser erst in der nächsten Abtheilung zur Sprache kommen. Aber das muß jetzt schon hervorgehoben werden, daß das achtzehnte Jahrhundert noch die erste Bestimmung der Dichte des Erdkörpers erleben durfte. Der Astronom N. Maskelyne (1732 bis 1811) und der Physiker Ch. Hutton (1737 bis 1823) bedienten sich zu diesem Zweck der durch einen isolierten Berg bewirkten Totablenkung, während Mitchell und der uns bald wieder begegnende Chemiker Cavendish einen neuen Apparat, die Drehwaage, anwandten.

Die Bahn für Anerkennung, Verifikation und Ausgestaltung der Newtonschen Lehren war nun freigelegt. Die ersten Mathematiker des Zeitalters nahmen an dieser ungeheuer belohnenden Arbeit teil, so der Genfer Gabriel Cramer (1704—1752), die Pariser Jean Baptiste Clairaut (S. 16; 1713—1765) und Jean D'Alembert (1717—1783), die Baseler Daniel Bernoulli (1700—1782) und Leonhard Euler (1707—1783). Die meisten taten dies mit vollster innerer Überzeugung, wogegen Euler, dessen niemals übertroffener analytischer Virtuosität seine philosophische Durchbildung nicht die Wage hielt, zwar seine Rechnungen ganz der Gravitationstheorie anpaßte, das Bestehen einer allgemeinen Anziehungskraft hingegen niemals recht zugestehen wollte. Von Clairaut rührt ein Lehrsatz her, der einzig aus Pendelmessungen die Größe des Abplattungsbetrages abzuleiten gestattet. D'Alembert unterwarf dem Newtonschen Prinzipie die eben erst, wie sich gleich zeigen wird, neu entdeckte Erscheinung einer mit der Präzession sich kombinierenden Nutation der Erdschse. Euler endlich, der für die analytische Mechanik die ersten Lehrbücher verfaßte, wandte sein Hauptaugenmerk der verwickelten Bewegung des Erdmondes zu und brachte — zuerst 1746, sodann, in noch vervollkommener Gestalt, 1772 — die ersten wirklich exakten Mondtafeln zustande, durch welche für die uns (S. 9) erinnerliche Zurückführung der Längenbestimmung auf Mondabstände die lange vergeblich gesuchte Grundlage geschaffen war. Wettifernd mit ihm, bearbeitete die gleiche Aufgabe Tobias Mayer (der Ältere,

1723—1762), und so erkannte diesen beiden Männern deutschen Stammes das englische Parlament die für eine entscheidende Förderung der nautischen Astronomie ausgesetzte hohe Belohnung zu. Eulers Verdienst war es auch, die durch Newton nur begrifflich erkannten Perturbationen der Planeten dem Kalkül unterworfen zu haben.

Etwas später als die schon genannten Koryphäen traten andere geistvolle Forscher in die gleiche Laufbahn ein. Dahin gehört Johann Heinrich Lambert (1728 bis 1777), dessen Untersuchungen über Kometenbahnen den Untergrund für die 1797 von dem in Bremen lebenden Arzte H. W. M. Olbers (1758—1840) erfundene weit einfachere Methode zur Berechnung solcher Bahnkurven abgegeben haben. Das später berühmt, ja berüchtigt gewordene „Problem der drei Körper“ nahm mit großem Erfolge in Angriff Joseph Louis Lagrange (1736—1813); es handelt sich darum, die Störungen auszumitteln, die zwei um einen gemeinsamen Zentralkörper sich bewegende Massen gegenseitig hervorbringen. Durch Lagranges „Mécanique analytique“ von 1788 empfing auch die rechnende Astronomie die mannigfachsten Anregungen und Erleichterungen. Ähnliche Fragen und die genaue Bestimmung der Erdgestalt beschäftigten seinen Zeitgenossen Adrien Marie Legendre (1752 bis 1833). Der Mann aber, den man mit Fug und Recht als den zweiten Newton bezeichnen darf, war Pierre Simon De Laplace (1749—1827). Seinen Arbeiten über die Figur der Planeten, über die Gezeiten und über die Stabilität des Sonnensystemes, als deren Be-

dingung er die Unveränderlichkeit der planetarischen großen Bahnachsen hinstellte, ließ er 1799 die beiden ersten Bände seiner (S. 6) „Mécanique céleste“ folgen, worin alles, was sich nur irgendwie mit der kosmischen und tellurischen Gravitation in Verbindung bringen läßt, unter diesem einheitlichen Gesichtspunkte abgehandelt wird; und zwar nicht nach dem synthetischen Verfahren des Altmeisters (S. 13), das wohl für die Erkenntnis, nicht aber für die Anwendung die Wege bahnt, sondern eben nach der inzwischen für die physische Astronomie zur Alleinherrschaft gelangten analytischen Methode.

Auch die beobachtende Sternkunde hatte in den hundertfünfzig Jahren, durch die wir hindurchzueilen hatten, eine ebenmäßige Fortbildung erfahren. Auf den immer zahlreicher sich erhebenden Sternwarten war noch immer der Mauerquadrant das Hauptinstrument; aber neben ihm verwandte man für besondere Zwecke den speziell für Beobachtungen sehr hoch stehender Sterne brauchbaren Zenitsektor und das von Roemer 1689 konstruierte, seitdem in modifizierter Form herrschend gewordene Passageinstrument. Seit 1745 hatte sich, vorab für geodätische Zwecke, der Theodolit eine geachtete Stellung erobert, ein aus Horizontal- und Vertikalkreis sich zusammensetzendes Universalinstrument, dessen Namen man neuerdings aus „Alhidada“ (S. 8) ableiten will. Auf dem Boden des schwankenden Schiffes waren an des Jakobstabs (S. 9) Stelle die Spiegelinstrumente getreten, deren Idee schon Newton zu eigen gewesen war, die aber erst 1731 von John Hadley (gest.

1744) wirklich konstruiert und durch L. Mayer (S. 18) wesentlich verbessert wurden. Das primitive Bleilot mußte seit 1660 der von M. Thévenot (1620—1692) angegebenen Wasserwage (Niveau, Libelle) weichen. Die Teilung der Kreise und Kreisteile verfeinerten Hooke (S. 7), der Herzog De Chaulnes (1768) und die als Verfertiger astronomischer Instrumente in hohem Ansehen stehenden Mechaniker G. Graham (1675—1751), J. Bird (1709—1776), J. Ramsden (1735—1800) und — als einziger Deutscher neben den Briten — G. F. Brander von Augsburg (1713—1783). Als Uhrmacher stand auch fast unerreicht Graham da, der durch sein Kompensationspendel den gleichmäßigen Gang des Zeitmessers sicherte; von ihm war John Harrison (1693—1776) beeinflusst, dessen „Time-Keeper“ 1761 als erstes wirklich gebrauchsfähiges Schiffschronometer anerkannt und mit einer hohen Nationalgabe belohnt ward.

So waren natürlich auch die Fernrohre ganz andere geworden. Vorübergehend schien das dioptrische Rohr ganz durch das Spiegelteleskop verdrängt werden zu sollen, um dessen Ausgestaltung sich Newton (1671), Cassegrain (1672) und J. Gregory (von 1661 bis in die achtziger Jahre) Verdienste erworben haben. Und daß ein solches Teleskop eine staunenswerte raumdurchdringende Kraft zu entfalten vermöge, bewies gegen Ende des Jahrhunderts der in England sesshaft gewordene, aus Hannover stammende Musiker William Herschel (1738—1822), der, von seiner Schwester Caroline (1750—1848) unterstützt, eine Reihe folgen-

reicher astronomischer Entdeckungen machte. Gleichwohl blieb für die gewöhnliche Beobachtungspraxis das Linsenfernrohr in durchgängiger Anwendung, und auch für höhere Zwecke begann es sich zu eignen, als man anfing, farbenfreie, achromatische Linsenkombinationen herzustellen. Theoretisch waren dafür, daß dies möglich sein werde, Gregory (s. o.), S. Klingensjtjerna (1698 bis 1765) und vor allem L. Euler (s. o.) eingetreten, und J. und P. Dollond (Vater und Sohn; 1706—1761, 1735—1820) versahen seit 1750 die Astronomen reichlich mit solchen optischen Hilfsmitteln. Maßgebend war die Verbindung einer Cron- und Flintglaslinse gewesen.

Der steten Vervollkommnung des Sehapparates entsprachen im ausgehenden siebzehnten und achtzehnten Jahrhundert auch die sich stetig vermehrenden Neuentdeckungen am Himmel. Fixsternparallaxen zwar, die einen direkten Beweis für den zweiten Hauptsatz des Copernicus (I, S. 102) geliefert hätten, wollten sich allen Bemühungen von James Bradley (1692—1762), Samuel Molyneux (1689—1728) und John Pond (1767—1836) nicht auffinden lassen, allein beim Suchen nach ihnen entdeckte Bradley 1727 die Aberration des Fixsternlichtes, die ja ebenfalls, wenn nicht die Erde eine Jahresbewegung hätte, nicht in die Erscheinung treten könnte, und diese hochwichtige Leistung krönte er 1747 durch den Nachweis der Nutation (S. 18); diese bewirkt, daß der infolge der Präzession (I, S. 45) von der Erdachse beschriebene Kegelmantel eine geriefte Fläche wird. Eine zunächst nur scheinbare Eigenbewegung der Fixsterne, welche in Wahrheit nur die Folge einer progres-

iven Bewegung des ganzen Sonnensystemes war, setzte T. Mayer (S. 18) außer Zweifel, und bald darauf wurde die wissenschaftliche Welt durch Christian Meyers „Firnstertrabanten“ (1778) überrascht, gegen deren Realität sich zwar sehr viel Widerspruch erhob, die aber trotzdem insofern ihr Recht behaupteten, als es tatsächlich Doppelsternsysteme gibt. W. Herschel beseitigte schon 1782 alle dagegen sprechenden Bedenken.

Die von Halley (S. 10) in ihrer vollen Bedeutung erkannten Venusdurchgänge der Jahre 1761 und 1769, zu deren Beobachtung die Astronomen fast aller Kulturländer in die fernsten Gegenden reisten, verhalfen zu einer alle früheren Versuche weit übertreffenden Ermittlung der Sonnenparallaxe. Auch die Marsparallaxe wurde 1759 durch gleichzeitige Beobachtungen zweier unter gleichem Mittagskreise gelegener Orte — Lacaille (S. 17) war in der Kapstadt, J. J. F. De La Lande (1732—1807) in Berlin stationiert — eines präzisen Wertes teilhaftig. Den Sonnenkörper beobachteten durch Jahrzehnte eifrig N. Wilson (1714—1786) und W. Herschel; letzterer gilt zumeist als Urheber der fast hundert Jahre in Ansehen gebliebenen Hypothese, daß eine leuchtende Photosphäre den an sich dunklen Sonnenkörper umhülle; doch hatten schon 1771 L. C. Schülen und 1744 Wilson die gleiche Vermutung ausgesprochen. Von der sichtbaren Mondfläche zeichnete T. Mayer um 1750 die erste auf mikrometrischen Messungen beruhende Generalkarte, und die nähere Kenntnis der physischen Beschaffenheit unseres Begleiters zog großen Nutzen aus den langjährigen Beobachtungen eines W. Herschel und

J. H. Schroeter zu Wilenthal bei Bremen (1745—1816). Beide Männer wandten auch den Planeten ihre Teilnahme zu; die vielfach gehegte Meinung, daß auch die Venus einen Mond habe, ließ sich allerdings nicht erhärten. Ganz neue Perspektiven eröffnete Herschels Entdeckung eines neuen Planeten, des Uranus, im Jahre 1781, der allerdings schon wiederholt als Fixstern beobachtet worden war. Kometen wurden mehrfach entdeckt und berechnet, so daß z. B. Charles Messier (1730 bis 1817) wegen vieler glücklicher Funde den Beinamen „Kometenjäger“ erhielt; theoretisch beschäftigten sich mit diesem Teile der Sternkunde vornehmlich N. S. Pingré (1711—1796) und G. Heinzius (1709—1796), welsch letzterer die Schweifteilung des Kometen von 1744 in sehr anregender Weise beschrieb. Der Fixsternhimmel blieb nahezu W. Herschels Domäne. Er führte seine berühmten Sterneichungen aus, verfolgte eifrig die veränderlichen Sterne, deren im achtzehnten Jahrhundert mehrere neue wahrgenommen wurden, und setzte die von Messier (s. o.) begonnene Katalogisierung der Sternhaufen und Nebelflecke erfolgreich fort.

Methoden zur Messung und Vergleichung des Gestirnlichtes hatten Bouguer (1729) und Lambert (1760) in selbständigen Werken dargelegt. Doch war man im wohlberechtigten Zweifel darüber, ob nicht dieses Licht, vom Durchgange durch die Atmosphäre abgesehen, schon im Weltraume eine gewisse Abschwächung oder gar Auslöschung erfahre. Diese Möglichkeit, daß der Weltraum durch einen freilich unermesslich feinen Stoff, den Äther, erfüllt sein könne, deutete zuerst Ph. Loys de Chéseaux

(1718—1751) an. Dafür, daß außer den Planetenmassen noch manches andere im Intrastellarraume vorhanden sein könne, sprach ja auch das Zodiakallicht (I, S. 103), das in der uns hier angehenden Zeit die Aufmerksamkeit von D. Cassini (S. 8), N. Fatio de Duiller (1664—1753) und G. Bezenas (1692—1776) besonders auf sich gezogen hatte.

14. Die experimentellen Wissenschaften in dem Zeitraume zwischen O. v. Guericke und A. L. Lavoisier.

Ganz wie die rechnende Astronomie, so stützte sich die Physik in der vorliegenden Zeit auf die großen Erträge der Galilei-Keplerschen Periode. Aber nur langsam begann in ihr, wie in der damals noch nahe benachbarten Chemie, eine selbständige Experimentalbewegung. Der Mann, den die Kapitelüberschrift an erster Stelle nennt, steht mit Kepler (I, S. 105) als Inaugurator einer neuen Forschungsrichtung da, die durch die Zielbewußtheit des Strebens, der Natur ihre Geheimnisse abzufragen, noch über Galilei hinausführt, bei dem doch immer noch der Versuch einigermaßen hinter der Reflexion zurücktritt. Und den Endpunkt des Zeitraumes kennzeichnet der große Forscher, mit dem die Autonomie der Chemie ihren Anfang nimmt. In allen Lehrbüchern des siebzehnten und achtzehnten Säkulums sind Physik und Chemie noch vereinigt — großenteils auch noch die Geologie, wofür zwei in ihrer Art mustergültige abschließende Werke Zeugnis ablegen: J. S. L. Gehler's (1751 bis 1795) „*Physikalisches Wörterbuch*“ (1787—1795) und J. A. Fischers „*Geschichte der Physik*“ (1801—1808).

Auch noch Jahrzehnte später hat sich die Sitte erhalten, die drei genannten Wissenschaften unter dem Sammelnamen der „Naturlehre“ zu vereinigen.

Man lernt die Gesamtauffassung eines bestimmten Zeitpunktes immer am besten kennen, wenn man solche Kompendien zu Rate zieht, die einen Totalüberblick über ein großes Gebiet zu geben suchen. An die Spitze stellen wir hier J. Rohaults (1620—1675) „Traité de physique“ (Paris 1671), welches cartesisch gefärbte Kompendium bei der lateinischen und englischen Bearbeitung durch die Brüder S. und J. Clarke stark in Newtons Geist abgeändert wurde. Für England schuf ein selbständiges Werk J. Th. Desaguliers (1683—1744) in seinem „Course of Experimental Philosophy“ (London 1725); für Deutschland hatte schon viel früher J. C. Sturm (1635—1703) ein vortreffliches „Collegium experimentale curiosum“ (Nürnberg 1676—1685) geschrieben. An ihn knüpfte der auch zum Abhalten mathematischer und physikalischer Vorlesungen verpflichtete Begründer einer rationalistischen Aufklärungphilosophie Christian v. Wolf (1679—1754) an („Experimenta physica oder allerhand nützliche Versuche,“ Halle a. S. 1721—1723). Etwa fünfzig Jahre später beherrschte Deutschlands Hochschulen J. C. P. Erxlebens (1744—1777) Grundriß („Anfangsgründe der Naturlehre,“ Göttingen 1772), dessen sechste Auflage der als Veranstalter von Vorlesungsversuchen unerreicht dastehende G. C. Vichtenberg (1744—1799) besorgte. Nach und nach vermehrte sich auf den größeren Hochschulen der physikalische Apparat, der im Bereiche der

mechanischen Physik und Optik sich von dem uns geläufigen mehr nur quantitativ unterschied, in einer Weise, die allen Tagesfragen der Wissenschaft gerecht zu werden erlaubte. Altdorf und Göttingen nahmen in dieser Hinsicht eine besonders geachtete Stellung ein.

Die Statik baute sich noch fast durchweg auf dem Prinzipie des Hebels auf und erhob sich nicht allzuviel über den schon von Pappos (I, S. 48) vertretenen Standpunkt, wiewohl Pierre Varignon (1654—1722) einen tiefer greifenden Fortschritt angebahnt hatte, als er 1687 das stillschweigend schon vorher (I, S. 31) angewandte und gleichzeitig von Newton (S. 6) voll erkannte Parallelogramm der Kräfte mit klarem Bewußtsein zum Ausgangspunkte der ganzen Lehre vom Gleichgewichte machte. Die Bewegungslehre wurde zur Fortführung der von Galilei so erfolgreich begonnenen Reform genötigt, als das Problem vom Stöße der Körper gebieterisch seine Erledigung heischte. E. Huygens (S. 8), J. Wallis (1616—1703) und C. Wren (1632—1723), der berühmte Baumeister der St. Paulskathedrale in London, konkurrierten erfolgreich um diese Lösung, für die der von Descartes geschaffene, jedoch noch keineswegs von Unklarheiten freie Begriff der „Bewegungsmenge“ in Betracht kam. Das erste Modell einer Stoßmaschine, wie sie jetzt nicht leicht einem physikalischen Kabinette fehlt, stellte 1677 E. Mariotte (gest. 1684) her.

Trotz der damals alle Geister umfangenden Begeisterung für die rein experimentelle Forschungsmethode verwandte die Physik einen ansehnlichen Teil ihrer Kraft

auf die Klärung von Streitfragen, die nur allzu leicht in die Metaphysik hinüberspielten und dadurch der exakten Lösung sich entzogen. An das Kraftmaß des Cartesius (S. 15) knüpfte Leibniz bei seiner Gegenüberstellung von toten und lebendigen Kräften an, und weit über fünfzig Jahre ging dieser Kampf fort, in den 1747 auch der jugendliche Philosoph Immanuel Kant (1724 bis 1804) eingriff. Eine Frucht dieser meist mit großer Schärfe geführten Erörterungen war des Maupertuis (S. 16) Gesetz der kleinsten Wirkung, dessen mathematische Einkleidung freilich ohne L. Eulers (S. 18) ausgiebige Unterstützung schwerlich zustande gekommen wäre. Unsere Zeit beurteilt diese wichtige Entwicklungsphase ruhig und sicher vom energetischen Standpunkte aus, zu dessen Gewinnung eben jene Diskussionen nicht unerheblich beigetragen haben. Ein anderes, wesentlich der analytischen Lösung dynamischer Aufgaben dienendes Prinzip postulierte gegen Ende unserer Periode Lagrange in dem der virtuellen Geschwindigkeiten (I, S. 31). Bei dem genialen Italofranzosen erscheint auch in lapidarer mathematischer Form der für die mathematische Physik bahnbrechend gewordene, im Keime natürlich auch schon seinen Vorgängern nicht ganz fremde Begriff des Potentials.

Die Hydrostatik zehrte lange von den großen Erregungenschaften Stevins (I, S. 113), ehe sie neue Erkenntnisse den früheren hinzuzufügen begann. Nicht gleichgültig blieb ihr gegenüber die berühmte „Versuch-Akademie“ (Accademia del Cimento in Florenz, 1657 bis 1667), deren „Saggi“ noch jetzt die Bewunderung des

Exp
geil
dem
keit
zue
inde
förd
nah
For
mei
mic
hau
Bof
(17
für
füh
Wir
qua
Neu
dem
in
soge
erfo
zu.
(16
aller
164
Ein
Par

Experimentators erregen, die aber einem von Rom ausgeübten Drucke nicht standzuhalten vermochte. Die Akademiker führten den Nachweis, daß tropfbare Flüssigkeiten nahezu inkompressibel sind. Der Hydraulik fügte zuerst Mariotte (S. 27) einige neue Wahrheiten ein, indem er vornehmlich die Lehre von den Springbrunnen förderte. Erst im Verlaufe des nächsten Jahrhunderts nahm indessen auch dieser Teil der Mechanik mehr die Form einer geschlossenen Wissenschaft an, wozu das meiste Daniel Bernoullis (1700—1782) „Hydrodynamica“ (Straßburg i. E. 1738) beitrug. Man wird behaupten dürfen, daß was dann in der Folgezeit Ch. Bossut (1730—1814), Graf L. G. Dubuat-Mançay (1732—1787) und R. C. v. Langsdorf (1757—1834) für die Mechanik der Flüssigkeiten leisteten, nur Ausföhrung der von Bernoulli herrührenden Gedanken und Winke darstellte. In Frage kam dabei vor allem die quantitative Messung der Stoßenergie bewegten Wassers. Neue Ideen treten uns bei J. A. Segner (1704—1777), dem Erfinder der Turbine (1750), entgegen, der auch in der Bewegungslehre durch den Hinweis auf die sogenannten drei freien Rotationsachsen eines Körpers erfolgreich wirkte.

Wir wenden uns jetzt den elastischen Flüssigkeiten zu. Die Theorie des Barometers bildete Blaise Pascal (1623—1662), einer der bedeutendsten Mathematiker aller Zeiten, weiter aus. Drei kleine Schriften (1647, 1648, posthum 1663) bezeugen das Wachstum seiner Einsichten. An einem der Türme von Notre-Dame in Paris sowie am Puy de Dôme in der Auvergne, der

zu dem Ende von Pascals Schwager Perier bestiegen wurde, konnte unwidersprechlich dargetan werden, daß mit steigender Meereshöhe das Quecksilber in der Barometerröhre sinkt. Das Prinzip der barometrischen Höhenmessung war damit gegeben, während allerdings die den Zusammenhang mathematisch festlegende Regel noch mangelte. Um sie bemühten sich Hooke (S. 7), Mariotte (S. 27) und der als Vater der wissenschaftlichen Alpenforschung bei der Sache stark beteiligte Züricher Johann Jakob Scheuchzer (1672—1733), aber korrekt gab dieselbe zuerst 1686 der uns schon wohlbekannte Halley (S. 10, S. 14) in folgender Gestalt: Sind h_1 und h_2 ($h_1 < h_2$) die Barometerstände im höher und im niedriger gelegenen Punkte, so ist der Niveauunterschied beider Orte proportional $\log (h_2 : h_1)$.

Unbedingte Voraussetzung für diesen Lehrsatz, der für die Gebirgskunde so unübersehbar glückliche Folgen haben sollte, war ein anderer, der den Namen Boyle-Mariottesches Gesetz trägt und, ohne daß dem einen dieser beiden Männer von den Bestrebungen des andern etwas bekannt war, in den sechziger und siebziger Jahren aus langwierigen Experimentaluntersuchungen erwuchs. Sein Wortlaut ist: Volumen und Druck einer Gasmasse sind einander umgekehrt proportional. Man hat bisher allgemein angenommen, daß der Physikochemiker Robert Boyle (1627—1691) bei den betreffenden Versuchen einen fast gleichberechtigten Gehilfen in R. Townley gehabt habe, allein E. Gerland hat gezeigt, daß die Ansprüche dieses englischen Landadelmannes, dessen Lebensumstände ganz im Dunkeln liegen, keines-

wegs so hoch gewertet werden dürfen. Das Hauptverdienst verbleibt auf alle Fälle Boyle.

Das Wesen des Luftdruckes ließ sich, wie man um diese Zeit erfuhr, auch auf anderem Wege dem Auge sichtbar machen, nämlich mit Hilfe der von dem Magdeburger Bürgermeister Otto v. Guericke (1602—1686) erfundenen Luftpumpe. Genau angebbar ist der Termin dieser wichtigen Erfindung nicht. Das sie behandelnde Hauptwerk („*Experimenta Magdeburgica*“, Amsterdam 1672) erschien erst sehr verspätet, aber zuvor schon waren durch ihn selbst und durch den Würzburger Physiker Kaspar Schott (1608—1666), dessen Werke über natürliche Magie die Popularisierung der Naturlehre achtbar gefördert haben, die am meisten charakteristischen Versuche längst in die Öffentlichkeit gedrungen. Dieselben variieren alle Proben dafür, daß die Luft schwer und elastisch ist, und jeder moderne Experimentalkursus verwertet sie heute noch in altgewohnter Weise. Auf dem Regensburger Reichstage wurde einem ausgewählten Publikum das Schauspiel vorgeführt, daß zwei ausgepumpte — „Magdeburger“ — Halbfugeln (siehe Tafel XIII), die man aneinandergepaßt hat, fest genug zusammenhängen, um nur durch Pferdegespanne oder schwere Gewichte auseinandergerissen zu werden.

Wesentlich vervollkommnet wurde die Luftpumpe durch E. Sturm (s. o.), R. Boyle (s. o.), Senguerd und Smeaton, sowie auch durch den glücklichen Erfinder Denis Papin (1642—1712), mit dem wir noch mehr zu tun bekommen werden. Er machte von neuem eine, wie wir wissen (I, S. 83), auf Marco Polo zurück-

gehende Wahrnehmung und brachte sie in eine wissenschaftliche Formulierung: Die Siedetemperatur einer Flüssigkeitsmasse ist abhängig von dem auf der freien Oberfläche lastenden Drucke. Den Druck der Luft wußte man in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts auch nutzbar zu machen für Theorie und Praxis der an sich weit älteren Taucherglocke; Galley (s. o.) und Schott (s. o.) sind in diesem Zusammenhange zu nennen. Die theoretische Aerodynamik fand in L. Euler einen Vertreter ersten Ranges, ebenso in D'Alembert. Neben jenem Namen beginnt für diesen Wissenszweig auch die Bezeichnung Pneumatik in Aufnahme zu kommen.

Gegen Ende des Jahrhunderts beginnt auch eine Erfindung viel von sich reden zu machen, deren Geschichte das sonst so gut wie unerhörte Bild bietet, über hundert Jahre so gut wie stationär geblieben zu sein. Wir meinen die Luftschiffkunst. Ältere, halb mythische Versuche in dieser Richtung, die man mit den Namen De Lanis, Galien, Guzmão und Ph. Bohmeyer („De artificio navigandi per aërem“, Rinteln 1676) in Verbindung bringt, hatten keine greifbaren Resultate geliefert. Solche ergaben sich vielmehr erst, als J. M. Montgolfier (1740—1810) und J. A. C. Charles (1746—1823) die Sache in die Hand nahmen. Die Montgolfieren wurden mit verdünnter Luft, die Charlesieren mit dem neu erfundenen (s. u.) Wasserstoffgase gefüllt. Unter den praktischen Aeronauten der Anfangs-epoche zeichneten sich J. P. Blanchard (1753—1809), Graf F. Zambeccari (1756—1812) und J. F. Pilatre de Rozier (1756—1785) aus. Der zweitgenannte war

nahe daran, sein Leben einzubüßen; der dritte verunglückte wirklich beim Versuche, den Kanal zu überfliegen. Die militärischen Führer der Revolution errichteten auch in Meudon bei Paris eine „Ecole d'Aérostatiers“, die aber von Napoleon I. wieder aufgehoben wurde. Der große Euler starb 1783 beim Ausführen einer Rechnung über die Bewegung eines Luftballons.

Ein ganz neuer Zweig der Flüssigkeitsmechanik entstammt dem siebzehnten Jahrhundert, nämlich die Lehre von der Kapillarität. Zwar hatte sich der Umstand, daß ganz enge Röhren ein ganz anderes Verhalten als weitere erkennen lassen, schon den scharfen Augen eines Leonardo da Vinci (I, S. 98) und Galilei (I, S. 117) nicht gänzlich entzogen, aber die Grundphänomene des Wirkens einer Haarröhrchenkraft skizzierte doch zuerst G. Fabri (1606—1688) in seinem 1669 herausgegebenen Lehrbuche der Physik. Weit aus tiefer faßte den Gegenstand G. A. Borelli (1608—1679), dessen Studien über Kometenbahnen ihn als einen nur weniger glücklichen Nebenbuhler Halleys (S. 15) zu erkennen geben, und dessen posthum herausgegebenes Werk („De motu animalium“, Rom 1680, Leiden 1685) die Statik des menschlichen Körpers gesetzmäßig begründete. Ein von ihm 1670 veröffentlichter Traktat über Schwere und Stoß fördert weniger diese Dinge als eben die Kapillaritätstheorie. Für letztere interessierten sich auch F. Aggiunti, G. Montanari und der vielgelehrte Jsaak Vossius (1618—1689) in seinem der Geophysik neue Wege weisenden Büchlein von 1666: „De Nili et aliorum fluminum origine“. Da sich Johann Ver-

noullis Hypothese, diese Kraft sei eine Folge des Luftdruckes, nicht als richtig erwies, so blieb nur übrig, diese Forschung auf das Feld der Molekularphysik und Atomistik hinüberzuspielen, die uns Jahr 1700 die Gelehrten sehr lebhaft beschäftigte. Ihr seien deshalb auch, da wir von der Mechanik Abschied zu nehmen haben, noch einige Worte gewidmet.

Zu besten Sinne klassisch war die Atomentheorie Gassendis (S. 7), der nach Demokritos (I, S. 18) dafür hielt, die Urbestandteile aller Körper seien unmeßbar kleine, absolut harte, vollständig gleichartige Partikeln. Das Streben jedoch, alle Erscheinungen bequem erklären zu können, führte Boyle (s. o.), R. Malebranche (1638—1715), G. R. Wilfinger (1693—1750) und sogar Johann Bernoulli darauf, den Atomen alle nur denkbaren stereometrischen Formen zuzuschreiben, so daß sich eine zum Teile recht abenteuerliche Korpuskularphilosophie herausbildete. Bezeichnend ist z. B., daß der in Halle a. S. dozierende hochgeschätzte Medikochemiker Friedrich Hoffmann („Hoffmannsche Tropfen“) den Satz aufstellte: „Krankheiten entstehen im allgemeinen, wenn die dreieckigen Elemente der Säure und die zackigen Elemente des Schleimes den runden Elementen im Kreislaufe sich entgegenstellen.“ Doch gab es auch unter den Jatrochemikern und Jatromathematikern (I, S. 125) klare, zur einfachen Atomistik zurücklenkende Köpfe, wie den Wittenberger Professor Daniel Sennert und den Ingolstädter Professor Adam Morasch. Später entspann sich die Diatribe zwischen dem Atomismus und dem in Aristoteles gipfelnden Dynamismus, dem auch

Rant zugetan war, wogegen R. Bosovichs Annahme von immateriellen Kraftpunkten mehr ein Kompromiß zwischen den sich entgegenstehenden Extremen darstellte. Ein wertvolles Nebenprodukt molekulartheoretischer Betrachtungen waren die Fortbildung der von Galilei (I, S. 115) begründeten Festigkeitslehre durch Mariotte (S. 27) und das neugeschaffene Studium des Reibungswiderstandes. Dieses kräftig angeregt zu haben, war das Verdienst von G. Amontons (1663—1705), der 1699 exakte Versuche anstellte, um die Tatsache, daß nur das Gewicht die Größe der Friktion bestimme, zu bewahrheiten. Des umfassenden Naturkenners Leibniz (S. 12) Scharfblick führte zur Unterscheidung zwischen rollender und gleitender Reibung. Theoretische Vorschriften zu deren Berücksichtigung gaben Euler und D. Bernoulli. Über die Beziehungen zwischen Elastizität und Porosität arbeiteten J. Hawksbee (gest. um 1713) und der durch seine Geschicklichkeit in der Versuchsanordnung zu verdienstlichem Rufe gelangte holländische Experimentator Pieter van Musschenbroek (1692—1761).

Die Akustik bildet einstweilen noch ein Stiefkind der Forschung. Galilei führte die altpythagoreischen Betrachtungen (I, S. 20) über Tonhöhe, Spannung und Saitenlänge weiter fort und zog auch die Bildung stehender Luftwellen in Erwägung. Weitaus am meisten fesselte die Frage nach der Schallgeschwindigkeit. Mit ihr befaßten sich der bei dieser Gelegenheit gar nicht ungeschickte J. Bacon (S. 51), Merfenne (I, S. 115), Gassendi (S. 7) und die Accademia del Cimento (S. 28). Der Polyhistor Athanasius Kircher (I, S. 120) beschrieb

in zwei voluminösen Bänden („Musurgia“, Rom 1650; „Phonurgia“, Rempten 1673) berühmte Echo's, Flüsterergewölbe und Holzharfen; Samuel Morland (1625—1695) erfand 1671 das Sprachrohr. Eine musikalische Klanglehre schuf, nachdem Hooke (S. 7) und B. Stancari mit einschlägigen Versuchen vorgegangen waren, der französische Mathematiker J. Sauveur (1653—1716), der für seine Person so völlig unmusikalisch war, daß er keinen Augenblick der Unterstützung seiner mit Gehör begabten Hilfsarbeiter entraten konnte. Die Schwebungen von Orgelpfeifen leisteten ihm die besten Dienste bei der Ermittlung der Schwingungszahlen; auch stellte er als erster das Wesen der — von Merenne nur instinktiv gefühlten — Obertöne fest und bestimmte die Hörbarkeitsgrenzen von Tönen. Noch für lange wurde aber die tiefgehende Analogie nicht erkannt, die zwischen den Schwebungen und den von drei praktischen Musikern — A. Sorge (1744), C. Romieu (1753) und G. Tartini (1754) — bemerkten Kombinationstönen obwaltet. L. Euler versuchte (1739) eine physikalische Erklärung der musikalischen Harmonie zu geben. Fast rein mathematischer Natur waren die Arbeiten Brook Taylors (1685 bis 1731), Daniel Bernoullis (S. 18) und D'Alemberts über die gestaltlichen Modalitäten bei schwingenden Saiten. Immerhin ging auch aus ihnen die bereits experimentell erkannte Tatsache hervor, daß eine in Vibration versetzte Saite nicht bloß einen einzigen Ton gibt. Zur Erzeugung der Flageolettöne gab Sauveur (s. o.) das noch jetzt übliche Verfahren an — Aufsezung

von Papierreiterchen auf die in Ruhe verbleibenden Knotenpunkte.

Akustik und Optik gelten unserer Zeit als innig verwandte Disziplinen; im siebzehnten und achtzehnten Jahrhundert stand es damit anders. Daran, daß der Schall eine Wellenbewegung sei, zweifelte kein Sachkundiger; Licht, Wärme und Elektrizität dagegen waren Naturerscheinungen ganz anderer Art. Mit wenigen Ausnahmen, von denen Akt zu nehmen sein wird, dachte man sich die Lichtempfindungen durch winzige Körperchen hervorgebracht, die mit ungeheurer Geschwindigkeit sich fortbewegten und, in das Gesichtsgorgan eingedrungen, die Netzhaut reizten. So verlangte es die in fast ungebrochenem Ansehen stehende Emanationshypothese. Andererseits war den meisten Physikern der Wärmestoff, dessen Mehr oder Minder in einem Körper den Temperaturgrad bestimmte, eine Art von Dogma. Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften endlich galten als durch Imponderabilien, unwägbare Flüssigkeiten bedingt, welche die Materie durchdrangen. Dergestalt fehlte die Voraussetzung für die uns Späteren natürlich erscheinende Forderung, die verschiedenen Abteilungen der nicht im engeren Sinne zur Mechanik zu rechnenden Physik unter gemeinsamem Gesichtspunkte abzuhandeln.

Nicht sehr verständlich war Descartes' Lichttheorie, die nicht rein das Emanationsprinzip festhielt, wohl aber auch nicht eine Undulation zugrunde legte. Sowie der Mathematiker das entscheidende Wort zu sprechen berufen war, stand Cartesius auf festem Boden, und so

hat er vor allem in seiner Schrift „De Meteoris“ die Lehre vom Regenbogen, die auch schon 1611 M. A. De Dominis durch Versuche mit einer gefüllten Wasserfugel einleuchtender zu machen getrachtet hatte, so weit gebracht, als dies ohne Kenntniss der prismatischen Farbenzerstreuung nur immer möglich war. Der Erfindung des Fernrohres (I, S. 118) folgte bald die des Mikroskopes, an der wohl Galilei und Scheiner (I, S. 109) gleichmäßig beteiligt gewesen sein mögen, das aber noch lange als ein einfaches verwendet ward, auch als Stelluti (1625) seine Brauchbarkeit für zootomische Beobachtungen dargetan hatte. Die großen biologischen Entdeckungen, deren das übernächste Kapitel zu gedenken haben wird, wurden größtenteils mit noch recht primitiven optischen Hilfsmitteln gemacht. Das zusammengesetzte Mikroskop geht auf E. Divini (um 1660) zurück. Verbessert haben dann die entsprechenden Linsenkombinationen Hooke (S. 7), N. Hartsoecker (1626—1725) und der als Linsenschleifer dazumal unerreicht dastehende Graf Walter Ehrenfried v. Tschirnhaus (1651—1708), der auch der Schöpfer der geometrischen Lehre von den Brennlinien (Kata- und Diakautiken) war und Brennspiegel von ganz ungeheurer Konzentrationskraft der Wärmestrahlen fabrizieren ließ. Einschlägig ist hier auch das Sammelwerk „Ars magna lucis et umbræ“ (Rom 1641) des unermülich fleißigen, aber nicht immer kritischen Kircher (S. 35), worin die Zauberlaterne und die als Fata Morgana bekannte anomale Lichtbrechung vorkommen. Katoptrische Anamorphosen lehrte Schott (S. 31) anzufertigen: Verzerrungen, die, im Zylinder-

oder Regelspiegel betrachtet, den fraglichen Gegenstand richtig wiedergeben. Mathematisch exakte Verzeichnungen der Brennpunkte von Spiegeln und Linsengläsern machten 1669 Barrow (S. 12) und 1693 Halley (S. 10) bekannt.

Was bislang von der Lichterscheinung angeführt wurde, gehört ausnahmslos zu demjenigen Teile, den man in der Gegenwart als geometrische Optik kennt. Ihr sind auch jene Untersuchungen zuzurechnen, die während des ganzen achtzehnten Jahrhunderts über den Gang der Lichtstrahlen in einem zentrierten Linsensysteme angestellt wurden und, wie schon erwähnt (S. 22), Großes für die praktische Dioptrik erreichten. Die Anzahl der Abhandlungen, in welchen Euler diesen ganzen Fragenkomplex allseitig zergliederte, ist eine staunenswerte; niemand vor ihm ist sich so klar darüber geworden, daß unser Auge selbst nichts anderes als ein dioptrischer Apparat ist.

Von physikalischer Optik sprechen wir dann, wenn die Wesenheit des Lichtes in den Vordergrund gestellt wird. Dahin gehört die von Galilei und Kircher besprochene Phosphoreszenz des Bologneser Leuchtsteines und das sogenannte leuchtende Barometer, mit dessen Erklärung sich Picard (1675), Hawsbee (1709) und, freilich nicht mit seinem sonstigen Glücke, Johann Bernoulli (um das Jahr 1700) beschäftigten. Später brachte John Canton (1718—1782) diesen Zweig der Optik in eine mehr wissenschaftliche Form. Bei Kircher (f. o.) und Boyle (S. 30) stoßen wir auf die älteste, zunächst natürlich noch unverstandene Erwähnung der

Fluoreszenz. Wegen seiner immerhin einen Fortschritt dokumentierenden Anschauungen über die Farben sei der Böhme Marcus Marci von Kronland (1648), wegen seiner Auffindung eines blinden Fleckes in der Retina sei Mariotte (1673) genannt. Alle diese Phänomene regten zum Nachdenken über die Lichtphänomene an, waren aber mit der Annahme, das Licht sei ein Emissionsvorgang, noch keineswegs unvereinbar.

Um so mehr aber waren dies zwei in die sechziger Jahre des siebzehnten Jahrhunderts fallende Entdeckungen, denen gegenüber die Körperlichkeitslehre versagen mußte. Es waren dies die Farben dünner Blättchen und die Doppelbrechung. Schon Grimaldi (S. 11) hatte wahrgenommen, daß das Licht nicht immer in gerader Linie sich fortpflanzt, sondern beim Vorbeistreichen an dunklen Körpern einer Beugung oder Diffraction unterliegt. Das könne, so meinte der italienische Physiker, nur so gedeutet werden, daß die Lichtmaterie zugleich auch eine undulatorische Bewegung ausführe. Die merkwürdigen Interferenzfarben bei sehr dünnen Scheiben und Seifenblasen waren Boyle und Hooke („Micrographia or Philosophical Description of minute Bodies“, London 1665) aufgefallen, und letzterer fühlte schon heraus, daß Lichtvibrationen — und zwar nicht nur longitudinale, sondern auch transversale — als Ursache angenommen werden müßten. Hooke hat vielen Tadel wegen seiner Rechthaberei und seines gewohnheitsmäßigen Eingriffes in fremde Rechte über sich ergehen lassen müssen, aber den Ruf eines höchst geschickten Experimentators und klaren Denkers können

ihm auch seine unschönen moralischen Eigenschaften nicht verkümmern.

Den auffälligen Umstand, daß ein gewöhnlicher Lichtstrahl beim Passieren des als isländischer Kalkspat bekannten Kristalles in zwei Strahlen zerlegt wird, hatte der Kopenhagener Gelehrte Erasmus Bartholinus (1625 bis 1698) im Jahre 1669 beobachtet, so daß ein durch ihn gesehenes Objekt zwei Bilder liefert. Der eine der Strahlen unterliegt dem Snellius-Descartes'schen Brechungsgesetze (I, S. 119), der andere nicht. Huygens jedoch faßte das Licht als longitudinale Wellenbewegung auf, konstruierte für den außerordentlichen Strahl eine Wellenfläche, die sich als Umdrehungsellipsoid darstellte, und kam so zu einer durchaus befriedigenden Konstruktion des Ganges beider Strahlen; für den ordentlichen war die Wellenfläche eine Kugel. Über ein Jahrhundert blieb leider Huygens' genialer „*Traité de la lumière*“ vom Jahre 1690 unverstanden und folgenlos, weil er nicht mit der ganz emanatorisch angelegten, an sich ebenfalls hochbedeutenden „*Optice*“ Newtons (S. 6) übereinstimmte, und weil die Autorität des englischen Forschers geradezu faszinierend auf die Zeitgenossen und auf die nächsten Generationen wirkte.

Genanntes Werk, schon 1666 begonnen und 1675 in den Grundzügen vollendet, trat erst 1704 an das Licht. In ihm wird der Durchgang des mittels einer kleinen Öffnung in ein verdunkeltes Zimmer fallenden dünnen Strahlenbündels durch ein dreiseitiges Prisma behandelt, hinter dem sich das aus angeblüht sieben Farben bestehende Spektrum abbildet. Für jede Farbe

ließ sich ein besonderer Brechungscoefficient auffinden. Nunmehr war endlich auch eine wirklich befriedigende Erklärung des ersten und zweiten Regenbogens möglich geworden. Auch die Newtonschen Farbenringe, die sich zeigen, wenn ein sphärisches Glassegment von sehr großem Krümmungshalbmesser an eine ebene Glasplatte angepreßt wird, und die Grimaldischen Beugungserrscheinungen (S. 40) werden genau und messend verfolgt, während allerdings hier die Deutung nur durch einige kühne Ausgestaltungen der Emissionshypothese zu erzielen ist. Die mancherlei Angriffe gegen Newtons optisches System, wie sie von Hooke, Linus, Lukas, Rizetti, Pardies u. a. ausgingen, konnten demselben im Ernste nicht viel anhaben, und dasselbe gilt der Grundtendenz nach von den „Beiträgen zur Optik“ (Weimar 1791—1792) unseres Johann Wolfgang Goethe, obwohl letzterer der Ansicht huldigte, seine Studien zur Farbenlehre besäßen den Vorzug vor seinen dichterischen Leistungen. Auch nach der später erfolgten Abstreifung des korpuskulartheoretischen Gewandes blieb als unverbrüchliche Wahrheit bestehen: Weißes Licht setzt sich aus farbigen Lichtstrahlen zusammen. Der zielbewussteste Gegner Newtons war vielleicht Mariotte (S. 27), dessen Zurückführung der sogenannten großen Höfe um Sonne und Mond auf Spiegelung und Brechung des Lichtes in schwebenden sechseckigen Eiszadeln den Keim einer sehr gesunden Ausbildung der meteorologischen Optik in sich trug.

Nicht zu Newtons Doktrin bekannte sich späterhin auch der große Euler, dessen hierhergehörige, mehr nur

gele
Frea
ein
mein
nehm
gesa
sezu
gung
nach
Körp
ersch
gung
diese
daß
Hyp
mind
hinre
math
unzu
neut
Die
körpe
genoi
quem
zweie
Helli
ferne
erster
hund

gelegentlich gemachte Äußerungen (1762) ihn als einen Freund der Undulationshypothese erkennen lassen. Wenn ein Leuchtkörper noch so minimale Partikeln ausschickt, meint er, muß er doch nachgerade an Leuchtkraft abnehmen, und wo könnte solches z. B. von der Sonne gesagt werden? Weit natürlicher sei doch die Voraussetzung, daß das, was wir Licht nennen, einen Schwingungsvorgang bedeute. Besonders bezeichnend scheint nachstehender Satz zu sein: „Wenn die Teilchen eines Körpers eine solche Spannung haben, daß, wenn sie erschüttert werden, sie in einer Sekunde so viele Schwingungen machen, wie z. B. die rote Farbe, so nenne ich diesen Körper rot.“ Man mag es verwunderlich finden, daß Euler analytische Folgerungen mit seiner rationellen Hypothese nicht verbunden hat. Allein noch der nicht minder geistvolle Laplace ließ sich zu der Bemerkung hinreißen, die Vibrationstheorie eigne sich nicht zur mathematischen Behandlung — was sich denn bald als unzutreffend erwies.

Von zwei Bereicherungen der Optik, die einen mehr neutralen Charakter tragen, muß noch die Rede sein. Die Photometrie (S. 24) hat nicht nur auf Himmelskörper, sondern auch auf terrestrische Gegenstände Bezug genommen. Lambert (S. 24) gab auch einen sehr bequemen Apparat zur Vergleichung der Intensitäten zweier Lichtquellen an und entwickelte Formeln für die Helligkeit katoptrischer und dioptrischer Bilder. Des ferneren ist darauf aufmerksam zu machen, daß auch die ersten Anfänge der Photographie im achtzehnten Jahrhundert liegen. Ein Arzt, J. H. Schulze in Halle a. S.,

stellte die ersten rudimentären Versuche auf diesem Gebiete 1727 an, und selbständig verfielen gegen Ende des Jahrhunderts auf denselben Gedanken Josias Wedgwood (1730—1795) und Humphry Davy (1778 bis 1829). Am weitesten kam damals der uns bekannte Aeronaut Charles (S. 32), indem er Silhouetten auf Chlor Silberpapier zuwege brachte.

Für die Wärmelehre fällt entscheidend ins Gewicht, daß die Mittel zur Messung jener Betätigung der Wärme, die man als Temperatur selbständig aufzufassen lernte, sich immer mehr vervollkommneten. Thermoskopische Vorrichtungen kann man (I, S. 38) auf Philon Byzantinus zurückdatieren, und daran gemahnt auch, was im siebzehnten Jahrhundert zwei originelle, aber nicht immer rationelle Erfinder, C. Drebbel (1572 bis 1634) und R. Fludd (1574—1637), auszuführen beabsichtigt hatten. Den weiteren Schritt, das die thermoskopische Flüssigkeit bergende Rohr mit einer Gradeinteilung versehen zu haben, tat nach Wohlwill gegen 1612 der Physiologe Sanctorius (1561—1636), der also vor dem gewöhnlich als Erfinder eines brauchbaren Thermoskopes genannten Galilei die Priorität hat. D. v. Guericke (S. 31) ging insofern über diese früheste Form des Wärmemessers hinaus, als er die Notwendigkeit der Anbringung eines Fixpunktes betonte. Diesen Gedanken realisierte die Accademia del Cimento durch Eintragung des Schmelzpunktes; den Siedepunkt stellte ihm 1665 Huygens (S. 8) gegenüber, und so brachte denn, nachdem auch Dalencé (1688) und Halley (1693) auf die schärfere Graduierung gedrungen hatten, Gabriel

Daniel Fahrenheit (1686—1736) in den zwanziger Jahren des achtzehnten Säkulums das erste diesen Namen voll verdienende Thermometer zustande. Als unterer Fixpunkt diente die Temperatur einer Kältemischung, als oberer die des siedenden Wassers bei gegebenem Luftdrucke (S. 32); der Schmelzpunkt war vom unteren Fixpunkte um 32 Teilstriche entfernt. Als Füllflüssigkeit diente zuerst Weingeist, während Fahrenheit mit gutem Grunde zum Quecksilber griff. Das gewöhnlich John Leslie (1766—1804) zugeschriebene Differentialthermometer findet sich schon skizziert in dem uns (S. 26) bekannten Lehrbuche der Experimentalphysik von J. C. Sturm.

Die Thermometrie wurde in den nächsten Jahrzehnten mannigfach fortgebildet. R. A. F. De Reaumur (1683—1757) wählte für sein Alkoholthermometer die heute noch üblichen Grenzpunkte und teilte den Zwischenraum in achtzig gleiche Teile, und da gegen die gleichmäßige Ausdehnung des Weingeistes Bedenken laut wurden, entschied sich Anders Celsius (S. 16) in Upsala (1701—1744) wieder für das Quecksilberthermometer und schrieb die Zahl 100 an den Gefrierpunkt, die Zahl 0 an den Siedepunkt. Damit war die Zentesimalteilung gegeben, die jedoch in der uns heute geläufigen Form (unten 0° , oben 100°) von dem berühmten Sinné herrührt. Andere Teilungen, wie sie Delisle, Hanow usw. in Vorschlag brachten, haben keinen Anklang gefunden.

Aber auch der physikalischen Grundlage der Thermometrie fehlte noch ein wesentliches Moment. Temperatur

ist nicht mit Wärme identisch; diese Wahrheit formulierte schon 1695 der geistvolle Amontons (S. 35), auf dessen Bedeutung in Lamberts (S. 24) „Pyrometrie“ (Berlin 1779) mit hohem Lobe hingewiesen wurde. Der französische Physiker ging noch weiter; er arbeitete, wie hundert Jahre später Charles (S. 32), bereits mit einem Luftthermometer und sah sich so, ohne natürlich die volle Tragweite seiner Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft einzusehen, zu einer ersten Ermittlung des absoluten Nullpunktes der Temperatur bei $-293,5^{\circ}\text{C}$ geführt. Lambert selbst fand viel genauer $-270,3^{\circ}$, wogegen spätere Versuche von gleicher Tendenz sehr weit vom Ziele abirrten.

Systematisch begannen die Ausdehnung verschiedener Stoffe zuerst die Florentiner Akademiker (S. 28) zu erforschen. Man bedurfte der Kenntnis der hierfür maßgebenden Zahlen, wenn man das betreiben wollte, was man — in speziellerem Sinne, als es Lambert (S. 24) tat — Pyrometrie nannte und nennt, Wärmemessung bei sehr hohen Temperaturen. Ein brauchbares Metallpyrometer stellte 1731 Russchenbroef her. Auf einem davon verschiedenen Prinzipie beruhte Wedgwoods (S. 44) Tonpyrometer von 1782, dessen man sich in den großen Töpfereien Nordenglands mit Vorteil bediente.

Theoretische Spekulationen über den Urgrund der Wärme standen mit Fug wenig hoch im Preise, denn Bacon's „induktive“ Methode konnte auf diesem Gebiete nicht vorwärts bringen, und es kam doch vor allem darauf an, hinlänglich gesicherte empirische Unterlagen zu schaffen. In dieser Beziehung verdient die

Alle
for
fab
vor
unt
fön
for
Sch
glei
ren
die
seh
Ter
sich
ein
ten
fält
Ja
tan
ört
Be
erk
frie
J.
me
Ge
Ka
gle
sch

Akademie von Florenz volle Anerkennung. Man erforschte die Zusammensetzung von Kältemischungen; man fabrizierte künstliches Eis; man fand, daß die bekannte, von der Leitung zu unterscheidende Wärmestrahlung sich unter Umständen auch in eine Kältestrahlung umsetzen könne. Den Begriff der strahlenden Wärme definierte korrekt allerdings erst der schwedische Chemiker K. W. Scheele (1742—1786) im Jahre 1777, indem er zugleich die Nichterwärmung der Luft durch die sie passierenden Sonnenstrahlen, also jene Eigenschaft hervorhob, die uns als Diathermansie bekannt ist. Auf das Gesetz, daß Wasser bei Abkühlung unter einer gewissen Temperatur (nach jetzigem Sprachgebrauche $+4^{\circ}\text{C}$) sich kräftig ausdehne, verfiel Boyle (S. 30), als er einen mit Wasser gefüllten, der Kälte ausgesetzten Flintenlauf zerspringen sah. Die Möglichkeit einer Überkältung des Wassers ohne Festwerden stellte 1721 Fahrenheit (s. o.) fest. Eine Ahnung von latenter Wärme kann man ohne Zwang in C. v. Wolfs (S. 26) Erörterungen über den an sich neutralen und erst durch Bewegung das Wärmegefühl bedingenden Wärmestoff erkennen. Die erste theoretisch und experimentell befriedigende Monographie über das Eis lieferte 1716 J. J. De Mairan (1678—1771).

Während in Deutschland und Frankreich die Thermometrie eine besonders starke Anziehung auf forschende Geister ausübte, wurde England zum Mutterlande der Kalorimetrie. Etymologisch besagen beide Ausdrücke das gleiche, aber der in sie gelegte Sinn ist ein sehr verschiedener. Die erste Anregung zur Ausbildung dieser

Unterdisziplin der Wärmelehre gab allerdings ein Physiker schwedischer Abstammung, der Schwäbender G. W. Richmann (1711—1753), der in St. Petersburg einem Experimente mit Luftpfeiligkeit zum Opfer fiel. Ihm gehört die viel angewandte Mischungsregel: Mischt man zwei Flüssigkeitsmengen m_1 und m_2 , die jeweils die Temperaturen t_1 und t_2 besitzen, so ist die Temperatur der Mischflüssigkeit gleich dem Quotienten $(m_1 t_1 + m_2 t_2) : (m_1 + m_2)$. Ziemlich gleichzeitig machte J. A. Deluc in Genf (1727—1817) die interessante Wahrnehmung, daß das Thermometer, wenn mit der Eisschmelzung begonnen ist, auch bei beliebiger Wärmezufuhr so lange seinen Stand beibehält, bis alles Eis in Wasser verwandelt ist. Die Wärme diente somit nur dazu, den Aggregatzustand — so begann man um diese Zeit sich auszudrücken — zu verändern, nicht aber auf die Temperatur einen Einfluß zu äußern. Hier setzte der erfindungsreiche Joseph Black (1728—1799) ein, für dessen Bedeutung wohl charakteristisch ist, daß kein geringerer als Sir William Ramsay unlängst seine wissenschaftliche Biographie geschrieben hat.

Dem Berufe nach Arzt, hatte Black der Chemie seine Kräfte, wie wir noch in diesem Kapitel vernehmen werden, mit großem Erfolge gewidmet. Die Wärme verstand sich, das sind die Worte Blacks, indem er diesen Absorptionsprozeß kennzeichnet; sie ist latent geworden, hat man später gesagt. Hiemit war die schon von Amontons (s. o.) gehegte Überzeugung, daß man die Begriffe Wärme und Temperatur nicht identifizieren dürfe, voll erhärtet. Der britische Gelehrte unterschied

seinerseits zwischen Quantität und Intensität der Wärme, und mit Einführung dieser neuen Kunstwörter war eben auch die Kalorimetrie eine Notwendigkeit geworden. Die ersten Versuche, praktisch Wärmemengen zu bestimmen, datieren schon aus dem Jahre 1757. Fortgesetzt wurden sie in seinem Sinne, wesentlich auch im Interesse der Physiologie, von dem Schotten N. Crawford (1749 bis 1795) und dem Schweden J. C. Wilcke (1732 bis 1796), der noch bestimmter festlegte, was unter spezifischer Wärme zu verstehen sei. Das erste ganz zweckdienliche Instrument jedoch zur zahlenmäßigen Ermittlung spezifischer Wärmen oder Wärmekapazitäten war das 1777 von Laplace (S. 19) und Lavoisier (S. 25) erfundene Eiskalorimeter. Hier darf auch Erwähnung finden Charles Wladens (1748—1820) schon 1780 gemachte, aber erst in viel späterer Zeit gewürdigte Entdeckung, daß die Konzentration einer Lösung eine Herabsetzung des Gefrierpunktes im Gefolge habe.

Erst gegen Ende des Jahrhunderts wagt sich schüchtern eine neue, wenn auch der Idee nach an Bacon und Cartesius anknüpfende Auffassung des Wesens der Wärme hervor. Es war der uns soeben bekannte gewordene Wilcke, der für einen selbständigen, von beliebigen Materien leicht angezogenen Wärmestoff eintrat, in dessen Innerem aber Abstoßung der Elementarteilchen prävaliere. In systematischer Gestalt bildete die Stofftheorie der jüngere (S. 23) Tobias Mayer (1752 bis 1830) in einer 1791 gedruckten Schrift aus. Auch Laplace (f. o.) stand auf diesem Standpunkte. Ob ein

Körper in diesem oder jenem der drei Aggregatzustände erscheint, ist nach ihm von dem steten Konflikte bedingt, in dem sich molekulare Attraktion und molekulare Repulsion befinden, und diese letztere wird durch Eindringen stofflicher Wärme verstärkt.

Außerordentlich bedeutsam ist für die Wärmetheorie in ihrer Gesamtheit die Erfindung der Dampfmaschine geworden, die ja zunächst nur technischen Zwecken, und zwar denen der Montanindustrie, Dienste zu leisten berufen schien. Die Arbeitsleistung des sich ausdehnenden Dampfes nützlich zu verwerten, hatten schon Heron (I, S. 45) und Bihlon (S. 44) ermöglicht, und auch später begegnet man darauf abzielenden, aber schwer völlig zu klärenden Andeutungen bei J. Matthesius (1562), B. Scappi (1570), G. Branca (1629), welche letzterer Schaufelräder durch Dampfstrahlen in Umdrehung zu setzen gedachte. Zuverlässigeren Boden bekommen wir unter die Füße erst mit Salomon De Caus (1615), Marquis Edward Somerset of Worcester (1663), Denis Papin (1690) und Thomas Savery (1698). Am weitesten war zweifellos Papin gekommen, der, falls nicht sehr viele Hemmnisse dem in Hessen sein arbeitsreiches Dasein hinbringenden Hugenotten (1647 bis 1718) in den Weg getreten wären, sehr wohl in stande gewesen sein dürfte, leistungsfähige Arbeitsmaschinen und Dampfgeschiffe herzustellen. Die erste zu aktiver Wirkung gelangte „atmosphärische“ Dampfmaschine erbauten bald nach 1700 gemeinschaftlich Th. Newcomen und J. Cawley; die zum Öffnen und Schließen der Hähne notwendige Vorrichtung übertrug H. Potter auf die

Maschine selbst. Weiteren kleineren Verbesserungen von Hüll und Fitzgerald folgte dann der Mechanismus der Neuzeit mit Kondensator und Selbststeuerung. Unterstützt von M. Boulton brachte die moderne Dampfmaschine 1775 James Watt (1736—1819) zustande, dessen mathematisches Geschick ihn auch mit hoher Annäherung die kinematische Aufgabe lösen ließ, die alternierende Bewegung in eine rotierende zu verwandeln (Wattsches Parallelogramm). Rasch setzte sich die Dampfmaschine in Großbritannien durch, langsam nur auf dem Festlande und namentlich auch in Deutschland, wo ihr noch lange der wenig bezeichnende Name Feuermaschine anhaftete. Die ersten Bestrebungen, ein Dampfschiff herzustellen, datieren auch noch aus dem achtzehnten Jahrhundert; der erst nach vielen fruchtlosen Bemühungen glücklich zu seinem Ziele durchgedrungene Urheber dieses in seinen Folgen unübersehbaren Fortschrittes der Schiffbaukunst war der Amerikaner Robert Fulton (1765—1815).

Die Lehre vom Magnetismus machte als solche, nachdem Gilberts Grundbuch (I, S. 120) eine neue Epoche heraufgeführt hatte, längere Zeit keine namhaften Fortschritte mehr. Hier hätte des mehrgenannten englischen Kanzlers Lord Francis Bacon of Verulam (1561—1626) Reformversuch am ersten Triumphfeiern können, aber die schematischen Kategorien seines Hauptwerkes versagten bei so schwierigen Problemen. Auch N. Kircher (S. 38) variiert in seinem „Magnes“ (Rom 1641) diesen Gedanken, aber im übrigen bringt sein Foliant nicht allzuviel Neues; erwähnenswert

ist der Vorschlag, magnetische Kräfte durch Gewichte zu messen. Die Tatsache, daß Eisenstangen im magnetischen Meridiane ohne weiteres Zutun magnetisch werden, steht nebst vielen anderen Details (I, S. 121) in N. Cabeos (1585—1650) „Philosophia magnetica“ (Ferrara 1629). Eine lange Zeit geübte Methode, durch Streichung Magnetstäbe anzufertigen, führte 1678 J. B. Duhamel ein. D. Bernoulli (S. 18), der in Gemeinschaft mit einem Baseler Mechaniker J. Dietrich viel mit trefflichen Hufeisenmagneten experimentierte, gab eine Formel für deren Tragkraft und lehrte, wie auch sein Freund Euler, bessere Inklinatoren, als man sie vorher besaß, herzustellen. Die Theorie ließ sich, nachdem Cartesius (I, S. 120) auch hier seine Wirbel als Erklärungsurache empfohlen hatte, besonders Euler angelegen sein, der sich aber einigermaßen von jenem Vorgänger leiten ließ, wie folgende Worte bekunden: „Das Wesen des Magneten besteht in einem ununterbrochenen Wirbel, und dadurch unterscheidet er sich von allen anderen Körpern.“ Dem gegenüber bildete C. A. Coulomb (1736—1806) die ein Jahrhundert lang nachwirkende Ansicht aus: Jedes Eisenstück enthält unzählige Elementarmagnete mit beliebig verteilten gleichen Mengen positiv- und negativ-magnetischer Flüssigkeiten, und durch den Magnetisierungsprozeß werden diese letzteren so verteilt, daß dem negativen Pole alle positiven und dem positiven Pole alle negativen Flüssigkeitsquanta zugekehrt erscheinen. Die von Coulomb 1784 den Physikern zum Geschenke gemachte Drehwaage gestattete die genaue Messung auch

der winzigsten magnetischen und elektrischen Kraftäußerungen.

Weit mehr Interesse als dem physikalischen Fache an sich wandten die Gelehrten des siebzehnten und teilweise auch des achtzehnten Jahrhunderts dem Erdmagnetismus zu. Seit 1625 wußte man, zunächst allerdings nur in England, durch H. Gellibrand (1597 bis 1637), daß die Deklination veränderlich ist und somit für die Bestimmung der Meereslänge außer acht zu bleiben hat. Lange blieb der Nachweis unbeachtet; als aber von Petit in Paris, von Luzzout (S. 8) in Rom, von Linnemann in Königsberg in Preußen, von Hevelius (S. 10) in Danzig und, mit besonders scharfer Messung, von Johann Volckamer dem Vater (1616 bis 1693) in Nürnberg die gleichen Angaben in den gelehrten Zeitschriften bekanntgemacht wurden, da ließ sich an der Sache nicht mehr zweifeln. Um 1670 begann die bis dahin westliche Mißweisung in Deutschland zu einer östlichen zu werden. J. C. Sturm (S. 26) dachte, seinem Zeitalter weit voraneilend, daraufhin an die Begründung eines magnetischen Weltvereines, wie er eineinhalb Jahrhunderte nachher durch A. v. Humboldt wirklich ins Leben gerufen worden ist. Damals allerdings, im Jahre 1682, kam leider die „Epistola invitatoria“ noch zu früh.

Vielleicht veranlaßt durch seinen Ordensgenossen G. Borro (Burrus), dessen Schrift „De arte navigandi“ einen solchen Plan kurz entwickelte, bildete der nun schon oft zitierte Jesuit Kircher das Prinzip aus, Erdarten zu zeichnen, auf denen die durch Orte gleicher

magnetischer Abweichung hindurchgehenden Linien eingetragene sein sollten. Damit war ein fruchtbringender Gedanke ausgesprochen, der auch Verwirklichung fand, so wenig die Zeitgenossen an der für solche Kurven vorgeschlagenen Bezeichnung „lineae chalyboeliticæ“ (chalyps, Stahl) Geschmack empfanden. Halley, der (S. 10) auf seinen Seereisen sich ein großes Material verschafft hatte, ersetzte das unbehilfliche Wort durch ein sehr zweckmäßig gebildetes und trat 1701 mit einer in ihrer Art sehr hoch zu stellenden Isogonenkarte hervor. Der periodischen Tageschwankung der Horizontalnadel kam um 1720 der Mechaniker Graham (S. 21) auf die Spur, und auch die beiden anderen Elemente, Neigung und Stärke, fand er veränderlich. Was Halley für die Deklination getan hatte, das leistete Wilcke für die Inklination, und seine Isoklinenkarte von 1768 überragte bei weitem den ersten schüchternen Versuch einer solchen, an den sich 1701 W. Whiston (1667 bis 1752) gewagt hatte.

Solche graphische Darstellungen mußten auch den theoretischen Bestrebungen zur Grundlage dienen, die sich nicht mit bloß allgemeinen Redewendungen über magnetisch-tellurische Wirbelsysteme im Sinne des Cartesius begnügen wollten, sondern als Endziel das im Auge hatten, unter Voraussetzung einer gewissen Anzahl empirischer Daten eine Vorabrechnung der Elemente für beliebige Erdorte zu ermöglichen. Die der Karte entnommene Hypothese von vier magnetischen Polen mußte bald wieder aufgegeben werden. Tob. Mayer der Ältere entwickelte um 1750 eine Theorie,

von der uns nur wenige Fragmente erhalten sind. Mutmaßlich ähnelte sie derjenigen, die Euler 1757 bekanntgab. Danach ist irgendwo im Erdinneren ein großer massiver Magnetstab anzunehmen, und die Punkte, in denen dessen verlängerte Achse die Erdoberfläche trifft, sind die magnetischen Erdpole. Mehr als zwei solche wären folglich nicht denkbar. Eulers Berechnung zeichnet sich, wie immer, durch hohe Technik in der Überwindung formaler Schwierigkeiten aus, vermochte aber die Hauptsache nicht zu fördern.

Die ältere Zeit faßte Magnetismus und Elektrizität durchweg als nahe verwandte Kräfte auf; ja Kircher (s. o.) hat schon das Wort Elektromagnetismus gebildet, was natürlich etwas ganz anderes bedeutete, als was die Gegenwart darunter versteht. Als chronologisch erster Teil der Physik fand die Elektrizitätslehre ihren Spezialhistoriker in Joseph Priestley (1733—1804), der diesem Geschichtswerke (1767) bald auch ein solches über Optik (1772) folgen ließ. Das, was D. v. Guericke an positivem Wissen auf diesem Gebiete vorfand, stand in Gilberts großem Werke; er selbst ging darüber hinaus, indem er eine primitive Elektrisiermaschine anfertigte und, wenn er einen Finger an die durch eine Kurbel in Drehung versetzte Schwefelkugel hielt, ein leises Knistern, im Dunkeln auch ein schwaches Leuchten wahrnahm. Den elektrischen Funken selbst stellte 1709 Hawksbee (S. 35) fest, der auch Glasröhren elektrisch zu machen verstand. Eine wirkliche Basis für den neuen Wissenszweig schufen aber erst die Engländer S. Gray (1670—1736) und J. T. Desaguliers (S. 26) im

Bunde mit den Franzosen Ch. F. Dufay (1698—1739), J. N. Nollet (1700—1770) und G. Lomonnier (1717 bis 1799). Von Gray wurde der Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern aufgedeckt; Dufay erkannte die Existenz zweier verschiedener Arten von Elektrizität — Glas- und Harzelektrizität; Desaguliers formulierte den für die ältere Physik maßgebenden Gegensatz zwischen Leitern und Konduktoren; auf Nollet (1747 u. fg.) führt sich der noch jetzt für die Anfänge maßgebende elektrische Demonstrationsapparat zurück; Lomonnier ist der wahre Entdecker der atmosphärischen Elektrizität. Nächstem nahmen sich Deutsche erfolgreich der jungen, vielversprechenden Disziplin an. Die Leipziger Professoren Ch. A. Haufen (1693—1743) und J. H. Winkler (1703—1770), sowie ihr Wittenberger Kollege G. M. Bose (1710—1761) verbesserten die Elektrifiziermaschine und beschäftigten sich mit den elektrischen Schlägen, die aber erst dann zu höherer Intensität gesteigert werden konnten, als im Jahre 1745 E. G. v. Kleist (gest. 1748) und der sonst wenig bekannte Cunaeus in Leiden den Verstärkungsapparat, die Leidener Flasche, zusammenstellten, die schon kräftige Wirkungen ausübte. Winkler und B. Watson (1715—1787) studierten die Zündwirkungen der Elektrizität, die nun auch bald von Ch. G. Krazenstein (1745) und L. Zallabert (1748) zu medizinischer Anwendung empfohlen wurde.

Die elementaren Vorlesungsexperimente organisiert zu haben, ist hauptsächlich das Verdienst Nollets (s. o.) und des Amerikaners Benjamin Franklin (1706 bis 1790). Seit 1745 eifrig mit diesen Studien sich be-

schö
flaf
ein
me
wu
am
Luf
Sch
we
das
stor
For
17
Sch
Ere
vor
bis
voll
Nü
büß
wa
bis
reid
bis
zeit
der
leu
bes
Sti
(17

schäftigend, änderte er unter anderem die Verstärkungsflasche in die bekannte Franklin'sche Tafel um und erfand eine Menge neuer Versuche mit den bekannten Instrumenten. Durch seinen Freund C. Kinner'sley (geb. 1712) wurden erstere den Bewohnern vieler Städte in Nordamerika und Westindien vorgeführt. Was er für die Lustelektrizität war, bedarf später (S. 105) besonderer Schilderung. Bald erhielt der elektrische Apparat noch wesentliche Bereicherungen. Canton (S. 39) verbesserte das Reibzeug und erfand das Holundermarkelektroskop; M. Planta (1727—1772), J. R. Sigaud de la Fond (1740—1810) und J. Ingenhouß (1730 bis 1799) sind als Konkurrenten um die weltbekannte Scheibenelektrofiermaschine zu nennen, deren erstes Exemplar 1766 aus Ramsdens (S. 21) Atelier hervorging. Wilcke (S. 54) und F. U. L. Nepinus (1724 bis 1802) sind die Begründer der erst später ihrer vollen Bedeutung nach erkannten Lehre vom elektrischen Rückstande. Die Erfindung des Ruchenelektrophors gebührt dem in neuen Versuchsanordnungen überaus gewandten italienischen Physiker Alessandro Volta (1745 bis 1827), der auch sein Strohhalmelktrometer erfolgreich zu handhaben mußte. Auch Joseph Webers (1753 bis 1831) Luft- und Papierelektrophor waren ihrerzeit beliebt. Voltas Apparat verhalf zur Auffindung der das Wesen der verschiedenen Elektrizitäten klar beleuchtenden Lichtenbergschen Figuren, die 1777 zuerst beschrieben wurden. Des weiteren dürfen nicht mit Stillschweigen übergangen werden Voltas Kondensator (1782) und elektrische Pistole (1777), sowie die zahl-

reichen neuen Apparate des in London lebenden Neapolitaners L. Cavallo (1749) und W. Genlys (Lebensumstände fast unbekannt) im Jahre 1772 konstruiertes Quadrantenelektroskop.

Solange man noch nichts von positiver und negativer Elektrizität wußte (s. o.), bewegten sich die theoretischen Anschauungen wesentlich in den Gedankengängen der Wirbeltheorien. Erst 1759 brachte der sonst recht wenig bekannte englische Physiker Robert Symmer (gest. 1763) jene Hypothese zu Ehren, die in ihren Hauptzügen mit der oben (S. 52) gekennzeichneten magnetischen zusammenstimmt. Alle unelektrischen Körper enthalten die beiden entgegengesetzten Elektrizitäten in gebundenem Zustande, und der Elektrifizierungsakt bewirkt, daß die eine über die andere obliegt. Diese dualistische Auffassung glaubte Wilcke (s. o.) durch die Erscheinung des Ausströmens aus Spitzen belegen zu können, und auch Aepinus' (s. o.) Erfahrungen mit dem durch Erwärmen elektrisch werdenden Turmalin wurden dualistisch interpretiert. Franklin dagegen war überzeugter Unitarier; die elektrische Materie offenbare nur unter abweichenden Umständen auch abweichende Wirkungen. Die Mehrzahl der damaligen Fachleute stand auf Symmers Seite, wozu namentlich auch die in den fünfziger und sechziger Jahren von Canton, Wilcke und Aepinus beschriebene Beobachtung, daß ein Körper durch Influenz mit der entgegengesetzten Elektrizität geladen werden könne, nicht unerheblich beitrug.

Das Jahr 1791 war Zeuge einer Entdeckung, deren Folgen in der Physik eine radikale Umwälzung zuwege

bringen sollten. Rein chronologisch könnte diese große Neuerung, der sogenannte Galvanismus, schon an dieser Stelle zur Besprechung gelangen. Indessen wird es mit Rücksicht auf den Zusammenhang geboten sein, diese ihren Konsequenzen nach innig mit dem neunzehnten Jahrhundert verflochtene Episode der nächsten Abteilung vorzubehalten und jetzt zur Registrierung des Verdeganges der neueren Chemie überzugehen, die, wie wir wissen, nach der Ansicht der meisten urteilsfähigen Personen des zur Diskussion stehenden Zeitraumes von der Physik kaum zu trennen war.

Wenn wir über die der vorigen Abteilung gezogene Grenze hinausschreiten, so dauert es ziemlich lange, bis Chemiker von klangvollem Namen Beachtung heischen. Der Atomistiker Joachim Jungo (Jungius, 1587 bis 1657) drang auf korrekte Darstellung der Fundamentalbegriffe. Von alchymistischem Wahnglauben war er gänzlich frei, während der Arzt J. R. Glauber (1604 bis 1668), dessen Glaubersalz den geschickten Experimentator dokumentiert, den alten Vorstellungen noch bereitwillig seinen Zoll zahlte. Dem begeisterten Zatrochemiker Franz De Le Boë Sylvius (1614—1672), der eine erste Ahnung von dem späterhin als phlogistisch bezeichneten Prinzipie gehabt haben dürfte, trat der uns als hervorragender Physiker wohlbekannte Boyle (S. 30) entgegen. Ihm muß man es in erster Linie zuschreiben, wenn die Chemie die drückenden medizinischen Bande allmählich abzustreifen und sich, wo nicht als autonomer Wissenszweig zu fühlen, so doch mehr der Physik zuzuneigen anfing. Ganz ließ sich der erwähnte

historisch gewordene Zusammenhang nicht mit einem Schlage lösen; noch immer waren berühmte Mediziner, wie der Holländer Hermann Boerhaave (1668—1738), der Verfasser der hochgeschätzten „Elementa Chemiae“ (Leiden 1732), auch der Scheidekunst zugetan, und noch gegen das Jahrhundertende hin wurde an der Universität Jngolstadt der Chemieprofessor G. L. C. Rousseau (1724—1794) aus der philosophischen in die medizinische Fakultät herüberversetzt. Aber der Prozeß der Vererbständlichung war doch nicht mehr aufzuhalten.

Boyles Leistungen müssen sehr gewürdigt werden. Sein Eigentum war die Erkenntnis, daß Metallverfälschung mit Gewichtszunahme verbunden ist. Nicht minder war er es, der die heutzutage jedem Anfänger geläufige Probe der Unterscheidung von Säuren und Alkalien durch Reagenzpapiere in die Wissenschaft einführte. N. Lémery (1645—1715) lehrte, daß man die Alkalien in Ammoniak, Soda und Pottasche zu trennen habe, und damit ist schon ausgesagt, daß das Wort „Potassium“ nichts mit dem ziemlich viel späteren deutschen Chemiker J. J. Pott (1692—1777) zu tun hat, wie in sonst guten Büchern zu lesen steht. Pott, ein sehr tätiger Schriftsteller, erwies sich bei der Analyse des Bitriols als ein Gegner Lémerys, welcher letzterer durch seinen „Cours de Chimie“ (Paris 1675, zehnmal neu aufgelegt), der noch jungen Wissenschaft den ersten systematischen Lehrbegriff darbot. W. Homberg (1652—1715) muß als einer der letzten bewußten Anhänger der Lehre von einem Urkörper genannt

werden, aus dem, natürlich in mannigfacher Verbindung mit anderen Materien, jeder beliebige Stoff hergeleitet werden könne.

Die zweite Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts sah jene ungeachtet ihrer Unrichtigkeit doch immer groß gedachte und geistreich vertretene Phlogistontheorie entstehen, die hundert Jahre hindurch eine souveräne Herrschaft in der Chemie ausübte. Das war nicht mehr jene „*qualitas occulta*“, an welche die Alchymisten glaubten, und die noch in der „*Physik*“ des sonst so fortschrittlich gesinnten Pädagogen Amos Comenius (1592—1670) ihr Wesen treibt, sondern das war ein reeller Körper, dem man den Namen Phlogiston beigelegt hatte. Eingeleitet wird die neue Doktrin durch den ebenso scharfsinnigen wie unsteten Johann Joachim Becher (1635 bis 1682), dessen Fundamentaltheorem das folgende war: Es gibt drei Grunderden, und jedes Metall setzt sich aus einer dieser Substanzen und dazu noch aus einer brennbaren Erde zusammen. Ähnlich dachte sich auch der von Becher und Stahl wohl wenig beeinflusste C. F. Geoffroy (1672—1731) in seinen „*Conjectures sur la composition des métaux*“ vom Jahre 1704 den Sachverhalt bei chemischen Verbindungen. Zu einer tieferen Durchbildung seiner Gedanken brachte es der von zahlreichen anderen Geschäften in Anspruch genommene Becher nicht; er schrieb auch über Bergbaukunde („*Physica subterranea*“, 1669—1675), war eifriger Nationalökonom und gab sich große Mühe, eine kur-bayerische Kolonie in Guyana anzulegen. Was er jedoch vermissen ließ, holte reichlich Georg Ernst Stahl (1660

bis 1734) nach in einem sehr verdienstvollen Werke („Zymotechnia fundamentalis sive fermentationis theoria“, Halle a. S. 1697), dem eine Reihe „Observationes“ und mehrere Werke über rationale, experimentelle und pharmazeutische Chemie nachfolgten. Der Verbrennungsprozeß besteht ihm zufolge darin, daß aus dem verbrennenden Körper ein vorher mit ihm verbunden gewesener, außerordentlich feiner, aber doch eben körperlicher Stoff entweicht. Wenn ein Körper arm an solchem Phlogiston ist, so kann man dessen Masse durch einen Glühprozeß anreichern. Schwefel z. B. war phlogistifizierte Schwefelsäure. Auch hat Stahl zuerst tabellarisch die Stoffe einander zugeordnet, die sich mehr oder minder leicht miteinander verbinden — der erste Ansatz zu einer Lehre von der chemischen Verwandtschaft. Zumal die Jatrochemiker nahmen Stahls Ideen bereitwillig auf, an ihrer Spitze sein medizinischer Kollege F. Hoffmann (S. 34). Mit diesem, mit Th. van Craanen und E. van Bontekoe schließt die im engeren Sinne chemiatische Periode der Heilkunde insofern ab, als nachmals, bei aller Wertschätzung chemischer Heilmittel, der seit Paracelsus für diese Art der Systembildung herrschende Enthusiasmus abzuflauen begann.

Im Gegensatz dazu wuchs eine angewandte Chemie heran, die der Medizin die fruchtbarsten Dienste zu erweisen bestimmt und bereit war. Was der ruhelose Alchymist Leonhard Thurneyßer (Thurnhäuser, Thurnyßer, 1531—1596) mit seiner chemischen Untersuchung von Mineralwässern begonnen, wurde von rationellen Chemikern fortgeführt, unter denen der Schweizer M. A.

Cappeler (1685—1796) besondere Anerkennung verdient. Die immer zielbewußter ihr Ziel verfolgende Apothekerkunst verband sich innig mit der gleichstrebenden Chemie. Schon 1543 ward in Nürnberg die nach H. Peters als erste solchen Titels würdige Pharmakopöe des Valerius Cordus (1515—1544) gedruckt, worin u. a. die Bereitung des Aethers gelehrt wird, und dieses Buch hat richtunggebend auf diese ganze neue Literaturgattung der naturhistorisch-chemischen Dispensatorien eingewirkt. In Nürnberg kamen 1592, 1598, 1612 und 1666 davon neue, verbesserte Auflagen heraus; die letztgenannte unter der Oberleitung des uns als Geomagnetiker (S. 53) bekannten Stadtarztes Volkamer, bei dem wir auch mit die ersten Bestrebungen zugunsten einer selbständigen Nahrungsmittelchemie nachzuweisen in der Lage sind. Medizinisch-chemischer Art ist die Provenienz des Phosphors, den 1669 der Hamburger Alchymist Brand und 1674 der schon mehr wissenschaftlich vorgehende J. G. Runckel v. Loewenstern (1630—1702) aus dem Harn darstellten. Dieser letztere zählt auch zu den Beförderern der technischen Chemie, obschon seine wertvollen Schriften über Glasfabrikation erst 1789 posthum ans Licht kamen. Auch die Erfindung des Porzellans kann hier ihre Stelle finden; sie ist aber nicht, wie man fast überall liest, dem alchymistisch angehauchten Laboranten J. C. Böttger (Böttcher, Bötticher, 1685—1719), sondern dem auch sonst (S. 38) um die Naturwissenschaften sehr verdienten Grafen Tschirnhaus (um 1703) zuzuschreiben. Die von Agricola (I, S. 126) inaugurierte metallurgische Hütten-

kunde erfreute sich schon sehr frühzeitig vollster Beachtung in einem der Naturkunde sonst nicht allzu freundlich gesinnten Lande; Spanien mußte Gewicht darauf legen, eine verständige Bearbeitung der ihm aus seinen Kolonien zuströmenden Metallschätze in die Wege zu leiten. Auf N. Barba, der um 1600 die Silberminen Perus und Boliviens studierte, und dessen Schriften mehrfach, auch ins Deutsche, übersetzt wurden, folgte Alonso Carrillo y Laso, dessen „Metallkunst“ 1674 einer englischen, 1676 einer deutschen und noch 1738 (1791) einer französischen Übertragung teilhaftig wurde.

Bis zum Auftreten des großen Lavoisier (S. 25) wird die Chemie des achtzehnten Jahrhunderts von der phlogistischen Lehre im Banne gehalten, was namhafte Einzelfortschritte durchaus nicht hindert. Mehrfach suchte man auch das Wesen des Phlogistons näher zu bestimmen; Bött (S. 60) erklärte es für eine — so würden die Neueren sagen — allotrope Form des Schwefels, und P. J. Macquer (1718—1784), dessen Kompendium der theoretischen Chemie (1749) über Boerhaave (s. o.) hinausging, dachte an eine Identifikation der feinen Substanz mit jenem Lichtstoffe, dessen die Emissions-theoretiker (S. 37) nicht entraten konnten. Als besonders bemerkenswerte Leistungen der phlogistischen Epoche verzeichnen wir C. J. Geoffroy's (des Jüngeren, 1685 bis 1752) Untersuchungen über die fetten und ätherischen Öle, Torbern Bergmans (1735—1784) Darstellung des Maaß und der Zuckersäure, H. L. Duhamel de Monceaux (1700—1781) Isolierung von Kali und Natron, A. S. Marggrafs (1709—1782) bahnbrechende

Arbeiten über die Talkerde, die Tonerde und über den Zuckergehalt der Rüben. An letztere knüpft sich bekanntlich Entstehung und Ausbildung einer neuen Industrie, deren Vorkämpfer F. C. Achard (1753—1821) geworden ist.

Der chemischen Theorie erwachsen unabhängig von der großen Umwertung aller Werte, die von Frankreich ausging, nachhaltige Bereicherungen aus den Forschungen der beiden Deutschen J. B. Richter (1762—1807) und J. K. Wenzel (1740—1793). Des ersteren Werk „Anfangsgründe der Stöchiometrie oder Meßkunst chemischer Elemente“ (Breslau 1792—1794) ließ zugleich mit einem neuen Kunstworte auch eine neue Disziplin entstehen, ein Grenzgebiet zwischen Chemie und Mathematik. Es sollten zahlenmäßig die Gewichte ermittelt werden, unter welchen sich Säuren und Basen zu Salzen verbinden. Das Buch wurde wenig gelesen und erst von Berzelius in seinem Werte erkannt. Wenzel ist durch Ostwalds Ehrenrettung der eigentliche Begründer der chemischen Kinetik geworden. Er erlebte den Druck seiner inhaltreichen „Lehre von der Verwandtschaft der Körper“ nicht, die Grindel 1800 in Dresden herausgab.

Nicht sehr viel konnte im großen und ganzen die Universitätschemie des achtzehnten Jahrhunderts leisten, weil sie in ihrer uns bekannten Abhängigkeit von Physik oder Medizin, mit Laboratorien und Apparaten nur ausnahmsweise (I, S. 124) gut versehen, nicht zu freier Entfaltung gelangen konnte. Erst gegen die siebziger Jahre hin beginnt auch da ein Fortschritt sich zu zeigen, an dem in Deutschland hauptsächlich M. S. Klaproth

(1743—1817), J. A. K. Gren (1760—1798), C. F. Buchholz (1750—1818) und J. B. Trommsdorff (1770—1827) beteiligt waren. Auch Russlands höherer Unterricht bezog, wie im Gebiete anderer Naturwissenschaften, so auch auf dem der Chemie seine besten Kräfte aus Deutschland. Eine solche war Johann Tobias Lowiz (1757—1804), der Sohn des durch rebellische Horden 1774 an der Wolga schaudervoll hingemordeten Geographen Georg Moriz (geb. 1722). Doch brachte unser östliches Nachbarland auch einen selbsttätigen Chemiker hervor in M. W. Lomonossow (1711—1765), der sich u. a. fast ganz von den phlogistischen Ansichten emanzipiert hatte und dafür bereits eine auffallend richtige Konzeption jener Wahrheiten sein eigen nannte, die für uns im Energieprinzipie vereinigt sind.

Keine große Neuerung in der Welt entsteht abrupt aus dem Nichts; regelmäßig geht ein Vorbereitungsstadium voraus, und so bereitete auch dem Ende der Phlogistontheorie die Wege der gegen 1760 einsetzende gewaltige Aufschwung der Gaschemie, dessen Anfänge schon bei Bergman (S. 64) zutage treten. Noch vor Lavoisier wird diese neue Epoche durch die vier Namen Black, Priestley, K. W. Scheele und Cavendish fixiert.

Black kennen wir bereits (S. 48) als produktiven Geist. Am Ätzkalk wurde er inne, daß die bisher auch von ihm vertretene Anschauung nicht genüge; ein Gas, dem er die Bezeichnung fixe Luft beilegte, machte durch seinen Hinzutritt Ätzkalk aus gewöhnlichem Kalk. Die neue Luftart, die man auch anders als durch kausitischen Kalk darzustellen lehrte und die sich bald als nie

fehlender Bestandteil der Atmosphäre zu erkennen gab, empfing den treffenden Namen Kohlen säure, während B. A. Givanetti, der das Gas aus piemontesischen Mineralwässern isolierte, noch von „acido atmosferico“ sprach. Scheele (1742—1786) hatte schon 1777 eine denkwürdige „Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer“ publiziert, die den Sauer- und Stickstoff als selbständige Gase beschrieb, aber erst nach und nach wurde man aufmerksam auf die zuerst wenig beachtete Arbeit dieses Entdeckergenieß, dem die Darstellung einer ungemein großen Anzahl chemischer Stoffe (Flußsäure, Mangan, Arsenwasserstoffgas, Harn-, Molybdän-, Milch-, Blau-, Oxal-, Galläpfelsäure) gelungen ist. Auch der Nachweis des Sages: „Graphit = amorpher Kohlenstoff“ zählt zu Scheeles Ruhmestiteln. Ähnlich vom Glücke begünstigt war Priestley, der trotzdem zeit- lebens mit dem Phlogiston auskommen zu können ver- neinte. Im Jahre 1774 gewann er Sauerstoff, Salz- säure und Ammoniak, 1775 Schweflige Säure und Fluorkieselgas, 1779 endlich das Stickstoffoxydul. Un- abhängig von Ingenhouß, aber gleichzeitig mit ihm (S. 57) klärte er die Rolle von Sauerstoff und Kohlen- säure im Pflanzenleben auf. Das Jahr 1784 brachte wieder eine Entdeckung von höchster Tragweite, indem Lord Henry Cavendish (1731—1810), nachdem er zuvor (1766) den zunächst noch für brennbare Luft gehaltenen Wasserstoff gefunden und sich sodann von der Irrespirabilität der Kohlen säure überzeugt hatte, seine „Experiments of Air“ bekanntmachte. Atmosphärische Luft, so erfuhr man jetzt, besteht wesentlich aus Wasser-

und Sauerstoff, allerdings nicht in chemischer Mischung, sondern nur in mechanischem Gemenge. Auch die Zerlegung der Salpetersäure in Stick- und Sauerstoff gelang dem englischen Chemiker.

Ein viel beachtetes Kapitel der Gaschemie bildete seit 1784 die Eudiometrie, die Lehre von der Zusammensetzung der Luft. Eine reichhaltige Garnitur von Eudiometern wurde dem Forscher zur Verfügung gestellt. Das beliebteste Instrument rührte her von Volta (S. 57), dessen „Sieben Briefe über die Sumpfluft“ (1777) weit verbreitet wurden. Auch Priestley (s. o.) befaßte sich mit den schädlichen Exhalationen der Möräste; ebenso tat dies J. Fontana (1730—1805), der eine Abhandlung über dephlogisierte Luft schrieb (1776) und als einer der ersten Bearbeiter der Toxikologie (Schlangen- und Fischgifte), sowie der Theorie der Flamme unsere Aufmerksamkeit erregt.

Unsere letzten Ausführungen haben uns schon ganz in Lavoisiers Zeit und Gedankenkreis hinein versetzt. Er hat indessen den Anbruch des neuen Jahrhunderts nicht mehr erlebt, da ihn 1794 jakobinischer Wahnsinn unter das Fallbeil lieferte. Allein die Ernte seiner Lebensarbeit brachte erst das neunzehnte Jahrhundert unter Dach, und erst im Zusammenhange mit der Folgezeit dürfen auch wir sein Wirken betrachten.

15. Die Naturbeschreibung mit Linné als Mittelpunkt.

Diesem Kapitel sind die naturhistorischen Disziplinen vorbehalten. Lémery (S. 60) brachte 1709 in eine gewisse Ordnung, was vor ihm schon als sich von selbst

verstehende Norm gegolten hatte, und um 1745 definierte in seinem Sinne, wie uns F. Henrich erzählt, der mit dem Vortrage der Naturgeschichte an der Universität Erlangen betraute Mediziner J. F. Weismann (1668—1760) die „drei Naturreiche“ mit folgenden Worten: „Mineralia, Vegetabilia, Animalia.“ So faßte auch der geniale Klassifikator Karl v. Linné (Linnaeus, 1707—1778, s. Tafel X) in einem seiner Hauptwerke („Systema Naturae sive Regna tria naturae systematice proposita“, Leiden 1735, Stockholm 1746) seine Aufgabe auf, und im Einklange mit ihm handeln wir also, wenn wir folgeweise Mineralogie, Botanik und Zoologie (nebst Anthropologie) für den uns als Darstellungsbereich zufallenden Zeitraum (ungefähr 1650 bis 1800) behandeln.

Von den schwachen Anfängen der Kristallkunde war früher zu sprechen; Keplers (I, S. 105) Schriftchen „Vom sechseckigen Schnee“ (Frankfurt a. M. 1610) leitet zur kommenden Periode über. Der Chemiker Becher (S. 61) bekämpfte den astrologischen Aberglauben, die geometrische Gestalt vieler Mineralkörper, z. B. des Wasserkieses, sei durch planetarische Einflüsse bedingt. Ebenso leugnete er entschieden, daß der Bergkristall metamorphisiertes Eis sei, aber noch hundert Jahre später hatte Capperer (S. 63) dieser Irrlehre zu begegnen. Viele Versuche stellte mit Kristallen Boyle (S. 30) an, und seine Einsicht, daß in der von ihm monographisch behandelten Edelsteinkunde vor allem Härte und spezifisches Gewicht zu berücksichtigen seien, kennzeichnet den umsichtigen Naturforscher. Doch treten alle diese respek-

tablen Anfänge zurück hinter den an Geßner (I, S. 129) anknüpfenden Arbeiten des Dänen Niels Stensen (1638 bis 1687), der sich, nachdem er die Religion gewechselt und in Italien ein neues Vaterland gefunden hatte, fortan Steno (Stenone) nannte. Seine Programmschrift „De Solido inter Solidum naturaliter contento“ (Florenz 1669) war, wie sich bald zeigen wird, eine nach zwei Richtungen hin Wege zeigende. Hier geht uns zuvörderst der von ihm aufgestellte und speziell am Bergkristall erhärtete Lehrsatz an: Kristallwinkel behalten die gleiche Größe, wie sich auch die einschließenden Flächen ändern mögen. Diese Tatsachen bestätigten der Mathematiker Niccolò Guglielmini (1685—1710) und der Mikroskopiker A. Leeuwenhoek (1632—1723), dessen Studien über Gips, Alaun, Kupfervitriol und andere Stoffe nicht nur die Unveränderlichkeit der Winkel, sondern auch die Konstanz der Spaltungsebenen hundert Jahre vor Haüy erwiesen. Zu einer systematischen Bewertung der neuen Einsichten kam es zunächst noch nicht. Zwar mangelt es nicht ganz an Klassifikationsversuchen, die aber nur auf augenfällige Kennzeichen Bezug nehmen und einer zwar ausgedehnten, nicht jedoch innerlich verarbeiteten Musealgelehrsamkeit entsprechen. Große Sammlungen dieser Art haben Dlaus Worm (1655), J. Johnston (1661), Becher (S. 61, 1664), Braekenhofser (1677) und Imperato (1695) beschrieben.

Einen ersten Schritt zur Begründung einer besonderen Kristallphysik sahen wir den dänischen Juristen, Mediziner und Mathematiker — damals waren solche

Personalunionen noch denkbar — Bartholin (S. 41) tun, der auch die elektrischen Eigenschaften seines Kalkspates der Untersuchung unterstellte. Nicht minder erwachsen der jugendlichen Mineralchemie tüchtige Vertreter in Boyle (S. 30), J. Schroeder (1641 und 1685), Becher und Stahl (S. 62). Becher hat dem oben schon in seiner Eigenschaft als Bestandteil der neuen technischen Chemie gekennzeichneten Wissenszweige der Metallurgie als der „Chemicus et Metallurgus peritissimus“, der er sein wollte, den Namen verliehen. Auch bei den Einteilungen, die im achtzehnten Säkulum mehr und mehr nach wissenschaftlichem Gewande verlangten, durften Physik und Chemie nicht mehr so wie früher umgangen werden, ohne allerdings vorläufig noch die Hauptrolle spielen zu können.

Schon bei J. Woodward (1665—1728), der wohl von dem Alpenforscher J. J. Scheuchzer (S. 30) beeinflusst war, als er 1728 sein System aufstellte, sind solche Anklänge nicht zu verkennen, so wenig auch noch bei ihm der fundamentale Gegensatz zwischen felsbildenden Gesteinen und gesteinsbildenden Mineralien bemerkbar wird. Überlegen ist beiden der Montanist J. F. Henkel (1679—1744), dessen „Kieß-Historie“ (Leipzig 1725) das chemische Prinzip obenanstellte, weil er mit der Zugrundelegung einer stereometrischen Formenlehre schlechte Erfahrungen gemacht zu haben glaubte. Das Verhalten der Mineralien gegen das Feuer bildete für ihn, wie für seinen schwedischen Zeitgenossen M. v. Bromell (1679—1731), die eigentliche Richtschnur; daraufhin unterschied er feuerbeständige,

in Feuer härter werdende, sich in Sand auflösende und schmelzbare „Steine“. Aber daß diese Charakteristik keine eindeutige sei und sein könne, darüber war er sich gleichfalls klar. Zu einer scharfen Trennung der Erden und Steine drang auch der Chemiker Pott (S. 60) noch nicht durch, wiewohl er dieselbe immerhin einigermaßen erkannt hatte. Eine Aufstellung der „Klassen, Ordnungen und Geschlechter“ suchte J. L. Woltersdorf (1721 bis 1772) durchzuführen. Von den Systematikern dieser Periode H. Barba (S. 64), H. Härne (1641—1724), B. Kreutermann (um 1700), J. C. Hebenstreit (1703 bis 1757) und wie sie alle heißen, verdient J. J. Baier (1677—1735) wegen seiner sorgsam gearbeiteten „Oryctographia Norica“ besonders hervorgehoben zu werden.

Der anerkannt bedeutendste Naturhistoriker des achtzehnten Jahrhunderts war Linné (S. 45, 69), der zwar sein unvergleichliches, an Aristoteles (I, S. 28) gemahnendes Klassifikationstalent in erster Linie der Botanik und nächst dem auch der Zoologie zugute kommen ließ, der indessen auch als Mineraloge in seinem „Naturesystem“ eine in ihrer Art imponierende Schöpfung hinterließ. Er selbst verkannte nicht, daß die Grundsätze, die ihn im Bereiche der organischen Welt so trefflich geleitet hatten, den unorganischen Körpern gegenüber ihre Kraft nicht in gleicher Weise betätigen konnten, und so hat sich denn auch auf diesem Gebiete zuerst die Opposition geregelt, deren Chorführer der Historiker der Mineralogie J. F. Smelin (1748—1804) werden sollte. Gleichwohl ist die Scheidung aller nicht organischen Naturkörper in „Steine“, „Mineralien“ und „Fossilien“

ein entschiedener Fortschritt gewesen; die dritte Kategorie deckt sich übrigens (I, S. 126) nicht mit dem, was eine viel spätere Zeit ausschließlich mit diesem Worte zu bezeichnen sich gewöhnt hat, sondern diese „lapides aggregati“ zerfallen wiederum in drei Untergruppen, von denen nur die letzte die „Petrefacta“ oder Versteinerungen in sich aufnimmt. In den Einzelheiten freilich bringen Linnés Spezies Zuordnungen und Identitäten, welche die fortschreitende Wissenschaft unmöglich anzuerkennen vermochte.

Ein um diese hochverdienter Landsmann des großen schwedischen Naturforschers zeigte als der erste den Weg, der über jenen hinausführen sollte. J. G. Wallerius (1709—1785), der nur bedauerlicherweise viel zu wenig von der Wichtigkeit der Kristallographie hielt, wollte neben äußeren Kennzeichen, deren er acht aufzählte, auch innere unterscheiden wissen, und diese letzteren sind wesentlich dieselben, denen noch jetzt ein besonderer Wert als Unterscheidungsmerkmale eingeräumt wird. So steht denn zwar sein System auf dem gleichen Boden, wie das Linnésche, aber es ist viel besser durchgearbeitet und sucht zumal die Ordnungen schärfer zu bestimmen. Der Anwendung des Lötrohres bei der Probe war insbesondere auch wieder durch Schweden — S. Ringmann (1720—1792), G. v. Engeström (1738—1813), B. A. Quist (gest. 1799) und J. G. Gahn (1745—1818) — die Bahn gebrochen worden, und sie alle waren in der Hauptsache durch die ihren Lebensberuf darstellenden bergmännischen Verrichtungen hiezu veranlaßt worden. Bekannt war die-

ses zum unentbehrlichsten Hilfsmittel des Probierers gewordene Instrument schon viel früher, denn Bartholin bediente sich (S. 41) seiner schon bei seiner Kristallforschung, aber seine systematische Handhabung lehrte zuerst N. v. Cronstedt (1722—1765), dem sich Engeström und T. Bergman (S. 64) angeschlossen.

Von dem letzteren rührt nach v. Kobell die Bezeichnung Dryktologie für das Ganze der Lehren von Gesteinen, Erden und Mineralien (im engeren Sinne) her, während erwähnenswerthen (s. o.) Dryktographie noch etwas älter ist. Gegen Ende des Jahrhunderts drängte eine neue Terminologie jede frühere in den Hintergrund, und vor allem wurde der von Abraham Gottlob Werner (1750—1817) vorgeschlagene Name Dryktognosie für längere Zeit tonangebend. Als „Inspektor“ der ersten montanistischen Hochschule, der Freiburger Bergakademie, im Besitze eines damals einzig dastehenden Lehrmittelapparates, übte dieser hochbegabte, aber durch sein Gebundensein an ein äußerst beschränktes Arbeitsfeld — Kursachsen und Nordböhmen — einseitig gewordene Mann durch Jahrzehnte eine nahezu absolutistische Herrschaft in den mineralogischen und geologischen Fächern aus. So ward auch durch ihn „die Lehre von den in der Erde vergrabenen Dingen“ die herrschende Disziplin, eine Mischung aus wahrer Mineralogie, Petrographie und Geognosie. Keineswegs unbekannt mit der Kristallkunde, vermeinte er sie doch nicht zur maßgebenden Führerin erheben zu dürfen, sondern die physikalischen und chemischen Kriterien blieben ihm das zuverlässigste Mittel, und unter ihnen be-

vorzuziehe er wieder die Farbe, für die ihm die von D. C. F. Schäffer (1769) aufgestellten Nuancierungen eine wesentliche Hilfe geboten zu haben scheinen. Werners System, so wie er es 1798 in eine feste Form brachte, und wie es auch sein begeisterter Schüler L. N. Emmerling (1765—1842) nachher ausgestaltete, unterscheidet 3 Klassen, 9 Ordnungen, 66 Geschlechter; eine Zusatzklasse ist, wie es nun einmal noch üblich war, der Unterbringung der vulkanischen Gesteine, Petrefakten und „Figurensteine“ gewidmet. Daß die deutsche Namengebung aus Werners ausgeprägtem Ordnungsgeföhle entschiedenen Nutzen zog, wird sich nicht bestreiten lassen.

Während die naturhistorische Klassifikationsmethode von Linne um 1800 eine Vollendung erreicht hatte, über welche zunächst nicht hinauszukommen war, hatte auch die geometrische, die sich an die Kristallgestalt hielt, ihren Weg stetig und erfolgreich verfolgt. Wohl fehlt es nicht an Gelehrten, die, wie Wallerius (s. o.) und sogar Cronstedt, die hohe Bedeutung dieser Richtung nicht voll erkannten, oder sogar, wie H. G. v. Just (gest. 1771), deren Berechtigung leugnen zu dürfen glaubten, aber durch J. B. L. Romé de Lisle (1736 bis 1790), dessen unbestreitbares Verdienst erst in neuerer Zeit gegen unberechtigte Herabsetzung in Schutz genommen werden mußte, wurde dargetan, daß nur die geometrische Gestalt uns in den Stand zu setzen vermöge, die Klassifikation von den ihr noch anhaftenden Mängeln zu befreien. Wie tief der Stand des Wissens noch immer war, erhellt schon daraus, daß er den

Uberglauben bekämpfen mußte, es finde ein förmliches Wachstum der Kristalle, wie bei organischen Körpern, statt. Das hatte zwar schon Capperer (S. 63) bei seinen Studien über Metallvegetation („Bleibaum“ usw.) richtig betont, aber der Irrtum war hier, wie sonst, nicht leicht auszurotten. Teilweise im Anschlusse an J. Hill (1716—1775), teilweise auch im Widerspruche mit ihm, untersuchte Delisle besonders die Kristallwinkel, zu deren genauerer Messung er sich des von einem gewissen Carangeot erfundenen Goniometers bediente, und beschäftigte sich auch bereits mit den Zwillingbildungen. In gleichem Sinne arbeitete auch Bergman (S. 64), bei dem sich schon die Andeutung findet, beim vorsichtigen Zerbrechen eines Kristalles erhalte man erst einen besseren Einblick in dessen Struktur. Er ahnte nicht, welch tiefer Inhalt dieser halb zufälligen Wahrnehmung inne wohnte. Das Jahr 1784 sollte mit Hauys Auftreten die bisher noch schlummernde Erkenntnis wecken. Es wäre unhistorisch, die damit anhebende neue Epoche nicht im Zusammenhange mit den Errungenschaften des neunzehnten Jahrhunderts zu besprechen.

Und damit gehen wir um ungefähr hundertundfünfzig Jahre zurück und nehmen den Faden unserer Schilderung der Entwicklung der Pflanzenkunde von neuem auf. Caesalpinus war der Mann, den wir zuletzt als an der Schwelle einer neuen Zeit stehend kennen lernten. Schon weit mehr fortgeschritten zeigt sich der uns bekannte Jungius, dessen Arbeiten indessen nicht von ihm selbst, sondern ziemlich viel später erst

von seinen Schülern Fogel und Vagetius dem Publikum zugänglich gemacht wurden. Ihn zeichnen scharfe Scheidung der Morphologie und Physiologie, sowie die Abneigung gegen den „Deus ex machina“ aller Hypothesengebäude, die *Generatio aequivoca*, aus. Mehr der Tendenz als dem Ergebnis nach ist R. Morison's (1620—1683) speziell gegen die Bauhins (I, S. 129) gerichtete neue Systematik von 1669 hervorzuheben, wogegen die für längere Zeit einen gewissen Abschluß herbeiführende, in drei Bänden 1686—1704 veröffentlichte „*Historia Plantarum*“ des John Ray (1623—1705) durch gleichzeitig rationelle und wohlwollende Kritik älterer Leistungen sich zu einem Werke gestaltete, welches bis Linné seinesgleichen suchte. N. D. Rivinus oder Bachmann (1652—1725) mit seiner „*Introductio generalis in rem herbariam*“ von 1690 und der als wissenschaftlicher Reisender eine neue Periode einleitende J. P. De Tournefort (1656 bis 1708) mit seinen „*Institutiones rei herbariae*“ von 1700 stehen hinter Ray zurück. Dieser hat auch ältere Angaben von Albertus Magnus (I, S. 85), Valerius Cordus (S. 63), Borelli (S. 33) und Jungius (f. o.) sammelnd und verwertend, die von Caesalpinus (f. o.) auf die Pflanzenseele des Aristoteles (I, S. 33) zurückgeführten Reizungserrscheinungen, die bei gewissen Pflanzen (Schlinggewächse, *Mimosa pudica* usw.) konstatiert werden, einer physikalischen Erklärung zu unterwerfen gesucht.

Seine Vielseitigkeit läßt es nicht verwunderlich erscheinen, daß er sich sogar an der damals noch allen

Forschungsmethoden ziemlich unzugänglichen Theorie des Befruchtungsaktes versuchte. Auch Th. Millington und N. Grew, der uns gleich nachher wieder begegnen wird, standen diesem Vorgange noch ziemlich ratlos gegenüber. Linné schreibt zutreffend dem Tübinger Professor Rudolf Jakob Camerarius (1665—1721) das Verdienst zu, hier endgültig Wandel geschaffen zu haben; die Mitwelt hatte dasselbe übersehen, weil er, der Zeit-
sitte entgegen, für die Bekanntmachung seiner Resultate lieber kleinere Aufsätze als die weit höher geschätzte Niederlegung in voluminösen Werken gewählt hatte. Jene wurden erst 1797 von J. C. Wikan in Prag (1743 bis 1813) in einer Gesamtausgabe zusammengefaßt.

Camerarius hatte exakte Beobachtungen an Maulbeerbäumen und anderen Pflanzen angestellt und sich überzeugt, daß weibliche Gewächse zwar zum Fruchttragen gelangten, ohne daß ein männliches Exemplar sich in der Nähe befand, daß aber dann die Beeren nur unvollständig gediehen. In einem 1694 geschriebenen Briefe an seinen Gießener Kollegen Valentin formuliert er den Begriff der „Apices“ (Antheren der Gegenwart) und definiert „den Fruchtknoten mit dem Stilus“ (Griffel) als das weibliche Geschlechtsorgan der Pflanze. Auch die Fragen der Selbstbefruchtung und Bastardbefruchtung werden erwogen. Obwohl ihm die Art der Übertragung noch verborgen blieb, hatte Camerarius doch in der Hauptsache eine glückliche Lösung des alten Problems angebahnt, und erst ziemlich spät im achtzehnten Jahrhundert erhob sich die Wissenschaft über den von ihm erreichten Standpunkt.

Während der Botaniker bisher durchweg auf sein unbewaffnetes Auge sich verließ, konnte doch ein tieferer Einblick in die Strukturverhältnisse, um die sich schon Caesalpinus (I, S. 131) angelegentlich bemüht hatte, erst dann erzielt werden, als die Pflanzenanatomie sich des Mikroskopes zu bedienen anfing, dessen sie nicht minder notwendig als die physische Astronomie des Fernrohres (I, S. 118) bedurfte. Das zusammengesetzte Mikroskop stellte R. Hooke, der in allen Sätteln Gerechte, in den Dienst der Phytotomie, und es gelang ihm, wenngleich er in Holzkohle und Kork nicht gerade die besten Muster gewählt hatte, den zelligen Bau der vegetabilischen Körper in seinem Hauptwerke (S. 40) nachzuweisen. Ihm folgten zwei andere Gelehrte: Nehemias Grew (1628—1711) und Marcello Malpighi (1628—1691). Des letzteren „Anatome Plantarum“ kam 1675, Grews „Anatomy of Plants“ kam 1682 heraus, doch erscheint Beeinflussung ausgeschlossen, so daß beide Männer auf ihr Urheberrecht wohl den gleichen Anspruch besitzen. Malpighi wird von F. Sachs (1832 bis 1897), dem bekannten Geschichtschreiber der Botanik, als der genialere und elegantere Geist, Grew als der mehr systematische und vorurteilsfreiere Kopf charakterisiert; er prägte das Wort Parenchym, mit dessen Hilfe die beiden Forschern sehr am Herzen liegende Gewebelehre (Histologie) des Holzes einer übersichtlichen Darstellung teilhaftig gemacht werden konnte. So bereitete sich der große, anderthalb Jahrhunderte später erst von Rudolf Virchow (1821—1901) zum definitiven Siege geführte Erfahrungssatz vor, daß alle organischen Körper

sich aus Zellen zusammensetzen. Die beiden großen Pflanzenanatomien waren weniger glücklich als Physiologen, denn jeder von ihnen konnte nicht umhin, das Vorhandensein des Blütenstaubes zu bemerken, ohne daß den Dioskuren auch die Auffindung der den Staubgefäßen von der Natur zugetheilten Rolle geglückt wäre. Leeuwenhoeck's (S. 70) scharfe Gläser ließen ihn der Krystalle im Pflanzengewebe gewahr werden.

Die Pflanzenphysiologie, die durch Malpighis und Grew's Ansichten über den Ernährungsprozeß nicht erheblich gefördert werden konnte, wurde in eine neue Bahn gelenkt durch den uns schon wiederholt (S. 27, 30, 40) bekannt gewordenen Physiker Mariotte, dessen Bedeutung erst einer viel späteren Zeit richtig einzuschätzen vorbehalten war. Seine Auffassung ist eine rein chemische, an Liebig erinnernde; jede Pflanze enthält gewisse Urbestandteile („principes grossiers“) — Säuren, Ammoniak, Wasser usw. Und diese Stoffe sind der Pflanze nicht durch übernatürliche Kräfte ein für allemal verliehen, sondern sie holt sich dieselben aus dem Erdboden. Ferner hat Mariotte zuerst den Saftdruck in kapillaren Röhren (S. 33) als das Universalmittel für die physikalische Seite des Wachstums richtig herausgefunden. Auch Ray (s. o.) verfolgte die Lymphebewegung, wie er sich im Einklange mit Grew ausdrückte, sehr aufmerksam, und zwei Nichtbotaniker, der Physiker B. Nieuwentijt (1624—1718) und der mathematische Philosoph C. v. Wolf (S. 26), dachten sich einschlägige, zumal unter der Luftpumpe anzustellende Experimente aus. Letzterer sprach sich auch über die

Gründe, welche die Salpeterdüngung für die Landwirtschaft sehr nutzbar machten, recht verständlich aus. Einen kräftigen Ruck nach vorwärts empfing sodann die mit Pflanzenphysik enge verschwisterte Pflanzenphysiologie durch Stephan Hales (1677—1761). Seine klug erdachten Versuche über Wasserbewegung und Luftwechsel im pflanzlichen Körper stellten alle Fragen, die auf Ernährung und Erstarfung des vegetativen Lebens bezug haben, auf eine neue Grundlage. Seine „*Statical Essays*“ (1718 schon dem Wesen nach vorhanden, 1727 im Druck ausgegangen) haben, wie man sagen kann, so lange als maßgebende Norm gedient, daß sich ihr Segen zuletzt nahezu in Unsegen verkehrte, weil man gar nicht über das unübertrefflich erscheinende Vorbild hinauszuschreiten wagte.

Gegen die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts hin macht sich Linnés Übergewicht und seine geradezu dominierende Stellung im Gesamtgebiete der Naturhistorie, der Botanik selbstverständlich in erster Reihe, mehr und mehr fühlbar. Für ein schöpferisches Genie möchte ihn Sachs (s. o.) nicht erklären, allein es gibt auch Zeiten in der Entwicklung der Wissenschaften, in denen eine ordnende und sichtende Tätigkeit noch für notwendiger als eine reformatorische gehalten werden kann. „Was Linné eine so überwältigende Bedeutung für seine Zeit gab,“ meint unser Gewährsmann, „ist die geschichte Zusammenfassung alles dessen, was vor ihm geleistet worden war; gerade diese Verschmelzung des bisher Bekannten und Zerstreuten ist nicht nur das Charakteristische bei Linné, sondern auch zugleich ein großes Verdienst.“

Jedenfalls dachten die, welche mit und bald nach ihm lebten, ungemein hoch von ihm, und den Besten seiner Zeit hat er genug getan. Auf Reisen in Schweden und vor allem in Lappland, dessen Flora er 1737 beschrieb, und im Umgange mit dem einzig dastehenden Cliffortschen Garten in Hartecamp (Holland), der seiner Gut übertragen war, eignete er sich die enorme Pflanzenkenntnis an, die den Grund zu seinen drei in rascher Folge entstehenden Jugendwerken („Systema Naturae“, S. 69; „Fundamenta botanica“, Amsterdam 1736; „Genera plantarum“, Leiden 1737) gelegt hat; zum Mineralogen (S. 72) hatte er sich als Lehrer an der Bergschule von Falun herangebildet. Die „Philosophia botanica“ (Stockholm 1751) zog sozusagen das Fazit seiner reichen Lebensarbeit. Um nur von seinen nicht so sehr in die Augen fallenden Leistungen kurz zu sprechen, führen wir an, daß auf ihn die erste Anleitung zur Anstellung von Beobachtungen auf Reisen sich zurückleitet, daß er, der auch ein sehr geschickter Arzt war, die Entstehung von Krankheiten durch mikroskopisch kleine Keime vorahnend für wahrscheinlich erklärte, daß er endlich der bewußte Begründer der klimatischen Pflanzenphänologie ist, die vor ihm der Danziger S. Reyer nur ganz empirisch betrieben hatte.

Dem gegenüber kann zugegeben werden, daß er in Anatomie und Physiologie die damaligem Wissen gezogene Grenze nicht wesentlich überschritt, und daß er die Lehre von den Sexualorganen wohl annahm, nicht aber unter neuen Gesichtspunkten betrachtete. Man muß bei Sinné den Nachdruck auf sein glückliches Klassifi-

kationstalent (S. 73) legen, weshalb auch die „Pflanzen-
geschlechter“ seine beste Schrift darstellen. Ihm ist die
binäre Nomenklatur zu danken, kraft deren jede Pflanze
einen Gattungs- und einen Artnamen zugeteilt erhält.
Und indem er sein berühmtes künstliches System schuf,
das viele Jahrzehnte lang den Schlüssel abgab, nach
dem der praktische Botaniker seine Pflanzenbestimmung
durchführte, war er sich wohl bewusst, daß die ihn
leitende Benützung der Geschlechtsorgane nicht dazu
angetan sei, das letzte Wort zu sprechen, daß vielmehr
die Konstruktion natürlicher Systeme die Aufgabe der
Zukunft bleiben müsse. Ein von ihm hinterlassenes
Fragment weist die Nachfolger auf jene deutlich hin.

Als solche Nachfolger treten uns zwei bedeutende
Männer in Bernard und Antoine Laurent De Jussieu
(1699—1776; 1748—1836) entgegen, mit deren
Namen das erste natürliche System, wie es Linné her-
beiwünschte, unlösbar verknüpft ist. Nicht ein einzelner
Bestandteil, sondern die Blüte in ihrer Totalität sollte
die Grundlage für die Einteilung der Pflanzen abgeben.
Drei große, einander sachlich gleichstehende Kategorien
bildeten das oberste Schema, die Akotyledonen, Monoko-
tyledonen und Dicotyledonen, diese wieder in Apetalae,
Monopetalae, Polypetalae und „Dielines originales“
zerfallend. Als Akotyledonen sind die mit den bezeich-
nenderen Namen Kryptogamen (Flechten, Pilze, Moose,
Algen) belegten Pflanzen anzusehen; ihn hatte schon
Linné gebraucht. In einzelnen Punkten ist selbst bei dem
jüngeren Jussieu der Fortschritt über Linné hinaus kein
nennenswerter, aber der Gesamteindruck war doch ein

weit befriedigenderer. In die Fußstapfen der beiden französischen Reformer traten die Wiener N. J. und J. J. v. Jacquin (1727—1817; 1766—1839) und der Genfer N. P. De Candolle (1778—1841), dessen Glanzzeit nicht mehr in den uns gegenwärtig beschäftigenden Zeitraum gehört. Fast alle Naturforscher des achtzehnten Jahrhunderts hielten noch an dem Axiome fest, daß die Art als solche unveränderlich sei.

Wenden wir von der Systematik unseren Blick jetzt wieder auf die theoretischen Probleme, so dürfen S. Morland (S. 36) und C. J. Geoffroy (S. 64) als zwei Bearbeiter der Fortpflanzungslehre Erwähnung finden. Allerdings zeigt sich auch bei ihnen schon die Hinneigung zu einem „pangenetischen“ Prinzip, demzufolge der aus dem Organismus A entspringende Organismus B schon keimartig vorgebildet in A enthalten gewesen sein müsse. C. v. Wolf wollte von solcher „Einschachtelung“ nichts wissen, aber zu einer solchen Phantasmen ernstlich halt gebietenden Stellungnahme kam es erst durch den Namensvetter des letztgenannten, durch den von Alfred Kirchhoff in sein volles Recht eingefetzten Kaspar Friedrich Wolff (1733—1794). Schon in seiner Inauguraldissertation (1759) sprach er sich über seine neue Generationstheorie aus, in der er gegen die von dem großen Anatomen Albrecht v. Haller (1708—1777) im Einverständnis mit fast allen Naturphilosophen und Mikroskopikern vertretene Grundanschauung — nichts wirklich Neues kann hervorgebracht werden — Einsprache erhob. Er spricht es kühn aus, daß die Blätter und Blüten ebenjowenig keimartig

im Pflanzenkörper vorhanden waren, wie die Nachkommen in ihren Voreltern. Dem trefflichen Militär- oberarzte C. N. v. Cothenius (1708—1789), an den heute noch die von der kaiserlichen (Leopoldinisch-Karolinischen) Akademie der deutschen Naturforscher gestiftete Ehrenmedaille erinnert, und dem Botaniker J. G. Glebitch (1714—1786), der Linnés Sexualtheorie wacker gegen den Vorwurf der „Unsitlichkeit“ verteidigte, hatte es Wolff zu danken, daß er in Berlin dozieren und seine Lehre ausgestalten durfte, bis ihn 1766 eine Berufung nach St. Petersburg dauernd dem Vaterlande entfremden sollte. Hier wuchs er sich immer mehr zum Begründer der „epigenetischen“ Auffassung, der Entwicklungsgeschichte organischer Wesen aus.

Auch die Frage, wie sich die von Linné zwar durchaus richtig erkannte, nicht jedoch nach der physiologischen Seite gewürdigte Geschlechtsbetätigung der Pflanzen vollzieht, ist in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts der Lösung näher geführt worden. Außer J. Hedwig (1730—1799) stehen als Träger dieses hochwichtigen Fortschrittsgedankens in der ersten Reihe J. G. Rökreuter (1733—1806) und Konrad Sprengel (1750—1816). Die Experimente von J. Logan (1674 bis 1751), R. Bradley (gest. 1732), Morland (S. 36), Glebitch (s. o.) u. a. hatten, so interessant sie an sich waren, keinen erheblichen Fortschritt für die Klärung der Hauptfrage gebracht, obwohl gelegentlich schon die Probleme des Hermaphroditismus und der Bastardbefruchtung gestreift worden waren. Hier nun setzte der junge Karlsruher Professor und Hofgartendirektor

Kölreuter ein, dessen vier Abhandlungen „Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen“ (1761 bis 1766) eine radikale Neuauffassung erkennen ließen. Er ist der Urheber der bald siegreich durchgedrungenen Lehre von der Befruchtung der Pflanzen durch Insekten und von der künstlichen Erzeugbarkeit der Bastarde. Von deutschen und auswärtigen Botanikern wurden diese großen Errungenschaften trotz der Befürwortung J. Gaertners wenig berücksichtigt, bis Sprengel in seinem — auch erst später nach Verdienst gewürdigten, dann aber zum Ausgangspunkte einer neuen biologischen Etappe gewordenen — Werke „Das neu entdeckte Geheimnis der Natur in Bau und Befruchtung der Blumen“ (Berlin 1793) die Bestäubungstätigkeit der Insekten überzeugend nachwies.

Auch bei der Ausbildung der Zoologie, an welche wir nunmehr heranzutreten haben, sind die beiden Richtungen, die man als die deskriptiv-klassifizierende und die zootomisch-biologische unterscheiden könnte, wohl auseinanderzuhalten, mögen auch zwischen ihnen noch so viele Fäden sich hinüber- und herüberschlingen. Das Mikroskop muß beiden Teilen dienen. An Aristoteles' „Tiergeschichte“ und damit auch an Caesalpin (I, S. 131; S. 76) lehnt sich an J. Ray (S. 77) bei seiner 1693 konstruierten Kategorientafel, die noch so konservativ gehalten ist, daß sogar die Wältiere noch nicht direkt als Säugetiere angesprochen werden. Durch seinen gelungenen Versuch, den Artbegriff zu fixieren, hat er sich gleichwohl um die beiden organologischen Disziplinen

ein wirkliches Verdienst erworben. Die Art steht seitdem da als kleinste systematische Einheit, die erst eine spätere Zeit (Sinne) dann wieder in Varietäten zerfällt. An seine Seite stellten sich W. Charleton als Systematiker und der auch als Paläontologe zu schätzende M. Lister im Hinblick auf die Insektenkunde. Die sich häufenden wissenschaftlichen Reisenden stellten neues zoologisches Material zur Verfügung; neben Tournefort (S. 77) kommen für die hinterindische Molluskenwelt G. E. Rumphius (1627—1706), für Japan G. Rämpfer (1651—1716), für Mittelamerika der Ritter H. Sloane (1660—1752), Besitzer eines der reichhaltigsten Kabinette seiner Zeit, für die Tiere Surinams Sibylla Graeff, geb. Merian (1647—1717) in Betracht; letztere zugleich in der Insektenmalerei ohne Nebenbuhler dastehend. Der Graf L. F. Marsigli (1658—1730), ein namhafter Geograph, bewies um 1710 die tierische Natur der — lange für anorganisch gehaltenen, von Comenius (S. 61) dem Pflanzenreiche einverleibten — Riffkorallen. Ein Schatz für den Freund niederer Tiere werden stets des wackeren Nürnberger's Koesel v. Rosenhof (um 1730) „Insektenbelustigungen“ bleiben, die auch viele neue Formen zur Kenntnis der Fachwelt brachten, wie u. a. die aus Süßwassertiefen stammenden Moostierchen oder Bryozoen und die Hydropolypen. An letzteren wies J. A. Trembley (1714—1763) schon in früher Jugend die vordem für unmöglich gehaltene Fortpflanzung durch Teilung experimentell nach.

Ray's Vorbild blieb zwar nicht unbeachtet, übte aber keine hinlänglich tiefgehende Wirkung aus, um Klassi-

fikationsversuche von minder wissenschaftlichem Gepräge auszuschließen. Einen solchen darf man von J. L. Klein in Danzig deshalb verzeichnen, weil er der Einrichtung eines seinerzeit bewunderten, 1743 durch Kauf in den Besitz der Universität Erlangen übergegangenen naturgeschichtlichen Museums zugrunde lag. Zielbewußt betraten dagegen die von dem Engländer vorgezeichnete Bahn die beiden Schweden P. Artedi (1705—1735), zusammen mit dem Deutschen M. C. Bloch (1723 bis 1799) als Begründer einer rationellen Ichthyologie zu nennen, und K. v. Linné (S. 72, S. 81). Auch der Tierkunde ist dieser große Baumeister auf klassifikatorischem Gebiete ein Gesetzgeber geworden. Jene Schärfe der Distinktionen und Definitionen, die wir in der Geschichte der Botanik und, bis zu einem gewissen Grade, auch der Mineralogie kennen zu lernen hatten, fehlt auch hier nicht. Arten hielt auch er für etwas Gegebenes, Invariables im Gegensatz zu den mit und ohne Zutun des Menschen sich herausbildenden Spielarten. Die Einreihung des Menschen (*Homo sapiens* L.) in die Ordnung der Primaten, der höchstentwickelten Säugetiere, war für jene Zeit ebenfalls eine Tat. Sein Jahrhundert ist über Linné, soweit das klassifikatorische Moment in Betracht fällt, nicht weit hinausgekommen. Ganz im Geiste des Altmeisters gehalten war D. v. Schreibers (1739—1810) voluminöses Werk über die Säugetiere, das — nahezu ein Unikum — zu seinem vollständigen Erscheinen fast drei Vierteljahrhunderte erforderte, indem es 1775 mit seiner ersten Lieferung und, nachdem G. A. Goldfuß (1782—1848) und A. Wagner

(1797—1861) es nach dem Tode des ersten Autors fortgeführt hatten, 1847 mit der letzten Lieferung vor die Öffentlichkeit trat. P. S. Pallas (1741—1801) übertraf Linné in einzelnen Punkten, so hinsichtlich des den Würmern angewiesenen Platzes im Systeme und auch hinsichtlich des grundsätzlichen Standpunktes, daß zwischen den einzelnen Tiergruppen keinerlei Verwandtschaft bestünde, indem er vielmehr einen alle umfassenden Stammbaum zu zeichnen versuchte. Nach dieser letzteren, nicht aber nach der beschreibenden Seite hin muß auch Graf G. L. De Buffon (1707—1788) als ein fortschrittlicher Geist anerkannt werden, dessen viel bewunderte „Histoire naturelle“ (Paris 1749) im übrigen mehr durch glänzenden Stil und treffende Schilderungen der tierischen Lebensbedingungen als durch eigentlich neue Gedanken wirkte. Sein medizinisch geschulter Mitarbeiter L. M. Daubenton (1716—1799) überragte ihn namentlich im Punkte der korrekten Skelettcharakteristik, so daß darauffhin Kenner die von ihm und von Buffon selber herrührenden Bestandteile des großen Werkes sehr wohl voneinander zu unterscheiden vermögen. Die beiden Männern sich anschließenden großen Zoologen Frankreichs bleiben besser der nächsten Abteilung vorbehalten.

Die biologische Zoologie mußte der Natur der Sache nach noch in enger Verbindung mit der Medizin verbleiben, für welchen Zusammenhang besonders M. A. Severino (1580—1656) in einem 1645 erschienenen Werke eine Lanze brach. Damals war bereits die größte physiologische Entdeckung des Zeitalters gemacht worden;

was Colombo (I, S. 134) mehr nur vermutet hatte, hob William Harvey (1578—1658) über jeden Zweifel empor, indem er 1628 ein dünneleibiges Büchlein veröffentlichte, in welchem der Kreislauf des Blutes durch den Körper des Menschen und der höheren Tiere bewiesen war. Durchsetzen konnte sich eine so grundstürzende Neuerung natürlich nur langsam; viele Ärzte, unter denen der Altdorfer Professor R. Hofmann hervortrat, konnten sich mit der neuen Hämodynamik nicht befreunden. Indessen trugen auch neue Studien über den Verdauungsprozeß (Pecquet, Mellin, Wirkung u. a.) dazu bei, der Annahme, daß die gesamte Physiologie einzig und allein durch Zurückführung auf physikalische und chemische Gesetze zu begreifen sei, in immer weiteren Kreisen zur Anerkennung zu verhelfen.

So untersuchte J. Mayow (1645—1679) die chemischen Bedingungen der Atmung und Zirkulation, und in den siebziger Jahren des achtzehnten Säkulums begegnen wir bei F. Redi (1626—1697) und S. Lorenzini (um 1678) tiefer eindringenden Studien über elektrische Fische. Die Anatomie dieser Ordnung der Wirbeltiere hatte schon Steno (S. 70) selbständig gefördert. Eine diesen Namen verdienende vergleichende Anatomie des Nervensystemes angebahnt zu haben, ist ein Ruhmestitel von Thomas Willis (1622—1675); jene Bezeichnung eines neuen Wissenszweiges ist allerdings, wiewohl in etwas anderer Bedeutung, auf F. Bacon (S. 51) zurückzuführen. Auch J. G. Duverney, G. Tyron, G. Blasius, S. Collins, B. Valentini sind in diesem Zusammenhange namhaft zu machen. Der

vorgenannte Redi hat sich auch durch seine äußerst gründlichen, neue Wege zeigenden Untersuchungen über Schlangengift (1675) und durch die Bekämpfung der beliebten, u. a. von Buffon gebilligten Lehre von der Urzeugung (*Generatio spontanea, aequivoca*) großes Ansehen erworben. In dieser Beziehung stimmte er ganz mit Harvey (s. o.) überein, dessen These „*omne vivum ex ovo*“ sich durch alle Zeiten bewährt hat.

Der Mikroskopiker ist bereits in der Geschichte der Optik (S. 38) kurz gedacht worden. Der uns als Phytologe (S. 79) bekannte Malpighi hat das Vergrößerungsglas erfolgreich auf die Seidenraupe und auf die Entwicklungsgeschichte des Hühnchens angewendet, wozu letztere schon deshalb besonderes Interesse erregte, weil im siebzehnten Jahrhundert die aus Aegypten gemeldete Tatsache, man vermöge auf künstlichem Wege Hühner auszubrüten, zur Nachahmung aufforderte. Wollte man mikroskopisch die tierischen Gefäße prüfen, so mußte man sie durch Injektionen konservieren, und diese Technik bildete sich unter den Händen von Malpighi, N. Ruysch (1638—1731) und J. N. Lieberkühn (1711—1756) — dieser zugleich Erfinder des für biologische Demonstrationen so geeigneten Sonnenmikroskopes — derart aus, daß noch mehr denn hundert Jahre lang diesen Leistungen kaum bessere zur Seite gestellt werden konnten. Außerordentlich eifrig beobachtete Leeuwenhoeck (S. 70) mit seinem Assistenten van Han; letzterem glückte u. a. die Auffindung der Spermatozoen, die der Meister als echte, belebte Samentierchen ansprach, und dieser selbst sah die ersten Pro-

tisten oder Protozoen, von ihm als Infusionstierchen in die Wissenschaft eingeführt. Als Molluskenforscher stand jahrzehntelang Swammerdam unerreicht da, der u. a. die farbegebenden Organe des Tintenfisches in ihrer Eigenart erkannte.

Die Lehre vom Menschen blieb aus naheliegenden Gründen sehr enge mit der Medizin verbunden. Doch kam ihr die stetig fortschreitende Bereicherung des ethnographisch-somatischen Materials zustatten, die man dem Franzosen Lafiteau (um 1700) und de la Condamine (S. 16) für die nord- und südamerikanischen Indianer, Peter Kolb (1719) für die Hottentotten, Hans Egede (1729) für die östlichen Eskimos, dem Weltumsegler James Cook (um 1770) nebst seinen beiden Reisebegleitern Johann Reinhold und Johann Georg Forster (1729—1798; 1754—1794) für die Polynesier u. a. zu danken hatte. Der erste, nur wenig bekannt gewordene Versuch anonymen Ursprunges, die Menschheit nach vier oder fünf Unterarten zu gruppieren, ist 1684 gemacht worden. Auffallenderweise entstammt gerade theologisch angehauchten Naturkundigen, wie dem englischen Lordoberrichter Matthew Hale und dem Salzburger Bitterkraut, gegen Ende dieses Jahrhunderts die originelle Spielerei, den aktuellen Menschen ganz im Sinne einer primitiven Deszendenzlehre von angeblichen präadamitischen Vorfahren abzuleiten. Ein für seine Zeit mustergültiges Hilfsmittel exakt-anthropologischer Bestimmung gab der Begründer der rationalen Kraniologie, Peter Camper (1722—1789) mit seinem Gesichtswinkel an die Hand (Winkel zwischen der Hori-

zontalen einerseits, der gemeinsamen Berührenden von Stirn und Unterlippe andererseits). Auch Daubenton (S. 89) ist in der Vorgeschichte der Schädelmessung zu nennen. Ungefähr am Schlusse unseres gerade behandelten Zeitraumes ist die Menschenkunde, nachdem schon der große Physiologe A. v. Haller (S. 84), der Urheber der Irritabilitätslehre, in diesem Sinne vorangegangen war, durch die beiden deutschen Professoren Heinrich Maria v. Leveiling (1766—1828) und Johann Friedrich Blumenbach (1752—1840) zum akademischen Lehrfache gemacht worden. Der erstere veröffentlichte (Jngolstadt 1794) den ersten Abriß der reinen Anthropologie.

16. Die geographisch-geologischen Disziplinen mit den Marksteinen Varenius und Humboldt.

Die in dieser Überschrift angeführten Wissenszweige schärfer in ihrer Individualität zu betonen, lag für uns bisher keine Veranlassung vor. Eine selbständige Geologie gab es nicht; was etwa dahin einschlug, fand bei Mineralogie, Chemie und Physik (S. 25) ein notdürftiges Unterkommen. Noch weniger günstig sah es bei der Erdkunde aus, die entweder der Mathematik oder der Geschichte als Anhängsel zugewiesen wurde. Volles Bürgerrecht hat sie um diese Zeit allerdings noch nicht erlangt gehabt, aber wackere Ansätze dazu sind doch zu verzeichnen. Steht ja am Eingange der Periode der unvergleichliche Bernhard Varenius (1622? bis 1649?), dessen „Geographia Generalis“ (Amsterdam 1650) von dem noch nicht Dreißigjährigen gerade noch notdürftig zum Abschlusse gebracht werden konnte, und

das Ende der Periode bezeichnet der Name Alexander v. Humboldts (1769—1859, s. Tafel XI), mit dessen südamerikanischer, 1799 angetretener Reise eine neue Epoche im Studium unseres Planeten anhebt.

Nach Agricola (I, S. 126) treten uns lange keine ernst zu nehmenden Schriftsteller mehr über geologische Dinge entgegen. Einen scharfen Blick für morphologische Fragen befundet Varenius (s. o.), der auch die Vulkane nicht unbeachtet läßt. Sehr umfassend beschäftigte sich mit diesen der uns mehrfach (S. 35, S. 51) bekannte Kircher, dessen „Mundus subterraneus“ (Amsterdam 1664) die vulkanistischen Anschauungen in eine Form bringt, die bis A. v. Humboldt und L. v. Buch nur äußerliche Veränderungen erfuhr. Das Erdinnere ist eine ungeheure Masse feurig-flüssiger Materie, die durch Kanäle in der Erdrinde bei den Eruptionen an die Außenseite gelangt. Den Fundamentalbegriff der sedimentären Schichten und Gebirge schuf Steno in seinem oben (S. 70) zitierten Buche (1679). Über Erd- und Weltbildung dachten die Meisten so, wie es die Katastrophenlehre verlangte, aber der auch auf diesem Gebiete sehr klarblickende Leibniz (S. 12) suchte den Erdbildungsprozeß bereits mehr aktualistisch aufzufassen, so daß seine „Protogaea“ von 1700 (?; ediert erst 1749) gar manche Anklänge an die Denkweise der Gegenwart aufweist.

Außerst unsicher war noch immer, trotz einzelner gesunder Meinungsäußerungen früherer Zeiten, die Stellung der Paläontologie. Steno zwar, J. Woodward (S. 71) und A. Scilla (um 1670) verwarfen

entschieden die Annahme von „Naturspielen“, und W. Lister (S. 87), sowie R. Hooke (S. 7) hatten eine deutliche Vorstellung von der Möglichkeit, geologische Altersbestimmungen der Schichten auf ihre organischen Einschüsse zu begründen. Auch das Entwerfen geognostischer Karten rückte in den Kreis der zu lösenden Aufgaben hinein. Allein selbst der gelehrte Scheuchzer (S. 30) wollte nicht zugeben, daß die Belemniten eine organische Schöpfung seien, und ein Voltaire (S. 16) meinte, die zahllosen Muscheln auf den tertiären Bergen Italiens seien von den Muschelhüten mittelalterlicher Pilger herabgefallen. Mit sehr bemerkenswerter Deutlichkeit trat der Straßburger Student J. W. Goethe (um 1770) für die marine Herkunft der von ihm im Elsaß und in Lothringen gesammelten Konchylien ein. Aber man konnte sich, wie J. G. Krüger 1746 andeutet, vielfach nur schwer damit vertraut machen, daß gewisse Tierformen ganz von der Welt verschwunden sein sollten.

Auf der von Steno (s. o.) gelegten Basis fortbauend, schufen 1756 J. G. Lehmann (gest. 1767) und 1773 Füchsel die moderne Stratigraphie. Auch für einzelne Formationsgruppen (Muschelkalk, Rotliegendes usw.) tauchen jetzt die uns geläufigen Beziehungen auf, und Giovanni Arduino (1714—1795) teilt 1775, wie es seitdem üblich geworden ist, den gesamten Schichtenbau der Erdkruste in ein primäres, sekundäres und tertiäres Stockwerk ein. Auch nach der stratigraphischen wie nach der mineralogisch-petrographischen Seite hin brachte die Geologie in ein festes System A. G. Werner (S. 74) in seinen 1782 und 1792 gedruckten Schriften zur

Dryktognosie. Indessen hielt er irrigerweise mit seiner ganzen Schule an dem Irrtum fest, man könne auch ohne Zuhilfenahme der Versteinerungen das relative Alter einer Schicht anderen Straten gegenüber erkennen.

Die Erdmorphologie wird das ganze achtzehnte Jahrhundert hindurch von zwei sich hart und oft leidenschaftlich bekämpfenden Gedankenrichtungen bestimmt, der vulkanistischen und der neptunistischen. Keine war durchaus im Rechte; keine hielt sich von Extremen frei. Tiefere Studien über feuer-speiende Berge, wie sie die beiden Namensvettern William Hamilton (?—1797; 1730—1803), D. G. S. L. De Dolomieu (1750 bis 1801), Baron P. F. von Dietrich (1748—1793) und viele andere anstellten, hatten an sich hohen Wert, aber sie führten nicht selten zu ungeheuerlicher Überschätzung des Wirkungsgrades endogener Naturkräfte, indem man diesen allein die Hebung der Gebirge zuschrieb. Wohl am weitesten hierin ging eine vielgelesene, auch ins Deutsche übertragene Schrift des Friaulers Lazzaro Moro (1687—1764) vom Jahre 1740, worin ohne Ausnahme alle Höhen, auf denen sich marine Residuen vorfinden, für gehobenen Meeresgrund erklärt werden. Ähnlich dachte Pallaz (S. 89), der aber auch die gestörten Schichtfolgen als Folgeerscheinung des Elevationsvorganges bezeichnete und so die Anfänge der Tektonik sich entwickeln sah. Besonders lebhaft entbrannte der Streit darüber, ob Granit und Basalt als wässerige oder als feurige Bildungen anzusehen seien. Die Mehrzahl der Fachmänner, so vor allem Werner (s. o.) selbst und der

beste Kenner der Auvergne-Vulkane, J. E. Guettard (1715—1786), betätigten sich als überzeugte Neptunisten, wogegen zumal Graf F. D. R. De Montlosier (1755—1838) ganz so, wie die moderne Geologie es tut, jene Felsarten als erstarrtes Magma definierte. Werner ging 1789 so weit, prinzipiell die Vulkane mit unterirdischen Erdbränden — brennenden Kohlenlagern — zu identifizieren, nachdem schon 1700 Lémery (S. 60) durch ein Salonerperiment darzutun versucht hatte, daß Ausbrüche nur das Endergebnis chemischer Vorgänge in den obersten Schichten seien. Chemisch oder wohl auch elektrisch (S. 55) interpretierte man fast durchweg Vulkaneruptionen und Erdbeben, indem man zwischen diesen beiden Phänomenkomplexen keinen Unterschied gelten lassen wollte. Die Katastrophe von Lissabon (1. November 1755) rief eine umfängliche seismologische Literatur — auch J. Kant (S. 28) lieferte einen Beitrag — ins Leben. Das einfache Pendelseismometer wurde um 1730 von Cappelletti (S. 63) und 1784 von dem Neapolitaner Salsano in Vorschlag gebracht. Die Idee Bertholon De Saint Lazares (?—1799) durch Erdbebenableiter die schädigenden Wirkungen der Erdstöße hintanzuhalten, blieb natürlich ein Hirngespinnst.

Eine erfreuliche Nebenwirkung des Entstehens neptunistischer Lehrgebäude war die, daß man die morphologische Wirkung des fließenden Wassers zutreffender abzuschätzen begann, Erosion (I, S. 88) und Denudation in ihre Rechte einsetzte. Ansätze dazu bemerken wir bei den Alpengeologen Scheuchzer (S. 30), J. G. Sulzer (1720—1779) und vor allem Horace Bénédict de

Saussure (1740—1799), dessen großartige Reisen im Bereiche des Montblanc — er bestieg diesen Bergriesen 1787 — die Gebirgskunde außerordentlich vorwärts gebracht haben. Eine modern anmutende, nicht mehr mit gewaltfamen Aktionen, sondern mit der stetig wirkenden Zerstörungsarbeit des rinnenden Wassers operierenden Theorie der Talbildung wagte sich erst gegen Ende des Jahrhunderts hervor; F. A. Kimrod (1731 bis 1809) und J. L. Heim (1741—1819) sind deren Urheber.

Anderer der dynamischen Geologie angehörige oder doch nahestehende Leistungen seien kurz angeführt. Bei der Ausbildung einer wissenschaftlichen Höhlenkunde durch Leibniz (S. 94), Baier (S. 72), J. F. Esper (1732—1781) und J. C. Rosenmüller (1771 bis 1820) stand teils das Interesse an den Tropfsteingebilden, teils besonders auch die paläontologische Erforschung im Vordergrund; Gortali hat kürzlich gezeigt, daß speläologische Forschung bereits im siebzehnten Jahrhundert einzelnen Italienern sehr am Herzen lag. Aus dem Jahre 1769 datiert die erste, den Gegenstand klar darlegende Abhandlung über Bergstürze von dem Schweizer J. R. Perronet (1708—1794); das merkwürdige Gebilde der Erdpyramiden scheint keinem früheren Sachverständigen ins Auge gefallen zu sein als dem Tiroler J. S. v. Zallinger (1748—1823), der 1778 davon in einer auch sonst beachtenswerten Monographie über Wildbäche und Überschwemmungen eine Beschreibung lieferte. Die Genese der Binnenseen hat anscheinend zuerst J. C. De la Métherie (1743—1817)

beschäftigt. Er auch gibt in seiner „Theorie der Erde“ (1797) eine unseren Anschauungen von heute ganz angepaßte Quellenlehre, indem er die von Mariotte (S. 27), Perrault (S. 8) und De la Hire (S. 15) begründete, prinzipiell vom Altertum (I, S. 53) stammende Ansicht verteidigt, daß alles Quellwasser in den Boden eingedrungenes meteorisches Wasser sei. Doch gab es auch noch überzeugte Anhänger der alten „Schwammtheorie“, wie den geistvollen Mathematiker H. Kühn (1690—1769), der 1741 eine Preisschrift unter diesem Zeichen bearbeitete.

Auch das Eis des Gebirges wurde nach und nach ein Objekt, dessen Studium sich die wissenschaftliche Welt geeignet gelegener Länder hinzugeben anfang. Neben Scheuchzer (S. 30) haben wir seine schweizerischen Landsleute J. H. Gottinger (1680—1756), J. G. Altmann (1697—1758) und G. S. Gruner (1717—1778) als Schriftsteller über die Gletscher zu nennen; M. Th. Bourrit (1739—1818) belebte durch treffliche Bilder und Schilderungen die Teilnahme weiterer Kreise für diese noch vor kurzem ganz unbekannte Welt; auch die Arbeiten von A. C. Vordier, J. Besson, H. B. De Saussure (S. 98) und J. A. Deluc (1727 bis 1817) über Gletscher und Moränen dürfen so wenig wie die des fast verschollenen Schweizer Kühn über Gletscherbewegung vernachlässigt werden. Die Ostalpen standen in dieser Hinsicht noch weit zurück; nur B. Hacquet (1739—1815) und J. Walcher (1718 bis 1803) stellten sich an die Seite der westlichen Nachbarn. Eine erstmalige verständnisvolle Beachtung des

Erratikums deckte A. v. Boehm bei dem Schotten John Playfair (1748—1819) auf. Die erste, freilich noch inkorrekte Definition des Begriffes Schneegrenze war ein Ergebnis der (S. 16) berühmten Expedition Bouguers nach Südamerika.

Einen systematischen Versuch zur Darstellung der Meereskunde treffen wir 1643 in G. Fourniers (1595 bis 1652) „Hydrographie“ an. Daß Ebbe und Flut, obwohl der Autor mit Plinius und Albertus Magnus (I, S. 85) sie in ihrer Abhängigkeit von den Mondstellungen erkennt, einer periodischen Austreibung des Meeres durch ausströmende Gase zugeschrieben werden, entspricht ebenso dem Zeitgeiste, wie die auch bei Kepler zu findende und noch bei Goethe nachklingende Meinung, die Erde sei ein ein- und ausatmendes Lebewesen. Von den Meeresströmungen kannte man recht gut den Golfstrom, dem Varenius (S. 93) noch andere Vorkommnisse anreicht; schon Kircher (S. 94) zeichnete ein Rärtchen dieser Wasserbewegungen. Über ihre Ursache grübelten Lionardo da Vinci (I, S. 98), Kepler, Bótero (Le relationi del mare, 1599) und der treffliche Geophysiker J. Bossius (S. 33); den Spezialfall der Doppelströmung in Meeresstraßen klärte durchaus zutreffend Graf Marsigli in einer Monographie des Bosporus (1681) auf. Das Polarmeer und seine Eisverhältnisse beschrieb nach eigenen Wahrnehmungen der Schiffsarzt J. Martens 1675. Er wußte, daß es keine offene Polarsee gäbe, so wie eine solche schon früher (1610) der Arzt Helisaeus Roeslin, einer Selbsttäuschung des trefflichen A. Petermann (1822 bis

1878) um 250 Jahre vorausseilend, aus astrologischen Motiven für eine Notwendigkeit ausgegeben hatte.

Das achtzehnte Jahrhundert hatte ein fröhliches Wachstum der Ozeanographie zu konstatieren, der Graf Marsigli 1711, J. S. B. Popowitsch (1705—1774) im Jahre 1750 und F. W. Otto (1742—1814) im Jahre 1800 Spezialwerke widmeten. Galeß (S. 81) lehrte 1754 Wasser aus der Tiefe aufholen und aräometrisch prüfen; Newton bestimmte in seiner „Optik“ (S. 41) die natürliche Wasserfarbe als Grün. Vom Eise im Meere handelten Buffon (S. 89) und Lomonossow (S. 66). Gewaltige Fortschritte machte die Gezeitenlehre, als infolge eines Pariser Preisauschreibens 1740 drei der ersten Geometer des Zeitalters — Euler (S. 18), D. Bernoulli (S. 18) und Colin Maclaurin (1698—1746) — die Newtonschen Grundsätze (S. 14) auf dieses Problem anwandten; der Altmeister selbst hatte damit begonnen und die früher unbegreiflich erscheinende Nadirflut elementar interpretiert. F. Franklins (S. 56) Golfstromkarte bezeichnet ein tieferes Eindringen in das Wesen der Meeresströmungen; er auch machte die Seefahrer mit der nachmals so wichtig gewordenen Beruhigung der Wellen durch Laufguß bekannt.

Über die Beziehungen des Festlandes zum Meere wurde viel neues Licht verbreitet. Man achtete auf die Inseln, deren Einteilung in genetische Gruppen von Varenius (S. 93) und nachher von J. Wülfer (1691) angestrebt wurde. Auf die Eigenart der Korallengebäude war zwar schon 1630 von dem weitgereisten

B. Monconys (1611—1665) hingewiesen worden, aber erst Cooks Fahrten (S. 92) im Pazifischen Ozean drängten J. G. Forster zu seiner Unterscheidung der „hohen Inseln“ (Vulkaninseln) und „niedrigen Inseln“ (Atolle), die von „Lithopytenwürmern“ erbaut sein sollten; der geophysische Gedanke war richtig, die zoologische Eingliederung dagegen noch nicht. Die Vertikalverschiebungen der Wasserlinie führten eine große Anzahl schwedischer Gelehrten zu anregenden Erörterungen; wir wollen Celsius (S. 45), Linné (S. 81), Hiärne (S. 72) und den Admiral J. Nordenankar (1722 bis 1804) als Hauptbeteiligte nennen. Die Mehrzahl dachte an eine Hebung des Festlandes, aber auch die entgegengesetzte Meinung einer progressiven Wasserabnahme fand Befürwortung, und ihr folgend gelangten 1721 der — bei aller Hinneigung zu Phantasmen doch exakt wissenschaftlich gebildete — E. Svedenborg (1688—1772) und 1755 B. De Maillet oder Telliamed (1656—1738) dahin, daß der Erdball dem Endzustande gänzlicher Austrocknung entgegengehe. Die Vermutung, daß sich eine Fortsetzung der Erdgebirge auf dem Meeresgrunde konstatieren lassen müsse, suchte B. Buache (1700—1773), „erster Geograph des Königs von Frankreich“, in einer 1752 erschienenen Schrift zu begründen.

Der Flußkunde kamen neue Methoden und Instrumente zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit zuflatten, wie solche H. Pitot (1695—1771) und R. Woltman (1757—1837) zur Verfügung stellten. Die Anfänge einer systematischen Seenkunde gehen fast allein

vom Lac Léman aus. An ihm war zuerst das Seichesphänomen, die Versetzung einer großen Wassermasse in stehende Schwingungen, wahrgenommen worden, und alle namhaften Naturforscher der Stadt Genf wandten ihm ihre Aufmerksamkeit zu. Die Namen der meisten hatten wir früher aus anderer Veranlassung anzuführen; beigelegt seien noch Ch. Bonnet (1720—1793), ein durch seine teleologische Naturbetrachtungsweise damals viel berufener Schriftsteller, und der gewandte Physiker (S. 56) G. Zallabert (1658—1724).

Für die atmosphärische Physik konnte ein neues Zeitalter erst anbrechen, als konsequent fortgesetzte Witterungsbeobachtungen mit Instrumenten die frühere rohe Empirie zu verdrängen begannen. Der Pflanzenphysiologe Camerarius (S. 78) und der Astronom G. Kirch (S. 8) verdienen nach Hellmann den Preis in dieser Hinsicht. Wie sich die wichtigsten Instrumente allgemach immer vollkommener gestalteten, wurde im vorigen Kapitel angedeutet. Noch hatte zwar der astrometeorologische Wahnglaube nicht gänzlich aufgehört, wie ein dickleibiges Buch dieses Inhaltes von Coelschlüter (1691) beweist, aber gegen das Jahrhundertende war doch das Prinzip, die Witterungskunde habe ungleich mehr mit terrestrischen als mit kosmischen Faktoren zu rechnen, größtenteils durchgedrungen. Gelegentlich in reichlicher Menge angestellte Versuche, eine Abhängigkeit des Barometerstandes vom Monde zu erweisen, vermochten an jener Grundstimmung nichts zu ändern. Vorgearbeitet ward derselben durch die noch dem sechzehnten Jahrhundert (Frau Antonio De

Urdaneta) entstammenden Bestrebungen spanischer, holländischer und englischer Seeleute, z. B. eines W. Dampier (1652—1715) zur Begründung einer maritimen Meteorologie. Aus den in ihr aufgespeicherten Erfahrungen ging 1735 G. Hadleys neue und korrekte Theorie der Passatwinde hervor, die auch bald von J. Kant (S. 28) und Saussure (S. 97), dem Erfinder der treffenden Wortbildung „courant ascendant“, weitergeführt und für die Erklärung der Monsunwinde aptiert wurde. Dem Buys Ballotschen Gesetze des neunzehnten Jahrhunderts war im Jahre 1763 Lambert (S. 24) äußerst nahe gekommen. Bei A. Pilgram (1730—1793) sind um 1788 Ansätze zu synoptischer Witterungsbetrachtung nicht zu verkennen, und dem gleichen Zwecke konnte J. L. Boeckmanns (1741 bis 1802) „badische Witterungsanstalt“ dienstbar gemacht werden. Im großen Stile griff diese Aufgaben die „Societas Palatina“ des Abtes J. J. Hemmer (1733—1790) an, die von 1780 an ein Dezennium sehr erfolgreich arbeitete, sich in den ihren Zentralsitz Mannheim ganz besonders schlimm mitnehmenden Kriegswirren aber nicht zu behaupten vermochte.

Auch die meteorologische Optik und die Lehre von der Luستهlektrizität machen sich im achtzehnten Jahrhundert als schätzbare Nebenzweige der Meteorologie geltend. J. R. Funck's (1680—1729) Schriften über die Himmelsfärbung (1705, 1715) waren ihrer Zeit weit vorausgeeilt. Um auch hier messend eingreifen zu können, erfand Saussure sein Diaphanometer und Hygrometer, welsch letzteres er auf dem Gipfel des

höchsten Berges von Europa (S. 98) erprobte. Gegen den Schluß des Jahrhunderts hin erscheinen C. Krampß (1760—1828) tiefgründige Arbeiten über atmosphärische Refraktion und G. Monges (1746—1810) Analyse der als Luftspiegelung (Fata Morgana, Mirage) bekannten Erscheinung der Erwähnung würdig; solche Luftbilder hatte er selbst gesehen, als er 1799 Bonaparte auf dessen ägyptischer Expedition begleitete. Das Versuchsmaterial der atmosphärischen Elektrizität war, seitdem Lomonnier (S. 56) ihr Vorhandensein bemerkt hatte, durch Dufay (S. 56), Dalibard, Wall, Richmann (S. 48) u. a. ansehnlich vermehrt worden. Ganz gewaltig stieg natürlich das Interesse an ihr, nachdem Franklin (S. 56) 1769 den ersten Blitzableiter konstruiert hatte. Daß kurz zuvor schon der mährische Pfarrer Prokop Diviš (1696—1765), ohne von dem Amerikaner etwas zu wissen, den gleichen Versuch angestellt hatte, war fast unbeachtet geblieben. Was das heutzutage widerspruchslös als magnetelektrische Erscheinung aufgefaßte Nordlicht angeht, so hatte auch C. v. Wolf (S. 26) schon 1716 darin ein sozusagen unreifes Gewitter erblickt, und nach Cantons (S. 39) Vorgänge erklärten sich viele Physiker behufs seiner Deutung für einen dem elektrischen Glimmlichte vergleichbaren Ausgleichungsprozeß. Doch erhielt sich daneben eine Spiegelungs- und Brechungshypothese in Kraft, zu deren Begründung der Schwede S. v. Triewald (1688—1743) einen eigenen Versuch erfann. Die Südseereisen Don Alloas (S. 16) und Cooks (S. 92) hatten ergeben, daß auch Südlichter gesehen werden.

In enger Anlehnung an die den Kinderstuben entwachsende Klimatologie, die in L. Cottes (1740 bis 1815) umfassendem meteorologischen Handbuche (Paris 1774) ihre erste systematische Darstellung erlebte, begannen auch Pflanzen- und Tiergeographie das Haupt zu erheben. Der erstere Name ist, wie Linné feststellte, zuerst 1683 in C. Menzels (1622—1701) ungedruckt gebliebener „Flora Japonica“ zu finden; der schwedische Naturforscher selbst hat sich ebenso, wie die Sibirienforscher Pallas (S. 89) und S. G. Smelin (1743—1774), um die junge Disziplin große Verdienste erworben. Eine ganz neuartige Topographie der Kulturgewächse bahnte A. Young (1741—1825) an. Zusammenhängend suchte das Wesen der Phyto-geographie 1800 F. Stromeyer (1776—1835) zu kennzeichnen — gerade in einer Zeit, die durch Humboldts (S. 94) machtvolle Anregungen die Epoche einer Umwandlung werden sollte. Für die Zoogeographie legten, nächst Buffon (S. 89), einen festen Grund der Hannoveraner E. A. W. v. Zimmermann (1743 bis 1815) von 1778 an und der Däne D. F. Müller im Jahre 1788.

Ein Streifblick sei auch auf die weitere Ausbildung der mathematischen Geographie geworfen. Wir haben gesehen (S. 21), wie durch die Erfindung des Chronometers und die Euler-Mayer'schen Mondtafeln das fast unlösbar scheinende Problem der Längenbestimmung sein ganzes Aussehen veränderte. Die Methode der Mondabstände bildeten unter anderen Svedenborg (S. 102) und Maskelyne (S. 17) weiter, und der in

bezu-
nem
bühr
von
zu h
wan
bis 1
(171
boten
Lan
(174
Rege
hobe
acht
passe
Lobt
erste
mehr
Sch
172
dure
reich
alles
säch
bis

mal
kosi
her
Un

bezug auf Schärfe seiner Ortsbestimmungen von keinem Zeitgenossen erreichte Arabienreisende Carsten Niebuhr (1733—1815) brachte das Verfahren, das jetzt von den Spiegelinstrumenten Gebrauch machen konnte, zu hohen Ehren. Aber auch die Breitenbestimmung gewann sehr an Genauigkeit, als P. Horrebow (1679 bis 1764) für den Forschungsreisenden und C. Douwes (1713—1773) für den Nautiker ihre Methoden darboten. Die Kartenprojektionslehre wurde von Euler, Lambert (S. 24), Lagrange (S. 19) und N. Cagnoli (1743—1816) dem Stadium, in dem die einzelnen Negentwürfe unvermittelt nebeneinander standen, entzogen, indem jetzt allgemeine Kriterien für die Begutachtung der dem gegebenen Falle am besten sich anpassenden Abbildung aufgestellt wurden. Der jüngere Tobias Mayer (1752—1830) lieferte (1794) ein erstes, gutes Kompendium der Kartographie. Deren mehr technische Seite gewann ungemein durch die Schraffenmethoden von J. B. Homann (1664 bis 1724) und Graf J. D. De Cassini (1748—1845), durch die 1791 von Dupain-Triel an der Karte Frankreichs konsequent durchgeführten Isohypsen und vor allem durch das neue Schraffenprinzip (1799) des sächsischen Ingenieuroffiziers J. G. Lehmann (1765 bis 1811).

Der mathematischen Erdkunde teilte man auch damals — methodisch kaum mit Recht — gewöhnlich die kosmogonischen Spekulationen zu. Diese trugen vorher fast ausnahmslos den Charakter des Wilden, Ungezügelten, und auch Graf Buffons Versuch, den

begrifflichen Schwierigkeiten durch Zuhilfenahme eines Kometen als Retters aus der Not zu entkommen, verdient keine bessere Benotung. Um so bereitwilliger ergriffen weite Kreise die anscheinend einen wirklichen Ausweg aus dem Labyrinth aufzeigende „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ (Königsberg i. P. 1755) des großen Erkenntnistheoretikers Kant (S. 28, S. 97). Und als dann ein Halbjahrhundert später Laplace (S. 19) eine neue Anschauung über die Entstehung der Glieder unseres Sonnensystems („Exposition du système du monde“, Paris 1796) bekanntgab, glaubte man in beiden Kosmogonien viele verwandtschaftliche Züge erkennen und von einer „Kant-Laplace'schen Hypothese“ sprechen zu müssen. Allein diese auch im zwanzigsten Jahrhundert noch allenthalben zu lesende Bezeichnung ist grundfalsch. Denn der deutsche Philosoph ist Agglomerations-theoretiker, indem er aus den kosmischen Urparkeln die Weltkörper förmlich zusammengerinnen läßt; der französische Mathematiker hingegen stellt sich uns als Evolutionstheoretiker dar, und bei ihm scheiden sich folgerweise aus dem mütterlichen Urgasballe die planetarischen Kinder ebenfalls in Gasform ab, um langsam zuerst in den tropfbarflüssigen und endlich in den starren Zustand überzugehen.

Vierte Abteilung.

Die neueste Zeit.

17. Prinzipielle Fragen der modernen anorganischen Naturforschung.

Bis hart an den Anfang des neunzehnten Jahrhunderts hat uns der Gang der geschichtlichen Entwicklung in der dritten Abteilung herangeführt. Nicht im Bereiche sämtlicher Disziplinen allerdings gleich weit, denn es mußte im Interesse einer bewußten Kontinuität dafür Sorge getragen werden, daß allenthalben da abgebrochen wurde, wo der Werdegang aus dem vorhergehenden in das neue Säkulum durch die zufällige Zeitgrenze keinerlei Unterbrechung mehr erfahren hat. In der Geologie beispielsweise bietet sich das Jahr 1800 als ein wahrer Grenzstein dar, insofern gerade um diese Zeit die nicht ohne einen gewissen Despotismus sich geltend machende Wernersche Richtung (S. 95) durch eine ihr nahezu diametral gegenüberstehende abgelöst ward, wogegen in der Mineralogie und noch weit entschiedener in der Chemie die grundstürzende Umwälzung des ganzen Gedanken- und Anschauungskreises ihre Wurzeln in den beiden Jahrzehnten von 1780 bis 1800 hatte und nur im engsten Zusammenhange mit dem, was damals geleistet worden war, eine zutreffende Schilderung finden kann. Die nächstfolgenden Kapitel

werden die Berechtigung dieser Behauptung in vollem Maße dartun.

Man könnte natürlich auch jetzt die Geschichte der einzelnen Disziplinen wie bisher, für sich behandeln, aber es wird sich als weit zweckmäßiger erweisen, fürs erste gewisse prinzipielle Fragen auszusondern, die auf alle Gebiete, oder doch auf viele, gleichmäßig eine Rückwirkung äußern. Und da ziehen der Anfang des Jahrhunderts und ein späterer Zeitraum unsere Aufmerksamkeit auf sich. Schon rein äußerlich muß es vorteilhaft erscheinen, wenn durch solchen eine gewisse Abgrenzung in die ungeheure Stoffmenge hineingetragen werden kann. Und in der Tat ist es nicht allein nicht schwierig, sondern geradezu eine innere Notwendigkeit, eine solche Grenze zu ziehen, die dann aber selbstredend nicht durch ein einzelnes Jahr, sondern durch einen engeren Zeitraum charakterisiert sein muß. Diesen zu erkennen, kann keinem Historiker schwer fallen, der den Fortschritt der Wissenschaft aufmerksam verfolgt, und zwar sind es die letzten Jahre vom fünften und das sechste Jahrzehnt, in deren Verlaufe zunächst für die anorganischen, aber auch für die organischen Gebiete eine der ganzen Folgezeit die Richtung gebende Änderung Platz gegriffen hat. Wir denken hier an das Gesetz von der Erhaltung der Energie mit allen seinen Konsequenzen.

Physik und Chemie sind vollkommen neue Wissenschaften geworden, seitdem eine oberste Norm für alle ihnen angehörige Vorgänge erkannt worden war, und dieser Norm haben sich auch die biologischen Fächer

bereitwillig untergeordnet. Allein freilich haben sich diese neuen und großen Gedanken nicht ohne weiteres durchgesetzt, sondern es mußte für die Wissenschaft erst ein Durchgangsstadium geschaffen werden, das nicht nur nicht Fortschritt, sondern geradezu Stillstand bedeutete, und dessen Absolvierung gleichwohl eine unumgängliche Notwendigkeit war, wenn der menschliche Geist die Wege, die wirklich aufwärts zur Erkenntnis führen, finden und beharrlich gehen sollte. Gemeint ist das Zeitalter der sogenannten „Naturphilosophie“, die zwar in keinem Lande ganz unvertreten blieb, auf deutschem Boden aber ihre eigentliche „Blüte“ fand und so die Schuld daran auf sich nehmen mußte, daß unser Vaterland mehrere Jahrzehnte lang in der Entwicklung hinter dem Westen Europas zurückzustehen hatte.

In Aristoteles und in den Scholastikern (I, S. 84) standen dem deutschen Naturphilosophen Vorbilder vor Augen, auf die sie sich, wären sie minder groß in der Wertschätzung der eigenen Leistung gewesen, recht wohl hätten berufen dürfen. Denn auch diese philosophisch veranlagten Geister gingen im wesentlichen von der Überzeugung aus, daß es dem Menschen, falls er nur mit zutreffenden Erfahrungstatsachen zu tun habe, gelingen müsse, ausschließlich durch korrekte logische Schlüsse alle Schwierigkeiten der Erklärung beseitigen und in die tiefsten Geheimnisse der Natur eindringen zu können. Ältere und spätere Peripatetiker hätten jedoch zu ihrer Rechtfertigung, wäre solche zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts von ihnen gefordert worden, sicher angeführt, Beobachtung und Experiment seien

von ihnen wahrlich nicht gering gesch tzt, sondern eben nur deshalb nicht in ausgiebigerem Maße angewandt worden, weil man diesen Forschungsmethoden recht unbehilflich gegenübergestanden sei, was um 1800 gewiß niemand mehr behaupten wollte. So aber stand es mit den Naturphilosophen nicht, die im Gefühle ihrer Gott-Ähnlichkeit sich den „zünftigen“, d. h. am bewährten Prinzipie festhaltenden Kollegen als geschworene Feinde zeigten. Einer der eifrigsten Parteigänger sprach die bezeichnenden Worte aus: „Will irgendein Individuum durchaus Naturforscher sein, ohne jedoch die Gabe des“ — naturphilosophischen — „Geistes der Physik zu haben, so mag er physische Hilfsmittel und unter denselben auch chemische Versuche anstellen, muß sich aber bescheiden, ein bloßer Handlanger der Physik zu sein, und ist in dieser Beziehung als ein ganz verdienstvoller Mann anzusehen.“ Der Experimentator, von dem doch mancher fühlen mochte, daß er als ein notwendiges  bel anzusehen sei, bekam somit seinen Rang weit unter dem konstruktiven Denker angewiesen.

Die beiden Führer der Bewegung waren G. W. F. Hegel (1770—1831) und F. W. F. Schelling (1775 bis 1854). Einig unter sich waren sie nur während der kurzen Periode, da sie in Jena als akademische Lehrer nebeneinander wirkten und gemeinsam (1802) die „Neue Zeitschrift für spekulative Physik“ herausgaben. Später trat in Hegels Gedankengängen mehr die nüchterne Verstandesseite, in denen Schellings mehr eine halbmythische Neigung zum Sichversenken in die „Weltseele“ hervor, und Schüler von Ruf, welche die von den

Meistern empfangenen Anregungen gerade nach dieser Seite ausgebildet hätten, sind nur sehr spärlich in ihre Fußtapfen getreten. Dagegen hatten sich in den ersten Jahrzehnten zahlreiche Adepten gemeldet, die teilweise mit dem größten Eifer die neue Lehre verkündeten und selbst bis gegen die Mitte des Jahrhunderts hin sich die redlichste Mühe gaben, von der unter dem Ansturm einer wirklichen Naturforschung zerbröckelnden Systematik der Naturphilosophie so viel wie möglich zu retten. Solche aus der Empirie hervorgegangene Gelehrte, die denn auch dieser immer noch einen gewissen Achtungs tribut schuldig zu sein glaubten, waren H. F. Vink (1767—1851), der ganz zum Deutschen gewordene Norweger H. Steffens (1773—1845), R. J. Windischmann (1775 bis 1839), Th. F. C. Nees von Esenbeck (1776—1858) und vor allem L. Oken (eigentlich Okenfuß; 1779—1851); der letztere suchte die gesamte Biologie der neuen Richtung dienstbar zu machen und erwarb sich so den Ruf eines gefeierten Dozenten. Auch dem Schwaben R. F. Kieselmeier (1765—1844), einen Landsmann der beiden Protagonisten, wird man, wenn er auch nicht ganz in die Schule eingeschworen war, wegen seiner Neigung, allenthalben in der Natur Polaritätsgegensätze herauszufinden, nicht mit Unrecht in die Reihe dieser Männer stellen. Freilich hat er sich vor Extravaganzen gehütet, und man hat von ihm gesagt, er sei „kein Naturphilosoph“, wohl aber „ein Philosoph der Natur“ gewesen. Erst seit dem Tode Hegels, dessen einflußreiche persönliche Stellung auch seiner Geistesarbeit sehr zugute kam, wurde die Reaktion gegen die „Identitätsphilosophie“ —

diese Bezeichnung hatte sich zumal der von dem Berliner Anführer geleitete Zweig der Naturphilosophie erworben — eine lebhaftere.

Dazu trug vor allem der Umstand bei, daß sich das Zurückbleiben der Deutschen zumal gegen die von Fortschritt zu Fortschritt eilenden Franzosen nachgerade allzu unerquicklich geltend machte, und daß tüchtige Vertreter einer ihre Ziele klarer erkennenden Wissenschaft den Volksgenossen die Augen zu öffnen bemüht waren. Ein solcher Aufklärer war L. W. Gilbert (1769—1824), der als Herausgeber der geachtetsten physikalischen Zeitschrift, der später unter der Ägide von F. C. Poggenдорff (1796—1877) und G. Wiedemann (1826 bis 1898) zu höchster Entfaltung gelangten „Annalen der Physik und Chemie“, leichter als ein anderer an das größere Publikum heranzukommen vermochte. Auch der geniale Mathematiker Karl Friedrich Gauß (1777 bis 1854) lehnte von Anfang an das Treiben der in Wortspielereien sich erschöpfenden Naturphilosophen ab. Und ein entschiedener Gegner derselben war auch Alexander v. Humboldt (S. 94, s. Tafel XI), der nicht lange vor Segels Tode seinen dauernden Aufenthalt in Berlin nahm, nachdem er in den Jahren 1799 bis 1804 durch seine großartige naturwissenschaftliche Bereisung der spanisch-amerikanischen Besitzungen seinen Namen berühmt gemacht hatte. Gerade die in ihrer Art bahnbrechende Kunst dieses weltumspannenden Geistes, die Ergebnisse ernster Forschung in Wort und Schrift — in dem noch heute überaus lesenswerten „Kosmos“ — gemeinverständlich darzustellen, hat der stets den Boden unter den

Füßen verlierenden Diktion der Naturphilosophen auf das erfolgreichste entgegengewirkt.

Zu den schlimmsten Konsequenzen des Hegel-Schelling'schen Interregnum's gehörte vor allen die, den Deutschen, und mit ihnen auch anderen Völkern, eine tiefgehende Abneigung gegen philosophische Naturbetrachtung überhaupt eingeflößt zu haben. Naturwissenschaft und Philosophie haben nichts miteinander zu tun — so lautete im vierten und fünften Jahrzehnt des vorigen Säkulums die Parole fast aller auf ihre eigene und auf die Würde ihres Faches haltenden Physiker und Chemiker. Kant, der beiden Teilen ein Pfadfinder gewesen war, geriet in Vergessenheit, und auch die der userlosen Spekulation fernstehenden Denker, wie der treffliche Pädagoge J. F. Herbart (1776—1841), der Begründer der jedenfalls viel Scharfsinn bekundenden mathematischen Psychologie, hatten unter der oft erbitterten Feindseligkeit der Erfahrungswissenschaften zu leiden. Und doch sollte sich in Bälde herausstellen, daß jenes oben erwähnte Grundgesetz, von dem die gesamte Naturforschung souverän beherrscht wird, gleichmäßig von der gedanklichen und von der empirischen Seite her entschleiert wurde. Eine kurze Geschichte der Entstehung und Ausgestaltung des Energiegesetzes wird dartun, wie schwer der so gründlich umgewandelte Zeitgeist es demjenigen gemacht hat, der den ersten der beiden genannten Wege betreten wollte.

Andeutungen des großen Naturgesetzes lassen sich schon in älterer Zeit nachweisen; so bei Leibniz (S. 12), Toland, C. v. Wolf (S. 26) und bei dem Russen Lomo-

noffow (S. 66). Am meisten hatte die Wärmethorie Veranlassung, sich mit den Erscheinungen zu beschäftigen, die ein scheinbares Verschwinden und Wiederauftreten einer Arbeitsgröße zum Gegenstande haben, und so hatte denn schon seit 1778 der Amerikaner Benjamin Thompson (1753—1814), der als bayerischer General, unter dem Namen Graf Rumford, ausgedehnte Versuche über Kanonenbohrung anstellte, die Einsicht gewonnen, Bewegung könne in Wärme umgesetzt werden. Für ihn erklärte sich der britische Physikochemiker Humphry Davy (1778—1829), dessen erst nach seinem Tode veröffentlichte, leider aber nicht sehr bekannt gewordene Schrift „Essay on Heat, Light and the Combination of Heat“ mit dem Gedanken Ernst machte, es gäbe nur eine einzige Naturkraft, die sich aber in den aller verschiedensten Formen betätigen könne. Genau so dachten zwei andere Engländer, Thomas Young (1773—1829) und W. R. Grove (1811—1896); des letzteren 1847 erschienene, auch ins Deutsche übertragene Monographie „Einheit der Naturkräfte“ hat dem Durchdringen der neuen Wahrheit erheblichen Vorschub geleistet. Unter einem ganz anderen Gesichtspunkte arbeitete dieser vor der junge französische Ingenieuroffizier Sadi Carnot (1796 bis 1832), als er 1824 sein Schriftchen über die Dampfmaschine veröffentlichte. Indem er den von Lagrange (S. 28) geschaffenen Potentialbegriff entsprechend erweiterte, die Ortsflächen gleichen Wärmepotentiales als thermische Niveauflächen definierte und den Grundsatz aufstellte, daß ebenso jede Wärmebewegung vom höheren zum tieferen Niveau übergehen müsse, wie dies in

Bereiche der Bewegung materieller Körper längst als selbstverständlich galt, konnte er den Satz formulieren: Die Natur strebt stets nach der Wiederherstellung des kalorischen Gleichgewichtes. Damit war ein Aufschluß gewonnen für die Aktionen, die beim Spiele einer Dampfmaschine sich stetig folgen, und die zu denjenigen gehören, für die der deutsche Physiker R. J. E. Clausius (1822—1888), den man wohl als den Schöpfer der modernen mechanischen Wärmetheorie oder Thermodynamik zu feiern ein Recht hat, den sehr treffenden Ausdruck der „Kreisprozesse“ eingeführt hat. So gelang es nicht allein, eine völlig befriedigende, wenn auch von der Mitwelt nur wenig verstandene Theorie der Dampfmaschine selbst aufzustellen, sondern auch die Beziehungen zwischen Wärme und Bewegung ohne Beimischung irgendwelcher fremdartiger Überlegungen zu klären. Für die Technik machten Carnots Gedankengänge nutzbar B. P. E. Clapeyron (1799—1864) und W. J. M. Rankine (1820—1872); die Physik selber blieb aber davon noch fast ganz unberührt.

Das Eis hier gebrochen zu haben, ist das unvergängliche, leider erst nach unsäglich harten Kämpfen zu voller Anerkennung durchgedrungene Verdienst des Heilbronner Mediziners Julius Robert Mayer (1814 bis 1878). Physiologischer Herkunft war denn auch das Motiv, das ihn in die von ihm beschrittene Bahn lenkte. Als junger Schiffsarzt hatte er 1840 in Java wahrgenommen, daß bei seinen — nach damaliger Manier häufig vorgenommenen — Aderlässen der ihm geläufige Unterschied in der Färbung des arteriellen

Ver-
die
iner
denn
p
son
dem
über
Be-
n er-
Davy
ffent-
chrift
leat“
nige
For-
ndere
B. R.
nene,
inheit
Bahr-
ganz
junge
6 bis
ampf-
range
id er-
es als
indsatz
höhe-
ies int

und venösen Blutes (I, S. 51) viel weniger deutlich hervortrete, und hieraus schloß er zutreffend, daß unter den Tropen die mit der Aufnahme und Verarbeitung der Speisen verbundene Wärmeentwicklung geringer als in gemäßigten Breiten sei, wo viel stärkere Wärmemengen an die kühlere Umgebung abgegeben würden. Ein unscheinbarer Anlaß; aber Mayer verfolgte mit eburner Ausdauer sein Prinzip, und zwei Jahre später hatte er seinen grundlegenden Aufsatz „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ fertig, dem nach wechselvollen Schicksalen zwei ihrer Zeit vorangeeilte Forscher, Justus v. Liebig (1803—1873) und Friedrich Woehler (1800—1882), Aufnahme in die von ihnen redigierten „Annalen der Chemie und Pharmazie“ gewährten. Mayers Entdeckungen ließen sich in wenigen Sätzen zusammenfassen: Wärme und mechanische Arbeit sind einander äquivalent; scheinbar verschwindende Wärme setzt sich in Energie und scheinbar verschwindende Energie setzt sich in Wärme um; Bewegung vermag die Temperatur eines Körpers zu erhöhen. Gerade diese letztere, von vielen Fachmännern angezweifelte Tatsache wurde durch den ebenso primitiven wie richtigen Versuch bewiesen, daß Wasser, in einem Gefäße eingeschlossen, geschüttelt wurde, worauf das hineingesteckte Thermometer ins Steigen kam. Auch einen annähernd korrekten Wert für das mechanische Wärmeäquivalent war Mayer anzugeben in der Lage.

Wenn der Lehre des außerhalb der eigentlichen Gelehrtenkreise stehenden Mannes die schlimmsten Hemmnisse sich entgegenstellten — Hemmnisse, denen gegen-

über sein Lebensmut und sogar die Klarheit seines Geistes empfindlich litten —, so waren dafür, neben häßlicher Mißgunst und blödem Unvermögen, die Wahrheit zu erkennen, auch Umstände maßgebend, deren Einwirkung eine rein sachliche war. Noch während Mayer kämpfte und stritt, waren unabhängig von ihm L. A. Colbing (1815—1888), J. P. Joule (1818—1889) und vor allem Hermann Helmholtz (1821—1894) zu Resultaten gelangt, die sich nicht nur ihrem inneren Wesen nach mit denen des Erstgenannten deckten, sondern teilweise noch über sie hinausgingen. Joule, ein sehr geschickter und in seinen Mitteln unbeschränkter Experimentator, hatte weit exakter ermittelt, welches das Zahlenverhältnis von Meterkilogramm und Kalorie (Wärmeeinheit) ist, und Helmholtz hatte mit vollster Bestimmtheit, wenn wir das von ihm gebrauchte Wort „Kraft“ durch das seitdem herrschend gewordene Wort „Energie“ ersetzen, das Axiom von der Erhaltung der Energie innerhalb des unserer Untersuchung zugänglichen Naturganzen ausgesprochen.

Die Folgezeit hat es gelernt, mit geschichtlicher Unparteilichkeit die Leistungen der einzelnen Mitkämpfer um den Wahrheitspreis festzustellen, wozu insonderheit die aller nationalen Vorurteile bare Haltung des ausgezeichneten englischen Physikers John Tyndall (1820 bis 1893) das ihrige beigetragen hat. Mayers Name hat sich von den Schläcken vollkommen befreit, die infolge der Verfolgungen seiner Gegner und wohl auch durch manchen minder klugen Schritt seiner späteren Lebensjahre sich ihm angeheftet hatten. Das von ihm

zweifellos zuerst erkannte fundamentale Naturgesetz durchdringt heute die ganze Naturwissenschaft, die von neueren, selber durch ein hohes Maß geistiger Energie ausgezeichneten Vertretern des Fortschrittes sogar als Energiellehre oder Energetik aufgefaßt wird. Unter ihnen steht voran Wilhelm Ostwald (geb. 1853), der auch den Namen Naturphilosophie (s. Bücher der Naturwissenschaft Bd. I, Universal-Bibliothek Nr. 4992/93), selbstverständlich durch Erfüllung des Begriffes mit neuem Inhalte, wieder zu Ehren zu bringen unternommen hat.

Damit allerdings der Satz von der Äquivalenz zwischen Arbeit und Wärme, neuerdings als erster Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie anerkannt, seine volle Kraft entfalten konnte, bedurfte er noch einer Ergänzung, die ziemlich gleichzeitig von Clausius und dem auf den Gebieten der Optik, Wärme- und Elektrizitätslehre gleich hochverdienten Engländer William Thomson (geb. 1824; gest. als Lord Kelvin 1907) in Angriff genommen wurde. Es gibt umkehrbare und nicht-umkehrbare Kreisprozesse; bei den letzteren geht zwar natürlich auch keine Energie verloren, was ja an sich unmöglich ist, aber es wird bei ihnen ein Quantum nicht mehr transformierbarer Energie überschüssig, das man mit Clausius als Entropie bezeichnet. Ihr ist der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie zugeeignet. Aus den kosmologischen Betrachtungen der beiden großen Physiker, vorab Thomsons, scheint hervorzugehen, daß die Entropie innerhalb der unseren Sinnen zugänglichen Welt einem Maximum zustrebt. Zuletzt wäre dann nur noch Wärmeenergie vorhanden — der

Weltentod. Als Kuriosum darf wohl bemerkt werden, daß dieses zweite Theorem, nach D. D. Schwolson (geb. 1852) eine der wenigen felsenfest dastehenden Errungenschaften der Naturlehre, in neuester Zeit zum Gegenstande mannigfacher Angriffe gemacht wurde, weil es sich mit gewissen biologischen Folgerungen nicht vertrüge. Durch die beiden Naturgesetze, die uns auf den letzten Seiten beschäftigt haben, ist der ganzen Wissenschaft während der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts und nicht minder für alle künftigen Zeiten, mit Schiller zu reden, „ein ruhender Pol in der Erscheinungen Flucht“ verliehen worden. Indem wir uns jetzt dazu wenden, einen Blick auf die Ausbildung der einzelnen Disziplinen in der Zeit zwischen dem großen Aufschwunge des Revolutionszeitalters und dem Jahre 1900 zu werfen, nehmen wir von jener entscheidenden Epoche der vierziger und fünfziger Jahre mit dem Bewußtsein Abschied, wiederholt an sie und ihre gewaltige Einflußnahme auf Mitlebende und Spätere erinnert zu werden.

18. Die Astronomie im neunzehnten Jahrhundert.

Mit der Vervollkommnung der optischen Hilfsmittel nahm das, wie man wohl gesagt hat, topographisch-astronomische Wissen ununterbrochen zu. W. Herschel, dem bald sein Sohn John (1792—1871) zur Seite trat, und F. H. Schroeter (S. 24) setzten ihre Beobachtungen über die Oberflächen der Planeten eifrig fort, und ersterer förderte auch die Stellarastronomie beträchtlich durch seine Sterneichungen, Doppelstern- und Nebelmessungen; was er unter Englands Himmel nicht zu leisten ver-

mochte, ergänzte der Sohn auf einer Reise nach Süd-afrika (1834—1838). Ihm und seinem Freunde J. South (1785—1867) war ein an Genauigkeit nicht leicht zu überbietendes Verzeichniß von 380 zwei- und dreifachen, mechanisch also zusammengehörigen Sternen zu danken. In Deutschland gewann sich rasch Ansehen die während der Befreiungskriege erbaute und der Leitung des jugendlichen Friedrich Wilhelm Bessel (1784—1846) unterstellte Königsberger Sternwarte, auf deren intensive Tätigkeit die großartigen Fixsternkataloge von 1818 und 1830 Schlüsse zu ziehen gestatteten. Was Bradley (S. 22), Pond, Calandrelli, Brinkley u. a. versagt geblieben war, setzte Bessel durch; er entdeckte 1837, daß der Doppelstern Nr. 61 Cygni eine Jahresparallaxe besitzt, und schon 1840 bestätigte ein gleiches F. G. W. v. Struve (1793—1864) für Wega in der Leier. Nicht lange dauerte es, so gelang es Th. Maclear (1794—1879) und Th. Henderson (1798—1844), an dem Europas Blicken entzogenen schönen Sterne α Centauri, dem hellsten Fixsterne des Gesamtfirmamentes, eine Parallaxe von nahezu einer Bogensekunde nachzuweisen. Nunmehr war mithin der mit einigem Rechte gegen Copernicus (I, S. 102) erhobene Einwand widerlegt und die endliche Entfernung von unserem Sonnensysteme für die Fixsterne klargestellt, mochte auch bei der Distanzberechnung immer mit Billionen von geographischen Meilen zu rechnen sein. Bessel hat auch die Astronomie des Unsichtbaren ins Leben gerufen, indem er darthat, daß mancher sogenannte Fixstern sich in Wahrheit um einen dunklen Zentralkörper

bewegt. Von seinen vielen hervorragenden Schülern förderte die Fixsternkunde besonders F. W. A. Argelander (1799—1875), der im Vereine mit D. v. Struve (geb. 1819) und Th. Galloway (1796—1851) das Problem der Bewegung des Solar-systemes gegen einen sogenannten Apher hin im Sinne von W. Herschel (S. 24) weiterzubilden trachtete. Daß diese vollberechtigten Bestrebungen da und dort mißverstanden wurden und so unter anderem den Anstoß zu der ganz irrthümlichen Hypothese einer sogenannten „Zentralsonne“ gaben, vermindert ihren Wert natürlich nicht. Daß allerdings auch die hier in Frage kommende Unterscheidung von relativer und absoluter Bewegung ihre großen begrifflichen Schwierigkeiten darbietet, ist von H. Seeliger (geb. 1849) gezeigt worden. Von ihm, wie von W. v. Struve, ist auch das Herschelsche Eichungsverfahren wieder aufgenommen und vervollkommen worden. Die galaktische Ebene und die Struktur der Sternräume sind durch Seeliger, Houzeau, Kapteyn u. a. dem dauernden Besitzstande der Himmelskunde einverleibt worden; auch hier freilich hat sich der strengen Forschung manches Phantasiegebilde beigelegt, wie des geistvollen N. A. Proctor (geb. 1857) Werk „Andere Welten als die unsrige“ von 1878 bekundet. Einschlägig ist hier auch die Gesamtheit der vielverzweigten Untersuchungen über neue und veränderliche Sterne; dem Studium der letzteren hat sich von deutschen Astronomen besonders G. Schoenfeld (1828—1891) gewidmet.

Die Zeichnung der Sternkarten, sowohl zum rein wissenschaftlichen, wie auch zum didaktischen Gebrauche,

hat im vergangenen Jahrhundert gleichfalls verschiedene Entwicklungsstadien durchzumachen gehabt. Bremiker, Argelander, Schwink u. a. sind da zu nennen; eine mächtige Anregung gab 1830 der Beschluß der von Bessel hiefür in Anspruch genommenen Berliner Akademie, Karten der Ekliptikzone ausarbeiten zu lassen, durch welche die Auffindung der kleinen Planeten sich erleichtern sollte. Unsere Zeit hat, nachdem die Sternphotographie von Max Wolf (geb. 1863) als ein unübertreffliches Hilfsmittel für die Abbildung des Fixsternhimmels erkannt worden ist, die Unterscheidung von Fixsternen und winzigen Planeten weit bequemer, als es sonst möglich war, durchzuführen gelernt, weil die letzteren nicht einen Lichtpunkt, sondern einen Lichtstrich auf der Platte ergeben. Gerade unser Abschlußjahr 1900 hat der Heidelberger Sternwarte einige wichtige Erfolge im Bereiche der Planetenentdeckung und Planetenkonstatering gebracht; letztere hat dann einzutreten, wenn ein Stern noch nicht lange genug hat beobachtet werden können, um seine etwaige Bewegung außer Zweifel zu stellen.

Weit schwieriger war es hundert Jahre früher, an der Erweiterung des Wissens von der Zahl der Wandelsterne mitzuarbeiten. Keplers (I, S. 105) Hinweis auf die Lücke zwischen Mars und Jupiter hatte Hegel (S. 112) ganz im Sinne der älteren Naturphilosophie, als unzutreffend abzufertigen gesucht, aber ein boshaftes Schicksal fügte es so, daß im nämlichen Jahre 1800 G. Piazzi in Palermo (1746—1826) ein Sternchen auffand, dessen Eigenbewegung unverkennbar war, das

sich aber gerade in den Strahlen der Sonne verbarg und sich so höchstwahrscheinlich dem Spähauge der Astronomen entzogen hätte, wäre nicht der noch sehr junge, aber trotzdem unter den Mathematikern des Zeitalters bereits zu hohem Ansehen aufgestiegene Gauß (S. 114) imstande gewesen, aus den wenigen Ortsbestimmungen Piazzis die Stelle am Himmel vorauszubestimmen, an welcher der vermutete Planet, wenn es wirklich ein solcher war, wieder zum Vorschein kommen mußte. So geschah es wirklich, und es fand sich, daß dieser neue Planet, Ceres genannt, in die von Kepler aufgezeigte Lücke hineinpaßte. Bald wurden neue kleine Planeten (Planetoiden, Asteroiden) als Schwestern der Ceres entdeckt. H. M. W. Olbers (S. 19) fand 1802 die Pallas, 1807 die Vesta, und R. L. Harding (1765 bis 1834) glückte 1804 die Entdeckung der Juno. Dann trat eine längere Pause ein, bis dann 1845, dank den erwähnten Berliner Karten, die Asträa durch den wackeren Postbeamten R. L. Gende (1793—1866) neu hinzukam. Später hat sich dann die Anzahl der Asteroiden fast von Jahr zu Jahr gemehrt; H. Goldschmidt, Chacornac, Hind, Pogson, Th. Luther, Tempel, Watson, Borrelly, die Gebrüder Henry, C. S. Peters, Balisa u. a. genossen ebenso den Ruf von „Planetenjägern“, wie dereinst Messier (S. 24) ein berühmter „Kometenjäger“ gewesen war. Die theoretischen Studien Stampfers, Liais', P. Harzers, Verberichs u. a. haben diesen kleinen Objekten gar manche für die Wissenschaft wichtige Seite abzugewinnen verstanden, aber das Interesse an der Anzahl derselben mußte sich mit deren rapi-

dem Anwachsen — schon 1900 war sie auf weit über 400 gestiegen — um so mehr abstumpfen, da an Stelle der teleskopischen Funde mehr und mehr die Anwendung der Astrophotographie getreten war. Die Zahl der Nebenplaneten hat sich ebenfalls vergrößert; A. Hall entdeckte 1877 zwei Marsstrabanten und J. G. Barnard 1881 einen fünften Jupitermond, dem mehrere andere nachfolgten.

An Schroeter (S. 24) knüpfte hauptsächlich die neuere Oberflächenforschung an, die für Mars auf W. Beer's (1797—1850) Berliner Privatsternwarte gute Erfolge zeitigte. Was 1784 W. Herschel gemutmaßt hatte, daß nämlich auf der Oberfläche dieses Planeten Wasser und Land, aber in einer von der terrestrischen denkbarst verschiedenen Raumanordnung, anzunehmen seien, gewann 1841 festere Gestalt. Neue Beiträge von F. W. Kaiser (1808—1872), F. W. Terby und Proctor (S. 123) leiteten über zur neuesten Epoche der Areographie, deren Bannerträger Giovanni Schiaparelli in Mailand (geb. 1835) geworden ist. Seine Marskarten (1878) bildeten die Unterlage aller der Betrachtungen über die jetzt stark, vielleicht zu stark in Schwang gekommenen „Spekulationen“ über die physische Ähnlichkeit von Mars und Erde. Die übrigen Planeten mußten, solange man sich auf das Fernrohr allein angewiesen sah, im Hintergrunde verbleiben; erst die gleich nachher entwicklungs-geschichtlich zu schildernde Astrophysik führte auch für jene ein neues Zeitalter herauf.

Nur der Erdmond macht eine Ausnahme, denn ihm ließ sich schon mit Fernrohr und Mikrometer (S. 8)

gar mancher Aufschluß entnehmen. In ihrer Art vorzügliche Mondkarten stellten der viel zu wenig gewürdigte J. Gruithuisen (1774—1852), W. G. Lohrmann (1796—1840), Beer und J. H. Maedler (1791 bis 1874), Julius Schmidt (1825—1884), M. Goewy (geb. 1833) und P. H. Puitsen (geb. 1855), L. Weinek (geb. 1848), Ph. Fauth und J. N. Krieger her, teilweise schon mit Benützung astrophotographischer Methoden. Die gebirgige Oberfläche unseres Trabanten wurde allgemach so genau ergründet, daß sich nicht nur eine — damals noch an positiven Tatsachen die Erdkunde mancher Kontinente weit überragende — Selenographie, sondern sogar eine, falls dieser etwas widerspruchsvolle Ausdruck erlaubt ist, förmliche Mondgeologie, d. h. besser gesagt, eine vergleichende Mond- und Erdkunde nach Keplers Divination (I, S. 108) herausbilden konnte. H. J. Klein (geb. 1842), dem die Bearbeitung der schönen Werke von J. Naumy (1808—1890) und J. Carpenter (geb. 1840) einerseits, von G. R. Neison (geb. 1851) verdankt wird, L. Weinek, W. Prinz haben sich auf diesem Gebiete hervorgetan. Der Lehre vom lunaren Vulkanismus wandte vorzugsweise Eduard Sueß (geb. 1831) seine bewährte Kraft zu, und seine Anschauungen werden gewiß den Sieg davontragen gegenüber der neuerdings mit viel Emphase verteidigten Behauptung, die Mondvulkane seien durch einen Anprall kosmischer Weltkörperchen gegen die Mondkugel entstanden.

Der Sonnenphysik war ein neues und triebkräftiges Ferment entstanden durch eine in den vierziger Jahren auf verschiedenen Wegen zustande gekommene Entdeckung,

an der J. v. Lamont (1815—1879), A. J. Gautier (1793—1881), Rudolf Wolf (1816—1893) und General Sabine (1788—1883), ein durch seine geophysikalischen Weltreisen berühmt gewordener Engländer, Anteil hatten. Nach 11,11 Jahren kehren die Sonnenflecke in gleicher Frequenz und Anordnung wieder, und damit geht eine Periode für die mittlere Tagesbewegung der magnetischen Deklinationsnadel parallel. Die Dutzenden umfassenden, äußerst konsequent durchgeführten Aufzeichnungen, die der Dessauer Apotheker S. H. Schwabe (1789—1875) für den täglichen Stand der Fleckenbedeckung gemacht hatte, taten viel für die Befräftigung dieses zwiefachen Periodizitätsverhältnisses. Ganz besonders aber gewann die physische Solarastronomie durch die dem nächsten Abschnitte vorbehaltenen Spektroskopie. Jetzt konnte mit der Physik auch eine selbständige Sonnenchemie in Verbindung treten; die alte Herschelsche Theorie (S. 23) fiel endgültig, und im glühenden Sonnenballe ließen sich wesentlich die gleichen chemischen Elemente nachweisen, deren Vorkommen auf der Erde gesichert war. Hatte bis dahin einzig eine totale Sonnenfinsternis die Möglichkeit geboten, Sonnenkorona und Protuberanzen zu studieren, so konnten jetzt A. J. Ångström (1814—1874), F. G. W. Spörer (1822—1890), P. J. C. Fasnien (geb. 1824), W. Huggins (geb. 1824), J. R. F. Zoellner (1834—1882), H. Draper (1837—1882), Lockyer (geb. 1836) und viele andere Gelehrte die Konstitution des Sonnenkörpers nach allen Seiten erforschen und die Fluktuationen seiner Photosphäre mit den

meteorologischen Prozessen unserer Erde vergleichen. Auch die Fixsterne begann man, unter Vortritt Angelo Secchis (1818—1878), in Klassen einzuteilen, für welche die Typen ihrer Spektren bestimmend sein sollten.

Mit Astrophotographie und Spektralanalyse (S. 151) zusammen trat in den zu Beginn der sechziger Jahre neu sich bildenden Wissenszweig der Astrophysik als gleichberechtigter Bestandteil ein die Lichtmessung der Gestirne. Instrumente für diesen Zweck, sogenannte Sternphotometer, hat man von F. M. Schwed (1792—1871), R. N. v. Steinheil (1801—1870), G. Piazzi Smyth (1819—1900), Ludwig Seidel (1821—1896), Böllner und vor allem von H. C. Vogel (1842—1907), vielleicht dem vielseitigsten aller modernen Astrophysiker. Dem als unzureichend erkannten photometrischen Grundgesetze Lambert's (S. 24) substituierten Seeliger und E. C. F. Lommel (1837—1899) ein besser stimmendes, vermittels dessen es ermöglicht wurde, die längst aus mechanischen Gründen für wahrscheinlich erachtete Tatsache, daß der nur scheinbar kompakte Saturnring tatsächlich ein Aggregat kleiner Kugeln darstelle, durch direkte Lichtstärkemessung zu erhärten.

Während der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts durfte sich die Erforschung der physischen Beschaffenheit der Kometen nur geringer Fortschritte rühmen. Beachtenswert waren Bessels Beobachtung des Kometen von 1835, aus welcher der große Astronom folgerte, „daß das Ausströmen des Schweifes der Kometen ein rein elektrisches Phänomen ist“, und die von M. F. Maury in Washington (1806—1873) im Jahre 1846 der

überraschten Welt bekanntgegebene Tatsache, der sogenannte Bielasche Komet habe sich in zwei Schweifsterne gespalten. Daß das Kometenlicht teils eigenes, teils von der Sonne erborgtes Licht sei, ermittelte G. Arago (1786—1853) an seinem Polariscope. Durch Joellner und G. H. J. Kayser (geb. 1853) wurde das vorherrschende Auftreten von Kohlenwasserstoffgasen im Kometenspektrum festgestellt. Die noch ganz im Flusse befindlichen Hypothesen über die Natur der Kometen und die ihnen eigentümliche Repulsivkraft stützen sich größtenteils auf die tiefgreifenden Untersuchungen und Klassifikationen von F. Bredichin (geb. 1831).

Von den Meteoriten hatte man im achtzehnten Jahrhundert noch wenig gewußt, und noch 1790 meinte der Wiener Mineraloge Stüz, an die Fabel von zur Erde niederfallenden Steinen könne doch kein ernster Gelehrter glauben. Auch die tonangebende Pariser Akademie wollte nichts von solchen Dingen wissen, bis 1803 wieder in Frankreich ein Meteorfall eintrat, den der als Experte hingefandte Physiker J. B. Biot (1779 bis 1862) als eine unbezweifelbare Realität erklärte. Dem in gleichem Sinne unermüdllich tätigen G. F. F. Chladni (1756—1827) wurde seine anfänglich recht schwierige Aufgabe, die gegen die Existenz der Meteoriten erhobenen Einwürfe zu beseitigen, nach und nach sehr erleichtert; die periodische Wiederkehr gewisser Schwärme bewies 1842 L. N. J. Quetelet (1796 bis 1874); in den Museen sammelten sich Serien von Bruchstücken niedergestürzter Sternschnuppen an, mit deren Hilfe W. v. Gümbel (1823—1898), G. A. Daubrée

(1814—1896), C. W. Cohen (geb. 1842) und N. Biezina (geb. 1848) eine von den astronomischen Beziehungen ganz losgelöste Meteoritenkunde ins Leben riefen; die sogenannten Widmanstaettenschen Figuren auf den Schliffflächen gewährten hierbei die beste Unterstützung. Auch die Natur dieser kosmischen Heruntreiber prüften die Astrophysiker, an ihrer Spitze der Sohn und Enkel bedeutender Astronomen Alexander Herschel (geb. 1836). Dagegen leistete die Spektralbeobachtung nach H. Ebert (geb. 1861) gegenüber dem Zodiakallichte nicht die erhofften Dienste, weil dessen Spektralbild sich zu wenig von dem des diffusen Tageslichtes abhebt. Die von C. Heis (1806—1877) herrührende Vermutung, das Tierkreislicht möge wohl ein sich um die Sonne herumlegender Ring von staubförmiger Materie sein, erfuhr neuestens eine Bestätigung durch Seeligers Nachweis, daß so am einfachsten gewisse Unregelmäßigkeiten der Merkurbewegung zu interpretieren seien.

Damit sind wir ganz von selbst zu den immensen Errungenschaften der theoretischen Astronomie, der Lehre von den Bahnbestimmungen, gelangt. Die Lehrsätze, die Gauß (S. 125) zur Bestimmung der Ceresposition verhalfen, konzentrierte er 1809 in seiner „Theorie der in Kegelschnitten sich um die Sonne bewegenden Weltkörper“, die zugleich mit den Werken von Copernicus, Kepler und Newton das Grundbuch der modernen rechnenden Sternkunde bildet; es tritt so als gleichberechtigt neben die viel umfangreichere, in der Hauptsache aber nicht überlegene „Himmelsmechanik“ von Laplace (S. 19). Weiter förderten einzelne Fragen

Graf L. D. Pontécoulant (1795—1874), M. C. Th. Damoiseau (1768—1846) und J. F. Encke (1791 bis 1865); ihm war es vergönnt, von der Existenz einer äußerst rasch, in bloß $3\frac{1}{2}$ Jahren durchgemessenen Kometenbahn Kunde zu geben, und der Enckesche Komet verewigte seinen Namen, wenn auch freilich dem energisch vertretenen Prinzipie seines Berechners, es gäbe ein widerstehendes Mittel im Weltraume, und dieses bringe allmählich eine Verkürzung der großen Achsen der Bahnellipsen zuwege, kein langes Leben beschieden war. Bald darauf feierte die Gravitationslehre einen großen Triumph, indem verschiedene Astronomen richtig die Wiederkehr des Halleyschen Kometen (S. 14) für das Jahr 1835 vorausbestimmten. Die am genauesten stimmende Rechnung war die A. Rosenbergers (1800 bis 1890) gewesen.

Elf Jahre später war freilich dem Lebenswerke Newtons (S. 13) ein noch durchschlagenderer Erfolg vorbehalten. Hatte schon Bessel sich dem Argwohn nicht entziehen können, die Uranusstörungen wiesen auf einen in noch viel größerem Abstände von der Sonne seinen Umlauf vollziehenden Wandelstern hin, so war doch erst im Todesjahre jenes Astronomen das sogenannte „umgekehrte“ Störungsproblem zur Lösung reif geworden. Gleichzeitig erbrachten dieselbe J. C. Adams (1819—1892) und U. J. J. Leverrier (1811 bis 1877), aber nur dem letzteren war das Glück hold genug, um sofort die Probe auf das Exempel machen zu können. Obwohl Direktor der Pariser Sternwarte, traute er dieser doch die Befähigung zur Auf-

findung des jedenfalls sehr lichtschwachen Sternes nicht zu; er gab deshalb seinen Berliner Amtsgenossen Encke Nachricht, und noch am Abend des Tages, an welchem dieses Schreiben einlief, fand des letzteren Assistent J. G. Galle (geb. 1812; jetzt der Nestor aller Astronomen des Erdenrundes) den Planeten nahe an dem ihm angegebenen Orte auf. Ob mit Neptun das äußerste Glied unseres Sonnensystems entdeckt ward, steht dahin; seit einem Jahrzehnte etwa wird der Gedanke der Errechnung eines transneptunischen Planeten eifrig besprochen.

Am Fixsternhimmel bewährte sich das Gesetz der allgemeinen Körperschwere ebenso, als Encke und F. Savary (1797—1841) die Berechnung der Doppelsternbahnen in Angriff nahmen; Seeliger erweiterte das Dreikörperproblem, den Sterntripel ζ im Krebs zugrunde legend, für den Fall dreier gleichberechtigter und attraktiv auf einander wirkender Körper. Die allgemeinen Grundlehren der Störungsrechnung vervollständigten B. A. Hansen (1795—1874), dessen Mondtafeln (S. 18) den höchsten Grad der Genauigkeit erzielten, F. W. Klunkerfues (1827—1884), Th. v. Oppolzer (1841 bis 1883) und, hauptsächlich vom mathematischen Standpunkte aus, S. Gylden (1841—1896), S. Bruns (geb. 1848) und J. H. Poincaré (geb. 1854). Auf ein interessantes Arbeitsfeld wurde die Theorie geführt durch die Arbeiten S. A. Newtons (geb. 1830), Denison Olmsted's (1791—1859) und G. Schiaparelli's, der 1867 seine berühmt gewordene Lehre von den Meteoritenbahnen veröffentlichte. Heute glauben wir

sicher zu wissen, daß es zwei grundverschiedene Arten solcher Weltkörperchen gibt; die einen, sich sehr rasch bewegenden, entstammen dem Weltraume selbst, während die anderen in genau bekanteten Kometenbahnen einhergehen. Schweifsterne können sich in Meteorhaufen auflösen. Solche elliptische Bahnen sind immer dann vorhanden, wenn die Schwärme von einem bestimmten Radiationsbezirke des Himmels (Leoniden, Perseiden, Andromediden usw.) ihren Ausgang zu nehmen scheinen.

Zum Schlusse darf die Zweizahl der Venusdurchgänge (S. 23) nicht unverschwiegen bleiben, deren einzelne Phasen diesmal mit der äußersten Schärfe vorausberechnet worden waren, so daß die in den Jahren 1874 und 1882 nach allen möglichen Punkten der Erde entsandten Astronomen sich auf die spezielle, dem einzelnen gestellte Aufgabe besser denn je vorbereiten konnten. Störte auch in einzelnen Fällen die Ungunst der Witterung den Beobachtungsdienst, so war das Gesamtergebnis doch ein voll befriedigendes. Durch die zusammenfassenden Arbeiten von Puiseux, Harkeß und vor allem A. Auwers (geb. 1838) wurde konstatiert, daß die Sonnenparallaxe etwas größer als $8,8''$ ist, die astronomische Normaldistanz sonach mit rund 20 000 000 geographischen Meilen in Rechnung gestellt werden kann. F. A. Th. Winnecke (1835—1897) erhielt durch eine Marsopposition den Winkel gleich $8,94''$.

19. Die Physik im neunzehnten Jahrhundert.

Die theoretische Mechanik verblieb während der ersten Jahrzehnte wesentlich in den ihr durch die französischen

Klassiker Lagrange (S. 19), G. Monge (1746—1818), S. D. Poisson (1781—1840) vorgezeichneten Bahnen. Einen zunächst zwar nur formal erscheinenden, in Wirklichkeit jedoch tief eingreifenden Fortschritt in der Statik bahnte 1834 L. Poincaré (1777—1859) an, indem er durch Einführung seiner Kräftepaare es dahin brachte, die fortschreitende und drehende Bewegung, die unter dem Einflusse eines Systemes beliebig vieler Kräfte zustande kommen muß, jeweils für sich darzustellen; sein Veranschaulichungstalent betätigte sich auch glänzend, als er 1851 zeigte, wie man durch Verwertung der neuen Begriffe des Zentralellipsoides, der Polodie und Herpolodie die analytisch schon früher bearbeitete Theorie der Bewegung eines Körpers um einen festen Punkt vervollkommen könne. Gauß bereicherte 1829 die Dynamik durch das Prinzip des kleinsten Zwanges; W. Rowan Hamilton (1805—1865) erweiterte in folgenreicher Entwicklung das Prinzip der kleinsten Aktion von Maupertuis (S. 28). Die heute uns geläufigen Grundbegriffe der Bewegung starrer Körper, d. h. die getrennte Behandlung der Kinematik und Dynamik, datieren von dem philosophisch veranlagten A. M. Ampère (1775—1836); doch hat sich auch die Auffassung des an erster Stelle genannten Begriffes mehrfach geändert, je nachdem man darunter mit F. Reuleaux (1829—1905) die Lehre von den Maschinenelementen oder mit L. Burmeister (geb. 1840), der ersten Definition mehr entsprechend, reine Geometrie der Bewegung verstand. Eine ebenfalls die geometrische Methodik in den Vordergrund stellende Behandlung der

Gleichgewichtslehre geht auf A. F. Moebius (1790 bis 1868) und R. Culmann (1821—1881) zurück, der die Graphostatik systematisch begründete. Auch die Attraktion von Körpern auf einen Punkt fand im Zusammenhange mit der Potentialtheorie (S. 28) viele Bearbeiter; die zu überwindenden Schwierigkeiten lagen da ganz auf dem mathematischen Gebiete, wie aus den einschlägigen Arbeiten von J. Ivory (1765—1842), M. Chasles (1783—1880) und G. P. Lejeune Dirichlet (1805—1859) hervorgeht.

Die Beziehungen der Reibung zu allen mechanischen Problemen hatten bereits früher Amontons (S. 35) und Coulomb (S. 52) klargestellt. Doch blieben natürlich noch viele Fragen späterer Beantwortung aufbehalten, und diese gelang größtenteils den Bemühungen von A. F. Morin (1795—1880), G. Reynolds (geb. 1842) und J. H. Jellett (1817—1888). Der auch als Hydrotechniker hervorragende Baron G. C. F. Prony (1755—1839) erfand das Bremsdynamometer. Wie ungeheuer wichtig das Wesen der Bremsvorrichtungen namentlich für das Eisenbahnwesen — Heberlein, Westinghause usw. — geworden ist, bezeugt ein Werk A. Franks aus dem Jahre 1886.

Jene elementare Grundlage der Elastizitätstheorie, von der jedes neue Lehrbuch der Physik Rechenschaft gibt, ist hauptsächlich durch die Experimentaluntersuchungen von C. Cagniard De Latour (1777 bis 1859), J. Chevandier (1810—1878) und W. Wertheim (1815—1861) gelegt worden. Seit 1835 steht die zuerst von Wilhelm G. Weber (1804—1891) erkannte

elastische Nachwirkung auf der Tagesordnung, um deren Theorie und Abschwächung sich F. Kohlrausch (geb. 1840), L. Boltzmann (1844—1907), R. F. Braun (geb. 1850) und C. Wiechert (geb. 1861) bemüht haben. Welch anregende Aufgaben die dem ersten Anblick so einfach erscheinende Lehre vom Stoß elastischer Körper in ihrem Schoße birgt, mag man aus G. G. Coriolis' (1792 bis 1843) Theorie des Billardspieles ansehen. Was die Festigkeitslehre anlangt, so bemächtigten sich ihrer mehr die am meisten auf sie angewiesenen Techniker, doch blieben gerade die bedeutendsten Fachmänner in stetem Kontakte mit der Physik selbst. M. S. Navier (1785 bis 1836), J. Bauschinger (1834—1894) und A. Foeppel (geb. 1854) müssen besonders angeführt werden. Die Einwirkung des Druckes auf den Aggregatzustand haben Bauschinger, S. C. Treseca (1814—1885), G. Velli und, in immer neuen Variationen, W. V. Spring (geb. 1848) geprüft, und es ist so die Tatsache eruiert worden, daß auch feste Körper zum Fließen gebracht werden können.

Zur Domäne der Maschinentchnik war in dem ersten Viertel des neuen Jahrhunderts auch fast ganz die Physik des Tropfbarflüssigen geworden. Rein theoretisch durfte nahezu allein die durch den glänzenden Geist C. G. J. Jacobis (1804—1851) geschaffene Theorie der Gleichgewichtsfiguren genannt werden, deren Ausbau C. A. Roche (1820—1883) und L. Matthiessen (1830 bis 1907) zufiel. Und die Experimentierkunst durfte sich des schönen Erfolges des Dänen C. Ørsted (1777 bis 1851) rühmen, der — woran die Florentiner (S. 28) und Canton (S. 39) gescheitert waren — 1822 die

Zusammendrückbarkeit des Wassers als eine wirkliche Tatsache nachwies. Auch auf andere Flüssigkeiten dehnten diesen Beweis J. D. Colladon (1802—1893) und K. J. F. Sturm (1803—1855) durch die neue Versuchsanordnung des Sympiezometers aus. Die Hydrometrie erhielt durch die zahlreich den alten Bestand (S. 102) vermehrenden Instrumente von J. Amzler-Laffon, Harlachner, M. Schmidt (geb. 1850), A. Frank usw., sowie durch die theoretischen Arbeiten von G. L. Hagen, Ph. G. Darcy, H. Gravelius eine auch physikalisch wertvolle Ausgestaltung. Daß auch die Hydrodynamik noch lange nicht erschöpft sei, erfaß man, als 1858 Helmholtz (S. 119) die Wirbelbewegung der Longitudinalbewegung zur Seite stellte und B. J. Boussinesq (geb. 1842) und H. Lamb (geb. 1849) die Fülle der hierhergehörigen Aufgaben der gelehrten Welt bekanntgaben. Helmholtz' Lehrsatz von der Unzerstörbarkeit der Wirbelringe eröffnete auch in kosmophysikalischer Hinsicht ganz neue Perspektiven; ebenso wie die durch K. A. Bjerknes (geb. 1825) und D. G. Schioegz (geb. 1846), zwei norwegische Mathematiker, analytisch und versuchsmäßig erhärtete Tatsache, daß sich zwei im Zustande der Pulsation befindliche Schwimmkörper gegenseitig anziehen. Die Einsicht, daß es bei Flüssigkeiten auch eine innere Reibung geben müsse, tritt uns schon bei Newton (S. 13) entgegen, aber erst die neueste Zeit hat, wie C. Christiansens (geb. 1843) Bearbeitung des Problems zeigt, dessen Tragweite vollkommen begriffen. Für viele hydrodynamischen Anwendungen ist die Größe des Durchmessers der durchströmten Röhre von Belang, und die Kapillar-

erscheinungen (S. 33) dürfen nie außer acht gelassen werden. Eine strengere Analyse derselben lieferte 1831 Poisson, und die Ausflußvorgänge klärte der Satz von J. L. M. Poiseuille (1799—1869). Innig hängt mit diesem Erscheinungskomplexe ein anderer zusammen, der der Diffusion verschiedener Flüssigkeiten. Die Geseze für den Flüssigkeitsaustausch durch poröse Medien hindurch sind mit den Namen von R. J. F. Durochet (1776—1847), H. M. Magnus (1802—1870) und Ph. Graham (1805—1869) untrennbar verbunden.

Wiederum die Maschinenkunde stellte zuerst höhere Anforderungen an die Ausbildung der Aerodynamik; den Durchgang von Gasen durch Röhren erforschten J. D'Aubuisson (1769—1841), J. Weisbach (1806 bis 1871), A. F. Fliegner (geb. 1842) u. a. Magnus und R. F. D. v. Feilitzsch (1817—1884) wurden bei derartigen Versuchen auf den negativen Druck, eine kräftige Saugwirkung, aufmerksam, die auch für Luftpumpen verwertbar gemacht werden konnte. Im übrigen gewann die Luftpumpentechnik hauptsächlich durch die Einführung der Quecksilberluftpumpe, deren Einrichtung H. Geißler (1814—1879), G. Ph. v. Jolly (1809—1884) und A. F. J. Loepler (geb. 1836) so verbesserten, daß sie sich für chemische Laboratorien jetzt beinahe ein Monopol gesichert hat. Auffallen mag es, daß ein hervorragend wichtiger Teil der Aerophysik, die Lehre von der Luftschiffahrt, seit Montgolfier und Charles (S. 32) bis zum Jahre 1900 keine augenfälligen Fortschritte gemacht hat; denn die gewaltige Vorwärtsbewegung, welche sich an die Namen Graf Zeppelin,

v. Parseval und an die Leistungen der Aviatiker knüpft, gehört ganz dem zwanzigsten Jahrhundert an. Die innere Gasreibung war das Arbeitsfeld von G. G. Stokes (1819—1903), A. v. Obermayer (geb. 1844) und J. P^uluj (geb. 1845), während Adhäsion und Absorption der Gase in einem 1857 publizierten Werke des genialen Chemikers R. W. Bunsen (1811—1897) als von den bekannten Gesetzen der Mechanik abhängige Grundeigenschaften gasförmiger Körper nachgewiesen wurden. Zur Absorption trat dann auch hinzu die Adsorption, die Ansammlung von Gasen an der Oberfläche nichtgasförmiger Körper; ein Phänomen, mit dem sich sehr eingehend W. Müller-Erzbach (geb. 1839) befaßt hat.

Die Möglichkeit, daß ein und derselbe Stoff in verschiedenem Aggregatzustande erscheinen könne, mußte, da sie ja beim Wasser — Eis, Wasserdampf — sich von selbst ergab, grundsätzlich immer zugestanden werden, aber in der Mehrzahl der Fälle schien die Physik eine analoge Transformation nicht bewerkstelligen zu können, und so galten bis tief ins neunzehnte Jahrhundert herein sehr viele Gase als permanent. Die berechtigten Zweifel, die schon 1829 M. L. Frankenheim (1801—1869) dieser halb dogmatischen Annahme entgegenbrachte, waren denn auch zunächst theoretischer Natur. Aber vier Jahre nachher stellte der noch jugendliche „Großmeister der Experimentierkunst“, Michael Faraday (1791—1867) flüssiges Chlor her, und ihm folgten Thilorier und Ratterer mit der Verflüssigung der Kohlensäure, die dann auch in Form von Schnee

verfestigt ward. Daß im Grenzzustande das Mariotte-Boyle Gesetz, samt der von Gay-Lussac (S. 171) daran angebrachten Verbesserung, nur noch bedingte Gültigkeit beanspruchen könne, ergab sich aus den umfangreichen Versuchsreihen von P. L. Dulong (1785 bis 1838), C. F. Desprez (1797—1863) und H. B. Regnault (1810—1878), welcher letzterer seine Beobachtungen über hochgespannten Wasserdampf selbst bei augenscheinlicher Lebensgefahr nicht unterbrach. Daß derartige Versuche tatsächlich bedrohlich werden können, beweisen die im Laboratorium eingetretenen Todesfälle von Thilorier und J. F. v. Wroblewski (1845—1888), der zusammen mit K. Dłzewski eine Menge schwer zu behandelnder Gase komprimierte, sowie dies auch L. P. Cailletet (geb. 1832) und Raoul Pictet (geb. 1846) taten, denen zuletzt selbst Sauerstoff und Kohlenoxyd nicht widerstehen konnten. Da neben verstärktem Drucke auch die Kälte hierbei mitzuwirken hatte, so kommen wir auf die Frage selbst besser wieder in Verbindung mit der Wärmelehre zurück. Es leuchtet ein, daß überall schon die Molekularphysik mit hereinspielt, welche leider auf das längst begonnene, 1849 mit einer mathematischen Einleitung ans Licht getretene und durch den Tod des Autors in hoffnungsloses Stocken geratene Werk des genialen Georg Simon Ohm (1787—1854) verzichten mußte. Von neueren Forschern hat der Sache Otto Lehmann (geb. 1855) ein erhöhtes Interesse zugewandt, das für ihn durch seine langjährigen Untersuchungen über flüssige Kristalle ganz von selbst gegeben war. Diese Fragen, die wieder enge Fühlung mit dem

von G. L. van der Menßbrugge (geb. 1835), Lord J. W. S. Rayleigh (geb. 1842), L. Sohncke (1843 bis 1897) und G. H. Quincke (geb. 1834) behandelten Probleme der Oberflächenspannung nehmen, sind neuerdings als für verschiedene Gebiete anregend herorgetreten.

Die Weiterbildung der Akustik war nicht unwesentlich bedingt durch diejenige der Wellentheorie, für welche weniger die an sich ja sehr beachtenswerten Bestimmungen der Wellengestalt durch Poisson (S. 135), A. L. Cauchy (1788—1859) u. a. als die Experimente mit der Wellenrinne maßgebend waren, mit welchem ebenso einfachen wie leistungsfähigen Apparate die Gebrüder W. Weber (S. 136) und Ernst Heinrich Weber (1795 bis 1878) dem physikalischen Instrumentarium eine wichtige Neuerung zuführten. Über Schwingungen fester Körper und die damit verbundene Tonerzeugung arbeiteten F. Savart (1791—1841), Ch. Wheatstone und, am erfolgreichsten, der Meteoritenforscher Chladni (S. 130), dessen Klangfiguren noch in unseren Tagen keiner physikalischen Vorlesung fehlen. Er legte auch großen Wert auf die Ermittlung der Schwingungszahlen, aber ganz einwurfsfrei lieferte dieselben erst Cagniard De Latours (S. 136) „Sirene“, die auch die Festsetzung einer Hörbarkeitsgrenze (S. 36) der Töne ermöglichte. Andere Fortschritte zeigten sich in W. Trevelhans (1797—1879) „Wackler“ und in den durch Laplaces (S. 19) Korrektur notwendig gewordenen Versuchen zur Messung der Schallgeschwindigkeit, an denen unter andern auch 1822 Arago und A. v. Humboldt (S. 94) teilnahmen, und die 1837

das Diostkurenpaar Colladon-Sturm (S. 138) auf Wasser ausdehnte. Dreißig und vierzig Jahre später erneuten diese Studien Regnault, E. Mach (geb. 1838) und A. Kundt (1838—1894), dessen Staubfiguren eine entschiedene methodische Ausgestaltung der früher verwendeten Hilfsmittel darstellten.

Die Lehre von den Tönen hatte um 1845 eine bedeutende Ergänzung durch Ohm erhalten, der dem Ohre die Fähigkeit zusprach, einen zusammengesetzten Klang so in Töne zu zerlegen, wie diese bei Übereinanderlagerung der Wellen als Komponenten im geometrischen Bilde auftreten. Später nahm dann Helmholtz dieses Problem auf und schuf 1863 seine „Lehre von den Tonempfindungen“, das Handbuch des physikalisch gebildeten Musikers. In ihm bildete sozusagen den Mittelpunkt die Begriffsbestimmung der Klangfarbe, mittels deren man unterscheiden kann, von welchem Instrumente ein in seiner Höhe und Stärke anscheinend eindeutig bestimmter Ton herrührt. Die akustischen Mechanismen, die R. Koenig (geb. 1832), F. C. Melde (1832—1901), J. A. Bissajous (1822—1880), R. Radau (geb. 1835), R. F. J. Sondhaus (1815 bis 1886) u. a. einführten, und die insbesondere die sensitive Flamme zu einem trefflichen Indikator von Schallimpulsen erhoben, förderten in erster Linie die theoretische Seite der Akustik; für die Praxis gewannen der Phonograph des um Auskünste nie verlegenen Amerikaners Th. A. Edison (geb. 1847) und das viel feiner arbeitende Grammophon von Berliner (1888) eine unerwartete Tragweite. Da Helmholtz zugleich

Physiologe und Physiker war, so vermochte er auch die Funktionen des Gehörorgans mit den feinsten Verfahrensweisen zu erproben und unter andern die Rolle der auf bestimmte Töne abgestimmten Cortischen Fasern klarzulegen.

Als das Jahrhundert anbrach, war der Glaube an einen realen Wärmestoff, dessen stärkere oder geringere Aufnahme in irgend einem Körper dessen Temperatur bestimmte, noch wenig erschüttert, hatte doch noch 1789 der Meister der Gastheorien, Antoine Laurent Lavoisier (1743—1794) den Satz ausgesprochen: „Das Kalorikum ist eine außerordentlich elastische Flüssigkeit.“ Rumfords Bohrversuche (S. 116), die viel Aufsehen erregenden Arbeiten von M. A. Pictet (1752—1825) und J. Leslie (1766—1832) über strahlende Wärme und die Wahrnehmung John Herschels (S. 121), daß auch dunkle Wärmestrahlen existierten, wollten sich allerdings mit jener Voraussetzung nicht recht vereinbaren lassen, aber weder die Verpflichtung, die Thermometrie zu vervollkommen, noch die geistvollen analytischen Untersuchungen eines Poisson (S. 135) und J. B. J. Fourier (1768—1830) über Wärmeleitung zwangen gebieterisch dazu, die Stoffhypothese fallen zu lassen. Einflußreicher erwiesen sich schon die Gesetze von Dulong und M. E. Petit (1791—1820) und Graf A. Avogadro (1776—1858); ersteres besagte, daß das Produkt aus Wärmekapazität und Molekulargewicht eines Stoffes konstant ist, und aus dem anderen folgt, daß sich die Dampfdichten zweier Materien wie ihre Molekulargewichte verhalten. Im Anschluß hieran bestimmten

Gay-Lussac (S. 141) und J. J. Welter (1763—1852) das Verhältnis der spezifischen Wärme bei konstantem Drucke zur spezifischen Wärme bei gleichbleibendem Volumen. Aber immerhin schien selbst dieser Doppelbegriff mit der Lehre vom Kalorikum sich vereinigen zu lassen. Auf die zwischen Licht und Wärme obwaltenden Beziehungen wurde man von neuem hingelenkt durch K. S. Knoblauchs (1820—1895) Versuche über Diathermansie, Spiegelung, Brechung und Beugung der Wärmestrahlen und durch L. Robitzki (1784 bis 1735) und M. Melloni's (1798—1854) Manipulationen mit dem feinfühligsten aller Thermoskope, dem Thermomultiplikator, der sogar im Mondlichte noch eine Spur von Wärmestrahlung erkennen ließ. Aber noch Ampères (S. 135) im Jahre 1835 publizierte Abhandlung über die Notwendigkeit, Licht und Wärme auf die Schwingungen von Molekülen und Atomen zurückzuführen, konnte sich keines unmittelbaren Erfolges rühmen.

Die kinetische Theorie der Wärme, zu der ja freilich bei D. Bernoulli (S. 18), bei Bošcovich (S. 35) und auch sonst Ansätze hervortreten, ist in ihrer gegenwärtigen Gestalt von L. F. Wilhelmj (1812—1864), A. K. Kroenig (1822—1879) und dem uns aus verwandtem Ideenbereiche (S. 117) schon bekannten Clausius begründet, von D. G. Meyer (geb. 1834), Boltzmann, J. Stefan (1835—1893) und J. Loschmidt (1821—1895) in den sechziger und siebziger Jahren zu einem festen Systeme mit mathematischer Begründung ausgestaltet worden. Die in Kap. 17 besprochene

Relation zwischen Wärme und Arbeit war jetzt mit einem Schlage durchsichtig geworden: Geheime Molarbewegung ist in eine Bewegung der kleinsten Körperteile, d. h. in Wärme, übergegangen. Nunmehr ließ sich der uns bekannten Kalorimetrie des achtzehnten Jahrhunderts (S. 47) ein ganz anderer Sinn unterlegen und den Fragen über das Wärmeleitungsvermögen der durchweg schlecht leitenden tropfbaren und elastischen Flüssigkeiten mit den Hilfsmitteln der Theorie zu Leibe gehen. Die exakten Formeln von Clausius und J. C. Maxwell (1831—1879) vergewissern darüber, von welchen Faktoren jenes Vermögen abhängig ist.

Die Transformierbarkeit der Aggregatzustände erschien im Zeichen der Kinetik als eine einfache Konsequenz der rationellen Atomistik im Sinne Gassendis (S. 34), deren Wert der Neuzeit vornehmlich R. Lavoisier (geb. 1848) ins Gedächtnis zurückgerufen hatte. Erhöhter Druck verminderte, erhöhte Temperatur verstärkte die Schwingungstendenz der Korpuskeln. Doch fand um 1860 Th. Andrews (1813—1885), daß jenseits einer gewissen, für jede Substanz konstanten kritischen Temperatur kein noch so intensiver Druck ein Gas in den tropfbaren Zustand zurückzuzwingen imstande sei. An diese Tatsachen knüpften zahlreiche theoretische und experimentelle Arbeiten an, unter denen diejenigen der beiden Holländer J. D. van der Waals (geb. 1837) und H. Kamerlingh Onnes (geb. 1853) eine Ausnahmestellung beanspruchen dürfen; sie erschienen 1873 und 1881. Die van der Waals'sche Zustandsgleichung will Aufschluß geben, wie die einem bestimmten Aggregat-

zustande entsprechende Anordnung der Moleküle beschaffen sein muß; Körpermodelle zur Veranschaulichung dieser Funktionalbeziehungen erleichtern das Verständnis.

Mit diesen theoretischen Begründungen einer thermisch-kinetischen Molekularphysik, zu der weiterhin auch der Amerikaner J. W. Gibbs (geb. 1839) dankenswerte Beiträge lieferte, ist gleichmäßig auch die Verfestigung und Verflüssigung der Gase, wie die von ihr unzertrennliche Theorie der Kältemaschinen in ein ganz neues Stadium getreten. Die alten, mit Kältemischungen (S. 45) und Verdunstungskälte arbeitenden Vorrichtungen wurden antizipiert durch die neuen Apparate J. Dewars (geb. 1842) und R. P. G. v. Lindes (1842), die nicht einem zufälligen Erfindereinsalle, sondern strengster Herausarbeitung aus den Maximen der mechanischen Wärmetheorie ihre Entstehung verdanken. Flüssige Luft ist jetzt zu einem lächerlich billigen Preise käuflich zu haben. Solchen Kräften vermochte kein Gas als solches mehr standzuhalten. Dewar verflüssigte 1898 den Wasserstoff, Olszewski (S. 141) um dieselbe Zeit die spröden Stoffe Fluor und Argon, und in dem von Kamerlingh Onnes an der Universität Leiden eingerichteten Laboratorium zur Erzeugung der niedrigsten Temperaturen ist zuletzt auch noch das lange vergeblich angestrebte Festwerden des Heliums zur Tatsache geworden.

Auch die Thermik älteren Stiles, wenn dieser kaum mißzuverstehende Ausdruck gestattet ist, hat ihre Bahn eifrig und gewinnreich verfolgt. Um die Thermometrie machten sich verdient G. Recknagel (geb. 1835) und L. Voewenherz (1847—1892); die physikalisch-technische

Reichsanstalt (seit 1890 zuerst von Helmholtz und dann von F. Kohlrausch geleitet) hat die Herstellung und Vergleichung zuverlässiger Wärmemesser ebenso in die Hand genommen, wie das optische Institut von R. Zeiß in Jena, das von dem als Physiker und Sozialpolitiker gleich angesehenen C. Abbe (1840—1903) zu hohem Aufschwunge gebracht ward. Die Frage der zukünftigen Wärmeeinheit liegt in C. G. Warburgs (geb. 1846) Händen. Für die nur mit den höchsten Wärmegraden arbeitende Pyrometrie kommen in neuester Zeit nur noch wenig F. Brinsjeps Metallpyrometer, sondern die vervollkommeneten Instrumente von William Siemens (1822—1883) und Ch. Barus (geb. 1850) in Betracht.

Die Geschichte der neueren Optik zerfällt in zwei oder richtiger sogar in drei Teile. Die dem Wesen nach schon dem Altertum und Mittelalter geläufige geometrische Optik kümmert sich wenig um die Natur des Lichtes; sobald letztere zur Geltung gelangt, nimmt der Streit zwischen Emissions- und Undulationstheorie den Historiker ausschließlich in Anspruch; die letzte und zurzeit wichtigste Periode ist die der elektromagnetischen Lichttheorie. Es sollen diese drei Abteilungen folgendermaßen vorgenommen werden; die erste und zweite greifen freilich wiederholt in einander über.

Außerordentlich zahlreich waren in unserem Zeitraume die Arbeiten über analytische Dioptrik, über den Durchgang eines dünnen Strahlenbündels durch ein System von Linsen, die bald als mathematische Linien, bald als mit einer gewissen Dicke behaftet in die Rech-

nung eingehen. Gauß (S. 114), Moebius (S. 136), Seidel (S. 129), J. Bezval (1807—1891), R. Neumann (geb. 1832), C. Lissing (1808—1882) sind bemüht gewesen, den Vorgang möglichst anschaulich zu machen, was auch durch Einführung der Begriffe von Brenn-, Haupt- und Knotenpunkten bestens gelang. Die dioptrische Praxis nahm einen ungeahnten Aufschwung, als Joseph Fraunhofer (1787—1826) in Verbindung mit G. v. Reichenbach (1772—1826), J. Liebherr (1767—1848), J. v. Uffschneider (1763 bis 1840) und dem als Glastechniker bis dahin unerreicht dastehenden P. L. Guinand (1744 bis 1824) zuerst den kleinen oberbayerischen Ort Benediktbeuern und hernach München selbst zum Zentralsitz einer alle früheren Leistungen (S. 22) weit überbietenden Fabrikation erhob, die bald die berühmtesten Fernrohre für alle größeren Sternwarten lieferte. Die Worte auf Fraunhofers Grabsteine — „er brachte uns die Sterne näher“ — sind vollberechtigt. Mehr nach der physikalischen Seite hin waren die Arbeiten von L. Moser (1805—1880) und G. Karsten (1820—1900) über sogenanntes „latentes“ Licht orientiert, die auch zum besseren Verständnis der Absorptionsvorgänge verhalfen. Viel besprochen wurden ihrerzeit die mit der herrschenden Physik radikal brechenden Studien zur Farbenlehre, durch welche zwei auf anderen Gebieten berühmt gewordene Männer, J. W. Goethe (1749—1832) und A. Schopenhauer (1788—1860) den Fachleuten ihren Fehdehandschuh hinwarfen. Muß auch unter dem geklärten Gesichtspunkte der Gegenwart die Überhebung,

mit welcher das Geschah, noch immer getadelt werden, so hat doch eine moderne, von W. Koenig (geb. 1859) veranstaltete Prüfung der Goetheschen Ansichten auch deren gute Seiten hervortreten lassen, und in der Auffassung der Kontrastfarben war der große Dichter sogar ein Vorläufer des in langem Leben zu reichen Ergebnissen gelangten Physikochemikers M. E. Chevreul (1786 bis 1889). Einen namhaften Fortschritt der von Schulze (S. 43) schüchtern inaugurierten, von Wedgwood (S. 44) und Davy (S. 116) halb unbewußt fortgebildeten Kunst des Photographierens kennzeichnen die Namen von N. Niépce (1765—1833), G. M. F. Niépce (1805 bis 1870), L. J. M. Daguerre (1789—1851) und W. H. F. Talbot (1800—1877), welsch letzterer das noch heute gebräuchliche Kunstwort gebildet hat. Gewaltig rechte der junge Riese in kurzer Frist sich empor, denn kein halbes Jahrhundert trennt die Daguerrotypie von den Errungenschaften der Momentphotographie, Mikrophotographie und Photogrammetrie, wozu endlich auch noch die Photographie in natürlichen Farben sich gesellte, die G. Lippmann (geb. 1845) und D. Wiener (geb. 1862) zu hoher Entwicklung brachten — die neueste, Lumière'sche Phase reicht schon sehr ins neue Jahrhundert hinüber. Nur streifen wollen wir die Phosphoreszenz, die durch Canton (S. 39) und später durch Placidus Heinrich (1758—1825), A. C. Becquerel (1820 bis 1891) und G. W. Hankel (1814—1898) ein Bürgerrecht in der Optik erhielt, sowie die Fluoreszenz, die hauptsächlich G. Lommel (S. 129) und G. Wiedemann (geb. 1852) zu dem machten, was sie heute ist.

Eine theoretisch und praktisch gleich fundamentale Bereicherung dieses Teiles der Physik brachte das Jahr 1859; natürlich war aber auch sie keine dem Haupte des Zeus entsprungene Athene, sondern bis zu einem gewissen Grade vorbereitet. Schon 1752 hatte Th. Melville Flammenspektren untersucht, und als der oben genannte geniale Dioptriker — wie vorher schon J. Wollaston (1751—1815) — im Sonnenspektrum gewisse dunkle Linien wahrnahm, deren Lage und Abstand er genau maß, die sogenannten Fraunhoferschen Linien, da war der englische Physiker W. A. Miller (1817 bis 1870) nahe daran, die in Flammenspektren auftretenden hellen Linien mit jenen dunklen Streifen zu vergleichen. Allein er kam von dem glücklichen Gedanken wieder ab, und auch J. Plücker (1801—1868), der beim Operieren mit dem Lichte Geißlerscher Röhren 1854 auf der richtigen Spur war, drang nicht durch. Die Heidelberger Vertreter der Physik und Chemie, Gustav Kirchhoff (1824—1867) und Robert Bunsen (S. 140) wurden die Begründer der Spektralanalyse oder Spektroskopie, deren astronomische Triumphe oben (S. 129) gewürdigt wurden. Dringt Licht durch eine glühende Gasmasse, die Strahlen von derselben Wellenlänge, wie sie den einfallenden zukommt, selbst aussenden würde, so werden jene verschluckt, und es bildet sich eine Umkehrung des Spektrums heraus, welche die Möglichkeit gewährt, zu entscheiden, ob die absorbierende Masse diesen oder jenen Dampf eines verflüchtigten Metalles, dieses oder jenes Gas in sich schloß. Auf die chemische Tragweite der großen Entdeckung wird noch zurückzukommen sein.

Die theoretische Erklärung der spektralanalytischen Vorgänge setzt bereits die Vibrationstheorie (S. 40) voraus, zu deren Anfängen wir also jetzt uns zurückwenden. Halb unbewußt knüpfte an Huygens (S. 41) und Euler (S. 43) an Th. Young, den allerdings bald A. Fresnel (1788—1827), namentlich auch durch die Kühnheit seiner mathematischen Konzeptionen, überholte. Die Lichtbeugung und die Interferenz der Lichtstrahlen wurden durch die Annahme erklärt, daß die Lichtschwingungen senkrecht, transversal, auf der als Lichtstrahl bezeichneten geraden Linie vor sich gehen, und die Doppelbrechung (S. 41) wußte Fresnel mit Hilfe seiner Wellenfläche, die bei gewöhnlichem Glase eine Kugelfläche, bei einachsigen Kristallen ein Umdrehungsellipsoid und bei zweiachsigen Kristallen eine Fläche vierter Ordnung wird, durchaus befriedigend darzustellen. Nachdem E. L. Malus (1775—1812) die Polarisation entdeckt hatte, für deren weiteres Studium W. Nicol (1768—1851; Nicolsches Prisma), D. Brewster (1781—1868; der Erfinder des Kaleidopskops) und G. Arago (1786—1853) besonders tätig waren, konnte der Sieg der Undulationstheorie, der gegenüber Laplace und J. Biot (S. 130) an der Emissionslehre starrr festhielten, als entschieden betrachtet werden. Neue experimentelle Funde paarten sich in dieser Beziehung mit scharfsinniger Rechnung. So debuzierte 1832 Fr. Neumann (1798—1894) die elliptische Polarisation als unmittelbare Konsequenz der neuen Auffassung; so lieferte 1835 Schwers (S. 129) eine abgeschlossene Theorie der farbigen Beugungssäume;

so schufen R. W. Hamilton (S. 135), H. Lloyd (1880 bis 1881) und J. Mac Cullagh (1809—1847) den Beweis, daß Fresnels Wellenfläche unter gewissen Umständen eine konische Refraktion bedinge. Späterhin hat sich auch bei der Ausgestaltung der praktischen Dioptrik, bei der Verbesserung der Fern- und Vergrößerungsgläser, die Berücksichtigung der Wellenlehre als notwendig herausgestellt, wie die Arbeiten von Bruns, C. Strehl und Abbe (S. 148) beweisen. Die Befürchtung eines Helmholtz, es möchte die Verfeinerung des mikroskopischen Sehens bald eine Grenze erreicht haben, wurde durch den Zenaer Physiker, der sich auf G. B. Amici's (1786—1863) folgenreiche Erfindung der Immersionslinsen stützte, widerlegt, indem derselbe dem Verlorengehen des gebeugten Lichtes zu begegnen lehrte. Auch die Fluoreszenz rückte in ein neues Stadium; Stokes, Lommel (S. 150) u. a. führten W. Eisenlohrs (1799—1872) Andeutung weiter aus, daß in diesen schillernden Farbtönen ein optisches Seitenstück zu den Kombinationsönen der Akustik vorliege. Natürlich mußte die neue Wellenlehre auch darauf denken, die Wellenlängen der Strahlen genau zu ermitteln, und nach dieser Seite hin sind die Untersuchungen von Fraunhofer, Eisenlohr, Angström, M. A. Cornu (geb. 1841), J. Rubens (geb. 1865) u. a. erfolgreich gewesen, und zwar nicht nur, soweit das sichtbare, sondern auch soweit das infrarote und ultraviolette Spektrum in Betracht kommen.

Als Vorläufer der elektromagnetischen Lichttheorie hat man W. Wien (geb. 1864) zufolge den obengenannten

Mac Cullagh und den als Begründer der Funktionen-
theorie in der Geschichte der neueren Mathematik eine
besonders hohe Stellung einnehmenden Bernhard Rie-
mann (1826—1866) anzuerkennen. Näher noch, wie
sich zeigen wird, kam an Maxwells (S. 146) von
Grund aus umgestaltende Anschauungen der Niederlän-
der Lorentz (S. 161) heran. Aber die Maxwellsche Auf-
fassung kann erst in Verbindung mit der Gesamtentwick-
lung der Elektrizitätslehre zutreffend gewürdigt werden.

Soweit es sich um die ältere Reibungselektrizität
handelt, werden wir uns nicht wundern dürfen, daß
sie durch ihre jüngere, aber von Anfang an machtvoll
aufstrebende Schwester, den Galvanismus, etwas in
den Hintergrund gedrängt ward. Die Messung der Zeit-
dauer des Entladungsfunkens, wie sie von Ch. Wheat-
stone (1802—1875), P. D. C. Vorshelman de Heer
(1809—1841), K. W. Knochenhauer (1805—1875)
und B. B. Feddersen (geb. 1832) durchgeführt ward,
stand einigermaßen isoliert da. Doch erfuhr man all-
mählich auch, daß es möglich sei, selbst mit gewöhn-
licher Elektrizität hohe Spannungsgrade zu erzielen;
die Dampfelektrifiziermaschine von W. G. Armstrong
(1810—1899) eröffnete den Reigen der neuen Appa-
rate, und ihr folgten die Influenzelektrifiziermaschinen
in stets steigender Vervollkommnung, die ihnen G. Belli
(1791—1860), W. B. Holz (geb. 1836) und Toepler
(S. 139) angebeihen ließen. Das thermoelektrische Ver-
halten der Kristalle lehrte uns genau Hankel (S. 150)
kennen. Mustergültig zusammenfassend hat in drei
großen Veröffentlichungen (1853, 1867, 1879) S. Th.

Nieß (1804—1883) das Wesen der durch Reibung entstehenden Elektrizität gezeichnet, der er auch im elektrischen Luftthermometer das beste Meßinstrument zur Verfügung stellte.

Aus dem Jahre 1792 stammt die erste Nachricht über jene vielgenannten Froschversuche, mittels deren Luigi Galvani (1737—1798) die Existenz einer besonderen tierischen Elektrizität darzutun gedachte. Zahllos wurden dieselben variiert, und der bis dahin eifrigste Anhänger des Bologneser Anatomen, Alessandro Volta (S. 57), gelangte so zu einer ganz neuen Auffassung: Der tierische Muskel wirke bloß als neutrales Medium, und nur die Kontaktelektrizität der verschiedenen Metalle sei die Ursache der Zuckungserscheinungen. Mit dieser Behauptung war allerdings zu viel gesagt; seit 1843 der Berliner Physiologe Emil Du Bois-Reymond (1818—1896) den „Froschstrom“ erneuter Untersuchung unterzogen und noch mehr, seit er 1848—1849 sein diesen Teil der medizinischen Physik revolutionierendes Werk über tierische Elektrizität publiziert hat, weiß man, daß Galvani gar nicht so ganz im Unrechte sich befand. Aber ebenso fest steht, daß Voltas Deutung der Vorgänge, die auch in A. v. Humboldts (S. 94) zweibändigen, 1797—1798 ediertem Werke „Über die gereizte Muskel- und Nervenfasern“ die Hauptrolle spielten, zum großen Teile richtig war und der Forschung eine neue Bahn wies. Ein treffliches Mittel, das neue Phänomen rein physikalisch zu studieren, gab die aus Zinkplatten, Kupferplatten und angefeuchteten Wattestückchen aufgebaute Volta'sche Säule

an die Hand, die bald mannigfacher Abänderungen — G. Zamboni (1776—1846) konstruierte die erste Trockensäule — teilhaftig wurde. In Deutschland wandten dem jungen Galvanismus ihre ganze Kraft zu C. H. Pfaff (1773—1852) und J. W. Ritter (1776 bis 1810) — letzterer ein ebenso umsichtiger Experimentator wie einem gewissen Mystizismus zugeneigter Denker, den die Naturphilosophie (S. 111) sehr in ihren Bann gezogen hatte. Sein Name muß bei der um 1800 eifrig angestellten und glänzend geglückten Zersetzung des Wassers durch eine Plattenbatterie ebenso genannt werden, wie die Namen von W. Cruikshank (1745—1800), W. Nicholson (1753—1815) und A. Carlisle (1768—1840). Theoretisch half man sich den neuen Erscheinungen gegenüber dadurch schlecht und recht aus der Not, daß man für Elektrizität und Magnetismus den Begriff der unwägbaren Flüssigkeiten (S. 37) beibehielt.

Noch immer aber standen die Naturkräfte Elektrizität und Magnetismus nur ganz äußerlich nebeneinander. Daß sie vereinigende Band ward gefunden im Elektromagnetismus (S. 55), an dessen Möglichkeit schon B. Franklin, Ritter und der durch seine gigantische Elektrifiziermaschine zu Ruf gekommene Holländer M. van Marum (1750—1837) dachten, ohne doch dafür einen sinnfälligen Beweis erbringen zu können. Auch die unleugbaren Verdienste von G. D. Romagnosi (1761—1835) und B. Configliacchi (1777—1844) können dem dänischen Physiker Dersted (S. 137) den Ruhm nicht rauben, zuerst 1820 zweifellos die Ablenkung der Magnetnadel

durch den galvanischen Strom erwiesen zu haben. Diese Entdeckung, deren Ergebnis J. S. C. Schweigger's Multiplikator und J. C. Poggendorff's (1796—1877) Kondensator noch bequemer darzustellen gestatteten, löste eine Flut neuer Arbeiten aus. Ampère (S. 135) gab eine übersichtliche Einkleidung der von Dersted etwas verwickelt geschilderten Bedingungen der Abweichung; L. Nobili (S. 145) stellte das erste zu sehr genauen Ableisungen dienliche Galvanometer her, dem C. G. De la Rive (1770—1834) die Tangentenbussole zur Seite stellte; Arago entdeckte 1825 den Rotationsmagnetismus; auf J. Herschel (S. 121) und L. J. Seebeck (1770—1831) führt man die erste Kunde von Thermomagnetismus und Thermoelktrizität zurück. Diese Zweige der Elektrizitätslehre haben fast monopolistisch gefördert Nobili und M. Melloni, von den Leistungen ihres Thermomultiplikators ist schon (S. 145) die Rede gewesen.

Und bald sollte die junge Disziplin der Elektrodynamik auch auf eine feste mathematische Grundlage gestellt werden. G. S. Ohm (S. 141) schuf 1827 in einer lange Zeit mißverstandenen und erst 1841, als ihr Verfasser die Copley-Medaille erhalten hatte, zu voller Anerkennung durchgedrungenen Schrift einen gleichmäßig aus Erfahrung und Kalkül entlossenen Lehrsatz, den die dankbare Nachwelt jetzt als Ohmsches Gesetz kennt. Es lautet: Die Stromstärke ist gleich der elektromotorischen Kraft, dividiert durch die Gesamtheit der vom Strome zu überwindenden Widerstände. Nun gab es auch einen neuen, umfassenden Wissenszweig,

die Elektrodynamik, die in W. Weber (S. 136) und G. R. Kirchhoff (S. 151) sich zweier ganz hervorragender Vertreter rühmen durfte.

Nach einer anderen Richtung hin erweiterte diesen Zweig der Physik der geniale, mit den Experimenten wirklich auf Du und Du stehende Faraday (S. 140). Er fand die Induktionsströme auf, die in einer galvanischen Spule durch Öffnung und Schließung des Stromes in einer Nachbarspule ausgelöst worden, entdeckte die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene des Lichtes und wies auf den Unterschied zwischen para- und diamagnetischem Verhalten der Körper hin. Die Ausdehnung der Induktionswirkungen, zumal auf den Fall der Magnetinduktion, führten Rieß (S. 155), G. Marianini (1790—1866) und E. Edlund (1819 bis 1882) durch.

Indem wir von den immer wichtiger werdenden praktischen Verwertungen der Elektrizität vorläufig noch absehen, treten wir zunächst an jene tiefgehende Umgestaltung der Grundvorstellungen heran, die von Faraday und Maxwell (S. 146) ausging. Mit den alten Newtonschen Ansichten von der Kraftverbreitung kam man nicht mehr durch; das hatte schon Dersted (S. 156) eingesehen, als er in einer noch ungelentken Redeweise seine Vermutung aussprach, „der elektrische Konflikt gehe in Kreisen fort“. Eine klare Formulierung erhielt der hier erkennbare Grundgedanke in Faradays Kraftlinien, die er sich (1833) zwischen den Polen eines Magneten verlaufend dachte, und durch deren bloßes Vorhandensein ein ihrer Aktionsphäre nahe kommender

Körper selbst in den polaren Zustand versetzt wird. Der englische Physiker war kein Mathematiker und dachte kaum daran, daß seine aus Zweckmäßigkeitsgründen hervorgegangene Auffassung des Sachverhaltes sich zu einer geschlossenen Theorie aller magnetisch-elektrischen Prozesse auswachsen könne. Da aber griff eben sein Landsmann Maxwell ein und zeigte, daß nunmehr die noch vielfach schwankenden Definitionen der exaktesten Begriffsbestimmung fähig werden. Diese Maxwellsche Theorie hat, wie wir noch erfahren werden, die wichtigsten Folgen gehabt.

Mit der Weiterbildung der Prinzipienlehre hielt gleichen Schritt die der Hilfsmittel, die man für die Analyse der Erscheinungen anwenden konnte. Der ersten konstanten Batterie von J. F. Daniell (1790—1845) folgten stets neue Kombinationen von Grove (S. 116), Cooper, Meidinger, Smee, Leclanché u. a.; den störenden Polarisationstrom, auf den zuerst Ritter (S. 156) aufmerksam wurde, ergründeten G. Th. Fechner (1801 bis 1887), H. F. E. Lenz (1804—1865) und W. Beez (1822—1886); für die der Technik ganz unentbehrlich gewordenen Akkumulatoren waren W. J. Sinisteden (geb. 1803) und G. Planté (1834—1889) tätig. Die Galvanometrie hat es, dank den Bemühungen von G. Wiedemann (S. 114), M. Deprez, M. Th. Edelmann und K. Loser, zu hoher Vollendung gebracht, indem vor allem auch größeren Zuschauerkreisen die Kontrolle der Nadelerschwingungen ermöglicht ward. Die von H. D. Rühmkorff (nicht Ruhmkorff; 1803—1871) und Vater und Sohn Stoeher gebauten magnetelektri-

schen Apparate ermöglichten die großartigsten Kraftleistungen der Elektrizität und vor allem eine unerwartet glänzende Darstellung des elektrischen Lichtbogens.

Die theoretischen Untersuchungen wurden in späterer Zeit hauptsächlich durch Faraday-Maxwell und am meisten vielleicht durch des ersteren Nachweis einer unipolaren Induktion bestimmt, weil da sowohl die unitarische wie auch die dualistische Hypothese (S. 58) versagen mußte. Auch die Aethertheorie von Edlund (S. 158) erwies sich nicht als völlig ausreichend. Dagegen machten der Maxwell'schen Grundvorstellung H. G. Jenkin (1833—1885), P. Sylvanus Thomson (geb. 1851) und H. Ebert („Magnetische Kraftfelder“, 1897) alle die verschiedenen in Betracht kommenden Erscheinungskomplexe untertänig. Der Hall-Effekt, demzufolge Niveau- und Kraftliniensysteme auf durchströmten Platten in stärkerem Magnetfelde einer Ablenkung unterliegen, ordnete sich gleichfalls unter. Allein noch waren jene elektrischen Wellen, die, wenn Maxwell im Rechte war, den Raum erfüllen mußten, nicht als solche dem Sinnenbereiche zugänglich geworden, und diesen Schlüsselstein setzte dem Gebäude ein eine geniale Versuchsreihe von Heinrich Hertz (1857—1894), die zwei Fundamentalwahrheiten stabilisierte: Die Elektrizität pflanzt sich wellenförmig durch den Raum fort, und diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit stimmt mit derjenigen des Lichtes überein. Diese war, wie wir wissen, von Roemer (S. 7) astronomisch gefunden worden; das neunzehnte Jahrhundert erlebte auch gut zu den früheren Konstanten passende terrestrische Bestimmungen

von J. B. L. Foucault (1819—1868), A. G. L. Fizeau (1819—1896), Cornu und Michelson. Spiegelung, Brechung, Beugung, Schattenwurf — das ergab sich alles auch als Eigenschaft der elektrischen Strahlen.

Damit war also auch für die angegebenermaßen schon von Faraday (S. 158) angebahnte elektromagnetische Lichttheorie ein neuer Zeitraum angebrochen. R. Neumann (geb. 1832) erklärte das erwähnte Drehungsphänomen; klargestellt war jetzt auch der Kerr-Effekt, demzufolge polarisiertes Licht, von gewissen Metallspiegeln zurückgeworfen, eine Spaltung nach zwei normal zu einander stehenden Richtungen erfährt; nicht minder auch der Zeeman-Effekt, die Beeinflussung der Flammenspektren durch ein kräftiges Magnetfeld. Stefan (S. 145), Helmholtz (S. 119) und sein Schüler A. G. Rowland (geb. 1848), Sir William Thomson, W. Planck (geb. 1858), L. Boltzmann (S. 145) und der viel zu früh seiner reichen Wirksamkeit entrissene P. Drude (1863—1906) in seiner „Physik des Aethers“ (1897) haben diese Theorie vervollkommnet; nicht vergessen werden darf auch aus der früheren Zeit der Däne L. B. Lorentz (1829—1891). Vielleicht die andauerndste Arbeit jedoch wendete der Gesamtheit dieser Probleme des letztgenannten holländischer Namensvetter H. A. Lorentz (geb. 1853) zu, dessen „Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern“ vom Jahre 1895 zum neuen Jahrhundert hinüberleitet.

Zu dem Optik und Elektrizitätslehre verbindenden Gebiete gehört auch die Theorie der neuen Strahlen-

gattungen, zu deren Schilderung es aber des Rückgreifens auf die oben (S. 156) in ihrem ersten Anfange gestreiften elektrolytischen Vorgängen bedarf. Ihre Geschichte ist nach Ostwald (S. 120) „ein lehrreiches Kapitel zum intellektuellen Trägheitsgeetze“. Nachdem die Zerlegung des Wassers in Sauer- und Wasserstoff durch den galvanischen Strom dem Besitzstande der Wissenschaft einverleibt war, und nachdem Th. v. Grothuß (1785—1825) die wahre Bedeutung der Elektroden — Anode und Kathode — für diesen Zersetzungsakt erkannt hatte, führte J. W. Hittorf (geb. 1824; der Patriarch der deutschen Physiker) den Vorgang darauf zurück, daß jedes Molekül des der Elektrolyse unterworfenen Körpers aus willkürlich gelagerten Zonen bestehe, und die Stromwirkung führe nun die Kationen der Kathode, die Anionen der Anode zu. Die Wege, die dabei von den Ionen zurückgelegt werden, sollen bestimmend sein für die Quantitäten der an den Elektroden abgeschiedenen Stoffe. Nur äußerst langsam brach sich diese Deutung des elektrolytischen Prozesses Bahn; erst als der Schwede A. Svante Arrhenius (geb. 1859), mit Ostwald zusammen der Begründer der eigentlichen Elektrochemie, die Dissoziation 1888 in einer neuen Begriffsfestsetzung näher kennzeichnete, gelang die theoretische Herleitung des von Faraday (S. 140) aufgestellten elektrolytischen Aktionsgesetzes: Die in einem gegebenen elektrolytischen Akte ausgeschiedenen Gewichtsmengen zweier Materien verhalten sich zueinander wie deren chemische Äquivalente. Darauf beruhen auch die Konzentrationsketten von Planck (S. 161) und Walter Nernst (geb. 1864).

Nachdem W. Crookes (geb. 1832) unter dem Einflusse der an seiner Lichtmühle (Radiometer) gemachten Erfahrungen dem Licht eine von ihm verschiedene strahlende Materie im Jahre 1876 zur Seite gestellt, und nachdem sich ergeben hatte, daß auf derartige Erscheinungen schon weit früher von F. Zantedeschi (1797 bis 1873), J. P. Cassiot (1797—1877) und Plücker (S. 151) u. a. hingewiesen worden sei, ließ man sich die Erforschung der Lichtphänomene in Röhren überhaupt mehr angelegen sein. Die Geißlerschen Röhren (S. 151), in denen auch E. Reitlinger (1830—1882) bereits Lichtsichtung wahrgenommen hatte, boten ein treffliches Hilfsmittel zur Verallgemeinerung dieser Studien dar, und seit 1880 waren es insonderheit die von E. Goldstein mit diesem Namen belegten Kathodenstrahlen, die einerseits als Analoga der Lichtstrahlen, andererseits aber auch als etwas ganz Neues insofern sich darstellten, weil Ph. v. Lenard (geb. 1862) bewies, daß sie selber zwar nicht auf einen Magneten einwirkten, durch einen solchen aber eine Richtungsänderung erführen. Mit Crookes' Strahlungsmaterie sind aber der nämlichen Autorität zufolge die Kathodenstrahlen auch nicht identisch. Goldstein ließ die letzteren durch kleine Löcher aus der Röhre austreten, worauf sie ihre passivmagnetische Eigenschaft einbüßten. Eben diese Kanalstrahlen ließ 1892 v. Lenard ein Aluminiumfenster passieren, das sich als durchaus permeabel erwies; daß aber nunmehr eine ganz neue Strahlengattung erhalten sei, konnte man vor dem Jahre 1895 nicht ahnen.

Es war R. W. Roentgen (geb. 1845), der die stark ausgepumpte, vom elektrischen Funken durchschlagene Röhre durch einen schwarzen Karton verschloß und nun konstatierte, daß im dunklen Beobachtungsraume ein in die Verlängerung der Röhre gebrachter Fluoreszenzschirm zu leuchten beginnt. Eingehende Analyse dieses unerwarteten Lichtglanzes verhalf zu der Erkenntnis, daß man es da mit einer ganz neuen Strahlengattung, den X- oder Roentgenstrahlen zu tun hat, die sich vielfach ganz anders wie die eigentlichen Lichtstrahlen verhalten. Es sind umgewandelte Kathodenstrahlen, die ohne erhebliche Schwächung durch Metall, Holz und andere Substanzen hindurchgehen können, Fluoreszenz und photographische Wirkungen hervorbringen und vor allem auch die Fähigkeit besitzend, entladend die elektrischen Körper zu beeinflussen. Während über die von Roentgen selbst und von Volter, Straubel, A. Winkelmann (geb. 1848), A. Sommerfeld (geb. 1868) u. a. untersuchten Strahlen die theoretische Frage noch schwebt und für lange schweben wird, hat sich rasch die Praxis, und hier wieder allen voran die medizinische, der neugebotenen Gelegenheit, innere Organe und chirurgische Verletzungen unverhältnismäßig besser als bisher studieren zu können, mit größter Energie bemächtigt, und die Radiographie ist bereits zum integrierenden Bestandteile der Heilkunde geworden. Unsere Abbildung (Tafel XVI) gibt einen guten Begriff von der Erleuchtung der Diagnose, die dem nach dem Sitze eines Fremdkörpers im menschlichen Körper suchenden Chirurgen durch die Roentgen-Photographie dargeboten wird.

Die neue Entdeckung hat insbesondere auch die schon ganz aufgegebene Möglichkeit, daß nicht jede Strahlung sich undulatorisch vollziehen müsse, in ein völlig neues Licht gerückt. Diesmal scheint die Emissionstheorie (S. 37) den Sieg davonzutragen, und ähnlich sind die Dinge gelagert bei gewissen neuen Strahlengattungen, welche die letzten Jahre des neunzehnten Jahrhunderts haben bekannt werden sehen, die aber erst später in den Vordergrund der Diskussion gelangten. Nach Ch. Henry (geb. 1859) und H. S. Becquerel (geb. 1852) teilen die Uranstrahlen und die von einigen anderen fluoreszierenden Substanzen ausgesandten Strahlen die wichtigsten Eigenschaften der Röntgenstrahlen, von denen sie aber in einzelnen Beziehungen auch wieder abweichen. Die hier nicht minder nahe angrenzende Radiumforschung gehört schon völlig dem zwanzigsten Jahrhundert an; auf die neuesten Einwirkungen des Zonenprinzips (S. 162) wird uns die Lehre von der Lufterlektrizität wieder zurückführen.

Ein kurzer Rückblick auf jene umfassende Reihe von Anwendungen der Elektrizitätslehre, welche sich im weiten Reiche der Elektrotechnik zusammenfindet, darf hier nicht fehlen. Zunächst soll von jenen die Rede sein, welche der heutige Sprachgebrauch der Schwachstromtechnik zuweist, und hier wiederum zuerst von der Telegraphie. Daß der Gedanke an eine solche schon frühzeitig gehegt ward, ist uns (I, S. 121) erinnerlich, aber weder der gewöhnliche Magnetismus, noch die von dem Anatomen S. Th. v. Soemmerring (1755—1830) in Vorschlag gebrachte galvanische Wasserzersetzung erwiesen

sich als taugliche Mittel, da zudem der von Ch. Chappe (1763—1805) angegebene optische Telegraph sich während der Napoleonischen Kriege sehr gut bewährt hatte. Erst der Elektromagnetismus (S. 156) brachte eine rasche und große Reform zuwege. Seit 1835 war die Idee des Nadeltelegraphen durch den Balten P. Schilling von Canstadt, der zugleich der Erfinder der elektrischen Minenzündung ist, an die Öffentlichkeit gebracht worden, aber schon 1833 korrespondierten Gauß (S. 114) und W. Weber (in Göttingen) zwischen Sternwarte und physikalischem Kabinete in solcher Weise. Der Begründer des Telegraphenverkehrs im großen war K. A. v. Steinheil (1801—1870), der durch Herbeiziehung der Erdleitung auch eine gewichtige Kostenersparnis erzielte. Die Schreibtelegraphie führte 1844 Samuel Morse (1791—1872) ein, und Werner Siemens (1816—1892) ermöglichte seit 1848 mittelst der Kautschukumhüllung des Drahtes die Legung jener submarinen Kabel, welche um 1900 schon den Boden aller Meere bedeckten. K. van Rees (1797—1875) und L. Schwendler (1838—1882) sind die Erfinder der alternierenden Telegraphie. Aber als man wußte, daß sich (S. 160) elektrische Wellen auf sehr große Entfernungen fortleiten lassen, ohne daß ein anderer Leiter als die atmosphärische Luft mitzuwirken hat, da trat auch der Gedanke einer drahtlosen Funkentelegraphie hervor, der durch die selbständige Arbeit einer Anzahl bedeutender Physiker, von denen nur G. Branly (geb. 1844), Marconi (geb. 1874), R. F. Braun (S. 137), A. Slaby (geb. 1849) und Graf Arco genannt sein

mögen, sehr schnell feste Form gewann. In unseren Tagen sendet die deutsche Funkenstation in Nauen (Mf. Brandenburg) ihre Depeschen viele hundert Kilometer weit, und die meisten größeren Dzeandampfer haben Apparate für die drahtlose Telegraphie an Bord.

Das galvanische Tönen bemerkte 1837 Ch. G. Page (1812—1868), aber erst Philipp Reis (1834—1874) in Frankfurt a. M. brachte 1860 das erste, natürlich noch unvollkommene Telephon zustande. Allein die Anforderungen des großen Publikums, denen vor allem der Generalpostmeister H. v. Stephan (1831—1897) gerecht zu werden trachtete, konnten erst durch jenen vervollkommeneten Fernsprecher befriedigt werden, den 1874 A. G. Bell (geb. 1847) erfand. Mit ihm verband D. C. Hughes (geb. 1831), mit Werner Siemens zugleich Urheber des Typendrucktelegraphen, sein Mikrophon, und so gewann allmählich das öffentliche Fernsprechwesen die uns so geläufig gewordene Vollendung. Bell nahm auch wahr, daß auf das Element Selen einfallendes Licht elektromotorisch einwirkt, und kam so 1878 zur Erfindung des Photophons. Eben diese Eigenschaft des Selens spielt die Hauptrolle bei dem seit 1900 konsequent fortgeführten Versuchen A. Korn's (geb. 1870), die schließlich in der noch sehr ausgestaltungsfähigen Telephotographie, der Bildübertragung auf namhafte Entfernung, ihren Abschluß fanden.

An der Grenze gegen die Starkstromtechnik stehen die angewandte Elektrolyse und die Beleuchtungstechnik, weil da doch oft sehr starke Kräfte in Betracht kommen. Um die Galvanoplastik hat sich in erster Linie M. S.

v. Jacobi (1801—1874), dann aber auch R. Boettger (1806—1881) große Verdienste erworben; die 1842 erfundene Galvanographie F. v. Kobells (1803 bis 1882) will ebenfalls angeführt sein. Den galvanischen Lichtbogen hatten Ritter (S. 156) und Pfaff (S. 156) studiert, aber erst 1821 führte ihn Davy (S. 116) einem Zuschauerkreise in großartiger Vollendung vor, und W. Th. D. Casselmann (1820—1872) gab die zutreffende Erklärung des Prozesses. Neuerdings sind dann die elektrischen Lampen von Jaspar, Werner Siemens, Gramme, P. Jablockow, Edison (S. 143), Marin und besonders von Nernst (S. 162) in den all-gemeinsten Gebrauch gekommen.

Mechanische Kraftleistungen des galvanischen Stromes suchte man seit 1830 in größerem Ausmaße hervorzubringen. S. Dal Negro (1768—1839), G. D. Botto (1791—1865), E. C. Reeff (1782—1849), J. P. Wagner (1799—1879) leisteten sehr Wackeres in der Herstellung von Modellen, und der St. Petersburger Physiker v. Jacobi besuhr sogar 1838 mit einem elektrisch betriebenen Boote die Newa. Gleichwohl datiert der Aufschwung einer zielbewußten Elektrotechnik erst vom Jahre 1867, von der Publizierung der Abhandlung „Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete“, worin Werner Siemens die Richtlinien dieser neuen Mechanik zog. Die dynamoelektrische Zwischenmaschine (kurzweg „Dynamo“) und die dynamoelektrische Endmaschine wurden in ihrer Bedeutung gegenüber der rein mechanischen Urkraftquelle charakterisiert. Wechselstrom-, Gleich-

strom- und Drehstrommaschinen sind seither in ungeheuren Mengen in den Dienst der Industrie gestellt worden, und ihre Leistung steigerte sich gewaltig, als 1871 von B. Th. Gramme (1826—1901) und A. Pacinotti (geb. 1841) der nach beiden Männern benannte Ring, den v. Hefner-Alteneck (geb. 1845) durch einen Trommelanker ersetzte, einen konstanten Gleichstrom verbürgte. Die elektrische Pumpe, der elektrische Kran, die elektrische Eisenbahn, deren erste Probe 1879 in Berlin von der berühmten Firma Siemens und Halske vorgeführt wurde, die verbesserte elektrische Schifffahrt, die jetzt allen Großstädten unentbehrlich gewordene elektrische Trambahn und zuletzt noch das elektrische Automobil haben uns gezeigt, wie weit es schon um die Jahrhundertwende die angewandte Elektrizitätslehre gebracht hat. Zahllose Schriften beschäftigen sich mit denselben; von ihnen soll als bequemste Quelle der Belehrung das in zahlreichen Auflagen immer neu erscheinende Werk von L. Graetz (geb. 1856) hier seine Stelle erhalten.

Auf so manches Nebengebiet der Physik konnte im Vorstehenden aus Gründen der Kürze und des Zusammenhanges gar nicht oder doch nur ganz summarisch die Rede kommen. Dahin gehören die medizinische Physik und die ihr so nahestehende Hygiene, deren Entwicklung von Hippokrates sich (I, S. 25) über Peter Frank's (1745—1821) „System einer vollständigen medizinischen Polizeier“ (1784—1819) hinweg bis zu M. v. Pettenkofer (1818—1901) in aufsteigender Linie verfolgen läßt. Auch die Psychophysik gehört hierher,

nach Wortgebung und Hauptinhalt ein Werk G. Th. Fechner's (S. 159), als deren wichtigste Errungenschaft das Weber'sche Gesetz, aufgestellt war G. H. Weber (S. 142) zu bezeichnen ist. In der von Fechner ihm erteilten Fassung lautet es: Die Empfindung ist proportional dem Logarithmus des Reizes minus dem Logarithmus desjenigen Reizes, der noch eben fähig ist, sich bemerklich zu machen. Angenähert besitzt nach dem erfolgreichsten Förderer psychophysischer Forschungsmethoden, nach W. M. Wundt (geb. 1832), dieses Gesetz auf den verschiedensten Gebieten Geltung.

20. Die Chemie im neunzehnten Jahrhundert.

Mit dem Hervortreten Lavoisiers in den Mittelpunkt chemischer Forschungsarbeit schloß unsere Charakteristik des achtzehnten Jahrhunderts ab. Ist er doch in mehr denn einer Hinsicht der Bannerträger einer neuen Zeit geworden. Mit ihrem schönsten Worte — „wir bedürfen keiner Gelehrten mehr“ — schnitten exaltierte Männer der jakobinischen Partei den Lebensfaden des großen Chemikers durch, aber die Folgezeit hat, und zwar schon in den nächsten Jahren, gezeigt, daß sie ihn noch recht nötig gehabt hätte, indem sie sich durchaus auf den von ihm bereiteten Boden stellte.

Er ist es gewesen, der die auch von anderen viel gebrauchte Wage, ganz im Sinne Hohenheims (I, S. 124), als das wichtigste aller instrumentellen Hilfsmittel des Chemikers anerkannte, und sie bot ihm die Möglichkeit, der Herrschaft der Phlogistonlehre (S. 61) ein Ende zu bereiten. Soeben war, wie wir (S. 67) wissen,

der Sauerstoff, die Lebensluft, aufgefunden worden, und indem nun Lavoisier 1777 („Sur la combustion en général“) den Verbrennungsprozeß genau analysierte, fand er durch Wägung, daß Metallkalle nicht leichter, sondern schwerer werden, daß also aus ihnen kein noch so feiner Stoff entweichen sein kann, sondern daß ein wägbarer Körper, eben jener Grundstoff, sich mit den verbrennenden Körpern verbunden haben muß. Nunmehr war auch das Verrosten der Metalle in seiner wahren Natur erkannt; ebenso war der Oxydationsprozeß und die Atmung des tierischen Organismus physiologisch klargestellt. Zu seinen sonstigen Entdeckungen zählte vornehmlich auch die, daß Wasser kein Element im chemischen Sinne, sondern eine Verbindung von Hydro- und Oxygen sei; der Tatbeweis für diesen Satz mußte allerdings der Elektrolyse (S. 156) überlassen bleiben.

Mit Lavoisier beginnt die große Periode der französischen Chemie, repräsentiert durch die Namen L. B. Guyton de Morveau (1737—1816), C. L. Graf Berthollet (1748—1822), A. F. Fourcroy (1755—1809), J. L. Broust (1755—1826), L. N. Vauquelin (1763 bis 1829), N. C. Henry (1769—1832), B. Courtois (1777—1838), L. J. Thénard (1777—1857), A. J. Balard (1802—1876) und den uns schon bekannt gewordenen L. J. Gay-Lussac (1778—1850). Die älteren Mitglieder dieser stattlichen Phalanx hatten allerdings teilweise schon vor Lavoisier sich ihre Sporen verdient, aber ihr entschiedener Übergang zur Antiphlogistik hat doch wesentlich dazu beigetragen, daß sich alle eine her-

vorragende Stellung sicherten. Es entwickelte sich eine selbständige, den Dingen angepasste Nomenklatur; die Worte Säure, Basis, Element begannen einen klaren Inhalt zu bekommen. Lavoisier faßte einen Urstoff als einen Körper auf, der, wie man ihn auch chemisch verändern möge, stets eine Gewichtsvermehrung erfährt. Das Verwandtschaftsproblem, die von ihm so genannte chemische Statik, war der Hauptgegenstand von Berthollets Lebensarbeit. Das Gesetz der konstanten Proportionen als solches aufzudecken war allerdings nicht ihm, sondern seinem Rivalen Proust vergönnt; Richters Begründung der Stöchiometrie (S. 65) war jenseits des Rheins unbekannt geblieben. Auf sie lenkte das Augenmerk der Fachleute erst wieder M. S. Klaproth (1743—1817) hin, der zusammen mit dem Schweizer C. Girtanner (1760 bis 1800) im Gebiete der deutschen Zunge den Sieg der antiphlogistischen Prinzipien anbahnte. Sehr wesentlich erleichterte die Bestrebungen, auch für die Chemie eine mathematische Grundlage zu erhalten, das Vorgehen der Engländer; J. Dalton (1766—1844), der auch zuerst die wahre Beschaffenheit der atmosphärischen Luft als eines Gemenges — nicht einer chemischen Verbindung — von Sauer- und Stickstoff erkannte, nahm ohne Kenntnis der Arbeiten seines deutschen Vorgängers dessen Ideengang selbständig auf, und durch Th. Thomson (1773—1852) wurden diese für eine neue Auffassung der Atomenlehre charakteristischen Feststellungen weiter verbreitet. Die multiplen Proportionen, die Definition des Wortes Atomgewicht sind Daltons Werk. Der von Gay-Lussac (S. 171) eingeleitete Fortschritt setzte sich

nur langsam durch, aber durch Avogadro's Lehrsatz (S. 144) erhielt doch die ganze Atomistik eine festere Fundierung.

Die von theoretischen Erwägungen unabhängigen Bereicherungen des chemischen Wissensstandes nahmen rasch an Zahl und innerem Wert zu. Davy (S. 116) stellte schon um 1800 das Stickstoffoxydul oder Sackgas dar, und bald nachher glückte ihm die elektrolytische Entdeckung zweier Stoffe, die man anfänglich für zusammengesetzte Körper (Potassium und Natrium) hielt, schließlich aber als die elementaren Alkalimetalle Kalium und Natrium der Lavoisier'schen Grundstofftabelle einreihen mußte. Auch ein noch wenig bekannter schwedischer Chemiker, namens Jöns Berzelius (1779—1848), hatte in Verbindung mit seinem Freunde und Mäcen W. Hisinger (1766—1852) solche Versuche angestellt, allein seine Batterie besaß nicht die Wirksamkeit, wie sie der in bezug auf Geldmittel ganz unbeschränkte Davy der seinigen zu verleihen in der Lage war. Auch Phosphor und Schwefel erhielten infolge der Bemühungen von Gay-Lussac und Thénard das Bürgerrecht als Elemente, und allmählich folgte ihnen auch das schon 1874 als muriatische Salzsäure von Scheele bezeichnete Chlor, dem 1810 Davy seine wahre Natur zuerkannte. Berzelius konnte sich lange nicht entschließen, von der „oxydierten Salzsäure“ zum „Chlor“ überzugehen. Courtois, der wahre Entdecker des für die leidende Menschheit so wichtig gewordenen Morphiums, fand 1812 das Jod, und das dritte der in ihren Eigenschaften sich ähnelnden Elemente, das Brom, wurde

1826 von Balard aus dem Meerwasser abgetrennt. Eine klassische Experimentaluntersuchung Gay-Lussacs lieferte 1815 das Cyan und damit auch den Nachweis des Vorhandenseins zusammengesetzter Radikale.

Die theoretische Seite der Wissenschaft beherrscht in den zwei Jahrzehnten von 1820 bis 1840, bis zur Entthronung des Herrschers durch Liebig, der uns bekannte Berzelius, dessen dualistisch-elektrochemisches System einen sehr plausiblen Einblick in die Gründe, die für das Zustandekommen und die Auflösung chemischer Verbindungen maßgebend sind, zu gewähren schien. Gehalten hat sich dasselbe als solches nicht, aber es hat im höchsten Grade anregend gewirkt und vorzugsweise durch die Einführung der chemischen Gleichung, ohne die seitdem die Wissenschaft gar nicht denkbar wäre, einen namhaften Fortschritt erzielt. Als Gewinn für seine Anschauung, die mit der Spaltung der Korpuskularbegriffe in die des Atoms und Moleküls unvereinbar war, begrüßte Berzelius den 1820 von G. Mitscherlich (1794—1863) entdeckten Isomorphismus, aber er mußte selbst nachgerade sich überzeugen, daß durch denselben einer der Grundpfeiler seiner Lehre bedroht war, und noch mehr traf dies zu, als in den dreißiger Jahren auch der Di- und Heteromorphismus von G. Rose (1798—1873) die Fülle der scheinbaren Anomalien vermehrte. Dem ersteren waren schon früher einzelne Forscher, wie namentlich J. N. Fuchs (1774—1856) und der als Märtyrer seines Wissensdurstes einem Laboratoriumunfalle erlegene A. F. Gehlen (1775 bis 1815), auf der Spur gewesen, aber erst Mitscherlich

wies unzweifelhaft nach, daß die Kristallgestalt allein durchaus noch keinen sicheren Rückschluß auf die chemische Beschaffenheit des fraglichen Körpers gestatte. Und Rose umgekehrt zeigte, daß einundderselbe Körper unter gewissen Umständen in ganz abweichenden Kristallformen auftreten könne. Und diese Aufdeckung chemischer Paradoxen nahm fortwährend zu. Ein noch sehr junger, aber schon vielversprechender deutscher Chemiker, Justus Liebig (S. 118) hatte bereits 1823 die chemische Identität der Knallsäure und Cyanäure dargetan, und durch Faraday (S. 140), wie auch durch E. D. Clarke (1769 bis 1822) wurde immer bestimmter ermittelt, daß chemisch ganz gleich aufgebaute Stoffe ein physikalisch sehr verschiedenes Verhalten bestätigen können. Für Faradays Entdeckung prägte der auch in Fragen der Terminologie vom glücklichsten Takte geleitete Berzelius das Wort Polymerie, und diesem Begriffe traten bald Meta- und Isomerie zur Seite, während die 1841 von der Wissenschaft angenommene Allotropie auf den von C. F. Schoenbein (1799—1868) kurz zuvor erkannten Gegensatz zwischen Sauerstoff und Ozon („Riechstoff“) Anwendung fand. Das eine weit größere Regelmäßigkeit im Aufbau der Körper aus Atomen voraussetzende System des großen Schweden ließ sich mit diesen neuen Tatsachen nur gekünstelt in Verbindung bringen und begann ganz zu versagen, als sich mehr und mehr herausstellte, daß zwischen anorganischer und organischer Chemie durchaus nicht die grundsätzliche Verschiedenheit obwalte, die lange Zeit als etwas Selbstverständliches gegolten hatte.

Von Berzelius war immer daran festgehalten worden, daß bei der Entstehung der organischen Stoffe neben den bekannten Agentien auch noch eine transzendente Einwirkung der Natur, die von den meisten Zeitgenossen noch für unerläßlich gehaltene „Lebenskraft“, eine Rolle spielen müsse. Eine Synthese organischer Körper schien demgemäß außerhalb des Bereiches der Menschenkraft zu liegen. Als daher 1828 F. Woehler (S. 118) trotzdem den Harnstoff synthetisch darzustellen lehrte, war die Überraschung allgemein, und man begreift, daß Liebig diese Leistung als „Morgenröte eines neuen Tages“ begrüßte. Eine hochwichtige Ergänzung lieferte 1860 M. Berthelot (1827—1907) durch direkte Zusammensetzung der Ameisensäure aus ihren Elementen. Die beiden deutschen Chemiker, deren zuletzt gedacht ward, schlossen einen nur durch den Tod zu lösenden Freundschaftsbund, dessen Bedeutung für ihre Wissenschaft die treffliche, 1908 herausgegebene Liebig-Biographie von J. Volhard (geb. 1834) klar vor Augen führt. Aus ihrer 1832 angestellten Untersuchung des Bittermandelöles ging eine neue Auffassung des Wesens der Radikale hervor, und diese ließ endlich 1837 auch eine exakte Begriffsbestimmung für dieses Wort gewinnen, auf die auch J. B. Dumas (1800—1884) selbständig hingeleitet wurde. Die begriffliche Ausgestaltung der organischen Chemie war so in ein neues Fahrwasser gekommen, und auch die von den Franzosen A. Laurent (1807—1853) und R. Gerhardt (1816—1855) begründete Substitutions- und Kerntheorie, welche allerdings in Deutschland weniger

Anklang fand, trug doch sehr dazu bei, jene Disziplin zu einem autonomen Bestandteile der Gesamtwissenschaft zu erheben. Mehrere von Liebig dargestellte Stoffe, das Aldehyd und das nachmals von M. D. C. Lieberich (geb. 1839) zum Wohltäter für viele Kranke ungebildete Chloral, trugen wesentlich dazu bei, den Kämpfen um die Theorie der organischen Körper, in die um diese Zeit auch Dumas' Typenlehre energisch eingriff, die Richtung zu weisen. Berzelius suchte von den auf ihn einstürmenden Neuerungen für seine alte Systematik zu retten, was möglich war, geriet aber bei diesem vergeblichen Bemühen in immer ausgesprochenen Konflikt mit den chemischen Koryphäen nicht nur Frankreichs, sondern auch Deutschlands, wie denn zuletzt auch der lange treu gebliebene Liebig sich ganz von ihm abwandte. Allein durch diese Verdunklung des späteren Lebensalters des hochverdienten Mannes konnten natürlich seine eminenten Leistungen aus früheren Jahren höchstens vorübergehend in den Schatten gestellt werden, und vor allem bleibt ihm unvergessen, daß er als der erste eine genaue numerische Bestimmung der Atomgewichte ins Werk gesetzt hatte. Daß es auch ein Molekulargewicht gäbe, vermochte er natürlich nicht zuzugestehen; diese Definition, wie auch die immer notwendiger werdende Scheidung zwischen Atom und Molekül war Laurents Verdienst; dessen Schüler Gerhardt hat dann auch die volle Tragweite des Theorems von Avogadro (S. 144) sich und anderen klar gemacht. Neben Liebig, der 1852 einem Rufe nach München folgte, haben an der Ausgestaltung der Chemie in dieser

Periode insonderheit A. W. S. Kolbe (1818—1884), A. W. Williamson (1824—1904) und E. Frankland (1825—1899) gearbeitet. Liebig hat auch in praktischer Beziehung eine neue Richtung inauguriert, indem er an seiner Universität Gießen sein Musterlaboratorium einrichtete und im größten Ausmaße Studenten und ältere Praktikanten zu eigenen Arbeiten anleitete. In Frankreich hatte das chemische Instrumentarium, zumal nach Gay-Lussacs (S. 171) Einführung der Titrieranalyse, ganz neue Formen und Dimensionen angenommen, aber in anderen Ländern war es mit der Ausstattung der Institute noch sehr ärmlich bestellt, und man staunt geradezu, wenn man liest, mit welchem Minimum von äußeren Hilfsmitteln sich ein Wollaston (S. 151), ein Berzelius und ein Faraday — wenigstens in seiner früheren Epoche — behelfen mußten. Hier also hat Liebig eingefeszt, und man darf sehr wohl behaupten, daß seine Gießener Anstalt, so hart er auch um deren Modernisierung mit dem Darmstädter Ministerium ringen mußte, einem großartigen Laboratorium der neuesten Zeit — unsere Abbildung (Tafel XIV) zeigt W. Muthmanns (geb. 1861) Experimentieraal für anorganische Chemie an der technischen Hochschule in München — unverhältnismäßig mehr ähnlich war als etwa einer chemischen Küche der Vergangenheit (s. Tafel VI). Er und Kolbe haben sich auch als scharfe Kritiker einen Namen gemacht, und ohne daß sie etwa immer im Rechte gewesen wären, hat doch sonder Zweifel ihr Wort sehr viel Gutes gewirkt. So dürfte der Aufschwung des chemischen Studienwesens in Preu-

ßen und Österreich zwischen 1850 und 1860 gewiß mit auf Rechnung der von Liebig gegen die früheren Zustände gerichteten Ausstellungen zu setzen sein.

Zurückgreifend haben wir festzustellen, daß die erste Hälfte des Jahrhunderts viele neue Elemente den bis dahin bekannten hinzutreten sah. Uran, Titan, Cerium, Zirkonium wurden von Klaproth (S. 172), Chrom von Vanquelin (S. 171), Molybdän und Wolfram (Scheele) durch schwedische Schüler Scheeles (S. 67), Palladium und Rhodium durch Wollaston, Osmium und Iridium durch S. Tennant (1761—1815), Bor durch Gay-Lussac, Baryum, Strontium, Calcium und Magnesium durch Davy (S. 116), Silicium und Theorium durch Berzelius, Radium durch F. Stromeyer (S. 106) — und vielleicht schon vorher durch R. S. L. Hermann (1765—1846) —, Aluminium und Beryllium durch Woehler (S. 176), Lanthanium, Erbium und Terbium durch R. G. Mosander (1797 bis 1851) als neue Grundstoffe isoliert. Die Vermutung des schwedischen Münzbeamten Scheffer, daß im Platin ein neues Metall anzuerkennen sei, wurde erst um 1802 durch Wollastons Darstellungsmethode zur vollen Gewißheit. Neben der Auffindung der Elemente spielten sich in der Zeit von 1850 insbesondere auch jene umfassenden Versuchskombinationen ab, welche die Verbindungen von Stickstoff, Phosphor, Arsen und Antimon mit zahlreichen Elementargasen zum Gegenstande hatten. Die erste Beschreibung des nachher so überaus bedeutsam gewordenen Schwefelkohlenstoffes lieferten 1802 die beiden — ihren Lebensumständen

nach merkwürdig wenig bekannten — Physikochemiker Clément und Desormes, denen ein Jahr vorher die Entdeckung des Kohlenoxydgases geglückt war. Der Jenaer Arzt Fr. Hoffmann hatte zwar schon 1715 die todbringende Wirkung der Verbrennungsgase wahrgenommen, deren wahre Natur jedoch noch nicht erforschen können.

Die zweite Jahrhunderthälfte wird in ihrem ersten Decennium noch zu allererst beherrscht durch die theoretische Spekulation, die wohl durchaus an den Versuch anknüpft, aber doch vielfach einen ganz deduktiven Charakter nicht verleugnet. Gerhardt und G. C. B. Chancel (1822—1890) suchten alle Verbindungen, die organischen in erster Linie, zu vier Normaltypen, als welche Wasser, Ammoniak, Wasserstoff und Chlorwasserstoff angenommen wurden, in Beziehung zu setzen, aber die Fruchtbarkeit dieser Hypothese betätigte sich erst dann vollständig, als F. A. Kekulé (1829—1896) seine gemischten Typen einführte, gegen die sich natürlich auch Kolbes Tadel wandte, die aber doch selbst wieder für die Theorie der Paarung des Kritikers, wonach Kohlenstoff und Radikale in solcher Weise zusammentreten, mitbestimmend wurde. Er und Frankland, die sich im Arbeiten enge aneinander schlossen, wagten den durch Woehler (S. 176) freilich vorbereiteten, von der Mitwelt indessen noch immer als sehr kühn empfundenen Satz auszusprechen: Die sogenannten organischen Körper sind ausnahmslos Abkömmlinge anorganischer Verbindungen. Und zwar ist in diese regelmäßig der Kohlenstoff eingegangen.

Ihm hauptsächlich galten die Untersuchungen von C. A. Wurz (1817—1884), G. L. Buff (1828—1872), Berthelot (S. 176) und ganz besonders von Kekulé. Letzterer stellte die Tatsache fest, daß der Kohlenstoff vieratomig sei, wie ähnliches Frankland auch bereits für andere Elemente gefunden hatte, trug aber zugleich ein äußerst triebkräftiges Ferment in diesen ganzen Zyklus von Betrachtungen durch Aufwerfen der Frage hinein, ob sich eine bestimmte Art der Verkettung der Atome nachweisen lasse. Die „Struktur“ der Körper, wie sich A. Butlerow (1828—1856) ausdrückte, mußte ermittelt werden, „die Art und Weise der Bindung der Atome in einem Molekül“. Dann gehört zu jeder Verbindung nur eine einzige Formel, eine echte „Konstitutionsformel“ nach der modernen Sprechweise. Die Wertigkeit oder Valenz ließ sich dann durch ein geometrisches, an die Darstellungen der Genealogie erinnerndes Diagramm wiedergeben lassen, wie solche jetzt alle Lehrbücher erfüllen. R. A. R. G. Erlemeyer (1825 bis 1909) verwertete das neue Verfahren sofort bei seinen Studien über Eiweißkörper. Das bisher undurchsichtige Wesen der Isomerie (S. 175) entschleierte sich jetzt, denn jede Umlagerung der Atome mußte gewisse Folgen nach sich ziehen. Neue isomere Verbindungen entdeckten der als Reformator des höheren chemischen Unterrichtes von Deutschland nach England berufene A. W. Hofmann (1818—1892) und der später auf anderem Gebiete noch berühmter gewordene Louis Pasteur (1822 bis 1895), der die physikalische Isomerie neben die chemische stellte. Wein- und Traubensäure, so konstatierte er 1853,

setzen sich aus den nämlichen Grundbestandteilen zusammen, drehen aber die Polarisationsebene des Lichtes in entgegengesetztem Sinne. Neue Erkenntniswege zeigte 1865 Kekulé's Theorie der aromatischen Verbindungen auf, deren springender Punkt darin bestand, daß dem — zuerst von Faraday dargestellten. — Benzol ein regelmäßiges Sechseck als für die Struktur normativ zugeschrieben ward, in dessen Ecken die alternierend ein- und zweivertig gebundenen Kohlenstoffatome stehen, zu deren jedem auch ein Wasserstoffatom gehört. Zwar wurden die neuen Strukturformeln keineswegs ohne Gegnerschaft hingenommen, wie denn Adolf Baeyer (geb. 1835) eine scharfe Kritik übte, aber der Grundgedanke vermochte sich gleichwohl zu behaupten; die von A. Woffkresenski (gest. 1880) und R. Graebe (geb. 1841) untersuchten Chinone gaben sich sogar als dem Benzol analog zusammengesetzte Körper zu erkennen. Alle diese Arbeiten, zu denen noch diejenigen von Viktor Meyer (1848—1897) und P. R. Laar (geb. 1853) hinzugenommen werden müssen, leiteten hinüber zu der fundamentalen Neugestaltung der chemischen Grundanschauung, die sich in dem Worte Raumchemie (Stereochemie) kundgibt.

Vielleicht zuerst bei Laurent (S. 176), jedenfalls bei Kekulé ist das Prinzip dieser heute zu hoher Wichtigkeit und Fruchtbarkeit gediehenen Doktrin ausgesprochen. Im engeren Sinne tat es A. Le Bel (geb. 1847), der 1884 die Zusammensetzung der Stoffe stereochemisch deutete, und noch im gleichen Jahre gab J. H. van t'Hoff (geb. 1852) eine bereits systematisch gefaßte Darstellung der

neuen Lehre; auch der Italiener G. Paternò (geb. 1847), der 1869 die vier Valenzen des Kohlenstoffatoms räumlich zu interpretieren versucht hatte, darf nicht vergessen werden. Von deutschen Gelehrten ist mit voller Entschiedenheit zuerst J. Wislicenus (1835 bis 1903) auf den gleichen Boden getreten, veranlaßt durch die ihm hinsichtlich der Konstitution der Milchsäuren entgegengetretenen Schwierigkeiten. Und zumal in Deutschland, wo A. Hantzsch (geb. 1857), R. F. Auwers (geb. 1863), P. Walden (geb. 1863) für die Durchführung des eine neue Periode der rationellen Atomistik signalisierenden Gedankens wirkten und wirken, hat dieser die festesten Wurzeln geschlagen. Noch ist man weit davon entfernt, alle Rätsel gelöst zu haben; Ostwald (S. 120) weist z. B. auf einige noch nicht recht erklärliche Widersprüche im Verhalten der Apfelsäure hin. Aber schon die bisherigen sicheren Resultate haben doch eine Menge von Dunkelheiten entfernt und u. a. dargetan, daß nicht die Isomerie ein seltener Ausnahmestand, sondern weit eher als Regel zu betrachten ist.

Auch für die Synthese, mit der Woehler (S. 176) den Anfang machte, ist, wenn sie auch vielfach nicht auf stereochemischem Wege geleistet ward, eine ungleich sicherere Basis geschaffen worden. Die Zeiten, in denen Goethes Straßburger Lehrer J. R. Spielmann (1722 bis 1783) die Möglichkeit eines Aufbaus der Körper aus ihren Elementen bezweifelte, weil die Natur zu viele Wege („encheireses“) zur Verfügung habe, auf denen die Chemie — „spottet ihrer selbst, und weiß nicht wie“ — nicht nachzufolgen imstande sei, sind für immer

vorüber. A. Baeyer, B. Meyer, Emil Fischer (geb. 1852), der die Zuckersynthese schuf, haben diese Probleme mit durchschlagendem Erfolge zu lösen begonnen, und aus der von Baeyer in München gesammelten Reihe jüngerer Forscher sind zahlreiche einschlägige Arbeiten hervorgegangen. Auch A. Ladenburg (geb. 1842), Otto Fischer (1852) und Berthelot (S. 176), welcher letzterer gerade noch vor Jahrhunderteschluß (1899) das Argon in eine ungern eingegangene Verbindung mit Schwefelkohlenstoff hineinzwang, gehören in diesen Kreis.

Nach einer anderen Seite hin vermochten die chemisch-theoretischen Vorstellungen die erfolgreichen Bemühungen, durch Vergleichung der Atomgewichte (S. 177) die Reihe der bekannten Grundstoffe zu erweitern. Wir wissen (S. 177), daß auf diesem Gebiete Berzelius sich unvergängliche Lorbeeren erworben hatte; J. S. Stas (1813—1891), J. S. P. Thomsen (1826—1909), H. H. Landolt (geb. 1831) u. a. führten das Werk einer exakten Bestimmung dieser Größen fort. Zahlenmäßig hatte schon viel früher die allzu kühne Hypothese W. Prout's (1786—1850), daß jedes solche Atomgewicht ein Vielfaches desjenigen des Wasserstoffes sei, entkräftet werden können; zahlenmäßig hatten Pettenkofer (S. 169) und P. Kremers (geb. 1827) Gesetzmäßigkeiten in den Werten aufzudecken gesucht. Vollkommen glückte dies aber erst Lothar Meyer (1830 bis 1895), dem D. Mendelejew (geb. 1830) und K. F. D. Seubert (geb. 1851) nachfolgten. Jedem Elemente, so stellte sich heraus, kommt ein bestimmter, vom Atomgewichte abhängiger Platz in der Tafel der

Elemente zu. So ließen sich für die spektroskopisch (S. 151) teils zuerst, teils genauer fixierten Grundstoffe Thallium, Lithium, Caesium und Rubidium ihre Orte aufzeigen. J. Nilsons (geb. 1840) 1879 als neues Element verkündeter Körper Skandium füllte eine von Mendelejew wahrgenommene Lücke aus; auch Yttrium und Ytterbium fügten sich dem Systeme ein. Im Jahre 1875 traten P. G. F. Lecoq De Boisbaudrans (geb. 1838) Gallium, 1885 des Beleuchtungstechnikers Nuer v. Welsbach Neodym und Praseodym, 1886 Klemens Winklers Germanium hinzu; letzteres ein rein theoretischer Fund, der an Leverriers (S. 132) Errechnung des Planeten Neptun gemahnt. Und wieder von theoretischen Erwägungen geleitet, wiesen Lord Rayleigh (geb. 1842) und W. Ramsay (geb. 1852) die Existenz der — aus den bisherigen Kategorien einigermaßen heraustretenden — „Edelgase“ Helium (S. 147), Argon, Xenon, Krypton, Neon nach, die nach Boltzmanns Ansicht (S. 137) wegen ihrer besonders einfachen molekularen Konstitution überhaupt eine Ausnahmestellung einnehmen müssen. Vielfach, so von B. Meyer, ist auf die Möglichkeit hingewiesen worden, daß dereinst einmal alle Elemente als Verbindungen erkannt werden könnten. Manch vermeintliches Element hat sich schärferer Analyse gegenüber nicht in dieser Eigenschaft behaupten können; auch über das mit hoher Radioaktivität (S. 165) begabte Polonium der Frau Curie (Gattin von J. Curie) sind die Akten noch nicht geschlossen.

Hat sich somit schon die Anzahl der Elemente im Verlaufe des neunzehnten Jahrhunderts stark vermehrt,

so ist diejenige der wissenschaftlich oder technisch bemerkenswerten Verbindungen ins Unermeßliche gewachsen. Die Anilinfarbstoffe, um die C. und D. Fischer sich besonders bemüht haben, die Alkoholoide, denen Kolbe, Frankland, S. Cannizaro (geb. 1826), G. Ciamician (geb. 1857) Aufmerksamkeit zuwandten, die Fett Säuren Chevreuls (S. 150) und der Liebig'schen Schule, die Ester und Aldehyde (S. 177), die von Baeyer, E. Fischer und H. Kiliani (geb. 1855) allseitig studierten Süßstoffe, Th. Curtius' (geb. 1857) Hydrazin und die Stickstoffverbindungen, durch deren Erforschung A. W. Hofmanns Laboratorium sich hervortat — sie alle können nur andeutungsweise genannt werden. Ungeheuer steigerten sich bei diesen Untersuchungen auch die Anforderungen an die Laboratoriumstechnik. Den gewichtigsten Leistungen dieser Art ist beizuzählen der von H. Moissan (1852 bis 1907) konstruierte elektrische Ofen, der früher für unmöglich gehaltene Hitzegrade zu erzeugen erlaubt und 1896 die Erzeugung des metallischen Wolframs (S. 179) in Klumpen zur Tatsache werden ließ.

Keine andere Naturwissenschaft, selbst die Physik nicht ausgeschlossen, ist so großartiger und vielseitiger Anwendungen im ganzen Bereiche menschlichen Lebens fähig, wie eben die Chemie. Den wichtigsten derselben sei wenigstens eine kurze Skizze vergönnt. Hierher gehört die Pharmakologie mit ihren Abzweigungen, vor allem der (S. 62) schon im achtzehnten Jahrhundert betriebenen Prüfung der Mineralwässer; L. F. Hermbstaedt (1760 bis 1833) und J. B. Tromsdorff (1770—1827) müssen da aus älterer, F. A. Flückiger (geb. 1828) und

G. Schaer (geb. 1842) müssen aus neuerer Zeit angeführt werden. Zu ihr steht in naher Beziehung die selber wiederum gar mannigfach gegliederte medizinische Chemie. Die Toxikologie, die Lehre von der Erkennung und Bekämpfung der Giftwirkungen (I, S. 125), haben Stas (S. 184) und M. J. B. Orfila (1787—1833) begründet; ersterer erkannte im Nikotin die gefährlichen Eigenschaften. Speziell für forensische Zwecke haben dieselbe ausgearbeitet R. F. Mohr (1806—1870), F. J. Otto (1809—1870), F. L. Sonnenschein (1819 bis 1879) und N. Gilger (1839—1905); letzterer auch eine der führenden Persönlichkeiten bei Ausgestaltung der Nahrungsmittelchemie. Die Getränkechemie fand namhafte Vertreter in W. v. Hamm (1820—1880), A. W. v. Babo (geb. 1827), L. Koesler (geb. 1841) und, soweit besonders das Bier in Frage kommt, in Vater und Sohn R. Vintner (1828—1891; geb. 1855), die auf dem von G. H. E. Schnedermann (1818—1881) gebahnten Wege weiterschritten und zumal die für den Brauprozess als ausschlaggebender Faktor nachgewiesene Diastase untersuchten. Für die Tierchemie legte schon 1851 Berzelius den wissenschaftlichen Grund; andere tüchtige Forscher waren E. v. Vibra (1806—1878), der auch die erste Monographie der Phosphornekrose lieferte, J. E. Schloßberger (1819—1860), E. F. J. Hoppe-Seyler (1825—1895) und E. F. v. Gorup-Besanez (1817—1878). Die Beschaffenheit des Blutes ward von R. J. Loewig (1803—1890) und R. E. H. Schmidt (1822—1894), die der Galle von A. F. L. Strecker (1822—1871), diejenige der Eiweißkörper von

E. F. W. Pflüger (geb. 1828) genau ergründet; um die Details des Verdauungsprozesses erwarb sich die größten Verdienste Karl v. Voit (1831—1908). Als einer der ersten Repräsentanten der physiologischen Chemie im allgemeinen Wortsinne hatte der Holländer G. J. Mulder (1820—1880) heftige Kämpfe mit dem streitbaren Liebig (S. 178) auszufechten, die gerade nicht zu seinem Vortheile ausgingen.

Dieser selbst ist der wahre Vater der Agrilkulturchemie. Die älteren erst zu nehmenden Bearbeiter der Lehre vom Pflanzenbau, wie Th. De Saussure (1767 bis 1845) und A. Thaer (1752—1823), lebten der Überzeugung, daß die im „Humus“ enthaltenen organischen Stoffe das Nährelement der Pflanzen seien. Geradezu revolutionierend mußte da Liebig's Hauptsatz — die Nahrungsmittel aller grünen Gewächse sind unorganische Substanzen — auf Theoretiker und Praktiker wirken, und so begann um 1840 jener oft heftig geführte Streit um die Vortheile der Mineraldüngung, in dem sich stets mehr und bedeutendere Forscher auf Liebig's Seite stellten, so vor allem der auf Erfahrungen in allen Weltteilen zurückblickende J. B. Boussingault (1802—1886). Nach und nach drang die neue Anschauung siegreich durch, und nur in einzelnen Punkten hat sich später ihre Ergänzungsbedürftigkeit herausgestellt; so hat erst die neuere Zeit, in der Ch. A. Müngz (geb. 1846) unter neuen Gesichtspunkten auf das alte Problem zurückkam, die Mitwirkung nitrefizierender Substanzen in ihr Recht eingesetzt. Die nahe verwandte Pflanzenchemie hat durch die Studien des Russen

A. Famingin und W. Pfeffer (geb. 1845) über das Chlorophyll sehr gewonnen. Heutzutage reichen sich mehr denn früher die Agrikulturchemie, in der A. J. Mayer (geb. 1843) der Nachfolger Liebig's wurde, und die sich kräftig emanzipierende Agrikulturphysik die Hände. Letztere fand in M. C. Bollny (1846—1901), dem Finnländer Th. Horn und E. Ramann die Männer, deren es bedurfte, um die Agronomie zu einer richtigen Naturwissenschaft um- und auszubauen.

Von der Photographie war bereits bei der Physik zu sprechen, aber neben ihr darf die Photochemie nicht außer acht bleiben, wie sie Bunsen (S. 140) und der Spektroskopiker J. C. Roscoe (geb. 1833) schufen, wie sie gegen Ende des Jahrhunderts J. M. Eder (geb. 1855), R. Luther (geb. 1867) und Miethe (geb. 1862) im großen Stile fortführten. Auf die selbst unübersehbar gewordene Farbenchemie näher einzugehen, verbietet sich an diesem Orte um so mehr, als einzelne Andeutungen hierüber schon oben eingeflochten wurden. Nur sei festgestellt, daß F. F. Runge (1795—1867) es war, der zuerst die Bedeutung des Steinkohlenteers für die Gewinnung der Anilinfarben entdeckte, und daß Baeyers (S. 182) künstliche Darstellung des Indigos das Arbeitsfeld dieser Disziplin ungemein erweiterte. Auch eine erschöpfende Charakterisierung anderer Zweige der industriellen Chemie kann von uns nicht angestrebt werden, und es muß bei einigen Aphorismen sein Bewenden haben. Die Metallurgie (I, S. 49) ist mit der Chemie überhaupt seit den Zeiten eines J. F. A. Goetling (1755—1809) und W. A. Lampadius (1772 bis

1842) stetig fortgeschritten. Berzelius, H. Rose (1795 bis 1864) und R. F. Plattner (1800—1858), dem die Probierkunst mit dem Lötrohre besonders zu Dank verpflichtet ist, griffen kräftig in diesen Fortschritt ein, der in einer von H. Bessmer (1813—1898) erfundenen neuen Methode der Stahlbereitung einen schönen Triumph zu feiern hatte. Schwefelsäure und Soda, zwei Stoffe von der universellsten Bedeutung, sind, seitdem sich zuerst N. Le Blanc (1742—1806) und J. S. Muspratt (1821—1871) eingehender mit ihnen befaßten, das Endziel einer an Verbesserungen überreichen Fabrikation geworden, und von Salz- und Salpetersäure gilt nahezu das gleiche. Explosivkörper im großen herzustellen, ließen namentlich die riesig gesteigerten Wünsche der Behörden des Kriegsdienstes geboten erscheinen, und so traten neben der Pulverbereitung die Schießbaumwolle von Schoenbein (S. 175), der 1845 auch das Kolloidum darstellte, und das Nitroglycerin von N. Sobrero (1812—1888) und L. J. Belouze (1807 bis 1867) in den Vordergrund; durch Vermengung des Knallglycerins mit Kieselguhr kam es 1867, als N. Nobel (1832—1896) die Sache in die Hand nahm, zur Erfindung des furchtbaren Zerstörungsmittels Dynamit, an das sich bald noch andere Sprengstoffe — Banklastit, Koburit, Ekrasit usw. — anreichten. Die Anfänge der Zündwarenindustrie lassen sich bei dem Jenaer Chemiker J. W. Doebereiner (1780—1840) erkennen, und die Gasbeleuchtung wurde 1812 in London, 1826 in Berlin eingeführt. Man stellte damals und später das Leuchtgas aus Steinkohlen her;

daß es auch aus Holz sich gewinnen lasse, bewies 1851 Bettenkofer. Neuerdings ist H. G. C. Bunte (geb. 1848) der wissenschaftliche Hauptvertreter der auf das Beleuchtungswesen abzielenden Operationen.

Unwillkürlich sind wir nun längst an der nicht strengen zu ziehenden Grenze angelangt, welche die Chemie im älteren Wortsinne von der erst in der zweiten Jahrhunderthälfte in das Alter der Selbständigkeit eingetretenen physikalischen Chemie trennt. Ihre bescheidenen Anfänge gehen freilich auf das achtzehnte Jahrhundert zurück, und in Wenzel (S. 65) sind wir sogar einer sehr schätzenswerten Kraft begegnet, die man für den neuen Wissenszweig zu reklamieren ein Recht besäße. Doch wird man erst in den thermochemischen Untersuchungen von Faraday, F. L. Silbermann (1806—1865) und P. A. Favre (1813—1880) bewußtere Anfänge konstatieren dürfen, zumal nachdem der ebenso bescheidene, wie klar blickende Hermann Kopp (1817—1892), zugleich der an Gelehrsamkeit kaum übertroffene Geschichtschreiber seiner Wissenschaft, von 1839 und noch mehr von 1863 an die Kalorimetrie (S. 47) der Chemie als eine reichhaltige Untersuchungsmethode zur Verfügung gestellt hatte. Er, so meint Ostwald, der den ersten Lehrstuhl für das junge Fach innehatte, leitet dessen neuere Entwicklung recht eigentlich ein. Aber auch Avogadro's Theorem (S. 144) und die von Dumas (S. 176), A. W. Hofmann (S. 186) und V. Meyer (S. 182) ausgeführten Dampfdichtebestimmungen stehen schon auf physikalisch-chemischem Boden, wie für ersteres der Zusammenhang in einem 1893 erschienenen Werke

Nernst's (S. 162) ausdrücklich hervorgehoben wird. Die Gegenfälligkeit der Mischungen, denen man auch die Metallegierungen subsumiert, und der chemischen Verbindungen, sowie die Übergangszustände zwischen beiden spielen hier herein; die „eutektischen“ Mischungen F. Guthrie's (1833—1886) schieben sich als eine Art Übergangszustand zwischen Gemenge und Verbindung ein. Der Theorie der Lösungen gewann 1885 van t'Hoff eine neue Seite ab; er stellte nämlich die bisher in diesem Sinne nicht bekannte Definition des osmotischen Druckes auf oder, noch zutreffender gesagt, er verallgemeinerte diejenige, die bisher von Physikern und Physiologen nur für den konkreten Fall des endosmotischen Austausch zweier Flüssigkeiten durch eine Zwischenwand hindurch gebraucht gewesen war. Auch die Größe dieses Druckes zu messen gelang, und eine abermalige Ausdehnung bestehender Begriffe wurde erreicht, als der genannte Physikochemiker denselben Druck auch bei festen Lösungen nachwies. Daß es auch solche gäbe, war durch W. B. Springs (S. 137) Durchdringungsversuche wahrscheinlich geworden. Von isosmotischen Lösungen läßt sich, wenn Volumen und Temperatur gleich sind, behaupten, daß sie, eben nach Avogadro (S. 144), die gleiche Anzahl von Molekülen enthalten müssen.

In eine durchaus neue Beziehung traten diese anscheinend einem ganz anderen Felde angehörigen Untersuchungen zur Elektrochemie. Wie dieser Begriff sich gewandelt hat, ersieht man am besten, wenn man die beiden Lehrbücher dieses Faches mit einander

vergleicht, die 1817 Lampadius (S. 189) und 1896 Ostwald veröffentlicht haben; der Titel ist der gleiche, der Inhalt könnte nicht verschiedener sein. Arrhenius (S. 162) hatte 1884 den elektrolytischen Akt derart interpretiert, daß durch ihn die Moleküle in die unverhältnismäßig viel kleineren Zonen (S. 162) aufgelöst werden. Die elektrische Dissoziation bewirkt, daß, sowie die Moleküle zerfallen sind, die positiven Zonen gegen die Kathode und die negativen Zonen gegen die Anode hin sich in Bewegung setzen. Die sich in Umrissen zeigende Analogie zwischen Gasen und verdünnten Lösungen fixierten Ostwald und Kernst in ihren einzelnen Teilen, und nach und nach ließ sich auch die elektromotorische Leistung der Zonen der Messung unterstellen. Die Kontaktelektrizität, als welche besonders J. E. Zamin (1818 bis 1886) den Galvanismus aufgefaßt wissen wollte, hatte bis dahin begriffliche Schwierigkeiten dargeboten, deren vollständige Hebung hervorragenden Chemikern nicht hatte glücken wollen, denn die Metalle und Flüssigkeiten sollten doch eine, wie man sagte, „katalytische“ Kraft ausüben, die rein an ihr Vorhandensein, nicht aber an irgendeine Arbeitsleistung gebunden schien. Eine solche ist nach den neueren Ansichten gar nicht vorauszusetzen; katalytisch wirken lediglich die wandernden Zonen. So ward eine „Arbeitshypothese“ (Working Hypothesis der Briten) geschaffen, die, wie man auch über ihre sonstige Zulässigkeit denken möge, in der „Beschreibung der Erscheinungen“, worin G. Kirchhoff (S. 151) die erste Pflicht der Naturforschung erblickte, jedenfalls Großes vermag. Das übernächste Kapitel wird uns auf sie zurückführen.

Auch die Optik zieht aus ihr den vielfältigsten Nutzen, wie z. B. Ostwalds Behandlung der Absorptionspektren von Salzen bekundet. Salze wurden schon von Hittorf (S. 162) mit Elektrolyten identifiziert. Daß auch die früher von uns (S. 189) unter anderem Gesichtspunkte gewürdigte Photochemie beteiligt ist, leuchtet ein, und bei der Thermochemie (S. 191) verhält es sich nicht anders. Allerdings ist von G. H. Hess (1802—1850) bis zu den neuesten Studien über die bei elektrischer Dissoziation frei werdenden Wärmemengen noch ein weiter Weg zurückzulegen gewesen, aber dafür ist gerade dieser Zweig der physikalischen Chemie durch die Arbeiten von Nernst und van 't Hoff, zu denen die klassische Behandlung der Phasenregeln durch Gibbs (S. 147), P. H. Roozeboom (geb. 1854) u. a. hinzukamen, gewaltig ausgebildet worden. Es gibt jetzt, nachdem die Norweger P. Waage (geb. 1833) und C. M. Guldberg (geb. 1836) auch die Affinitätslehre für die Anwendung der Mathematik zugänglich gemacht haben, eine chemische Statik, die etwas ganz anderes als das ist, was sich Graf Berthollet (S. 172) darunter dachte, und eine chemische Kinetik, deren erste Anfänge bei Wenzel (S. 65) zu finden sind. Es erscheint jetzt nicht mehr als eine utopische Forderung, die Absolutgröße der Moleküle zu berechnen und damit nach Avogadro auch auf deren Anzahl einen Schluß zu ziehen.

Ein Wort gebührt noch der Geschichte der Chemie. Kopp (S. 191) hat seiner würdige Nachfolger gefunden. Durch Ladenburg (S. 184), C. v. Meyer (geb. 1847), C. D. v. Sippmann (geb. 1857) und den viel

zu früh abgerufenen G. Rahlbaum (1853—1905) ist auf diesem Gebiete die historische Forschung mächtig in Schwung gebracht worden.

21. Mineralogie und Petrographie im neunzehnten Jahrhundert.

Mit Romé DeLisle (S. 75) haben wir unsere Darlegungen über die Entwicklung der Kristallographie im achtzehnten Jahrhundert abgeschlossen. So tüchtig er war, so vermochten doch weder er noch der gefeierte und berühmte Naturhistoriker Graf G. L. L. De Buffon (S. 89), den freilich sein hohes Alter entschuldigte, den neuen Gedanken Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, mit denen R. J. Haüy (1743—1822) im Jahre 1784 hervortrat. Im „Traité de Minéralogie“ (1801) setzte er das System seiner Strukturtheorie ausführlich auseinander. Die Neuerung bestand für den Gegner, der deshalb auch den Beinamen „Kristallokast“ dem unbequemen Neuerer anhing, zunächst darin, daß der Kristall längs seiner natürlichen Spaltungsebenen zerbrochen wurde. So fand sich, daß jeder Mineralkörper durch eine ganz bestimmte stereometrische Normalform gegeben war, und die Kristallkunde war fürs erste zu einer Unterabteilung der Raumgeometrie geworden.

In Haüys Fußstapfen traten J. N. Monteiro (1758 bis ?), B. L. A. Cordier (1777—?), F. J. Sorot (1795 bis 1865) und, mit noch größerem Erfolge, C. S. Weiß (1780—1856) und Fr. Neumann, welcher letzterer uns als Physiker (S. 152) wohl bekannt ist. Von Weiß rührt

ein kristallographisches Prinzip her, das seitdem nie wieder verlassen wurde, nämlich die Berücksichtigung der Achsen, die nicht nach außen kenntlich sind und doch den Charakter des Kristalles maßgebend bestimmen. Sein Zonen-gesetz gewährte die erwünschten Anhaltspunkte, um die Seitenflächen bequem zusammenzuordnen. Neumann seinerseits projizierte aus dem Schnittpunkte der Achsen die Ecken und Kanten zentral („gnomonisch“) auf die um-beschriebene Kugelfläche und ordnete jeden solchen sphä-rischen Punkt der betreffenden Seitenfläche zu, was die erwählten Zonenverbände ungleich übersichtlicher machte. Auch die Winkelmessung wurde weit über Romé Delisle hinaus vervollkommenet. Wollaston (S. 151) erfand das Reflexionsgoniometer (1809), und neben zahlreichen anderen Gelehrten, unter denen W. Phillips (1773 bis 1828) und A. L. Kupffer (1799—1865) beson- ders tätig waren, hat G. v. Riese (1790—1868) dieses Messungsverfahren ausgestaltet. Auch J. F. A. Breit- haupt (1791—1873), J. F. L. Hausmann (1782 bis 1859), der die Prüfung mit dem Vötrohre für die Kristallkunde ausnützte, und der Geologe R. F. Nau- mann (1797—1873), der auch als Petrograph seine Wissenschaft förderte, gehören zeitlich in diese Gruppe von Kristallographen der Anfangsperiode. Innerlich hervorragend, aber in seiner Publikation durch Schran- ken von mancherlei Art gehemmt, hat J. F. C. Hessel (1796—1872) neue Ideen in die junge Disziplin hineingebracht, aber das Zeitalter verstand ihn so wenig, daß ihn Sohncke in den achtziger Jahren erst förmlich wieder zu entdecken genötigt war. Er ist der Vorläufer

des
sein
und
Krisyt
ben
ein
der
der
Kri
aus
ßen
erst
N.
wie
Br
G.
mit
Na
for
ten
die
der
die
alle
vor
ma
ma
Ab

des ausgezeichneten französischen Mathematikers, der sein Talent in den Dienst dieser Anwendungen stellte und die Aufgabe löste, alle denkbaren Klassen von Kristallgestalten wirklich einander zuzuordnen.

A. Bravais (1811—1863) konstruierte jene Punktsysteme, die man als „Raumgitter“ bezeichnen kann; er bewies, daß sich dieselben in sieben selbständige Klassen einteilen lassen, und jede von diesen entsprach einem der bekannten Systeme. So kann das Jahr 1850 als der entscheidende Wendepunkt in der Entwicklung der Kristallographie gelten. Alle späteren Arbeiten sind in ausgesprochenster Weise durch jene einstweilen abschließende Leistung beeinflusst worden. Dahin gehört in erster Linie eine Abhandlung des schwedischen Finnen A. Gadolin (1828—1893), dessen 32 Kategorien, die wieder in sechs Klassen zerfallen, die Einleitung von Bravais noch wesentlich abrunden. Aber weder er noch G. Delafosse (1796—1878), der ebenfalls die letztere mit Glück fortzubilden unternahm, konnten den exakten Nachweis dafür erbringen, daß nicht doch noch Kristallformen existieren möchten, die in den bisher aufgestellten Systemen einen Platz hätten finden sollen. Um auch diesem Verlangen zu genügen, durfte man sich nicht bei der geometrischen Abzählung beruhigen. Wollte man die angestrebte Gewißheit erhalten, so blieb nur übrig, alle überhaupt möglichen regelmäßigen Punktsysteme von allseitig unendlicher Ausdehnung ausfindig zu machen. Diese Aufgabe hatte der französische Mathematiker C. Jordan (geb. 1838) im Jahre 1869 durch Überlegungen gelöst, die ganz und gar nichts mit

Kristallographie zu tun hatten, und Sohncke (S. 142) zeigte nun, wie zwischen beiden der innigste Konnex herzustellen sei. Jordans Ergebnis war das allgemeinere; aus den von ihm ermittelten 174 Möglichkeiten konnten 100 als solcher Anwendung nicht fähig ausgeschieden werden, und die übrigen deckten sich mit den acht Klassen regulärer Punktsysteme, die alle denkbaren Kristallformen erschöpften. Damit war in der Hauptsache die Fundamentierung der Kristallonomie durchgeführt, aber auch P. J. Curie (1859—1906), L. B. Minningerode (1837—1896), A. Schoenflies (geb. 1853), E. C. v. Fedorow (geb. 1853) und J. E. Mallard (1833—1894) haben diese geometrische Seite der Wissenschaft noch nach den verschiedensten Seiten hin ausgebildet.

Neben dieser heischte natürlich auch von Anfang an die naturhistorische ihr volles Recht. Als erster zielbewußter Klassifikator trat in der neueren Zeit Fr. Mohs (1773—1839) hervor, dessen 1804 veröffentlichtes System lediglich von den äußeren Kennzeichen Gebrauch machte. Zwar fand dasselbe neben freudiger Zustimmung auch entschiedene Gegnerschaft, vorab in den mehr mathematisch orientierten Kreisen, aber gar manches der von Mohs an die Spitze gestellten Kennzeichen hat sich als dauernd verwertbar erwiesen, so das spezifische Gewicht und die Härte, für die eine besondere Skala aufgestellt ward. Neben dieser rein makroskopischen Einteilung behauptete sich auch die chemische, für die neben dem Vorkämpfer Berzelius u. a. J. E. Beudant (1787—1850), C. G. Nordenskiöld (1792—1866),

J. Blum (1802—1883) und F. v. Kobell (S. 168) eintraten. Die Meta- und Pseudomorphosen erkundeten Miller (S. 151), Breithaupt (S. 196) und J. C. L. Gravenhorst (1777—1857); zu den noch etwas naturphilosophisch angehauchten, aber im Kerne richtigen Erklärungen des letztgenannten gab W. v. Haidinger (1795 bis 1871) die Ergänzungen vom chemischen Standpunkte aus.

Während bis in die sechziger Jahre der Sammelname der Mineralogie alles in sich begriff, was mit dem Studium der anorganischen Naturkörper in Zusammenhang zu bringen war, griff nach und nach eine Zweiteilung Platz, die dem tieferen Eindringen in die Sache nur Vorschub leisten konnte. Die Mineralogie im engeren Sinne konzentrierte sich auf die gesteinsbildenden Mineralien und stellte damit ganz von selbst Kristallonomie und Kristallphysik in den Mittelpunkt ihrer Bestrebungen, und andererseits wandte sich die Petrographie den felsbildenden Gesteinen und deren Aufbau aus Mineralien zu. Der hiemit gekennzeichneten Arbeitsteilung wird auch an dieser Stelle Rechnung zu tragen sein.

Für die Kristallkunde wurden die verbesserten Goniometer (S. 196) wichtig, die A. Schrauf (geb. 1837), der Berliner Mechaniker R. Fuesß (geb. 1838), Brezina u. a. zu den vorhandenen Apparaten hinzufügten; die jetzt meist beliebte Axtierung ist das Werk C. F. M. Webskyß (1824—1886). Auch die mikroskopische Winkelmessung wurde durch Abbe (S. 148), v. Fedorow und den Norweger W. C. Brøgger (geb. 1851)

Gemeingut der Wissenschaft; daneben spielt auch für die etwa notwendig werdenden feineren Beobachtungen D. Lehmanns Kristallisationsmikroskop seine Rolle. Für die exaktere Messung der Härte interessierten sich W. J. Grailich (1825—1859), Friedrich Pfaff (1825—1886) und R. Franz (geb. 1827); die physikalische Seite des Problems ließ sich besonders F. Auerbach (geb. 1856) angelegen sein. Den Verwitterungs- und Ätzfiguren oder Zeretzungsfiguren wandten R. Pape (geb. 1836), Sohndke, G. Tschermak (geb. 1836), J. Baumhauer (geb. 1848) u. a., einem ganz originellen Gedanken folgend besonders L. Lavizzari (1814 bis 1875), ihre Teilnahme zu. Die Spaltbarkeit beschäftigte Sohndke und F. E. Reusch (1812—1891). Die Kristallphysik zerfällt wesentlich in die Kristalloptik, Kristallthermik und die Lehre vom elektrisch-magnetischen Verhalten der Kristalle; unser Abschnitt 19 ist diesen Fragen wiederholt näher getreten. Die Gesamtheit der hier einschlägigen Gegenstände, die insbesondere auch W. Voigt (geb. 1830) und J. Beckenkamp (geb. 1854) zu ihrem Studiengebiete gemacht haben, findet sich umfassend abgehandelt in der „Physikal. Kristallographie“ (1876 und 1885) von Paul Groth (geb. 1843), der durch eine Menge von Spezialuntersuchungen, z. B. auch über Edelsteinkunde, das Gebiet kultiviert hat. Vor allem auch die Mineralchemie, deren systematische Grundlegung 1860 R. F. Kammelsberg (1813 bis 1899) erstrebte, ist von ersterem berücksichtigt worden. Als Historiker der Kristallkunde sind R. M. Marx (1794 bis 1864) und F. A. Quenstedt (1809—1889) ehren-

der Erwähnung würdig. Wieviel im einzelnen Männer, wie B. L. v. Zepharovich (1830—1890), J. F. K. K. Klein (1842—1908), M. Lévy (geb. 1838), A. L. D. Legrand Descloizeaux (geb. 1817) zur Ausbildung der Wissenschaft und ihrer Methode beitrugen, ist hier zu schildern unmöglich. Die Bestimmungstabellen für Mineralien von Kobell (S. 168) und K. Debbke (geb. 1853) sind als Unterrichtsmittel ersten Ranges zu nennen.

Für die Gesteinskunde brach ein neuer Zeitraum mit dem Augenblicke an, da es H. C. Sorby (geb. 1826) ermöglichte, von den der Untersuchung vorliegenden Körpern sogenannte Dünnschliffe herzustellen, die eine gründliche mikroskopische Prüfung der Zusammensetzung gestatteten. Das geschah 1850; bis dahin war man auf weit weniger zuverlässige Mittel angewiesen gewesen. In Deutschland brach sich das aus England stammende Verfahren rasch Bahn; Websky, G. vom Rath (1838—1888), H. P. J. Vogelsang (1838—1874), G. K. v. Fritsch (1838—1905), K. Hauschofer (1839—1895) und viele andere bemächtigten sich desselben erfolgreich. So wurde der vorher nur ziemlich vag nach äußeren Unterscheidungszeichen ermittelte Unterschied zwischen basaltischer und porphyrischer Struktur der Massengesteine nunmehr scharf präzisiert. Die monographischen und systematischen Arbeiten der beiden hervorragendsten deutschen Petrographen, F. Zirkel (geb. 1836) und K. H. F. Rosenbusch (geb. 1836), klärten über die Beschaffenheit aller Felsarten, die — langsam oder rasch — aus feurig-

flüssigem Magmaergüsse durch Erkaltung entstanden, nach allen Seiten auf, und mit der mikroskopischen Methode vergeschwiferte sich auch eine mikrochemische. Aber auch auf die aus wässriger Lösung in den verfestigten Zustand übergegangenen Sedimentärgesteine erstreckte sich die Tätigkeit der neuen Richtung; sie hatten ja auch bereits in der älteren Periode einer sorgfältigen Erkundung durch die Geologen sich zu erfreuen gehabt, aber zumal die metamorphischen Gesteine konnten doch erst seit den sechziger Jahren, als Zirkel und W. Gumbel (1823—1898) die Scheidung zwischen Granit und Gneis schärfer durchgeführt hatten, in ihrem wahren Wesen erkannt werden. Der Schieferungsprozeß konnte, als etwas von der Schichtung Grundverschiedenes, auch erst von Sorbys Schüssen völlige Aufklärung erwarten; die erste zutreffende Gegenüberstellung dieser beiden Formen scheint von G. S. D. Lasius (1752—1833) herzurühren. Gegen L. A. F. Roth's (1818—1892) Ansicht, daß die Schieferung nicht ohne Mitwirkung des Feuers entstanden zu denken sei, vermochte G. A. Daubrée (S. 130), der Begründer der „experimentellen Geologie“, die Eigenschaften der Druckschieferung überzeugend herauszuarbeiten. So bekam man auch bessere Einsicht in den Regional- oder Druckmetamorphismus, auf den 1867 Ch. Loffen (1841—1893) entschieden hingewiesen hatte, und von dem Rosenbusch und F. Lehmann (geb. 1851) den durch Erhizung veranlaßten Kontaktmetamorphismus zu unterscheiden lehrten. Auf die physikalisch-chemische Klärung der metamorphischen Fragenkomplexe haben auch W. Salomon (geb. 1868),

C. Kalkowsky (geb. 1851) und der stets geistvolle, in seinen kühnen Konstruktionen aber vielfach die sonst gangbaren Wege verlassende C. Weinschenk (geb. 1865) namhafte Einwirkung geübt.

22. Die geographisch-geologischen Disziplinen im neunzehnten Jahrhundert.

Eine wissenschaftliche Geographie im richtigen Wortsinne gab es in früherer Zeit nicht, so wertvolle Ansätze zu einer solchen auch seit Varenius (S. 93) in Fülle zu finden sind. Die Beziehungen der Erdkunde zu den verwandten Wissenszweigen waren noch nicht deutlich erkannt, und die Zuteilung, die bald nach der mathematisch-physikalischen, bald nach der historischen Seite hin erfolgte, ließ nicht minder die richtige Einsicht in den Organismus der Gesamtwissenschaft vermissen. Daran änderte sogar noch nichts der Umstand, daß seit 1800 die Anzahl Derjenigen, die sich bloß als Geographen fühlten und bezeichneten — J. C. F. Guths-Muths (1759—1839), Konrad Malte Bruun (1775 bis 1826) u. a. — stetig wuchs. Zur Anerkennung der Geographie als einer selbständigen Wissenschaft haben das meiste zwei deutsche Gelehrte beigetragen: A. v. Humboldt (S. 94) und Karl Ritter (1779 bis 1859); der erstgenannte mehr die naturwissenschaftliche, der andere mehr die geschichtlich-philosophische Seite pflegend. In den Namen dieser beiden Dioskuren kommt somit gleichzeitig die Tatsache zum Ausdruck, daß die Geographie zwischen Natur- und Geisteswissenschaften eine Mittelstellung behauptet und als die von

selbst gegebene Brücke zwischen diesen beiden Hauptabteilungen menschlicher Geistesarbeit sich zu erkennen gibt. Uns hier wird natürlich nur die eine Seite beschäftigen. Durch ihre innige Verbindung mit Astronomie und Physik bilden sich mathematische und physikalische Erdkunde heraus, und diese letztere ist kaum in einer historischen Skizze zu sondern von der Geologie. Das petrographische Element in ihr kennen wir ja bereits; wenn wir aber vom Lufteise, vom Wasser und von den geomagnetischen Verhältnissen zur Erdrinde übergehen, müssen wir Stratigraphie nebst Paläontologie und dynamische Geologie nebst terrestrischer Morphologie in den Rahmen der Gesamtdarstellung einbeziehen.

Die in Kap. 13 gekennzeichneten Gradmessungen mußten sämtlich an Großartigkeit zurücktreten gegen jene, die, um die Einführung des metrischen Systemes vorzubereiten, in den Jahren 1791 bis 1808 von J. B. J. Delambre (1749—1822) und P. A. F. Méchain (1744—1804), denen hernach Biot (S. 152) und Arago (S. 152) zur Seite gestellt worden waren, vom Norden Frankreichs bis zu den Pithyusen im westlichen Mittelmeere geführt ward. Weit weniger groß in räumlicher Beziehung, aber für die Erforschung der wahren Erdgestalt kaum weniger bedeutsam waren die hannoversche Gradmessung, die Gauß (S. 114) 1828 zum Abschlusse brachte, und die ostpreussische Gradmessung (beschrieben 1838) von Bessel und Major F. J. Baeyer (1794—1885). Auch in Dänemark, in Vorderindien, wo G. Everest (1790—1866) die

Höhe des Riesens der Berge, des Gaurisankar, trigonometrisch bestimmte, in Oberitalien und in Lappland wurden ausgedehnte Triangulierungen vorgenommen, und hier korrigierte L. F. Svanberg (1802—1882) den seinerzeit (S. 16) von Maupertuis begangenen Fehler. Eine zielbewusste Parallelvermessung führten zwischen 1811 und 1820 die französischen Obersten Broussseau und M. Henry aus. Bei diesen Arbeiten ergaben sich wertvolle Nebenresultate, wie denn W. Fuchs (1802—1853) in der Lombardei den Einfluß der Gebirgsattraktion auf das Bleilot konstatierte. So wurde Bessel in den Stand gesetzt, eine noch jetzt als klassisch anerkannte Berechnung der Dimensionen des Erdsphäroides ins Werk zu setzen, die für die Abplattung den Wert 1:299 lieferte; eine Nachrechnung Enckes (S. 132), die auch auf Maclears (S. 122) kapländische Dreiecksreihe Rücksicht nahm, fand nichts Wesentliches zu ändern. Von dreißig Jahre beschäftigte die russische, längs Meridian und Parallellkreis erstreckte Gradmessung den unermüdlchen W. v. Struve. So wurde der Boden bereitet für das groß angelegte Werk Baeyers. Nachdem er 1861 eine mitteleuropäische Gradmessung angeregt hatte, ließ sich diese schon 1867 zu einer europäischen erweitern, und 1886 wurde auch letztere von einer internationalen, den ganzen Erdball umspannenden, abgelöst, deren Aufgabe, möglichst scharf die Abweichung der wahren Erdgestalt vom Rotationsellipsoide festzulegen, noch lange Jahre den Fachleuten zu tun geben wird.

Daß hiezu nicht bloß Messungen, sondern auch physikalische Arbeiten, in erster Reihe Pendelbeobachtungen

mitwirken mußten, wußte man seit dem Ende des achtzehnten Jahrhunderts wohl. Bessers Pendelversuche, die allen Fehlerquellen musterhaft vorzubeugen verstanden, leisteten hiezu einen trefflichen Beitrag; allgemeinen Eingang verschafften sich auch die Pendelformel von C. S. F. Pouillet (1791—1868) und das von Kapitän G. Kater (1777—1835) angegebene Reversionspendel. Durch Kombination geodätischer und physikalischer Daten erhob man sich, nachdem Th. v. Schuberts (1789 bis 1865) und A. R. Clarkes (geb. 1828) Versuche mit einem dreiaxigen Ellipsoide auch kein ganz befriedigendes Ergebnis gezeitigt hatten, und nachdem Ph. Fischer (1818—1887) die inneren Schwierigkeiten des zu lösenden Problems aufzudecken gelungen war, zu der Erkenntnis, die nach Listing (S. 149) als „Geoid“ bezeichnete Oberfläche einer ruhenden Wassermasse sei überhaupt von keiner exakt geometrischen Gestalt. Dem Geoiden galten von nun an die Bemühungen der Internationalen Kommission und zahlreicher Einzelforscher. H. Bruns (S. 133) und F. R. Helmert (geb. 1843), stehen hier in vorderster Linie. Soll die Geoidgestalt, wie es bei ihrer Irregularität nicht anders geschehen kann, punktweise bestimmt werden, so sind Pendelmessungen, Gradmessungen und Höhenmessungen durch Präzisionsnivellements zu kombinieren; für die vervollkommnung dieser letzteren fallen die Leistungen von R. M. v. Bauernfeind (1818—1894) und W. Jordan (1842—1899) ins Gewicht. Die Schweremessung, für deren Methode allerdings auch die Apparate von C. C. R. Mascart (geb. 1837), A. Jffel (geb. 1842),

F. W. Pfaff u. a. in Betracht zu ziehen sind, operiert doch noch immer am liebsten mit dem Pendel, und während einerseits schon früher durch die Beobachtungen von Sabine (S. 128), C. und Ph. Plantamour (1815 bis 1882; 1816—1898) u. a. ein reiches Tatsachenmaterial beschafft worden war, erfand N. Daublevsky v. Sternecf seinen tragbaren, überaus feinfühlgigen Apparat zu relativer Schweremessung, mittels dessen ihm die Verifikation des lange zuvor von H. A. C. Faye (1814—1902) aufgestellten Satzes gelang, daß unter großen Gebirgen ein Massendefekt, unter Flachländern ein Massenüberschuß bestehe. Er und Helmert legten so exakte Schwereprofile in meridianaler Richtung durch die Alpen hindurch. Das Verhalten der Pendelschwere auf hoher See ist auf einer Reihe von Ozeanfahrten durch D. Hecker (geb. 1864) durchaus zufriedenstellend geklärt worden.

Die genauere Ermittlung der Erddichte bildete in den ersten Jahrzehnten des Jahrhunderts die bevorzugte Arbeit verschiedener Astronomen und Geophysiker, von denen J. Baily (1774—1844), G. B. Airy (1801—1893) als Engländer und F. Reich (1799 bis 1882), M. Drobisch (1802—1896) als Deutsche genannt sein mögen. Der von Reich mit der Drehwage erzielte Wert 5,66 für die mittlere Dichte der Erde durfte lange Zeit als der zuverlässigste gelten. Die neueste Zeit brachte die fast gleichzeitig von Jolly (S. 139) und J. H. Poynting (geb. 1852), von A. Koenig (geb. 1856), F. Richarz (geb. 1860) und D. Krüger-Menzel (geb. 1861) sehr verfeinerte Wägungsmethode,

die ganz ungeänderte Doppelpendel = Schwingungsmethode von J. Wilfing (geb. 1856) und manch andere vielleicht noch fruchtbar werdende neue Idee. Über die Dichteverteilung im Erdinneren begann man eifriger Untersuchungen anzustellen, als durch J. Ph. Folie (1833—1905), G. Schiaparelli (S. 126), M. Nyren (geb. 1837) u. a. eine interne periodische Verschiebung der Erdschse wahrscheinlich gemacht, von F. Rüstner (geb. 1856) und A. Marcuse (geb. 1860) durch Polhöhemessungen an Nebenwohnerpunkten der Erdoberfläche aber bewiesen ward. Um das Jahr 1900 war man, dank den Arbeiten S. C. Chandlers (geb. 1846) und H. G. van den Sande Bakhuysens (geb. 1838), über Art und Größe der schon von L. Euler (S. 18) vorausgesehenen Bewegung der Umdrehungsachse ziemlich ins klare gekommen. Obwohl augenfällige Belege für die Tatsache der Erdrotation um 1850 nicht mehr die Bedeutung wie zwei Jahrhunderte zuvor beanspruchen konnten, war doch der damals vor die Öffentlichkeit tretende Pendelversuch Foucaults (S. 161) für die ganze Welt eine Sensation. Man hat ihn seitdem unzähligemal wiederholt und auch gyroskopische Experimente im Sinne der Maschine J. Bohnenbergers (1765 bis 1831) damit verbunden. Zumal Ph. Gilbert (1832 bis 1892) hat sich durch sinnreiche Erfindungen auf diesem Gebiete hervorgetan.

Die geographische Ortsbestimmung hat in unserem Zeitraume die engste Fühlung mit der Fortbildung der praktischen Astronomie nicht verloren. Für eine ganz unerwartete Verschärfung der Längen erwies sich die

Bedeckung der Erde mit einem Telegraphennetze höchst bedeutsam; der Greenwicher Normalmeridian wurde seit 1885 etwa von allen zivilisierten Ländern angenommen, indem nur Frankreich die Pariser Zählung beibehielt. Die vom elektrischen Funken einstweilen, gewisse Ausnahmefälle abgerechnet, noch nicht berührte Meerestlänge genau zu finden, erleichtert sehr die allen Wünschen genügende Verbesserung der Chronometer, für deren Prüfung und Kontrolle auf der von G. Neumayer (geb. 1826) in den siebziger Jahren begründeten Deutschen Seewarte zu Hamburg ein besonderes Institut eingerichtet wurde.

Wie dieser Zweig der mathematischen Geographie von der Astronomie, so hängt die Kartographie ganz von den Fortschritten der Geometrie ab, und immer entschiedener prägt sich dieser Sachverhalt sowohl in der die Kugelgestalt der Erde berücksichtigenden Kartenprojektionslehre, als auch in der die Konfiguration der Oberfläche innerhalb eines kleinen Bereiches darstellenden Situationszeichnung aus. Gauß wirkte hier, wie so oft, bahnbrechend durch seine ganz neue Auffassung der mathematischen Natur der freilich schon Euler, Lambert und Lagrange (S. 107) keineswegs unbekannt gewesenen konformen oder winkeltreuen Abbildung; bald wurde auch die äquivalente oder flächentreue allgemeine untersucht, und durch N. A. Tissot (geb. 1824) wurde die Möglichkeit geboten, die einem gegebenen Negentwurf entsprechenden Ausdrücke für Längen-, Flächen- und Winkelverzerrung ohne Rücksicht auf den besonderen Fall zu entwickeln. A. Breusing (1818 bis

1892), M. Fiorini (1827—1901), R. F. Zoepf (1838—1885), E. Hammer (geb. 1858) und viele andere sind auf diesem Wege energisch fortgeschritten. Die wissenschaftliche Technik der Terrainwiedergabe ist unter dem Einflusse von P. G. Breton de Champ (1814—1885), R. F. G. v. Köstka (geb. 1825), R. Peucker (geb. 1859) und eine stattliche Reihe von Militärtopographen nicht minder auf einen sehr hohen Stand gebracht worden. Die Schweizer Atlanten von G. H. Dufour (1787—1875) und S. Siegfried geben zu vergleichendem Verfolgen der Ausbildung des Gebirgsbildes vorzügliche Gelegenheit.

Die atmosphärische Physik oder Meteorologie, deren rein geographische Abzweigung sich als Klimatologie eine gewisse Unabhängigkeit erwarb, stand um die Jahrhundertwende noch auf ziemlich schwachen Füßen. War man doch über die Elementarprobleme noch nicht zu klarem Verständnis gelangt und faßte z. B. vielfach den Übergang des Wasserdampfes in die Luft als eine chemische Verbindung dieser beiden Stoffe auf! In dieser Beziehung ging erst von Dalton (S. 172) eine wirklich tiefer greifende Reform aus. G. Schübler (1787 bis 1834), der sich zuerst mit der Zugrichtung der Gewitter befaßt zu haben scheint, und der als Verfasser eines enzyklopädischen Handbuchs der ganzen Disziplin verdiente L. F. Rämz (1801—1867) haben zur Aufhellung der Grundbegriffe erheblich beigetragen. Spätere zusammenfassende Werke dieser Art, trefflich geeignet, den aktuellen Wissensstand zu kennzeichnen, hat man (1857—1861) von E. Schmid (1815—1885),

(1885) von A. Sprung (1848—1909) und W. J. van Bebbber (geb. 1841), (1887, vierte Auflage) von H. Mohn (geb. 1835) und aus allerneuester Zeit endlich von dem Altmeister Julius Hann (geb. 1839). Als Urheber einer neuen meteorologischen Methode wurde hochverehrt H. W. Dove (1803—1879), und seine Bemühungen um die noch sehr im argen liegende Klimatologie sichern ihm auch für alle Zeiten einen Ehrenplatz, wogegen er in dem Bestreben, alle terrestrischen Luftbewegungen als Kampf zwischen einem trockenen kalten Polarströme und einem feucht-warmen Äquatorialströme aufzufassen, zwar lange siegreich blieb, schließlich aber noch bei Lebzeiten einer die Vorgänge mehr individualisierenden Anschauung gegenüber den kürzeren ziehen mußte. Mit dieser war, ohne von dem mindestens ebensoweit gekommenen Lambert (S. 104) etwas zu wissen, 1820 H. W. Brandes (1777—1834) hervorgetreten, und — wiederum unabhängig — hatten verschiedene in Amerika lebende Gelehrte, nämlich J. B. Espey (1786—1860), W. C. Redfield (1789—1857) und W. Reid (1791—1858) bei der Erforschung der tropischen Wirbelstürme eine Ansicht über Windentstehung und Windbewegung überhaupt gewonnen, zu der die Dovesche nicht passen wollte. Gegen Ende der fünfziger Jahre schöpfte C. H. D. Buys Ballot (1817 bis 1891). indem er sich auf die hauptsächlich durch Leverrier (S. 132) in Aufnahme gebrachten synoptischen Witterungskarten stützte, aus dem Wechselspiele von Wind und Wetter die Grundlagen des seinen Namen führenden barischen Windgesetzes: Die Luft strömt vom

barometrischen Maximum zum nächst benachbarten Minimum ab und wird bei dieser Bewegung durch die Erdumdrehung auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt. Ihm ordnen sich, solange man sich auf die unteren Luftschichten beschränkt, die Passate, die Monsune (S. 104), die Land- und Seewinde und die von J. B. K. Fournet (1801 bis 1869) auf mechanische Normen zurückgeführten Berg- und Talwinde unter. Die als Föhn (warm) und Bora (kalt) bekannten Fallwinde, deren Eigenart schon Theophrast (I, S. 41) bemerkt hatte, stellen sich in Hanns Theorie heute als eine einfache Konsequenz der Tatsache dar, daß eine atmosphärische Depression auffaugend auf eine ruhende Luftmasse wirkt und sie aus der Höhe herabzustürzen nötigt. Gestützt auf physikalische Tatsachen, konnten R. Fitzroy (1805—1865), Hoffmeyer (1836—1884), W. v. Bezold (1837—1907), van Bebber u. a. die Witterungsprognose in den meisten Kulturländern durchführen; vor allem organisierte v. Bezold auch in Bayern den ersten systematischen Gewitterdienst. Auf der See und an der Küste, wo es sich also um maritime Meteorologie und Sturmwarnungswesen handelte, ist die bahnbrechende Tätigkeit G. Neumayers (S. 209), sowie der beiden Amerikaner M. F. Maury (1806—1873) und S. P. Langley (1834—1904) hervorzuheben. Daß neben den lokalen und regionalen Winden auch eine große atmosphärische Zirkulation bestehe, ist durch die Arbeiten von Werner Siemens (S. 168), W. Ferrel (1817—1891), Helmholtz (S. 119), Sprung (S. 211) zur Gewißheit

erhoben worden, und damit steht auch Leisferenc de Bortz (geb. 1855) Lehre von den meteorologischen Aktionszentren in direkter Beziehung. Da erwähnenswerthenmaßen das barische Windgesetz nur für tiefere Luftschichten gültig ist, so hat man neuerdings durch Ballonaufstiege, Drachensflüge und Gebirgsbeobachtungen — seit 1901 ist z. B. das Zugspitze-Observatorium ständig bezogen — diesem Mangel abzuhelfen sich bemüht. Großes leistete da namentlich der Amerikaner J. Roth (geb. 1861).

In Doves Geiste hat sich die klimatologische Forschung nach und nach ein ungeheures Arbeitsfeld erobert. Man studierte auf der einen Seite — L. W. Meech (geb. 1821), L. C. Wiener (1826—1896), C. L. Madsen (geb. 1844), C. A. Angot (geb. 1848) — rein theoretisch die Eigenschaften des solaren, allein durch Sonnenstrahlung und atmosphärische Absorption bedingten Klimas, und untersuchte auf der anderen die Abhängigkeit des physischen Klimas von der Beschaffenheit der Erdoberfläche. Nach dieser Seite hin müssen besonders die Namen von H. Wild (1833—1902), der ein gigantisches Stationennetz über ganz Rußland ausspannte, von W. B. Koeppen (geb. 1846), A. Woeifow (geb. 1842) und Hann (S. 211) angeführt werden. Das Vorhandensein regelmäßiger Klimaschwankungen von kürzerer Periode hat 1890 C. Brückner (geb. 1862) wahrscheinlich gemacht. Eine selbständige Forstmeteorologie ist unter den Auspizien von Lorenz v. Liburnau (geb. 1825) und C. W. Ebermayer (1829—1908) auf deutschsprachigem Boden erwachsen. An die Phäno-

logie dachte bereits Linné (S. 82), aber erst der Belgier A. Morren (1804—1870) verlieh dem Grenzgebiete von Klima- und Pflanzenkunde diesen Namen, den, mehrfacher Beanstandung zum Troste, S. R. S. Hoffmann (1819—1891) und E. Zhne (geb. 1859) zu Ehren gebracht haben.

Eine feste Grundlage für ein System der meteorologischen Optik legte 1859 der uns wohlbekannte Clausius (S. 117). Dieselbe ist von Angot, v. Bezold, Busch, D. Jesse und vielen — besonders deutschen — Physikern gefördert worden und erhielt dann durch J. Berner (1848—1908), der auch die physikalische Theorie des Regenbogens erstmalig über den schon von Descartes (S. 37) erreichten Standpunkt hinaus hob, eine systematische Durchbildung. Völlig ungebildet hat sich seit wenigen Jahren erst die Lehre von der Luftelektrizität. Denn die an sich ja hervorragende Verbesserung der Messungsmethoden und Theorien, wie sie durch W. Thomson (S. 120), F. Dellmann (1805 bis 1870), L. Palmieri (1807—1896) und zahlreiche namhafte Forscher etwa von 1850 an erzielt wurde, hatte sich doch nicht gänzlich von den älteren Anschauungen losgelöst. Erst unter dem Einflusse der Entdeckungen von Herz wurde (S. 160) und Roentgen (S. 164) die durch und durch neue Auffassung von einer Ionisierung der ganzen Atmosphäre siegreich, und indem man sich durch deren ganzen Raum ungezählte Massen von zwar körperlichen, aber alles Denkbare an Winzigkeit übertreffenden Zonen (S. 162) und den eigentlichen Elektrizitätsträgern oder Elektronen hindurchschwärmend dachte, gelangte

man zu weitaus befriedigenderen Erklärungen der atmosphärisch-elektrischen Phänomene. Mit H. Ebert (S. 160), Kaufmann usw. sind da als besonders vielseitig die beiden stets in der Arbeit vereinten Wolfenbütteler Gelehrten J. Elster (geb. 1854) und H. Geitel (geb. 1855) zu nennen. Auch die Beobachtungspraxis ist seitdem von H. Benndorf u. a. beträchtlich modifiziert worden.

In engster Fühlung mit diesem Kapitel der Atmosphärologie stand von jeher die Gesamtheit der erdmagnetischen Lehren. Diese hatten in den ersten Dezennien des Jahrhunderts R. B. Mollweide und Ch. Hansteen, der zu dem Ende sogar eine Bereisung Sibiriens unternahm, nach der alten Weise Eulers (S. 55) fortzubilden gesucht, allein da der Erfolg ausblieb, so nahm man allseits mit hoher Freude die in den dreißiger Jahren zur Vollen dung gebiehene Theorie von Gauß (S. 114) entgegen, der ohne jede Hypothese die Berechnung des sogenannten magnetischen Erdpotentials leistete, mittels dessen dann wieder für jeden Erdort die theoretische Herleitung der Deklination, Inklination und auch der Intensität geschehen konnte; die Gleichberechtigung des dritten Elementes war durch A. v. Humboldts (S. 94) Reisebeobachtungen zum Bewußtsein der wissenschaftlichen Welt gebracht worden. Er auch ist zwar gerade nicht der Urheber, aber doch der erste gründliche Bearbeiter der Lehre vom Gesteinsmagnetismus gewesen. In Gauß' Fußstapfen traten Kiry (S. 207), W. Boergen (geb. 1843), C. Fritsche in Peking und, mit ganz neuen Mitteln, Adolf Schmidt (geb. 1860), dem seit einigen Jahren die geomagnetische

Abteilung des großen physikalisch-geodätischen Institutes in Potsdam unterstellt ist. Schon in den vierziger Jahren begann F. Lamont (S. 128) mit magnetischen Landesaufnahmen plangemäß vorzugehen, und seitdem ist diese magnetische Geographie eine Hauptbeschäftigung der Geophysiker geworden. Wir heben nur die erstaunliche Ausdehnung der magnetischen Vermessungsarbeit in den Vereinigten Staaten hervor, wo L. A. Bauer (geb. 1865) an der Spitze steht.

Seit hundert Jahren wird nur noch ganz selten an der magnetisch-elektrischen Natur des Nord- und Südlichtes gezweifelt, und die sich stetig vermehrenden Polarreisen vermehrten auch von Jahr zu Jahr unser empirisches Wissen von dieser prächtigen Naturerscheinung. Durch A. G. v. Nordenfjöld (1832—1901), G. A. G. Wykander (geb. 1849), H. Frix (1830—1890), R. S. Lemström (geb. 1838) und S. Tromholt (1851 bis 1896) wurde im Verlaufe der zweiten Jahrhunderthälfte manch namhafter Fortschritt erzielt; zumal als die beiden letztgenannten Skandinavier dartaten, daß man durch eine Art Blitzableiteranlage größten Stiles eine künstliche Nachbildung des Polarlichtes geradezu erzwingen könne. In ein ganz neues, des Abschlusses aber noch harrendes Stadium wurde die Theorie durch den Dänen N. Paulsen (geb. 1833) und den Norweger R. Birkeland (geb. 1867) gebracht, welche die neuesten Ergebnisse der Optik (Fluoreszenz) und Elektrizitätslehre (Kathodenstrahlen, Ionisierung) zur Geltung zu bringen wußten. Insonderheit scheint es, daß dieser Strahlungsprozeß von den elektrisch-magnetischen Be-

ziehungen zwischen Sonne und Erde und damit auch von der Sonnenfleckenfrequenz (S. 128) entscheidend bestimmt wird.

Lassen wir jetzt die Hydrophysik zum Worte gelangen, so müssen wir natürlich zwischen Süßwasser und Meer einen Unterschied machen. Die Seenkunde hat lange auf kräftigere Förderung warten müssen, aber dafür ist sie jetzt durch die Arbeiten zahlreicher Forscher, unter denen man fraglos F. A. Forel (geb. 1841) die Palme reichen wird, zu hoher Ausbildung gekommen. Besonders müssen die Studien von Eduard Richter (1847 bis 1906), H. Hergesell (geb. 1859), E. Rudolph (geb. 1853), W. Ule (geb. 1861) und W. Halbsaß (geb. 1856) über Wärmeschichtung in Binnenseen, sowie diejenigen von E. Sarasin (geb. 1870), H. Ebert, E. v. Cholnoky (geb. 1870) u. a. über das Problem der stehenden Schwingungen oder Seiches (S. 103) Erwähnung finden. Mit Grundwasser und Quellen haben sich nach der physikalischen, chemischen und hygienischen Seite hin Pettenkofer (S. 169), H. Haas (geb. 1855), Soyka, A. C. Forster, Eduard Sueß (S. 127) und, in umfassender Weise, der Geologe Daubrée (S. 130) beschäftigt. Die Stromkunde (S. 102) fand in den Amerikanern A. Humphreys (1810—1883) und H. Abbot (geb. 1831), in Belgrand, Penck, Surell, F. Kreuter und H. Gravelius (geb. 1861) tatkräftige Vertreter. Vom höchsten Werte für Kultur und Menschheit wurde die Ausgestaltung der Hochwasserprognose durch Sonne und M. Rijkatschew (geb. 1840), wie nicht minder durch die großzügige, neuerdings von Junke ein-

geleitete Behandlung der Doppelaufgabe, in den Tal-
sperrern einerseits ein Vorbeugungsmittel gegen Über-
schwemmungen und andererseits eine volkswirtschaftlich
hochwichtige Aufspeicherung des Nutzwassers für die
Zwecke der Landwirtschaft und Industrie zu bewerk-
stelligen.

Von einer kräftigeren Entwicklung der Ozeanographie
und ozeanischen Physik konnte erst gesprochen werden,
als ein Volk nach dem anderen sich dazu entschloß,
Expeditionsschiffe auszusenden, die keine praktischen,
sondern ausschließlich wissenschaftliche Ziele vorgesteckt
erhielten, und denen es zugleich nicht sowohl, wie noch
zwischen 1800 und 1830, auf die Entdeckung neuer
Länder, sondern vielmehr auf die Gewinnung großer
tellurischer Einsichten und naturwissenschaftlicher Samm-
lungen ankam. Die Fahrt des „Beagle“ unter Kapitan
Fitzroy (S. 212), welche fünf Jahre (1832—1837) in
Anspruch nahm, steht da nicht bloß zeitlich an der Spitze,
denn an Bord dieser Fregatte befand sich der jugend-
liche Charles Darwin (1809—1882), der sich bei dieser
Weltumsegelung zu dem großen Naturforscher ausbildete,
als welchen wir ihn später noch zu schildern haben
werden. Im Jahre 1859 ließ Oesterreich die „Novara“
(1857—1859) eine ähnliche Fahrt unternehmen; dann
folgten „Challenger“ (englisch), „Tuscarora“ und „Por-
cupine“ (Union), „Travailleur“ und „Talisman“ (fran-
zösisch), „Vitiaž“ (russisch), „Böringen“ (norwegisch),
„Gazelle“, „National“ und „Valdivia“ (deutsch) und
manch andere. Mit größtem Fleiße und mit Ver-
wendung der verbesserten Lotungsapparate oder Batho-

meter (William Siemens, W. Thomson, Brooke usw.) wurden die Seetiefen gemessen und exakte Tiefenkarten angefertigt; das englische Schiff „Penguin“ ermittelte, daß die größte Seetiefe (über 9000 m) die größte Berg-
höhe (8840 m) überragt. Das Aufholen von Grund-
proben und die Erforschung des organischen Lebens in großer Seetiefe wurde, seit die Schweizer L. Agassiz (1807—1873) und Pourtales damit vorangegangen waren, vornehmlich von Byville Thomson (vom „Challenger“), John Murray (geb. 1841), J. Renard (1842 bis 1903) und R. Chun (geb. 1852) umfassend betrieben; unsere Abbildung (Tafel VIII) läßt erkennen, daß auch am Meeresgrunde — sogar in früher ganz unerwarteter, der Einwirkung des Lichtes sich verschließender Tiefe — noch ein reges Tierleben angetroffen wird. Das Sargassomeer und die Organismenwelt der einzelnen Schichten, das Plankton, haben — letzteres unter sehr verschiedenen Gesichtspunkten — D. Krümmel (geb. 1854), B. Hensen (geb. 1835) und E. Haeckel (geb. 1834) der Forschung zugänglich gemacht.

Die Meeresbewegungen fanden lange nur insoweit eingehendere Beachtung, als sie oszillatorischer Natur waren; zumal die Wellenlehre zog reiche Förderung aus dem uns bekannten Werke der Gebrüder Weber (S. 142), und in spezieller Anwendung auf die Meereswellen haben Vater und Sohn Paris (letzterer 1806 bis 1893), sowie G. Schott (geb. 1866) Theorie und Erfahrung vervollkommenet. Der grundlegenden Arbeit von Laplace (S. 19) über Ebbe und Flut reihten sich die zunächst allerdings die statische Gezeitenlehre

berücksichtigenden mathematischen Untersuchungen von P. Daussy (1792—1860), Airy (S. 207), W. Whewell (1794—1866) und J. W. Lubbock (1803—1865) an; wesentlich unter Airys und W. Thomsons Führung wurde an deren Stelle aber dann die dynamische Gezeitenlehre und die ihr zugeordnete harmonische Berechnung gesetzt, um die sich Charles Darwins Sohn George Horace (geb. 1845) und Boergen (S. 215) besondere Verdienste erwarben. Aber auch den Meeresströmungen (S. 101) gewannen W. B. Carpenter (1813 bis 1885), Paul Hoffmann, F. L. Ekman (1830—1890), D. Krummel, Fritjof Nansen (geb. 1861) — der ja durch solche Betrachtungen sich zu seiner berühmten Eisfahrt von Ostibirien bis Norwegen bestimmen ließ — und, als Bahnbrecher einer neuen Epoche, R. Zöppritsch (1838—1885) ganz neue Seiten ab, und wenigstens für die großen ozeanischen Systeme glaubt man jetzt in der Adhäsion der bewegten Luft am Wasser, zu der sich die innere Reibung (S. 138) gesellt, die in erster Linie maßgebende Bewegungursache erkannt zu haben. Unser Wissen von den im Meere treibenden Eismassen haben drei um die Erkundung der Polarwelt hochverdiente Forschungsreisende, R. Weyprecht (1838—1881), G. Nares (geb. 1831) und Nansen auf den heutigen Standpunkt gebracht, und den Gegensatz zwischen arktischem und antarktischem Eise, auf den schon der kühne Explorer James Ross (1800—1862) aufmerksam machte, ist durch die Reisen von E. Borchgrevink (geb. 1864), S. Arctowski (geb. 1871), E. v. Drygalski (geb. 1865) usw. völlig aufgehellt worden. Die Meeres-

fun
D.
zu
phy
flüß
mö
örte
dir
der
bis
Fol
als
Hy
bol
(gel
Er
von
abr
che
tret
gro
Zu
gef
gla
Ag
int
krit
18
(ge

kunde hat es G. v. Boguslawski (1827—1884), D. Krümmel und M. J. D. Thoulet (geb. 1843) zu danken, daß sie eine selbständige Unterdisziplin der physikalischen Geographie ward.

Wenden wir uns von der elastisch- und tropfbarflüssigen Außenhülle der festen Erde dieser selbst zu, so möge zuerst deren innerer Zustand einer kurzen Erörterung teilhaftig werden. Aus dem theoretischen Studium der Mutation (S. 22), der Gezeiten (S. 14) und der Polhöhenveränderungen leiteten W. Hopkins (1793 bis 1866), Schiaparelli (S. 126), Barnard u. a. die Folgerung her, daß der Starrheitsgrad des Erdkörpers als ein sehr hoher angesehen werden müsse. Die alte Hypothese, daß, wie selbst v. Buch (S. 94), v. Humboldt, J. Herschel (S. 121) und späterhin noch D. Fisher (geb. 1817) annahmen, jenseits der nicht sehr mächtigen Erdkruste ein magmatischer Ozean woge, fiel damit von selbst, und es stehen sich seitdem hauptsächlich zwei abweichende Vorstellungen gegenüber. Der von C. Wicheit mit sehr stattlichem analytischen Apparate vertretenen zufolge besteht der Erdball aus einem sehr großen kompakten Metallkerne, einer minder starren Zwischenschicht und der wesentlich aus Gestein zusammengesetzten Erdrinde, während die Kontinuitätshypothese glaublich machen will, daß im Erdinneren sämtliche Aggregatzustände sich kontinuierlich folgen, und daß eine interne Hohlkugel mit stark erhitzten Gasen im überkritischen Zustande (S. 146) erfüllt ist. A. Ritter (geb. 1826), R. Zöppritz, A. Penck (geb. 1858), E. Reyer (geb. 1849), Svante Arrhenius (S. 162) und der Verf.

haben für diese Doktrin Beweise herbeizuschaffen versucht. Sie stützen sich auf die nicht zu widerlegende Tatsache, daß alle bisher in Bergwerken und Bohrlöchern angestellten Thermometermessungen, die W. Dunker (1809—1885) und F. Henrich (geb. 1837) rechnerisch ausgewertet haben, jenseits der neutralen Fläche, über welche hinaus der Einfluß der Sonnenbestrahlung nicht vorzudringen vermag, ein stetiges Anwachsen der Temperatur ergeben haben.

Mag man von den Konsequenzen der Laplaceschen Evolutionslehre (S. 108) oder von der durch Kant begründeten, in unseren Tagen durch Lockyer (S. 128) warm befürworteten Agglomerationstheorie ausgehen — in jedem Falle muß man zugeben, daß die ursprünglich selbst sehr heiße Erdrinde erst eine ausgiebige Abkühlung erfahren haben wird, ehe sie zur Wohnstätte für Pflanzen und Tiere werden konnte. Diesen „versteinerten Lebewesen“ nachzuspüren wurde die Aufgabe der im achtzehnten Jahrhundert nicht weit über den Keimzustand (S. 95) hinausgelangten Paläontologie, die in L. v. Buch ihren zielbewußten Begründer zu verehren hat. Er hat die Grundsätze aufgestellt, nach denen die geologische Altersbestimmung, die immer nur eine relative sein kann, erfolgen muß, und auf ihn gehen viele der Formationsbezeichnungen zurück, die uns heute längst geläufig geworden sind, so z. B. die der Kreide. Auch eine Fülle von Organismen, für die sich jetzt der ehemals (I, S. 126) weit weniger spezialisierte Name der Fossilien einbürgert, bestimmte er des näheren. Soweit die Wirbeltiere in Betracht kommen, tat ein gleiches

sein großer Zeitgenosse und Rivale Georges Cuvier (1769—1832), der vor allem die Tertiärformation bis ins Detail untersuchte. Für die sogenannten paläozoischen Bildungen — Cambrium, Silur, Devon — waren die England und Wallis angestellten umfassenden Forschungen von A. Sedgwick (1785—1873) und R. Murchison (1792—1871) bahnbrechend. Auf die Errungenschaften eines R. Owen (1804—1892), D. C. Marsh (1792—1871), W. v. Gümbel (S. 130), E. Cope (1840—1897), M. Neumayr (1845—1890), um nur ein paar Namen aus der ungeheuren Vielzahl herauszugreifen, sich einzulassen, verbietet der Raum; auch die hervorragendsten Vorkämpfer der Phytopaläontologie — Graf R. Sternberg (1761—1838), A. Brongniart (1761—1838), Goepfert (1800 bis 1884), A. F. Corda (1809—1849), Marquis Saporta (gest. 1895) — muß es zu nennen genügen. Bis in die neuere Zeit herein war die Versteinerungskunde oder historische Geologie vorwiegend die Dienerin der Stratigraphie oder Schichtenlehre, aber R. A. v. Zittel (1839 bis 1904) erhob sie zum Range einer von der Geologie fast unabhängig gewordenen Naturgeschichte der untergegangenen Lebewesen und verlieh ihr 1893 — ebenso wie er auch 1899 die Geschichte seiner Wissenschaft umfassend schrieb — in seinem Handbuche ein wahres Gesetzgebungswerk, ohne das kein Paläontologe künftig mehr seine Studien zu betreiben befähigt ist.

Während der ersten Hälfte des Jahrhunderts war die Anschauung kaum erschüttert, daß die Veränderungen in der Gestalt der Erdoberfläche sowohl wie in der

organischen Besiedelung wesentlich einen gewaltsamen Charakter getragen haben müsse. Cuviers Kataklysmen-
theorie rechnete mit gigantischen Wasserfluten, die allem
Leben ein Ende machten und den Boden für eine neue
Bewohnervelt vorbereiteten; die Gebirge ließ die
Humboldt-Buchsche Schule, in die J. B. Elie de Beau-
mont (1798—1874) durch seine Gruppierung der Ket-
ten nach den Ranten von 12 sphärischen Fünfecken ein
geometrisches Element hineinragen wollte, durch mag-
matische Hebung sich vollziehen. Aber seit dem Jahre
1832, in dem Charles Lyells (1797—1875)
„Principles of Geology“ zuerst das Licht erblickten,
bahnte sich eine radikale Umwälzung an, die der aktua-
listischen Geologie zum Siege verhalf. Die stille, aber
deshalb nicht minder kräftig waltende Aktion der Ero-
sion (I, S. 88), der Denudation, der wechselseitigen
Ortsveränderung von Wasser und Land begannen den
ihnen gebührenden erdgeschichtlichen Rang einzunehmen;
die unendlich mächtige Einwirkung der Zeit wurde nach
ihrer wahren Bedeutung gewürdigt. Mit dem Schweizer
J. Thurmann begann die Lehre von der Gebirgs-
faltung, vom Seitendrucke der sich zusammenziehenden
Krustenteile, ihr Haupt zu erheben, die dann unter den
Händen von R. F. Schimper (1803—1867), J. Decon-
te (geb. 1823), J. D. Dana (1813—1895), A. Heim
(geb. 1849) allmählich zur Alleinherrschaft gelangte,
dieselbe aber wenigstens teilweise gegen die Jahrhundert-
wende hin an die Überschiebungstheorie von Steinmann
(geb. 1856), A. Rothpletz (geb. 1853) und M. Lu-
geon (geb. 1870) abtreten mußte. E. Sueß hat in

sein
geb
der
seie
sich
sich
dyr
un
geb
den
prä
stör
un
seit

vor
un
sein
ger
18
vor
Un
ein
des
ach
wa
far
vie
bis
(S

seinem „Antlitz der Erde“ (begonnen 1883) dem Grundgedanken, daß alle terrestrischen Unebenheiten eine Folge der Kontraktion der mehr und mehr erkaltenden Erdkugel seien, den beredtesten Ausdruck gegeben; neben ihm hat sich auch Duttons „isostatische“ Theorie einen Platz zu sichern verstanden. Jedenfalls ist sich die moderne Geodynamik darüber klar, daß die feste Erdrinde fast ganz und gar aus Meer-, Brack- und Süßwasser herausgebildet hat, daß alsdann tektonische Veränderungen dem Angesichte der Erde die markantesten Züge aufprägten, und daß schließlich die Kleinarbeit der zerstörenden und akkumulierenden Agentien für die sich uns gegenwärtig darbietende Konfiguration der Außenseite der Erde maßgebend geworden ist.

Damit ist der terrestrischen Morphologie ihr Ziel vorgezeichnet. F. v. Richthofen hat ihr 1886, von langen und ergebnisreichen Reisen in Ostasien heimgekehrt, in seinem „Führer für Forschungsreisende“ auch die Wege gewiesen, und in seiner Weise tat das gleiche im Jahre 1894 A. Penck. Auf die Vielseitigkeit der von Wasser, von der Luft und von bewegten Krustenteilen bewirkten Umgestaltungen des Oberflächenbildes kann nicht in einzelnen eingegangen werden; nur auf die Wichtigkeit des Eises hinzuweisen ist eine Notwendigkeit. Die im achtzehnten Jahrhundert (S. 99) sich bescheiden hervorwagende Gletscherphysik ist in unseren Zeiten ein umfangreicher Wissenszweig geworden, zu dessen Kultivierung F. J. Hugi (1796—1855), L. Rendu (1789 bis 1858), J. A. Mousson (1805—1890), L. Agassiz (S. 219), J. Tyndall (S. 119), A. Heim (S. 224) und

eine Fülle neuerer Physiker, Geologen und Geographen das ihrige beigetragen haben. Zur Feststellung der näheren Umstände der Gletscherbewegung hat sich, wie S. Finsterwalder (geb. 1862) zeigt, die Photogrammetrie (S. 150) als ein machtvolles Hilfsmittel erwiesen. Mit dieser Frage steht in naher Beziehung eine andere, welches Ausmaß man nämlich der Erosionsleistung des bewegten Eises zuzuschreiben habe. Die Bendische Richtung schätzt diese Kraftäußerung sehr hoch ein, höher, als es von anderen Fachmännern geschieht. Daß aber eine solche vorhanden ist, wird allgemein eingeräumt, denn die Schwester der Glazialphysik, die Glazialgeologie, hat dafür überzeugende Beweise erbracht. Der Ursprung dieser Disziplin fällt in den Anfang des Jahrhunderts; J. A. Deluc (S. 99), J. Eszmar (1763—1839), J. Playfair (S. 100) und, mit merkwürdiger Klarheit, nicht minder Goethe haben das sogenannte Erratum, die nicht an Ort und Stelle „gewachsenen“ Blöcke und Schutthanhäufungen, mit einst vorwärtsgeschrittenen und dann wieder zurückgegangenen Gebirgsgletschern in Verbindung gebracht. Die übliche Lehre, der auch v. Buch seine Autorität lieh, daß nämlich Wasserfluten jene Trümmer in weite Fernen getragen hätten, ließ sich aber nicht leicht erschüttern, und dieser Diluvialtheorie folgte zunächst die von den Briten vertretene Drifttheorie, nach der Eisblöcke das Gestein verfrachtet haben sollten. Als aber der Geologe J. Benet (1788—1859) im Jahre 1815 von einem Genszäger Perraudin im Wallis sich mit den dort so zahlreichen Findlingsblöcken hatte bekannt

pherr
der
wie
etrie
Mit
dere,
des
Rich-
öher,
aber
unt,
geo-
Der
des
narf
mit
das
stelle
einst
gan-
Die
lieh,
enen
tern,
den
löcke
der
815
mit
annt

machen lassen, begann die — in eigenartiger Weise auch von Gruithuisen (S. 127) befürwortete — Glazialtheorie sich langsam durchzusetzen, indem L. Agassiz (S. 219), L. Defor (1811—1883), Gümbel (S. 130), Zittel (S. 223) und viele andere Gebirgsforscher sich ihr anschlossen. Für die skandinavischen Gebirge haben A. Helland (geb. 1846) und P. A. Deyen (geb. 1863), für das norddeutsche Flachland G. M. Berendt (geb. 1836), K. Reilhaef (geb. 1858) und F. Wahnschaffe (geb. 1851), für die böhmische Gebirgsumrandung und die Karpathen hat J. Partsch (geb. 1851), für die Alpen und Pyrenäen A. Penck (S. 221) die diluvialen Gletscherverhältnisse festgestellt. Für die Erkenntnis, ob ein heute eisfreies Gebiet dereinst unter Eisströmen begraben war, also eine Moränenlandschaft ist oder nicht, hat man zuverlässige Kennzeichen ermittelt.

Vor hundert Jahren rechnete man Vulkane und Erdbeben wesentlich der nämlichen Abteilung der Erdphysik zu; Humboldt betrachtete die feuerspeienden Berge als „Sicherheitsventile“ gegenüber den Zuckungen der Erdrinde. Erst tiefere geologische und physikalische Studien orientierten darüber, daß die feuerspeienden Berge sich fast durchaus an tektonisch schwachen Stellen der Erdkruste angesammelt haben und ihre Nahrung nur aus der Oberfläche benachbarten Magmaherden beziehen. Hopkins (S. 221), Dutton (S. 225), G. Suesß (S. 224) haben schon lange vor A. Stübel, der um 1897 eine neue Vulkantheorie aufstellte, Gründe dafür beizubringen versucht, daß der Sitz der vulkanischen Kraft in der „Erdbpanzerung“ anzunehmen sei. Die

Marksteine der vulkanologischen Forschung während des neunzehnten Jahrhunderts sind im übrigen diese: Boulett Scrope (1797—1876) gibt 1825 die erste kritische Darstellung unseres Wissens vom Vulkanismus; R. v. Seebach lehrt 1869 die Auseinanderhaltung von Strato- und homogenen Vulkanen; G. R. Gilbert (geb. 1843) entdeckt 1875 in Nordamerika die Lakkolithen, deren Ähnlichkeit mit v. Buchs „Erhebungsokratern“ unverkennbar ist; F. Loewl (1856—1908) verwirft 1887 die Speisung der vulkanischen Essen aus dem intratellurischen Magma; W. Branca (geb. 1844) und Stübel tun zweifellos in den neunziger Jahren dar, daß vulkanische Ausbrüche auch ohne präformierte Spalten zustande kommen können; endlich darf auch die Erklärung des Geysir-Phänomenes, an welcher sich erfolgreich Bunsen (S. 140) und D. Lang (geb. 1846) versuchten, nicht unerwähnt bleiben. Die Seismologie oder Erdbebenkunde begann erst dann sich auf die eigenen Füße zu stellen, als in neuerer Zeit die selbstregistrierenden Indikatoren auch schwächerer Erdbewegungen — Seismoskope, Seismographen, Seismometer — ein exaktes Material zum Studium der Fortpflanzung der Erdbebenwellen beschafften. R. Mallet (1810 bis 1881), Aug. Schmidt (geb. 1840), L. Bertelli (1826 bis 1904), G. Vicentini (geb. 1860) und eine ganze Reihe italienischer und japanischer Forscher konstruierten solche Apparate; die von L. Hengler 1816 erfundene und von Zoellner (S. 128) zum Horizontalpendel ausgebildete „Schwungwage“ ist von E. v. Rebeur-Paschwitz (1861 bis 1895) zu einem Instrumente von höchster Fein-

fähigkeit ausgestaltet worden, dem sich gleichwohl Wiecherts (S. 221) astatisches Schwerependel noch überlegen gezeigt hat. Man hat jetzt an vielen Orten Erdbebenwarten eingerichtet und auch eine internationale Assoziation zum steten Kontrollieren der Erdunruhe gegründet, deren Sitz Straßburg i. E. mit seiner dort von G. Gerland (geb. 1834) ins Leben gerufenen Hauptstation für Erdbebenforschung ist. Theoretische Untersuchungen über das vielgestaltige Phänomen gibt es bereits in großer Menge; Wiechert, N. v. Koveszligethy (geb. 1862), M. Rudzki (geb. 1862), M. Baratta (geb. 1868), L. Palazzo (geb. 1861), N. Rizzo (geb. 1863); der aus der furchtbaren Katastrophe glücklich gerettete Direktor des Observatoriums in Messina), Graf Montessus de Ballore (geb. 1851) sollen hier als Repräsentanten angeführt werden. Ein ebenso zahlreiches wie tüchtiges Kontingent stellte das erdbebenreiche Japan, wo man seit Jahrhunderten eine Erdbebenarchitektur kennt, in Sekiya, Kotô, Tanakadate und vor allem Omöri, denen auch der Anglojapaner Milne zuzurechnen wäre. Die naturhistorische Seite des seismischen Problems förderte vielleicht am meisten die 1881 von N. Hoernes (geb. 1850) vollzogene Scheidung aller einschlägigen Ereignisse in vulkanische, tektonische und Einsturzbeben. Die Seebeben hat zuerst 1887 G. Rudolph (S. 217) mit wissenschaftlicher Strenge behandelt.

Die Küstenkunde, für welche die im achtzehnten Jahrhundert (S. 102) so eingehend erörterte Frage nach der Art und Ursache einer Verlegung der Niveauulinie

im Vordergrunde stehengeblieben war, wurde schon seit 1840 durch R. Chambers (1802—1871) und A. Bravais (S. 197) zum Gegenstande erneuter Studien gemacht; in späterer Zeit bemühten sich um sie besonders C. Suez, der eine zweckdienlichere Terminologie einführte, F. v. Richthofen (1833—1905), F. G. Hahn (geb. 1852), Rjerulf (geb. 1825), G. De Geer (geb. 1858), R. Lehmann (geb. 1845) und P. Lehmann (geb. 1850). In naher Beziehung zu ihr steht die Lehre von den Dünen, die in N. A. Sokolow (geb. 1853) einen fachkundigen Bearbeiter fand. Mit der vergleichenden Inselkunde befaßten sich A. Kirchoff (1838—1907), v. Richthofen, Penck, F. G. Hahn, F. Razel (1844 bis 1904) und, hauptsächlich unter organologischem Gesichtspunkte, A. R. Wallace (geb. 1823). Speziell für die bereits von A. v. Chamisso (1781—1838), dem Dichter und Naturforscher, mit kundigem Auge geprüften Koralleninseln hat auf grund seiner Reiseindrücke Ch. Darwin eine genetische Theorie entworfen, die manchen Angriff zu bestehen hatte und doch immer wieder neue Anerkennung fand. Aber auch die Arbeiten von R. Semper (1832—1893), Th. Studer (geb. 1845), A. Agassiz (geb. 1835), F. Rein (geb. 1835), R. Langenbeck (geb. 1854) und von einer bewährten Schar angelsächsischer Forscher wollen berücksichtigt sein.

23. Die Botanik im neunzehnten Jahrhundert.

Ohne jede Unstetigkeit, wie sie in anderen naturwissenschaftlichen Fächern den Übergang zum vorigen Jahrhundert kennzeichnet, vollzieht sich dieser auf bota-

nischem Gebiete. Pyrame De Candolle (1778—1841) und Robert Brown (1773—1851), der berühmte Erforscher der australischen Flora, sind es vorzugsweise gewesen, die dem Jussieuschen Gedanken (S. 83) des natürlichen Systemes in den ersten Jahrzehnten zur allgemeinen Anerkennung verholfen. An und für sich war De Candolle zwar noch ein Anhänger des Dogmas von der Artkonstanz (S. 84), aber sein tieferes Eindringen in die jetzt entschiedener hervortretende Morphologie drang ihm halb unwillkürlich Abweichungen von demselben auf. Von Brown wurde in der Beschaffenheit des Samens, den schon früher L. C. Treviranus (1779—1864) schärferer Prüfung unterzogen hatte, eine Beziehung zwischen Mono- und Dikotylen (S. 83) aufgedeckt, und auch für den Befruchtungsvorgang fand er neue Momente. Seine zahllosen Monographien deskriptiver Natur sind völlig einem nicht nur dem Namen, sondern auch in aller Strenge der Sache nach natürlichen Systeme angepaßt. So leistete er für dieses mehr als die sehr vielen Berufssystematiker dieser Epoche (zwischen 1820 und 1850), unter denen Bartling, Fournrohr und S. L. Endlicher (1805—1849) sich in ihrer Art auszeichneten.

Nicht bloß von der systematischen Pflanzenkunde ließ sich die Morphologie beeinflussen, sondern es fehlte ihr auch nicht an originellen Vertretern. Schon Goethes Metamorphosenlehre, an der er zwischen 1790 und 1820 immer wieder gelegentlich arbeitete, gehört hierher, obwohl sie es aus naheliegendem Grunde niemals zu begrifflicher Durchsichtigkeit brachte. Teilweise lag dies

chon
und
dien
ders
ein-
bahn
(geb.
(geb.
lehre
inen
nden
07),
t bis
Ge-
für
dem
isten
rückte
die
immer
eiten
45),
ngen-
gel-

t.
atur-
rigen
bota-

daran, daß die Naturphilosophie (S. 111) sich des ihr bequem liegenden Stoffes bemächtigte, und daß nicht bloß Männer, die sich diesem abführenden Seitenpfade der Wissenschaft ganz anvertraut hatten, sondern auch Fernerstehende, wie der weitgereiste R. Du Petit-Thouars (1758—1831) und der als Historiker seiner Wissenschaft begründeten Ansehens sich erfreuende Ernst Meyer (1791—1858) sich in ihrem ruhigen Urteile beirren ließen. Weit ernster nahmen es mit Goethes „Spiral-tendenz“ zwei mathematisch gebildete Naturforscher, N. F. Schimper (S. 224) und Alexander Braun (1805 bis 1872), denen im Auslande Bravais (S. 197) zur Seite trat. Ihre Blattstellungslehre ist tatsächlich der Natur abgelauscht, und wenn auch schon in den dreißiger und vierziger Jahren die physiologische Schule — so H. Mohl (1805—1872) — berechnigte Einwürfe gegen die aprioristische Einkleidung dieser Theorie erhob, so hat sich ihr berechtigter Kern doch später herausgeschält. Der um die mathematische Botanik überaus verdiente F. Ludwig und S. Schwendener (geb. 1829) konnten dartun, daß in der Art und Weise, wie die längs der Blattstiele sich hinaufwindende Schraubenlinie dem Stengel sich anpaßt, ein mechanisches Grundgesetz zum Vorschein kommt. Angebahnt hatte dessen Auffindung 1868 W. Hofmeister (1824—1877), der aber seinerseits ein Gegner der von Schimper und Braun gehegten Anschauungen war.

Immerhin bildete die Begründung und Bekämpfung dieser geometrisch-botanischen Lehre nur eine Episode in der allgemeinen Entwicklungsgeschichte der Pflanzen-

kunde. Wichtiger wurde jene genetische Morphologie, die sich hauptsächlich mit den Namen J. Unger (1800 bis 1870), M. J. Schleiden (1804—1881) und C. Naegeli (1817—1891) verknüpft zeigt. Schleiden ist ebenso der botanische, wie Th. Schwann (1810—1882) der zoologische Begründer der Zellenlehre, zu der sich zwar schon bei J. K. Vichat (1771—1802) Anklänge vorfinden, die aber erst etwa seit 1840 sich den Eingang in alle biologischen Disziplinen erkämpfte, um endlich durch R. Virchow (S. 79) zur Grundlage der die ganze Medizin neu fundierenden Zellulärpathologie gemacht zu werden. Erwiesen sich auch Schleidens Einzelsätze teilweise als unhaltbar, so hat er doch der ganzen Wissenschaft eine dauernd nachwirkende Anregung gegeben. Daß die Betrachtung der Zelle tatsächlich die Grundlage von Systematik und Morphologie wurde, ist in erster Linie das Werk Naegelis gewesen, neben dem Duchartre, Schlechtendal, A. Wigand (S. 257), Payer („Organogénie“, 1857) und Hofmeister rühlig arbeiten; Kap. 25 wird uns nochmals Gelegenheit geben, diese Periode in ihrer Bedeutung zu charakterisieren. Namentlich auch den mikroskopischen Kryptogamen, auf die A. v. Humboldts Schrift über die Freiburger Grubenflora (1793) zuerst die Augen der Fachleute hingelenkt hatte, kam der Gesamtfortschritt zugute, und neben den von R. A. Agardh (1785—1859), F. L. Kützinger (1807—1893), Nees von Esenbeck (S. 113), C. Fries (1794—1878) und A. J. Corda (S. 223) sorgfältig studierten Algen und Pilzen wurde das generelle Studium der Thallophyten ein Lieblingsobjekt der Bota-

niker. G. Thuret, Naegeli, Hofmeister, E. Pringsheim (1823—1894), A. De Vary (1831—1888) konnten die Sexualorgane und den Befruchtungsprozeß bis ins einzelne eruieren, und auch A. Braun griff 1852 in diese von seiner bisherigen ziemlich weit abliegende Untersuchungsreihe kräftig ein.

Daß für sie die Bervollkommnung der Mikroskopie von höchstem Belange war, leuchtet von selber ein, aber noch mehr machte sie sich bei den Fortschritten der Pflanzanatomie, der pflanzlichen Anatomie (S. 79), bemerkbar. B. Moldenhauer (1766—1827) und F. J. Meyen (1804—1840), der auch zuerst den Leuchtpflanzen sein Augenmerk zuwandte, waren in der Zeit vor Mohl (S. 232) die Führer und gingen über den zu Anfang des Jahrhunderts von Ch. F. Brisseau-Mirbel (1776 bis 1854) und J. J. Bernhards (1774—1850) erreichten, auch schon verhältnismäßig vorgerückten Standpunkt weit hinaus. Auch Link (S. 113), L. C. Treviranus (S. 231) und R. A. Rudolphi (1771—1832) traten in diesem Zusammenhange hervor. Nur unter heftigen Kämpfen brachen sich die neuen histologischen, d. h. das Pflanzengewebe betreffenden Ansichten, Bahn. Aber einen tieferen Einblick in die Wirklichkeit brachten erst die Arbeiten Mohls, der sich selbst als „induktiven“ Forscher bezeichnete und diesem seinem hohem geistigen Leitgedanken mit größter Strenge nachlebte. Scharfer Beobachter und der zu seiner Zeit noch nicht überwundenen Neigung zu philosophischer Spekulation ganz abgeneigt, hat er die längst vermutete Eigenschaft der Zelle, das wahre Element des Pflanzenkörpers zu

sein,
tum
verf
Bes
ihm
stud
tom
die
übe
bild
zu
aud
als
Ein
tere
der
die
erf
bei
vor
H.
R.
tru
her
sein
ein
der
sta
Mi

sein, exakt nachgewiesen, die Verhältnisse ihres Wachstums aufgeklärt, gegen Mulder (S. 188) und im Einverständnis mit A. Payen (1795—1871) die chemische Beschaffenheit der Zellhaut fixiert, das Wesen der von ihm mit diesem Namen belegten Interzellularsubstanz studiert und die Anregung zu einer vergleichenden Anatomie der Gewächse gegeben. Payens Aufschlüsse über die Stärkekörner wurden für Naegelis eigene Arbeiten über diesen Gegenstand maßgebend. Den Modus der Zellbildung suchte zuerst Brisseau-Mirbel seiner Dunkelheit zu entkleiden, und der unermüdliche Schleiden trachtete auch diese Aufgabe zu lösen, sah sich aber dabei weniger als Unger und Mohl vom Erfolge begünstigt. Die Einführung der Begriffe Primordialschlauch durch letzteren, Protoplasma durch Naegeli hat auf die Botanik der ganzen Folgezeit bestimmend eingewirkt, wiewohl die erstgenannte Definition nicht eben bereitwillig Anerkennung fand. Neben Naegeli förderte auch De Bary bei der Behandlung der Myxomizeten (1859) die Lehre von den protoplasmatischen Lebenserscheinungen. Auch H. Schacht (1824—1864), Th. Hartig, J. Hanstein, R. Sanio und mit ihnen noch viele andere Forscher trugen Bausteine zu dem großen Werke der Zellenlehre herbei, in die einstweilen (um 1868) Naegeli durch seine Auffassung des Prozesses der Intussuszeption einen Schlüsselstein einsetzte.

Wie innig sich Anatomie, Physiologie und Physik der Pflanzen stets berühren, geht schon aus dem Umstande hervor, daß Naegeli sich größtenteils durch die Rücksicht auf die Polarisationserscheinungen (S. 152)

leiten ließ. Sprengels (S. 85) Darstellung der von Insekten bewirkten Befruchtung hatte die Versuche von W. Herbert, N. Knight, dem älteren Schimper und anderen, teilweise auf Kölreuter (S. 85) zurückgehenden Botanikern zur Folge, und R. F. Gaertner (1772—1850), der Sohn des Verfassers (S. 86) der „Carpologia“, brachte die Fragen nach der Bastardzeugung und Fortpflanzung der Phanerogamen zwischen 1840 und 1850 auf eine respectable Höhe. Den Ort der Entstehung des Embryos bestimmten seit 1845 Anici (S. 153), Mohl und Hofmeister, und die Sexualität der Kryptogamen stellte, nachdem ihm Vaucher, Endlicher, Unger u. a. mit Teilwahrnehmungen vorgegangen waren, Naegeli (von 1844 an) endgültig fest. Die Pflanzernahrung bildete, wie schon erwähnt, das Arbeitsfeld Th. Saussures (S. 188), an den sich J. Ingenhouß (1730—1799), J. Senebier (1742 bis 1809) und Dutrochet (S. 139) angeschlossen; Saussure war sich insbesondere auch über das Atmen der Pflanzen klar geworden. Doch bereitete die Anwendung der physikalisch wohl begründeten Theorie des endosmotischen Austausch auf die Vorgänge in vegetabilischen Diaphragmen noch große Schwierigkeiten, und auch der geniale De Candolle konnte sich der Beiziehung einer geheimnisvollen „Lebenskraft“ nicht erwehren. Treviranus, Meyen, Boussingault (S. 188), Fürst Salm Horstmar (1799—1805) beteiligten sich an den einschlägigen Experimenten. Die Erklärung des bei Lichtabschluß eintretenden Etiolierens nahm De Candolle (S. 231) in die Hand, und für die früher — nach

Krist
wisse
sätze,
habe
Geot
beny
Erni
meh
griff
in d
und
nisch
publ
auf
man
zwei
sond
Insi
J. S
heli
die
(18
lant
zige
pfla
mer
zur
Ape
unt

Aristoteles — als halbmythische Gefühlsbetätigungen gewisser Pflanzen entwickelte bereits 1827 Mohl Grundsätze, die sich im großen und ganzen als dauerhaft erwiesen haben. Seitdem sind die Erscheinungen des Helio- und Geotropismus durch Jantedeschi (S. 163), C. G. Dauteney (geb. 1795), A. De Candolle und den Physiologen Ernst Brücke (1819—1892) nach der optischen und mechanischen Seite aufgeheilt worden. Mit starker Hand griff sodann auch Julius Sachs (S. 79; I, S. 128) in diese Theorie ein, der die Ursache, weshalb Ranken- und Schlingpflanzen sich als solche bekunden, rein mechanisch erklärte. Die periodischen Bewegungen (*Mimosa pudica* usw.) gehen nach Sachs und dem Russen Batalin auf die Wasserbewegung in den Gefäßen zurück. Hermann und Fritz Müller (1829—1883; geb. 1821), zwei nebst dem Italiener G. Delpino (geb. 1833) besonders um die Erkundung der Beziehungen zwischen Insekten und Blüten verdiente Beobachter, sind neben J. Wiesner (geb. 1838) als genaueste Kenner der heliotropischen Erscheinungen zu zitieren.

Die modernste Phase der Zellenlehre wurde durch die Leistungen von Strasburger (geb. 1844), Schenk (1815—1891), C. Schwendener (S. 232), G. Haberlandt (geb. 1854) und wiederum Sachs in den siebenziger Jahren eingeleitet. Neben der sexuellen Fortpflanzung unterschied letzterer auch als autonome Formen die Regeneration und die — einer Rückbildung zur ungeschlechtlichen Entwicklung gleichzuachtende — Apogamie, die H. Leitgeb (1835—1888) für die Farne untersuchte. Hier müßten auch Ch. Darwins zahlreiche

botanische Arbeiten (S. 255) ihre Stelle finden. Als erst in neuester Zeit ihrem Werte nach erkannte hochwichtige Beiträge zur Bastardierungs- und Vererbungslehre sind die jahrzehntelangen Beobachtungen des zu wenig bekannten Brünnler Augustinerpater's G. Mendel hervorzuheben; dem Bluten oder Tränen der Wurzelstöcke spürten Hofmeister und Sachs nach. Von den physikalischen Studien Pfeffers war schon (S. 189) bei anderer Gelegenheit die Rede; G. Krauß (geb. 1841), E. Lommel (S. 153) und Godlewski waren auf dem gleichen Gebiete tätig. Die insektenfressenden Pflanzen haben Darwin, Sachs, M. Reeb (1845—1901) u. a. beschrieben. R. Goebels (geb. 1855) „Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane“ von 1883 konnte damals einen Markstein bezeichnen. Eine scheinbar ferner liegende, aber durch ihn sehr interessant abgehandelte Seite der Phytomechanik wußte 1888 H. Dingler (geb. 1846) ins richtige Licht zu stellen, indem er die Bedingungen der Fortbewegung pflanzlicher Organe in der Luft und längs der Erde experimentell ermittelte.

Daß neben der rein theoretischen Richtung auch eine höhere Ziele verfolgende beschreibende ihren Platz zu behaupten vermochte, darf nicht überraschen, denn sie war in manchen Hinsichten eine Grundlage für jene. Man denke nur an die teilweise Schleiden's, P. De Candolle's und A. Brauns Anregungen folgenden systematischen Arbeiten von Mohl, De Bary, Graf Solms-Laubach (geb. 1842), an die floristischen Monographien von Radtkofer (geb. 1829) und S. Eichler (1839—1887).

Des letzteren Blütendiagramme haben morphologisch einen großen Erfolg erzielt.

Als wahren Vater der Pflanzengeographie wird man, mag es auch an achtbarem Streben vor ihm nicht ganz fehlen, doch immer A. v. Humboldt (S. 114) anzusprechen verpflichtet sein. Schon 1794 hatte er in einem Briefe an Friedrich Schiller seine Absichten dargelegt, und seit 1804 ging es mit deren Verwirklichung immer vorwärts. Seine jüngeren Zeitgenossen G. Wahlenberg (1780—1851), P. und A. De Candolle, K. F. P. v. Martius (1791 bis 1868) und, als Autor des 1872 herausgegebenen Fundamentalwerkes, A. H. R. Grisebach (1814—1879) bildeten die klimatologisch-botanischen Gesichtspunkte fort; aus früherer Zeit möchten wir auch F. Schrank (1747—1835) nicht unerwähnt lassen. Mehr den systematischen Standpunkt halten R. Schouw (1789 bis 1852) und, in jüngster Vergangenheit (1890) D. Drude (geb. 1852) inne; A. Englers (geb. 1844) „Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt“ (1879—1882) berührt sich mit dem, was man — im Gegensatz zu der von G. Meyer (S. 232) und Sachs bearbeiteten „Geschichte der Botanik“ — als „historische Botanik“ bezeichnen könnte, und was bei Unger (S. 233) und F. Kerner v. Marilaun eine geistvolle Behandlung erfuhr. Das ökologische Moment, die auch von den Forstbotanikern gepflegte Standortlehre, führt uns der Däne G. Warming (geb. 1841) in der ihm zukommenden phytogeographischen Bedeutung vor. Die Tropenbotanik würdigten Engler, H. Schinz (geb. 1858)

und der leider zu früh abberufene R. Schimper (1856 bis 1901), dessen Arbeiten über die Unterschiede zwischen Parasiten und Epiphyten in den Regenwäldern, sowie über blattschneidende Ameisen noch Großes von ihm zu erwarten gestatteten.

24. Zoologie und Anthropologie im neunzehnten Jahrhundert.

Ebenso wie im vorigen Kapitel, so sollen auch in diesem die allgemein biologischen Probleme zurücktreten, um zuletzt erst einer zusammenfassenden Schilderung unterstellt zu werden. So werden wir es demnach zunächst nur mit deskriptiver und physiologischer Tierkunde zu tun haben. Daß gegen das Jahr 1800 sich nach und nach eine enger begrenzte Menschenkunde ablöste, ist oben (S. 92) erörtert worden.

Nächst Buffon, Daubenton und B. Lacépède (1756 bis 1825) hat J. De Lamarck (eigentlich De Monet; 1744—1829) im damaligen klassischen Lande der Zoologie, in Frankreich, die Gegenüberstellung von Wirbeltieren und wirbellosen Tieren (1809) mit Präzision durchgeführt; die von ihm daran geknüpften entwicklungs-geschichtlichen Spekulationen sollen uns hier noch nicht berühren. Seinem Geistesleben verwandt, aber ein viel besser geschulter Beobachter war G. Geoffroy St. Hilaire (1772—1844), der in Aegypten wichtige Entdeckungen gemacht und 1793 die „Menagerie“ des zwischen den beiden organischen Disziplinen geteilten „Pflanzengartens“ eingerichtet hatte. Seine morphologischen Überzeugungen brachten ihn in Konflikt mit

seinem ebenso umfassend gebildeten, wie andererseits gewalttätigen Kollegen Cuvier (S. 223), der, ganz auf Aristoteles (I, S. 32) fußend, mit fortgerückten Jahren in der Systematik aufging und anfänglich die Mollusken, nachher die Wirbeltiere in wahrhaft musterhafter Weise bearbeitete, gegen Geoffroy aber, dessen Wesen ihm fremd bleiben mußte, sehr die unschöne Seite seines Charakters herauskehrte. Cuviers Prinzipien der Unterordnung, der Zweckursachen und der Korrelation der Organe hatten berechtigtes Aufsehen erregt, und sein Geschick, aus einzelnen Organen den Tierkörper ohne vorhergehende genauere Kenntnis zu rekonstruieren, erwarb ihm viele Bewunderer.

Auch neben den Meistern taten sich französische Spezialisten reichlich hervor. B. A. Latreille (1762 bis 1833) war ein gründlicher Entomologe; Valenciennes (1794—1864) lieferte eine vorzügliche Ichthyologie, G. Blanchard (1820—1889) war für die Kenntnis der Gliedertiere und Würmer tätig. Aus etwas späterer Zeit fallen die Namen von Vater und Sohn Milne-Edwards (1800—1886; 1834—1900) besonders ins Auge. Ganz in Cuviers Geiste arbeitete der uns als Gletscherforscher (S. 227) erinnerliche L. Agassiz. Mehr an Geoffroy schlossen sich an A. Dugès (1797—1838) als Erforscher des Blutegels und des ersten Sohn Isidore (1805—1861), dessen „Histoire naturelle générale“ (1854—1862) als eine glänzende Leistung dasteht. Man wird nicht leugnen können, daß die Franzosen über fünfzig Jahre lang das Primat in der fortschrittlichen zoologischen Wissenschaft behaupteten. Von

Engländern konnten den führenden Geistern höchstens R. Owen (S. 223), der eine berühmte Monographie der Zähne lieferte und bei seiner Anatomie der jurassischen Archäopteryx von Solnhofen in Franken auch die feinste Anwendung dieser Technik auf die Paläontologie ins Werk setzte, und J. E. Gray (1800—1875) als Kenner der antarktischen Meeresfauna zur Seite gestellt werden; in Italien machten sich A. Bonelli (1784—1830) und G. Panceri (1833—1877) einen guten Namen. Minder günstig waren in Deutschland, wo die Naturphilosophie (S. 111) sich am Ruder befand, die Verhältnisse gelagert.

Wie L. Oken (S. 113), so war auch der überaus vielseitige C. G. Carus (1789—1869), der treffliche Atlanten der plastischen und vergleichenden Anatomie veröffentlichte, von aprioristischen Anwandlungen nicht frei, und als Anhänger der Lehre von der Lebenskraft berührte er sich mit dem Mediziner J. C. Reil (1759 bis 1813), dem uns als Botaniker (S. 234) bekannt gewordenen Helminthologen Rudolphi und dem Physiologen R. F. Burdach (1776—1847). Trotz verwandter Prinzipien leisteten die Brüder L. C. Treviranus (S. 234) und G. R. Treviranus (1776—1834), sowie F. Tiedemann (1781—1856), der sogar schon das Tierexperiment (I, S. 25) pflegte, Hervorragendes als Zoologen; in dieselbe Kategorie gehört J. F. Meckel (1781 bis 1833), der sich mit Geoffroy in die Ehre teilt, die Mißbildungen sachlicher Untersuchung gewürdigt zu haben. Grundsätzlich ferner standen der Mode J. Doellingner (1770—1841), dessen mikroskopisch-embryologische Lehrrart zahlreiche Schüler nach Würzburg führte,

und, teilweise von ihm beeinflusst, der Osteologe D'Alton (1772—1840), der Embryologe M. S. Rathke (1793 bis 1860) und die beiden Freunde C. S. Pander (1793 bis 1865) und Karl Ernst v. Baer (1792—1876), die von Doellinger auf die Entwicklung des Hühnchens aus dem Ei hingeleitet worden waren. Beide, geborene Balten, haben sich große Verdienste um die vergleichende Entwicklungsgeschichte erworben. v. Baer, der sich auch auf anderen Gebieten, so vorzüglich auf dem der physischen Erdkunde, als Forscher von hoher Originalität erwies, ist der eigentliche Vater der Entwicklungsgeschichte. Noch mehr auf sein Hauptfach konzentrierte sich der bedeutendste deutsche Zootom der ersten Jahrhunderthälfte, der Rheinländer Johannes Müller (1801—1858), dessen Arbeiten über die Fische und wirbellosen Tiere sich den Ruf der Klassizität bis zur Gegenwart bewahrt haben. Auch J. Stannius (1808—1883), C. Th. v. Siebold (1804 bis 1885) und R. Leuckart (1822—1898) stehen mit im Vordergrund — der letztgenannte besonders bekannt als bahnbrechender Meister im Laboratoriumsunterrichte, als Kompendiograph, als Parasitenkenner und als Entdecker der Trichine, deren pathologische Furchtbarkeit erst nachher F. A. Zenker (1825—1898) auffand. Die geistige Größe v. Siebolds zeigte sich darin, daß er, in direktem Widerspruche mit früherer Überzeugung, die im achtzehnten Jahrhundert an Einzelfällen von J. C. Schaeffer (1718—1790) und Ch. Bonnet (1720—1793) wahrgenommene Parthenogenese bei Bienen und Wespen erkannte und so, zusammen mit Leuckart und dem ober-schlesischen Landpfarrer J. Dzierzon (1811—1906), der

Begründer der modernen Bienenkunde wurde. Von Goldfuß (S. 88) und ihm rührt auch der bald allgemein angenommene Name Infusorien her.

Mehr nach anderen Richtungen hin betätigten sich der Mikroskopiker und Forschungsreisende C. G. Ehrenberg (1795—1876), der 1838 ein ausgezeichnetes Infusorienwerk lieferte, die Zusammensetzung gewisser Felsarten aus Organismen bewies und die erste ganz befriedigende Erklärung für das Leuchten des Meeres gab, und der ernste Systematiker G. Bronn (1800 bis 1862), der in damals einzig dastehender Weise — seinem noch größeren Schüler Hittel (S. 223) ein Vorbild — die Kunde der lebenden und ausgestorbenen Tiere zu vereinigen verstand. Ihm vielfach ähnlich, weil auch in Geologie und Versteinerungskunde wohl beschlagen, ist G. A. Goldfuß (S. 88); die Embryologie war das Arbeitsfeld des Belgiers P. J. van Beneden (1829—1894); als Didaktiker gelangte zu ausgebreitetem Rufe J. Leunis (1802—1873); nicht vergessen werden dürfen auch der erfahrene Ornithologe C. L. Brehm (1787—1864) und dessen Sohn Alfred (1829—1884), dessen „Tierleben“ (1876 bis 1879) eine wichtige Etappe in der Fortbildung der populärwissenschaftlichen Literatur bedeutete, und der auch den Anstoß zur Einrichtung von öffentlichen Aquarien gab, wie ein solches von D. Hermes (geb. 1838) in Berlin mit schönem Erfolge geleitet wird.

Sehr viele Vertreter der menschlichen Anatomie sind zugleich Zootomen gewesen, und zumal die vergleichende Anatomie in der älteren, Cuvier'schen Wortbedeutung

verlangte ja geradezu eine solche Verbindung, sowie dies auch ihrerseits die neuere Zellenlehre tut. Unser Buch muß sich einer unermesslichen, das ganze medizinische Grenzgebiet erfüllenden Stoffmenge gegenüber auf die notwendigsten Andeutungen beschränken. R. Gegenbaur (1826—1903) und R. Claus (1835 bis 1899) sind noch mehr Vertreter der morphologischen Betrachtungsweise, aber mit Albert v. Koelliker (1817—1906), der von der Medizin herüberkam, wurde der Zoologie auch ihre zellentheoretische Orientierung gegeben. Die anatomisch-zootomische Technik fand, zumal auch hinsichtlich der Färbungs- und Injektionsmethoden, energische Förderung durch J. Gerlach (1820—1896), H. Frey (1822—1890), W. His (1831—1904), sowie in neuester Zeit besonders durch den Italiener C. Golgi (geb. 1844) und den Spanier Ramon y Cayal. Karminsaures Ammoniak, Hämatorylin, Anilinfarben, Methylenblau, sind vornehmlich die Färbungsmittel, mit denen u. a. Waldeyer (geb. 1836) und Ehrlich (geb. 1854) ihre Zwecke erreichten. Mikrotomische Vorrichtungen, die sich auch besonders bei gefrorenen Objekten bewährten, hat man von His (s. o.) und Hensen (S. 219).

Es bedarf wohl kaum des besonderen Hinweises darauf, daß die wissenschaftliche Zoologie von Reisen und wohlleingerichteten Stationen, wie solche zuerst A. Dohrn (geb. 1840) in Neapel und D. Zacharias (geb. 1846) am Plöner See begründeten, den höchsten Nutzen ziehen mußte. Was Adalbert v. Chamisso (S. 230) in der Südsee, Wilkes (1838—1842) in den antarktischen

Meeren, Quoy und Gaimard (1826—1829) im Indischen Ozean und auf seinen Inseln, R. Semper (1832 bis 1893) auf den Philippinen, Byville Thomson (S. 219) und Chun (S. 219) auf weiten Ozeanfahnen, A. v. Humboldt (S. 114) und sein Freund Aimé Bonpland (1773—1858) im westlichen, Azará und Spix (1781—1826) im östlichen Südamerika, Boeppig (1798 bis 1868) in Peru und Chile, Moriz Wagner (1813 bis 1887) in Mittelamerika, R. H. Lichtenstein (1780 bis 1857) in Südafrika, W. Peters (1815—1883) in Ostafrika, Ehrenberg (S. 244), G. Rüppel (1794 bis 1884) und Th. v. Heuglin (1824—1876) in Asien, Ph. v. Siebold (1796—1866) in Japan und die vielen Polarforscher in Arktis und Antarktis gesammelt und beschrieben haben, diente nicht etwa toter Musealgelehrsamkeit (S. 70), sondern bereicherte die lebendige Wissenschaft. Zimmer häufiger wurde auch am Meeresstrande das Studium der Küstenfauna betrieben, zu deren planmäßiger Erforschung der Engländer G. Forbes (1815—1854) und M. Sars (1805 bis 1869) den Grund gelegt haben. Die Hohlthiere und Schwämme, die da eine Hauptrolle spielen, sind erst durch Japetus Steenstrup (1813—1897), Haeckel, Dohrn und Gant unserem Verständnis näher gebracht worden, während die petrifizierten Spongien bis auf Zittel's (S. 223) Auftreten warten mußten; für die Krinoiden wurden Joh. Müllers Arbeiten bahnbrechend. Die elektrischen Fische sind von Humboldt und G. Dubois-Reymond (S. 155) als ein höchwichtiges zoologisch-physiologisches Untersuchungsobjekt erkannt worden.

Die zoologisch-hygienische Bakteriologie hebt mit L. Pasteur (S. 181) an, der zusammen mit Pouchet zuerst ganz unwiderleglich die Nichtexistenz einer Urzeugung in der Gegenwart nachwies und in der Serum-Immunsifizierung (zumal gegen die Hundswut) Unvergängliches leistete. Seine Versuche gegen die *Generatio aequivoca* waren viel beweiskräftiger als diejenigen von Spallanzani (1709—1799) aus dem Jahre 1786. Die Bezeichnung Bakterien geht auf die Botaniker G. Hofmann und Hallier zurück. Ein anderer Botaniker, Ferdinand Cohn (1828—1898), lehrte die Unterscheidung der besonderen pathogenen Bakterien, denen Hallier (geb. 1831) eine ebenso umfassende Tragweite zuschrieb, wie dies seinerzeit Linné (S. 82) getan hatte, und wirklich hat sich, seit Robert Koch (geb. 1843) im Jahre 1876 den Milzbrandbazillus gefunden hatte, die pathologische Wertung der gefährlichen Mikroben von Jahr zu Jahr gesteigert, wozu Weigert's (1845—1904) Färberversuche wesentlich beitrugen. Die Tatsache, daß Joseph Lister (geb. 1827) durch Einführung der zunächst antiseptischen und nachmals aseptischen Methoden, an deren Möglichkeit schon der geniale ungarische Gynäkologe J. P. Semmelweis (1818—1865) fest geglaubt hatte, auch die Chirurgie vom bakteriologischen Standpunkte aus grundstürzend umgestaltete, kann hier nur gestreift werden.

Die von Zimmermann (S. 106) bestimmter erfaßte Zoogeographie fand in Wallace (S. 220) den Mann, der für sie wurde, was Grisebach (S. 239) der Vegetation gegenüber bedeutet. Sein 1876 gedrucktes Haupt-

werk geht weit über die überaus fleißigen, aber trockenen Zusammenstellungen Schmaradas (geb. 1819) hinaus. Mehr monographisch behandelten in systematisch- und zugleich biologisch-geographischem Geiste A. Günther (geb. 1833) die Fische, H. Schlegel (1804—1884) die Schlangen, W. Marshall (1845—1907) und J. Palachy — in denkbarst verschiedener Weise — Vögel, Reptilien und niedere Tiere, K. Lampert (geb. 1858) besonders die Süßwasserfauna. Über J. B. Carus' (1823 bis 1903) „Geschichte der Zoologie“ von 1873 geht das zwar kürzere, aber ungleich übersichtlichere Werkchen R. Burckhardts (1866—1908) vom Jahre 1907 weit hinaus.

Daß die Anthropologie in einem Lehrer der vergleichenden Anatomie, in J. F. Blumenbach (1752 bis 1840), den Mann zu verehren hatte, der sie auf die eigenen Füße stellte und zugleich in engste Beziehung zur mächtig aufstrebenden Ethnographie brachte, kann nicht wundernehmen. Seine fünf Menschenrassen sind noch heute, ungeachtet der eine andere Klassifikation erstrebenden Erfsajversuche von Milne-Edwards (S. 241), A. De Quatrefages (1810—1892) und Haeckel (S. 219) nicht endgültig durch Zutreffenderes ersetzt. Der somatische Teil der jungen Wissenschaft entfaltete seine Schwingen rasch unter der Leitung der beiden Schweden A. und G. Retzius (1742—1821; geb. 1842), des Dänen Steenstrup (S. 246) und ihres Altmeisters R. Virchow (S. 79), der in seinen späteren Jahren die Pathologie etwas gegen die Anthropologie zurücktreten ließ. Ihre erste ordentliche Professur erhielt letztere 1885; ihr

Inhaber ist bis heute J. Ranke (geb. 1836), und neben München hat eine solche nur noch Zürich mit A. Martin. Ranke ist in Verbindung mit anderen, allerdings teilweise einen abweichenden Standpunkt einnehmenden Gelehrten — zumal J. Kollmann (geb. 1834) und A. v. Lörök — einer der Begründer der Kranimetrie geworden. Zumal diluviale Schädel, wie der des Neandertales (bei Düsseldorf), von Krapina, Schipka, Spy usw. (vgl. Tafel XV) sind der Untersuchung unterzogen worden, und z. B. über den erstgenannten ergaben sich tiefgehende Meinungsverschiedenheiten zwischen Virchow und G. Schwalbe (geb. 1844). Während anfänglich die Wahlverwandtschaft mit der Anatomie noch vorwog, bildete sich mehr und mehr auch die prähistorisch-archäologische Abzweigung aus, zu der die Höhlenfunde von Voucher de Perthes (1788—1868), die Pfahlbauafunde von F. Keller (1800—1881) und die Fundstücke, die dänische Gelehrte den Abfallhaufen (Kjöfkenmöddinger) ihrer Meeresgestade entnahmen, den Grund legten. Unter den Führern der archäologischen Anthropologie ragt O. Montelius (geb. 1843) in Stockholm hervor. Aus der sich noch inniger gestaltenden Verbindung der Disziplin mit der Völkerkunde und der von W. Wundt (S. 170) zum System erhobenen Völkerpsychologie, sowie der von Nagel (S. 230) in ein neues Fahrwasser gebrachten Anthropogeographie ist ebenso eine fortschreitende Verselbständigung der aus der früher natürlich erscheinenden Verbindung mit den medizinischen Wissenschaften sich loslösenden Disziplin zu erhoffen.

25. Die modernen biologischen Probleme.

Die Lehre von der Konstanz der Arten hatte schon im achtzehnten Jahrhundert mancherlei Anfechtung über sich ergehen lassen müssen, wenn auch die Fachgelehrten zumeist noch an ihr festhielten. Der Entwicklungsgedanke regte sich mehr in der nicht zünftigen Welt. Des Philosophen, Theologen und Dichters J. G. Herder „Ideen zur Geschichte der Menschheit“ spielten wenigstens mit dem Gedanken einer natürlichen Verwandtschaft zwischen den Menschen und den höchstentwickelten Affen. Wie in der pflanzlichen (S. 231), so wollte Goethe auch in der tierischen Metamorphose ein neues Leitprinzip der Organologie aufgefunden haben, doch ist er zu einer ganz eindeutigen Begriffsbestimmung des genannten Wortes eigentlich nicht durchgedrungen. Nachdem er schon 1791, auf dem Rido Benedigs zufällig einen dort liegenden Tierschädel zur Hand nehmend, den Schädel überhaupt als ein Stück Wirbelsäule definiert hatte, welche Definition Oken (S. 113) 1807 in die übertreibenden Worte kleiden wollte, daß „der ganze Mensch nur ein Wirbelbein“ sei, und nachdem er auch beim Menschen den Zwischenkieferknochen nachgewiesen hatte, faßte er seine Gedanken, teilweise an Buffon (S. 89) und an den von ihm hochverehrten älteren Geoffroy (S. 240) sich anlehnd, in dem Satze „von der Einheit der organischen Natur“ zusammen. Erst spät hat man in Erasmus Darwins (1731—1802) „Zoonomia“ (1794—1796) tiefjinnige Überlegungen über Artveränderungen, Anpassung, vernachlässigte

Organe u. dgl. angetroffen, die einst wenig beachtet worden waren und auch dann erst nach Verdienst gewürdigt wurden, als sein großer Enkel Charles (S. 230, S. 237) selber auf den Ahnherrn hinwies. Doch eigentlich richtunggebend ist Erasmus Darwin für die neuere Biologie nicht geworden, denn man ist anzunehmen berechtigt, daß sein Enkel Charles, als er auf seiner Weltreise — vorab bei der Erkundung der ganz eigentümlichen Vögel und Reptile des Galápagos-Archipels — seine Ideen sich heranbilden sah, die „Zoonomie“ seines Großvaters noch kaum gekannt hat.

Als die wahren Vorläufer Ch. Darwins haben wir die beiden Franzosen Lamarck (S. 240) und G. Geoffroy St. Hilaire anzusprechen. Ersterer zweifelte nicht, daß sich die gesamte Tierwelt auf verhältnismäßig wenige Urformen zurückführen lasse; und indem ererbte Eigenschaften bald durch Gebrauch sich vervollkommenet, bald durch Nichtgebrauch eine Verkümmernng erfahren hätten, seien nach und nach neue Arten entstanden. Demzufolge nimmt Lamarcks Tafel der tierischen Formenkreise, deren er zehn außer den Vertebraten unterschieden wissen will, bereits die Form des Stammbaumes an. Mit dem weit älteren Landsmanne hat Geoffroy vieles gemein, doch ist ihm die Variabilität mehr nur eine begrenzte, und eine Art biogenetischen Gesetzes bestimmt seine embryologischen Schlüsse, indem er die Mißbildungen einfach als Hemmung des im Fötus sich vollziehenden natürlichen Entwicklungsganges auffaßt. Daß das biologische Experiment Varietäten herstellen könne, war für ihn lange vor Darwin eine Sache der Gewiß-

heit. Eben diese Anschauungen ließen ihn in Streit mit dem starren Dogmatismus Cuviers (S. 241) geraten; Goethe hat als Unparteiischer gegen den letzteren entschieden. Geoffroy sowohl wie seinen Sohn Ffodore (S. 241) hat denn auch Darwin rückhaltlos als die Männer anerkannt, die für seine eigene Gedankenwelt mitbestimmend gewesen wären.

Als Darwin von der „Beagle“-Fahrt (S. 218) zurückgekehrt war, besorgte er zuerst die Herausgabe verschiedener durch jene angeregte Arbeiten, zu welchem Zweck er sich in die idyllische Muße des Dörfchens Down zurückgezogen hatte; ihr ließ er sich vierzig Jahre lang niemals dauernd entfremden. Die 1854 ausgegebene Monographie der Rankenkrebse hat er selbst als das seine Lebensrichtung inauguurierende seiner Werke betrachtet. Fünf Jahre später trat er mit dem „Ursprung der Arten“ hervor, in dem er die Schriften des Nationalökonomens Malthus und den Rat des Geologen Lyell (S. 224) verwertet hatte. Das Aufsehen des höchst originellen, von Bronn (S. 244), später auch von F. W. Sarus (S. 248) deutsch herausgegebenen Buches war unerhört; natürlich fand es außer begeisterten Anhängern auch viele Gegner, und zwar auf naturwissenschaftlicher Seite und in anderen Kreisen. Von der Opposition dieser letzteren soll ebenjowenig wie von späteren Versuchen, den durchaus objektiven Darwin mit dem Nimbus eines Religionsstifters zu umkleiden, hier die Rede sein, denn alle diese Bestrebungen pro und kontra haben mit wahrer Naturwissenschaft nicht das allermindeste zu tun. Alle Arten der Pflanzen und Tiere, das ist der Haupt-

satz der neuen Lehre, sind variabel; sie stammen von einer nicht großen Anzahl selbständiger, irgendwie mit Leben und Entwicklungstendenz begabter Keimformen ab und haben sich nach Maßgabe der von der Deszendenzlehre aufgestellten Normen fortgebildet. Durch eine geradezu stammswert reichhaltige Fülle sinnvoll ausgedachter Versuche, die sich größtenteils auf Domestikation beziehen und bei denen somit sehr viel auf künstliche Zuchtwahl ankommt, wird die Wahrscheinlichkeit nahe zu legen gesucht, daß im freien Leben der Organismen eine natürliche Zuchtwahl, bedingt durch den „Kampf ums Dasein“, sich ganz von selbst einstellen muß — diese Begründung der Deszendenztheorie ist die Selektionstheorie. Doch auch die „geschlechtliche Zuchtwahl“ und der Einfluß des Organgebrauches und des sogenannten „Milieus“ sind als konkurrierend in Erwägung zu ziehen.

Bei aller Genialität haften der neuen Lehre immerhin Mängel an, die damit zusammenhängen, daß Darwin als jungem Manne die regelrecht-erakte Durchbildung des Naturforschers versagt geblieben war. Seine britischen Freunde, unter denen Lyell, der Zoologe L. S. Huxley (1825—1895), nach eigenem Ausspruche „Darwins Generalagent“, der Physiologe W. B. Carpenter (1813 bis 1885) und der Botaniker Asa Gray (1810—1888) in der Front standen, taten alles, um vorhandene Lücken auszufüllen. Als ein merkwürdiger Umstand ist anzuführen, daß der treffliche Forscher der Malaiischen Inseln Wallace (S. 230) schon 1858 sich ganz analoge Anschauungen gebildet hatte, soviel sie auch da und dort

Verschiedenheiten aufwiesen; so haben er und W. Bates (1825—1892) hohes Gewicht gelegt auf die als „Mimicry“ (Nachahmungstrieb) bekannte Tendenz vieler Tiere, eine „Schutzfärbung“ anzunehmen, die ihnen im Daseinskampfe eine gewisse Unterstützung leiht. Noch im höchsten Alter hat Wallace neidlos und unparteiisch seines großen Mitstreiters tatsächliche Priorität anerkannt und dessen Theorie die seinige tunlichst angeglichen.

In allen Kulturstaaten fand Darwins Lehre rasch Eingang, am raschesten wohl in Deutschland. Abgesehen von den beiden vorgenannten Naturforschern nennen wir als eifrige, wenn auch nicht dem einen der später zu besprechenden an Begeisterung gleichkommende Darwinianer etwa die folgenden: R. Vogt (1817—1895), der die Popularisierung des Deszendenzgedankens in die Wege leitete, mit dessen anfänglicher Formulierung aber Polyphyletiker verblieb; D. Schmidt (1823 bis 1886), dessen entwicklungstheoretische Schriften auf den nämlichen Ton abgestimmt waren; W. Roux (geb. 1850), der den „Kampf der Teile im Organismus“ dem äußeren Existenzkampfe an die Seite stellte; E. Seelenka (1842—1900), der namentlich über die Blutsverwandtschaft zwischen Menschen und Anthropoiden arbeitete; D. Hertwig (geb. 1849) und R. Hertwig (geb. 1850), deren Studien die Zeugungs- und Entwicklungsgeschichte mächtig gefördert haben. Der unentwegteste Anhänger des Meisters wurde jedoch zweifellos E. Haeckel (S. 219); um zu ihm zurückzugelangen, wird es sich empfehlen, zuvor noch die Wirksamkeit

Darwins in den letzten zwei Jahrzehnten seines arbeitsreichen Lebens zu besprechen.

Er teilte seine Zeit, an die bis dahin auch die Geologie und physische Erdkunde (S. 230) große Ansprüche gestellt hatte, nunmehr vorzugsweise zwischen Botanik und Zoologie. Von ersterer handelten mehrere Schriften der nächsten Jahre, unter denen (1862) die „Orchideenbefruchtung“ das meiste Aufsehen erregte. Ganz auf Experiment und Beobachtung aufgebaut war (1868) „Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation“, worauf 1871 „Die Abstammung des Menschen“, 1872 „Der Ausdruck der Gemütsbewegungen“, dann aber wieder botanische Sachen folgten. Noch kurz vor seinem Tode ließ er (1881) eine überaus anregende Untersuchung aus dem Grenzgebiete der Zoo- und Geologie erscheinen, welche „Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer“ zum Gegenstande hatte. Gerade der viel verachtete Regenwurm war es, den Darwin als einen morphologischen Faktor bei der Umgestaltung der obersten Bodenschichten hinzustellen verstand.

Schon frühzeitig war Haeckel mit seinen allgemein bewunderten Spezialschriften über die Protistengruppe der Radiolarien und über die Kalkschwämme hervorgetreten, und der ihm gewordene Auftrag, an der faunistischen Ausbeutung der „Challenger“-Expedition (S. 218) mitzuarbeiten, sowie verschiedene Reisen führten ihn tief in die Erkundung der niederen Tierwelt ein. Auch den Medusen, Hornschwämmen, Korallen und Siphonophoren galt seine monographische Arbeit. Frühzeitig

erklärte er sich für Darwin, mit dem er 1866, 1876 und 1879 persönliche Begegnungen hatte. Eine reiche literarische Betätigung — wir nennen hier nur, was die Naturwissenschaft als solche angeht — brachte unter anderem die nachstehend bezeichneten, in der gelehrten Polemik viel genannten Werke hervor: Generelle Morphologie (1866); Natürliche Schöpfungsgeschichte (zuerst 1868); Anthropogenie (1874); Studien zur Gasträatheorie (1874); Systematische Phylogenie (1894 bis 1896). Kühner vorgehend als Darwin hat Haeckel von Anbeginn an die Zurückführung aller tierischen Formen auf ein durch Spontanzeugung (S. 77) belebtes Urplasma ausgesprochen, und wie sein biogenetisches Grundgesetz besagt, „ist die Ontogenese oder die Entwicklung des Individuums eine kurze und schnelle, durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung bedingte Wiederholung (Rekapitulation) der Phylogenese oder der Entwicklung des zugehörigen Stammes, d. h. der Vorfahren, welche die Ahnenkette des betreffenden Individuums bilden.“ Mit Hilfe seiner Gasträatheorie wies er die Einheit der histologischen Entwicklung aller höheren Tiere nach. Gegen die mitunter sehr kühnen und den Boden der Empirie verlassenden Konstruktionen, die in seinen Stammbäumen zutage treten, haben auch solche Forscher Stellung genommen, die sich sonst mit dem Entwicklungsgedanken rückhaltlos befreundet haben.

Daß dieser die Biologie zurzeit beherrscht, wird selbst der nicht in Abrede stellen wollen, der seinerseits auf einem anderen Standpunkte steht. An Gegnerschaft

geg
ver
G.
als
sind
ist
wer
ged
fren
tive
mel
zipe
such
sch
und
beg
mel
M.
v. f
not
18
lehr
bis
ins
aus
tati
hin
grü
übe
lich

gegen eine so tiefgehende Neuerung konnte es selbstverständlich nicht fehlen. L. Agassiz (S. 219; S. 225), G. A. Siebel (1820—1881) und A. Fleischmann sind als Zoologen, A. Wigand (1821—1886) und F. Reinke sind als Botaniker, Eduard v. Hartmann (1842—1906) ist als Philosoph, und wahrlich auch nicht mit minderwertigen Argumenten, gegen Darwin aufgetreten; wir gedenken auch hier nur derjenigen, die sich nicht durch fremdartige, nicht eigentlich naturwissenschaftliche Motive in ihrem Vorgehen leiten ließen. Doch wurde stets mehr mit der Selektionshypothese als mit dem Prinzip der Entwicklungshypothese selbst abzurechnen gesucht, und erstere bietet ja auch dem Angreifer manch schwachen Punkt. So konnte es an Bervollkommnungs- und Ergänzungsbestrebungen nicht fehlen. Schon 1868 begann diese Reihe mit der das geographische Moment mehr betonenden Migrationshypothese des weitgereisten M. Wagner (S. 246); dann folgte (von 1880 an) v. Koellikers (S. 245) Hinweis auf die nicht seltene und notwendig zu berücksichtigende sprunghafte Entwicklung; 1884 begründete Naegeli (S. 236) die Abstammungslehre mechanisch-physiologisch, 1888 Th. Cimer (1843 bis 1898) orthogenetisch. Die neueste, aber schon ganz ins zwanzigste Jahrhundert hinüberraagende Phase datiert aus dem botanischen Lager, dem Hugo De Bries' Mutationslehre angehört. Ebenso greifen in diese Zeit auch hinüber die von den Deszendenztheoretikern freudig begrüßten Arbeiten von L. Plate, H. Klaatsch und Dubois über die in Java gefundenen Überreste eines mutmaßlich zwischen Mensch und Affen mitten inne stehenden

Zwischenweizens (s. Tafel XV unten). Die entscheidendsten Urteile hat wohl mit der Zeit die Theorie der Zeugung und Vererbung zu fällen, um die sich die beiden Hertwig (S. 254), A. Weismann (geb. 1834), G. Waldeyer (S. 245) und Th. Boveri besonders bemüht haben und noch bemühen. Der letztere hat in dieser Beziehung dem Lanzettfischchen (*Amphioxus*), dessen hohe Bedeutung für die Biologie schon Joh. Müller (S. 243) erkannt hatte, mehrere Resultate von grundsätzlicher Tragweite abgewonnen.

Die Jahrhundertwende sah die Entwicklungslehre in einer so beherrschenden Position, daß der Botaniker Wettstein (geb. 1863) ihr den Rang einer wirklichen „Theorie“, im Gegensatz zur „Arbeitshypothese“ (S. 193), zusprechen durfte. Von minderem Belange ist dabei, ob sie strenge den Typus des „Darwinismus“ beibehalten oder ihren weiteren Ausbau mehr als „Neolamarckismus“ (S. 240) finden wird. Zu besorgen hat sie nur eine Gefahr, und diese besteht darin, daß ihr wissenschaftliches Gepräge durch zu weitgehende Popularisierungs- und Verflachungstendenz verwischt oder daß sie gar zum Schibboleth einer religionsphilosophischen Partei gemacht werde, was tief zu beklagen wäre.

Gesamtregister der Namen.

- Abbe II. 148. 153. 199.
 Abbot II. 217.
 Abraham bar Chija I. 71.
 Abul Gassan Ali I. 69.
 Abul Kaffim I. 66.
 Abul Wafa I. 62. 70.
 Abu Suleiman I. 64.
 Acharh II. 65.
 Adam von Bremen I. 83.
 Adams II. 132.
 Adrafter I. 48.
 Adfigerius f. Maricourt.
 Aelfred, König I. 76.
 Aelianus I. 55.
 Aepinus II. 57. 58.
 Aethicus Syricus I. 56.
 Agardh II. 233.
 Agassiz, A. II. 230.
 Agassiz, G. II. 219. 225. 227.
 241. 257.
 Agathobaemon I. 47.
 Aggiunti II. 33.
 Agoston I. 39.
 Agricola I. 126. 127. II. 63. 94.
 Agrippa I. 51.
 Ahmes I. 12.
 Ailly D' f. Alliacus.
 Airy II. 207. 215. 220.
 Ategnius I. 69.
 Alberti I. 98.
 Albertus Magnus I. 80. 85.
 86. 87. 136. II. 77. 100.
 Albertus De Saronia I. 89.
- Abiruni I. 64. 71. II. 12.
 Abohazen I. 71.
 Abumajar I. 71.
 Acuin I. 75. 76.
 Alderotto I. 90.
 Ambroandi I. 134. 135.
 Alexander der Große, König
 I. 28.
 Alexandros Myndios I. 50.
 Alexandros Trallianos I. 50.
 Alfarabius I. 63.
 Alfons X., König I. 70. 71. 101.
 Alfragamus I. 61.
 Alhazen, Al Gassan Ibn Sai-
 tham I. 68. 69. 117
 Alhwit f. Acuin
 Alhabitus I. 71
 Alhazini I. 67.
 Alkindi I. 70.
 Alkmaion I. 24. 40.
 Alliacus I. 88. 95.
 Al Ramun, Kalif I. 62. 69
 Al Mansur, Kalif I. 62.
 Apetragus I. 71.
 Apini I. 132.
 Al Sufi I. 69.
 Altmann II. 99.
 Amasis f. Ahmes.
 Amici II. 153. 236.
 Amircius I. 58.
 Ammonios I. 48.
 Amontons II. 35. 46. 136.
 Ampelander I. 130.

- Amphère II. 135. 145. 157
 Amöler-Laffon II. 138.
 Anatolios I. 48.
 Anaxagoras I. 18. 19.
 Anaximandros I. 18. 43.
 Anaximenes I. 18. 43.
 Andrews II. 146.
 Andronikos I. 34.
 Angot II. 213. 214.
 Ängström II. 128. 153.
 Anonymus Ravennas I. 56.
 Anthemios I. 40.
 Antigonos I. 50.
 Apian, Peter I. 99. 100.
 Apian, Philipp I. 100.
 Apollonios I. 45.
 Aquinas s. Thomas von Aquin.
 Arago II. 130. 142. 152. 157.
 204.
 Aratos I. 44. 45.
 Archimedes I. 19. 35. 36. 37.
 43. 44. 82. 116.
 Archytas I. 21.
 Arco, Graf II. 166.
 Arctowski II. 220.
 Arduino II. 95.
 Aretius I. 130.
 Argelander II. 123. 124.
 Argyros, Jsaak I. 58.
 Aristarchos I. 44. 46.
 Aristophanes I. 50.
 Aristoteles I. 7. 26. 28. 29. 30.
 31. 32. 34. 39. 40. 47. 49.
 50. 66. 71. 74. 78. 85. 86. 114.
 116 f. 122. 124. 133. II. 11.
 34. 72. 77. 86. 111. 237. 241.
 Aristyllos I. 42.
 Armstrong II. 154.
 Arrhenius, Svante II. 162.
 193. 221.
 Arzbi II. 88.
 Aryabhata I. 59.
 Arzachel I. 70.
 Asjelli II. 90.
 Atelhart von Bath I. 80.
 Auer v. Welsbach II. 185.
 Auerbach II. 200.
 Augustinus I. 73. 74.
 Augustus, Kaiser I. 41. 51. 52.
 Autolykos I. 42.
 Auwers, M. II. 134.
 Auwers, S. J. II. 183.
 Augout II. 8. 53.
 Averroes I. 66. 71. 85.
 Avicenna I. 66. 122. 127. 133.
 Avogadro II. 144. 173. 177.
 191. 192. 194.
 Azarä II. 246.
 v. Babo II. 187.
 Bachmann II. 77.
 Bacon, J. II. 35. 46. 49. 51. 90.
 Bacon, Roger I. 81. 88.
 v. Baer II. 243.
 Baeyer, M. II. 182. 184. 186.
 189.
 Baeyer, S. J. II. 204. 205.
 Baffin II. 9.
 Baier II. 72. 98.
 Bailly II. 207.
 Balard II. 171. 174.
 Baliani I. 115.
 Baratta II. 229.
 Barba II. 64. 72.

- Barnard II. 126. 221.
 Barrow II. 6. 12. 39.
 Bartholinus II. 41. 71.
 Barling II. 231.
 Barus II. 148.
 Bary, De II. 234. 235. 238.
 Bassilos I. 74.
 Bassilus Valentinus I. 93. 125.
 Batalin II. 237.
 Bates II. 254.
 Bauer II. 216.
 v. Bauernfeind II. 206.
 Bauhin, J. I. 131. II. 77.
 Bauhin, N. I. 129. 131. II. 77.
 Baumhauer II. 200.
 Beaumont II. 224.
 Bauschinger II. 137.
 van Bebber II. 211. 212.
 Beccaria II. 17.
 Beckar II. 61. 69. 70. 71.
 Bedenkamp II. 200.
 Becquerel, M. E. II. 150.
 Becquerel, S. M. II. 165.
 Beda, Venerabilis I. 75.
 Beer II. 126. 127.
 Beez II. 159.
 Behaim I. 94.
 Belgrand II. 217.
 Bell II. 167.
 Belli II. 137. 154.
 Belon I. 134.
 Bembo, Cardinal I. 130.
 Bendorf II. 215.
 van Beneden II. 244.
 Benedetti I. 113.
 Berberich II. 125.
 Berendt II. 227.
 Bergman II. 64. 66. 74. 76.
 Berliner II. 143.
 Bernhardi II. 234.
 Bernoulli, Daniel II. 18. 29.
 35. 36. 52. 101. 145.
 Bernoulli, Jakob II. 15.
 Bernoulli, Johann II. 15. 33.
 34. 39.
 Bertelli I. 80. II. 228.
 Berthelot I. 11. II. 176. 181.
 184.
 Bertholbus Niger s. Schwarz.
 Berthollet, Graf II. 171. 172.
 194.
 Bertholon de St. Lazare II. 97.
 Berzelius II. 65. 173. 174.
 175. 176. 177. 178. 179.
 184. 187. 190. 198.
 Bessarion, Cardinal I. 90.
 Bessel II. 122. 124. 129. 132.
 204. 205. 206.
 Bessmer II. 190.
 Besson II. 99.
 Bendant II. 198.
 Beyer II. 10.
 v. Bezold II. 212. 214.
 Bhâskara Acharya I. 60.
 v. Bibra II. 187.
 Bidjat II. 233.
 v. Biela II. 130.
 Bjertnes II. 138.
 Bild I. 100.
 Bisfinger II. 34.
 Biundo, Flavio I. 89.
 Biot II. 130. 152. 204.
 Bird II. 21.
 Birkeland II. 216.

- Bitterkraut II. 92.
 Blaf II. 48. 66.
 Blacu II. 9.
 Blagden II. 49.
 Blanchard, C. II. 241.
 Blanchard, J. P. II. 32.
 Blasius II. 90.
 Bloch II. 88.
 Blum II. 199.
 Blumenbach II. 93. 248.
 Boccaccio I. 79.
 Bochart I. 136.
 Boet I. 128.
 Boeckmann II. 104.
 v. Boehm II. 100.
 Boergen II. 215. 220.
 Boerhaave II. 60. 64.
 Boetius, Mathematiker I. 56.
 Boetius, De Boot, Natur=
 historiker I. 128.
 Boettger, R. II. 168.
 Böttger, J. C. II. 63.
 v. Boguslawski II. 221.
 Bohnenberger II. 208.
 Bolkmann II. 137. 145. 161. 185.
 Bombafius, Vanbaf f. Para=
 celius.
 Bonaparte f. Napoleon I.
 Bonelli II. 242.
 Bonifacius, Winfried I. 75.
 Bonnet II. 103. 243.
 Bonpland II. 246.
 van Bontefoe II. 62.
 Boot, De f. Boetius.
 Borchgrevink II. 220.
 Bordier II. 99.
 Borelli, G. M. II. 33. 77.
 Borrelly II. 125.
 Borro II. 53.
 Boscobich II. 17. 35. 145.
 Boze II. 56.
 Boffut II. 29.
 Bótero II. 100.
 Botto II. 168.
 Boucher de Perthes II. 249.
 Bouguer II. 16. 24. 100.
 Boulton II. 51.
 Bourrit II. 99.
 Bouffinesq II. 138.
 Bouffingault II. 188. 236.
 Boberi II. 358.
 Boyle II. 30. 31. 34. 39. 40.
 47. 59. 60. 69. 71. 141.
 Bradenhofer II. 70.
 Bradley, J. II. 22. 122.
 Bradley, R. II. 85.
 Bradwardin I. 88.
 Braße, Tycho I. 70. 104. 105.
 106. II. 6. 7. 8.
 Brahmagupta I. 60.
 Branca, G. II. 50.
 Branca, W. II. 228.
 Brand II. 63.
 Brander II. 21.
 Brandes II. 211.
 Branly II. 166.
 Braun, A. II. 232. 234. 238.
 Braun, R. J. II. 137. 166.
 Bravais II. 197. 230. 232.
 Brebichin II. 130.
 Brehm, M. II. 244.
 Brehm, C. S. II. 244.
 Breithaupt II. 196. 199.
 Breton de Champ II. 210.

- Breusing II. 209.
 Brestler II. 152.
 Brezina II. 131. 199.
 Brinkley II. 122.
 Brisseau-Mirbel II. 234. 235.
 Broegger II. 199.
 v. Bromell II. 71.
 Brongniart II. 223.
 Bronn II. 244. 252.
 Broote II. 219.
 Brouffean II. 205.
 Brown II. 231.
 Brücke II. 237.
 Brückner II. 213.
 Brudzewski, Albert I. 99.
 Brunsfels I. 128.
 Bruno, Giordano I. 110.
 Bruns II. 133. 153. 206.
 Brunn, Malte II. 203.
 Buache II. 102.
 v. Buch II. 94. 221. 222. 224.
 226. 228.
 Bucholz II. 66.
 Buff II. 181.
 Buffon, Graf II. 89. 91. 101.
 106. 107. 195. 240. 250.
 Bunjen II. 140. 151. 189. 228.
 Bunte II. 191.
 Burdhardt I. 11. 32. II. 248.
 Burdach II. 242.
 Bürgi I. 103. 107.
 Burmeister II. 135.
 Burrow II. 17.
 Burrus s. Borro.
 Busch II. 214.
 Butlerow II. 181.
 Buys Ballot II. 104. 211.
 Cabelo I. 121. II. 52.
 Cabral I. 95.
 Caesalpinus I. 128. 131. 132.
 II. 76. 77. 79. 86.
 Caesar, Julius I. 12. 51.
 Cagniard de Latour II. 136. 142.
 Cagnoli II. 107.
 Cailletet II. 141.
 Calandrelli II. 122.
 Calvin I. 133.
 Camerarius, S. I. 127.
 Camerarius, R. S. II. 78. 103.
 Campanus von Novara I. 80.
 Camper II. 92.
 Camus II. 16.
 Candolle, De, M. II. 237.
 Candolle, De, P. II. 84, 231.
 236. 238. 239.
 Cannizaro II. 186.
 Canonica II. 17.
 Canton II. 39. 57. 58. 105.
 137. 150.
 Cantor I. 12.
 Cão I. 94.
 Cappellet II. 63. 69. 76. 97.
 Carangeot II. 76.
 Cardano I. 113.
 Carrillo y Laja II. 64.
 Carlisle II. 154.
 Carnot, Sadi II. 116. 117.
 Carpenter II. 127. 220. 253.
 Cartesius I. 119. 120. II. 5. 15.
 27. 28. 37. 41. 49. 52. 214.
 Carns II. 242. 248. 252.
 Caffegrain II. 21.
 Caffelmann II. 168.
 Casserio I. 134.

- | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|------|
| Cajjini, D II. 8. 10. 15. 25. | Ciamician II. 186. | Cor |
| Cajjini, J. II. 15. 16. | Cicero I. 21. 44. 73. | 10 |
| Cajjini, Graf II. 107. | Clairant II. 16. 18. | 14 |
| Cassiodorius I. 56. | Clapeyron II. 117. | 11 |
| Castelli I. 116. | Clarke, A. R. II. 206. | Cor |
| Cato I. 51. | Clarke, C. D. II. 175. | Cor |
| Cauchy II. 142. | Clarke, J. II. 26. | Cor |
| Caus, De II. 50. | Clarke, S. II. 26. | Cor |
| Cavallo II. 58. | Claus II. 245. | Cor |
| Cavendish, Lord II. 17. 66. 67. | Clauius II. 117. 120. 145. | Cor |
| Cavoley II. 50. | 146. 214. | Cot |
| Celsius II. 16. 45. 102. | Clavius I. 108. II. 8. 12. | b. C |
| Celtis I. 99. | Clément II. 180. | Cot |
| Censorinus I. 55. | Cliffort II. 82. | Cou |
| Cesalpino f. Caesalpinus. | Clujus, De l'Écluse I. 129. 130. | Cou |
| Chacornac II. 125. | 136. | van |
| Chalcidios I. 48. | Cod II. 103. | Cra |
| Chambers II. 230. | Cohen II. 131. | Cra |
| v. Chamisso II. 230. 245. | Cohn II. 247. | Cra |
| Chancel II. 180. | Colding II. 119. | b. C |
| Chandler II. 208. | Colladon II. 138. 143. | Cro |
| Chappe II. 166. | Collimitius I. 99. | Cru |
| Charles II. 32. 44. 46. 139 | Collins II. 90. | Cul |
| Charleton II. 87. | Colombo, C. f. Columbus. | Cur |
| Chasles II. 136. | Colombo, R. I. 134. II. 90. | Cur |
| Chaulnes, De, Herzog II. 21. | Colón f. Columbus. | Cur |
| Chevandier II. 136. | Columbus I. 88. 95. 96. | Cur |
| Chevrenl II. 150. 186. | Columella I. 54. | Cur |
| Chladni II. 130. 142. | Comenius II. 61. | Cur |
| v Cholnoty II. 217. | Commandino I. 112. | Cus |
| Christiansen II. 138. | Conches, Wilhelm von I. 88. | I. |
| Christmann, Jakob I. 61. | Condamine, De la II. 16. 92. | Cur |
| Chryppis f. Cusa. | Configliacchi II. 156. | 2 |
| Chrystoltes, Georg I. 58. | Coof II. 92. 102. 105. | |
| Chrystomos, Johann I. 73 | Cooper II. 159. | Da |
| Chun II. 219. 246. | Cope II. 223. | D'2 |
| Chwolson II. 121. | Copley II. 157. | Da |

- Coppersmies I. 21. 44. 47. 93.
 101. 102. 103. 104. 105.
 106. 109. 110. II. 6. 7. 22.
 122. 131.
 Corda II. 223. 233.
 Corbier II. 195.
 Corbus, Valerius II. 63. 77.
 Coriolis II. 137.
 Cornu II. 153. 161.
 Corti, Graf II. 144.
 Cotes II. 14.
 v. Cothenius II. 85.
 Cotte II. 106.
 Coulomb II. 52. 136.
 Courtois II. 171. 173.
 van Craanen II. 62.
 Cramer II. 18.
 Crang I. 136.
 Crawford II. 49.
 v. Cronstedt II. 74. 75.
 Crookes II. 163.
 Cruikshank II. 156.
 Culmann II. 136.
 Cunaens II. 56.
 Cunitia, Maria I. 107.
 Curie, P. II. 185. 198.
 Curie, Frau II. 185.
 Curtius II. 186.
 Curçe I. 89.
 Cusa, Nikolaus von, Kardinal
 I. 91. 110.
 Cuvier I. 63. II. 223. 224.
 241. 244. 252.

 Dabernaemontanus I. 123.
 D'Acoſta I. 96.
 Da Gama, Vaſco I. 95.
- Daguerre II. 150.
 D'Allembert II. 18. 32. 36.
 Dalencé II. 44.
 Dalibard II. 105.
 Dal Negro II. 168.
 Dalton II. 172. 210.
 D'Alton II. 243.
 Damianus s. Dominos.
 Damoiseau II. 132.
 Dampier II. 104.
 Dana II. 224.
 Daniell II. 159.
 Dante Alighieri I. 84. 87.
 Darcy II. 138.
 Darwin, Ch. II. 218. 230. 237.
 238. 250. 251. 252. 253.
 254. 255. 256. 257. 258.
 Darwin, C. II. 250. 251.
 Darwin, G. S. II. 220.
 D'Ascoli, Cecco I. 84.
 Daubenton II. 89. 93. 240.
 Daubeny II. 237.
 Daubrée II. 130. 203. 217.
 D'Aubuisson II. 139.
 Daussy II. 220.
 Da Vinci, Lionardo I. 98. 112.
 II. 33. 100.
 Davy, Humphry II. 44. 116.
 150. 168. 173. 179.
 De' Beldomandi I. 99.
 De Bont, Bontius I. 136.
 De Conti, Niccolò I. 89.
 De Dominis II. 38.
 De Dondi, G. I. 82.
 De Dondi, J. I. 90.
 De Fontancourt I. 81.
 De Fontenelle I. 105.

- Degli Armati I. 81.
 De Goeje I. 62.
 Delafosse II. 197.
 Delambre II. 204.
 De le Boe Sylvius II. 59.
 De le Faïsse I. 112.
 Delisle II. 45. 76.
 Dellmann II. 214.
 Del Monte, Marsche I. 112.
 Delpino II. 237.
 Deluc II. 48. 99. 226.
 De Maricourt I. 81.
 Demetrios Poliorketes I. 36.
 Demitschki I. 64.
 Demokritos I. 18. 24. 32. 40.
 II. 34.
 Denison Olmsted II. 133.
 De Sabieude I. 85.
 De Sabunde s. De Sabieude.
 Desagultiers II. 26. 55. 56.
 Descartes s. Cartesius.
 Descloizeaux II. 201.
 Desor II. 227.
 Deformes II. 180.
 De Spina I. 81.
 Desprez II. 141. 159.
 De Ultrifuria I. 85.
 Dewar II. 147.
 Dias I. 95.
 Diciil I. 76.
 Dietrich, Mechaniker II. 52.
 v. Dietrich, Geologe II. 96.
 Dikaiarchos I. 43.
 Dingler II. 238.
 Diogenes Apolloniates I. 24.
 Dionysius Exiguus I. 55.
 Dionysodoros I. 44.
 Dioskurides I. 49. 90. 128.
 Dirichlet II. 136.
 Divini II. 38.
 Divisch II. 105.
 Dixon II. 17.
 Dobonäus I. 129.
 Doeberiner II. 190.
 Doellinger II. 242. 243.
 Doersel II. 11. 14.
 Dohrn II. 245. 246.
 Dollond, J. II. 22.
 Dollond, P. II. 22.
 Dolomieu II. 96.
 Domenico Maria I. 99.
 Dominos I. 39.
 D'Orsme I. 88.
 Douves II. 107.
 Dove II. 211. 213.
 Draper II. 128.
 Drebbel II. 44.
 Drobisch II. 207.
 Drude, D. II. 239.
 Drude, P. II. 161.
 v. Drygalsti II. 220.
 Dschabir, Abu Musa s. Geber.
 Dschabir, Ibn Aflah I. 65.
 Dubois II. 257.
 Du Bois Reymond II. 155. 246.
 Dubuat-Rançay, Graf II. 29.
 Duchartre II. 233.
 Dufay II. 56. 105.
 Dufour II. 220.
 Dugès II. 241.
 Duhamel II. 52.
 Duhamel de Monceau II. 64.
 Dulong II. 141. 144.
 Dumas II. 176. 177. 191.

Duun
 Dum
 Dufe
 Düve
 Dutr
 Dutt
 Dube
 Dzier

Eber
 Eber
 Eber
 Edel
 Eder
 Ediso
 Edluc
 Edrij
 Eged
 Ehre
 Ehrl
 Eichl
 Eine
 Einh
 Eifen
 Eifen
 Elm
 Elyph
 Elfter
 Elter
 Emm
 Empe
 Ende
 Endf
 Enea
 v. E
 Engl
 Ephy

- Dungal I. 76.
 Dunter, W. II. 222.
 Dupain-Lriel II. 107.
 Dürrer I. 98. 135.
 Dutrochet II. 139. 236.
 Dutton II. 225. 227.
 Duverney II. 90.
 Dzierzon II. 243.

 Ebermayer II. 213.
 Ebers I. 11.
 Ebert II. 131. 160. 215. 217.
 Edelmann II. 159.
 Eder II. 189.
 Edison II. 143. 168.
 Edlund II. 158. 160.
 Edrissi I. 64.
 Egede II. 92.
 Ehrenberg II. 244. 246.
 Ehrlich II. 245.
 Eichler II. 238.
 Eimer II. 257.
 Einhard I. 67.
 Eisenlohr, A. I. 12.
 Eisenlohr, W. II. 153.
 Ekman II. 220.
 Ephantos I. 21.
 Ekster, J. II. 215.
 Elter I. 57.
 Emmerling II. 75.
 Empedokles I. 18. 19. 24. 27.
 Ende II. 132. 133. 205.
 Endlicher II. 231. 236.
 Enea Silvio s. Piccolomini.
 v. Engeström II. 73. 74.
 Engler II. 239.
 Ephraem I. 73.
 Epituroz I. 18. 52.
 Erastistratos I. 50.
 Eratosthenes I. 19. 37. 43. 44.
 Eremita s. Paracelsus.
 Erler I. 127.
 Erlemeyer II. 181.
 Erleben II. 26.
 Esmarck II. 226.
 Esper II. 98.
 Esby II. 211.
 Eudoros I. 23. 30. 45. 71. 92.
 Eukleides I. 28. 35. 38. 42.
 Euttemon I. 22.
 Euler II. 18. 19. 22. 28. 32.
 33. 35. 36. 42. 43. 52. 55.
 101. 106. 107. 152. 208.
 209. 215.
 Eusebios I. 73.
 Eustachio I. 134.
 Everest II. 204.

 Fabri II. 33.
 Fabricius, Johann I. 109. 130.
 Fabricius ab Aquapendente I.
 134.
 Fahrenheit II. 45. 47.
 Faminjin II. 188.
 Fannius Palaemon I. 54.
 Faraday II. 140. 158. 160. 161.
 162. 175. 178. 182. 191.
 Fatio de Duiller II. 25.
 Fauth II. 127.
 Favaro I. 111. 114.
 Favre II. 191.
 Faye II. 207.
 Fehner II. 159. 170.
 Fedderfen II. 154.

- v. Zeilisch II. 139.
 Zeldhaus I. 81.
 Zellner I. 86.
 v. Zedborow II. 198. 199.
 Zermat II. 6.
 Zernel I. 99.
 Zerrel II. 212.
 Zinaeus II. 9.
 Zinsterwalder II. 226.
 Ziorini II. 210.
 Zirmicus Maternus I. 55.
 Zischer, C. II. 184. 186.
 Zischer, J. R. II. 25.
 Zischer, D. II. 184. 186.
 Zischer, Ph. II. 206.
 Zißher II. 221.
 Zißgerald II. 51.
 Zizroy II. 212. 218.
 Zizeau II. 161.
 Zlamsteed II. 8.
 Zleischer, J. I. 117.
 Zleischmann II. 257.
 Zliegner II. 139.
 Zlüchtiger II. 186.
 Zludd II. 44.
 Zoeppl II. 137.
 Zogel II. 76.
 Zolie II. 208.
 Zontana, J. II. 68.
 Zontana, G. II. 10.
 Zontancourt, Syger de I. 81.
 Zorbes II. 246.
 Zorel II. 217.
 Zorster, A. C. II. 217.
 Zorster, G. R. II. 92.
 Zorster, J. G. II. 92. 102.
 Zoucault II. 161. 208.
 Zourcroy II. 171.
 Zourier II. 144.
 Zournet II. 212.
 Zournier II. 100.
 Zrant, A. II. 136. 138.
 Zrant, P. II. 169.
 Zrantenheim II. 140.
 Zrantland II. 178. 180. 181. 186.
 Zrantlin II. 56. 57. 58. 101.
 105. 156.
 Zrantz II. 200.
 Zraunhofer II. 149. 151. 153.
 Zresnel II. 152. 153.
 Zrey II. 245.
 Zriedrich II., Kaiser I. 63.
 Zries II. 233.
 Zriß, G. I. 111.
 v. Zritsch II. 201.
 Zritsche II. 215.
 Zriß II. 216.
 Zrontinus I. 52. 116.
 Zuchs, J. R. II. 174.
 Zuchs, J. I. 128. 129.
 Zuchs, W. II. 205.
 Zueß II. 199.
 Züger, S. I. 123.
 Zulton II. 51.
 Zunk II. 104.
 Zurlanus I. 133.
 Zürrohr II. 231
 Zadolin II. 197.
 Gaertner, J. II. 86.
 Gaertner, R. J. II. 236.
 Gahn, J. G. II. 73.
 Galenos I. 50. 66. 122. 133.
 Galien II. 32.

Galile
 114
 II.
 33.
 Galle
 Gallo
 Galv
 Gant
 Gasc
 Gasse
 Gasse
 Gasse
 Gasse
 14
 Gant
 Gays
 17
 Gays
 Gebe
 Geer
 Gege
 Gehl
 Gehl
 Geiß
 Geit
 Gell
 Gem
 Gem
 Geoi
 Geoi
 2
 Geo
 2
 Geo
 Ger
 I.
 Ger
 Ger

- Galilei I. 108. 109. 110. 111.
114. 115. 116. 117. 118. 121.
II. 5. 6. 7. 10. 13. 25. 27.
33. 35. 38. 39. 44.
- Galle II. 133.
- Galloway II. 123.
- Galvani II. 155.
- Gant II. 246.
- Gascoigne II. 8.
- Gassendi II. 7. 34. 35. 146.
- Gassiot II. 163.
- Gauß II. 114. 125. 131. 135.
149. 166. 204. 209. 215.
- Gautier II. 128.
- Gay-Lussac II. 141. 145. 171.
172. 173. 174. 178. 179.
- Gaymarc II. 246.
- Geber I. 65. 66. 124.
- Geer, De II. 230.
- Gegenbaur II. 245.
- Gehlen II. 174.
- Gehler II. 7. 25.
- Geißler II. 139. 151. 163.
- Geitel II. 215.
- Gellibrand II. 53.
- Geminos I. 35.
- Gemma Frisius II. 9.
- Geoffroy, C. F. II. 61. 64. 84.
- Geoffroy St. Hilaire, C. II. 240.
241. 242. 250. 251.
- Geoffroy St. Hilaire, J. II.
240. 252.
- Georg von Trapezunt I. 90.
- Gerbert, Papst Sylvester II.
I. 76.
- Gerhard von Cremona I. 80.
- Gerhardt II. 176. 177. 180.
- Gerlach II. 245.
- Gerland, C. II. 30.
- Gerland, G. II. 229.
- Germanicus I. 52.
- Geßner I. 127. 128. 129. 130.
131. II. 70.
- Ghetaldi II. 12.
- Ghini I. 130.
- Gibbs II. 172. 194.
- Giebel II. 257.
- Gilbert, G. R. II. 228.
- Gilbert, S. B. II. 114.
- Gilbert, Ph. II. 208.
- Gilbert, W. I. 120. II. 51.
- Gioja, Flavio I. 80.
- Giraldus Cambrensis I. 87.
- Girtanner II. 172.
- Giuntini II. 12.
- Givanetti II. 67.
- Glauber II. 59.
- Gleditsch II. 85.
- Gmelin, J. F. II. 72.
- Gmelin, C. G. II. 106.
- Godin II. 16.
- Godlewski II. 238.
- Goebel II. 238.
- Goethe II. 42. 95. 100. 149.
150. 183. 226. 231. 232.
250. 252.
- Goepfert II. 223.
- Goettling II. 189.
- Goldfuß II. 88. 244.
- Goldschmidt II. 125.
- Goldstein II. 163.
- Golgi II. 245.
- Goltius, Jakob I. 62.
- Gortali II. 98.

- v. Gorup-Besanez II. 187.
 Graebe II. 182.
 Graeff II. 87.
 Graetz II. 169.
 Graham, G. II. 21. 54.
 Graham, Pj. II. 139.
 Grailich II. 200.
 Gramme II. 168. 169.
 Gravelins II. 138. 217.
 Gravenhorst II. 199.
 Gray, M. II. 253.
 Gray, J. E. II. 242.
 Gray, C. II. 55. 56.
 Gregor XIII., Papst I. 107.
 Gregor von Nyssa I. 74.
 Gregoras I. 58.
 Gregory II. 21. 22.
 Gren II. 66.
 Grew II. 78. 79. 80.
 Grimaldi II. 11. 12. 40. 42.
 Grindel II. 65.
 Grisebach II. 239. 247.
 Großtestie, s. Robert.
 Grotefend I. 9.
 Groth II. 200.
 v. Grotshuß II. 162.
 Grove II. 116. 159.
 Gruithuisen II. 127. 227.
 Gruner II. 99.
 Guarechi I. 49.
 v. Guericke II. 3. 25. 31. 44.
 Guettard II. 97.
 Guglielmini II. 70.
 Guinand II. 149.
 Guiot de Provins I. 80.
 Guldberg II. 194.
 Guldin, Paul I. 112.
- v. Gumbel II. 130. 202. 223. 227.
 Günther, M. II. 248.
 Günther, L. I. 108.
 Guthrie II. 192.
 Guths-Muths II. 203.
 Guyton de Morveau II. 171.
 Guzmão II. 32.
 Gylben II. 133.
 Gyllius I. 133.
- Haas, M. E. I. 40.
 Haas, G. II. 217.
 Haberlandt II. 237.
 Hacquet II. 99.
 Hadley, G. II. 104.
 Hadley J. II. 20.
 Hadrianus, Kaiser I. 47.
 Haedel II. 219. 246. 248. 254.
 255. 256.
 Hagen II. 138.
 Hahn II. 230.
 v. Haibinger II. 199.
 Halbsaß II. 217.
 Hale II. 92.
 Hales II. 81. 101.
 Hall, M. II. 126.
 Hall, C. S. II. 160.
 v. Haller II. 84. 93.
 Halley II. 10. 14. 23. 30. 32.
 33. 39. 44. 54. 132.
 Hallier II. 247.
 Hamilton, William Rowan II.
 135. 153.
 Hamilton, William, engl. Vulkanforscher II. 96.
 Hamilton, William, irländ.
 Vulkanforscher II. 96.

- Herbert II. 236.
 Herder II. 250.
 Hergeßell II. 217.
 Hermann II. 179.
 Hermbstaedt II. 186.
 Hermes II. 244.
 Herodotos I. 16. 24.
 Heron I. 37. 38. 39. 45. 53.
 116. II. 50.
 Herophilos I. 50.
 Herrad von Landsberg I. 77.
 Herßel, M. II. 131.
 Herßel, S. II. 121. 144. 157.
 Herßel, R. II. 21.
 Herßel, W. II. 21. 23. 24.
 121. 123. 126. 128. 221.
 Hertwig, D. II. 254. 258.
 Hertwig, R. II. 254. 258.
 Herz II. 160. 214.
 Heß, G. S. II. 194.
 Heßel II. 196.
 Hethum, Prinz I. 83.
 Heuglin II. 246.
 Hevelius II. 13. 53.
 Hiärne, H. II. 72. 102.
 Hieron, König I. 37.
 Hietas I. 21.
 Hilger II. 187.
 Hill II. 76.
 Hilprecht I. 9.
 Hind II. 125.
 Hipparchos I. 43. 45. 46. 47.
 Hippokrates I. 25. 34. 66. II. 169.
 Hippolytos I. 18.
 Hippon I. 24.
 Hire, De la II. 15. 99.
 His II. 245.

- Hisinger II. 173.
 Hittorf II. 162. 194.
 Hochheim I. 62.
 Hoernes II. 229.
 van t'Hoff II. 182. 192. 194.
 Hoffmann, S., Arzt in Halle
 a. S. II. 34. 62.
 Hoffmann, S., Arzt in Jena
 II. 180.
 Hoffmann, S. R. S. II. 214.
 Hoffmann, W. W. II. 181. 186.
 191.
 Hoffmann, S. II. 245.
 Hoffmann, R. II. 90.
 Hoffmann, W. I. 124.
 Hoffmann, P. II. 220.
 Hofmeister II. 232. 233. 234. 236.
 Hofenheim s. Paracelsus.
 Holz II. 154.
 Homann II. 107.
 v. Homberg II. 60.
 Homén II. 189.
 Hooke II. 7. 21. 30. 36. 38,
 40. 42. 79. 95.
 Hopkins II. 221. 227.
 Hoppe-Seyler II. 187.
 Horaz I. 21.
 Horrebow II. 107.
 Horroy II. 10.
 Hottinger II. 99.
 Houzeau II. 123.
 Hrabanus Maurus I. 77.
 Huggins II. 128.
 Hughes II. 167.
 Hugt II. 225.
 Hugo da Lucca I. 90.
 Hüß II. 51.

v. S
 93.
 201
 227
 Hum
 Huna
 Hütte
 Huzle
 Huyg
 41
 Hygin
 Hylar
 Hypa
 Hippi
 Jabl
 Jaco
 v. S
 Jaco
 Jacq
 v. S
 v. S
 Zall
 Zam
 Zam
 Zanf
 Zanf
 Zare
 Zasp
 Zbn
 Zbn
 Zbn
 Zbn
 Zbn
 Zbn

- v. Humboldt I. 97. II. 3. 53.
93. 94. 106. 114. 142. 155.
203. 205. 215. 221. 224.
227. 233. 239. 246.
4. Humphreys II. 217.
- alle Hunain Ibn Zsaaf I. 62.
- ena Sutton II. 17.
- Huxley II. 253.
4. Huygens II. 8. 10. 13. 15. 27.
41. 44. 152.
86. Hyginus, Astronom I. 52.
Hyginus, Feldmesser I. 52.
Hylacomyus s. Waldseemüller.
Hypatia I. 38.
Hypistles I. 42.
36. Jablochkow II. 168.
Jacobi, C. G. II. 137.
v. Jacobi, M. S. II. 168.
Jacopo da Forlì I. 90.
Jacques de Vitry I. 80.
v. Jacquin, J. F. II. 84.
38. v. Jacquin, N. II. 84.
Jallabert II. 56. 103.
Jamin II. 193.
Jannitzer I. 127.
Jansen, Zacharias I. 118.
Janssen II. 128.
Karolini I. 134.
Jaspar II. 168.
Ibn Al Baithar I. 65.
Ibn Badja I. 71.
Ibn Bajlak I. 65.
Ibn Batuta I. 64.
Ibn Chalbun I. 66.
Ibn Esra I. 71.
Ibn Saitham s. Alharzen.
- Ibn Israeli I. 71.
Ibn Junos I. 70.
Jellett II. 136.
Jentiu II. 160.
Jesse II. 214.
Jessen I. 86.
Jhne II. 214.
Jmperato II. 70.
Jungenhouß II. 57. 67. 236.
Jugreßias I. 134.
Jutze I. 247.
Johann v. Guntind I. 91.
Johannes Philoponos I. 38.
Johannes Scotus Erigena I. 79.
Johnston, J. II. 70.
Johnston, W. I. 135.
v. Jolly II. 139. 207.
Jordan, C. II. 197. 198.
Jordan, W. II. 206.
Jordanus Memorarius I. 85.
Joule II. 119.
Jobianus Pontanus I. 132.
Jsaaf Ben Joseph Israeli I. 71.
Jsidorus Hispalensis I. 75.
Jffel II. 206.
Jstachri I. 64.
Juan y Santicilia II. 16.
Zuba, König I. 48.
Jungermann I. 129.
Jungius, Junge II. 59. 76. 77.
Jussien, De, A. L. II. 83.
Jussien, De, B. II. 83.
v. Justii II. 75.
Jvory II. 136.
- Kabasilas I. 58.
Kahlbaum II. 195.

- Kaiser II. 126.
 Kalippos I. 22.
 Kalkowsky II. 203.
 Kallimachos I. 50.
 Kallinikos I. 58.
 Kallisthenes I. 32.
 Kamerlingh Onnes II. 146. 147.
 Kämpfer II. 87.
 Kämz II. 210.
 Kant I. 24. II. 28. 35. 97.
 104. 108. 115. 222.
 Kapteyn II. 123.
 Karl der Große, Kaiser I. 62. 76.
 Karl der Kahle, Kaiser I. 76.
 Karl V., Kaiser I. 97.
 Karl V., König I. 82.
 Karl von Anjou, König I. 81.
 Karsten II. 149.
 Kater II. 206.
 Kaufmann, G. I. 79.
 Kaufmann, W. II. 215.
 Kayser II. 130.
 Kazwini I. 64.
 Keilhad II. 227.
 Keill II. 14.
 Keulé II. 180. 181. 182.
 Keller II. 249.
 Kelvin, Lord J. W. Thomson.
 Kemtmann I. 128. 130.
 Kepler, J. I. 105. 106. 107.
 108. 111. 118. 120. 121.
 II. 5. 6. 11. 12. 14. 25. 35.
 69. 100. 124. 125. 127. 131.
 Kepler, G. I. 108.
 Kermer v. Marilaun II. 239.
 Kerr II. 161.
 Kerichensteiner I. 123.
 Kielmeher II. 113.
 Kjerulf II. 230.
 Kiliani II. 186.
 Kinnersey II. 57.
 Kirck II. 8. 103.
 Kircher, M. I. 120. 121. II. 35. 38.
 39. 51. 53. 55. 94. 100.
 Kirckhoff, M. II. 84. 230.
 Kirckhoff, G. II. 151. 158. 193.
 Klaatsch II. 257.
 Klaproth II. 65. 172. 179.
 Klau J. Clavius.
 Klein, G. S. II. 127.
 Klein, J. T. II. 88.
 Klein, J. F. R. R. II. 201.
 v. Kleist II. 56.
 Kleomedes I. 39. 44.
 Kleostratos I. 22.
 Klingensjerna II. 22.
 Klinkerfues II. 133.
 Klug I. 109.
 Knight II. 236.
 Knoblauch II. 145.
 Knochenhauer II. 154.
 v. Kobell II. 74. 168. 199. 201.
 Koch II. 247.
 Köhler, M. I. 81.
 v. Koelliker II. 245. 257.
 Koenig, M., II. 207.
 Koenig, R. II. 143.
 Koenig, W. II. 150.
 Koeppen II. 213.
 v. Koevesligethy II. 229.
 Kohnrauch II. 137. 148.
 Kolb II. 92.
 Kolbe II. 178. 180. 186.
 Kollmann II. 249.

Köhre
 Konft
 Kopp
 Kopp
 Köstf
 Korn
 Kösn
 Kotó
 Kran
 Krate
 Krag
 Kran
 Krebs
 Krem
 Kreuz
 Kreuz
 Krieger
 Kroer
 Krüg
 Krum
 Krün
 Ktejid
 Ktefil
 Kühn
 Küftn
 Küfti
 Kühn
 Kund
 Kund
 Kupp
 Kuffo
 Laar
 Laca
 Laccé

38. Böfcreuter II. 85. 86. 236.
 Konftantin IV., Kaifer I. 58.
 Bopp II. 191. 194.
 Boppernigl f. Copernicus.
 93. Boiffta II. 210.
 Bohn, A. II. 167.
 Bofmas Zudifopleuftes I. 73.
 Botó II. 229.
 Brap II. 105.
 Brates Maffotes I. 95.
 Braufenstein II. 56.
 Brauf II. 238.
 Brebs f. Cufa.
 Bremer II. 184.
 1. Breuter II. 217.
 Breutermann II. 72.
 Brieger II. 127.
 Brigar-Menzel II. 207.
 Broenig II. 145.
 Brüger II. 95.
 Brumbacher I. 57.
 Brümme II. 219. 220. 221.
 Bteftas I. 24.
 Bteftibios I. 37.
 01. Bühn II. 99.
 Büftner II. 208.
 Büßing II. 233.
 Buhn II. 99.
 Bunde v. Loewenftern II. 63.
 Bunde II. 143.
 Bu-o-ppo I. 15.
 Bupfer II. 196.
 Buxta Zbn Luxa I. 62.
 Baar II. 182.
 Bacaille II. 17. 23.
 Bacépède II. 240.
 Bactantius I. 73.
 Badenbürg II. 184. 194.
 van Baensbergh I. 107.
 Bafiteau II. 92.
 Bagrange II. 19. 28. 107. 116.
 135. 209.
 Ba Hire, De II. 15.
 Ba Lande II. 23.
 Bamard, De II. 240. 251. 258.
 BAMB, G. II. 138.
 Bamber II. 19. 24. 43. 46.
 104. 107. 129. 209. 211. 248.
 b. Bamont II. 128. 216.
 Bampadius II. 189. 193.
 Bampert II. 248.
 Bandoft II. 184.
 Bang II. 228.
 Bangenbeck II. 230.
 b. Langenftein f. Heinrich de
 Haffia.
 Bangley II. 212.
 van Langren II. 10.
 b. Langsdorf II. 29.
 Baniß, De II. 32.
 Baplace, De II. 6. 19. 43. 49.
 108. 131. 142. 152. 219. 222.
 Bafius II. 202.
 Bafwit II. 146.
 Bafini, Brunetto I. 84.
 Batreille II. 241.
 Laurent, A. II. 176. 177. 182.
 Bavigzari II. 200.
 Bavoijfer II. 3. 25. 49. 64. 66.
 68. 144. 170. 171. 172. 173.
 Le Bel II. 182.
 Le Blanc II. 190.
 Leclaudé II. 159.

- Longomontanus s. Ljungberg.
 Lorenz II. 154. 161.
 Lorenz II. 161.
 Lorenz v. Siburnau II. 213.
 Lorenzini II. 90.
 Loschmidt II. 145.
 Loser II. 159.
 Lossen II. 202.
 Lowig, Vater II. 66.
 Lowig, Sohn II. 66.
 Loys de Chejeau II. 24.
 Lubbock II. 220.
 Lucretius I. 52. 53.
 Ludwig II. 232.
 Ludwig der Fromme, Kaiser I. 76.
 Lugeon II. 224.
 Lutas II. 42.
 Lullus, Raimundus I. 80.
 Lumière II. 150.
 Luther, R. L. R. II. 189.
 Luther, M. I. 79. 100.
 Luther, Th. II. 125.
 Lyell II. 224. 252. 253.

 Mac Cullagh II. 153. 154.
 Macer Floridus I. 77.
 Mach II. 143.
 MacLaurin II. 101.
 Maclear II. 122. 205.
 Macquer II. 64.
 Macrobius I. 56.
 Madjen II. 213.
 Maebler II. 127.
 Mäslin I. 105.
 Magalhães I. 97.
 Magellanus s. Magalhães.
 Magnus, S. M. II. 139.
 Mahmud Al Sagmini I. 70.
 Maillet, De II. 102.
 Mairan, J. S. De II. 47.
 Maire II. 17.
 Malebranche II. 34.
 Mallard II. 198.
 Mallet II. 228.
 Malpighi II. 79. 80. 91.
 Malthus II. 252.
 Malus II. 152.
 Marilius I. 52.
 Maraldi II. 15.
 Marcellus I. 55.
 Maregrav I. 136.
 Marcianus Capella I. 56.
 Marconi II. 166.
 Marcus Marci II. 40.
 Marcuse II. 208.
 Marggraf II. 64.
 Mariani II. 158.
 Maricourt, Pierre I. 81.
 Marino I. 48.
 Mariotte I. 115. II. 27. 29.
 30. 35. 40. 42. 80. 99. 141.
 Marius, Simon I. 109.
 Marsh II. 223.
 Marshall II. 248.
 Marşigli, Graf II. 87. 100. 101.
 Martens II. 100.
 Martin II. 149.
 Martins II. 239.
 van Marum II. 156.
 Mary II. 200.
 Mascart II. 206.
 Maskelyne II. 17. 106.
 Mason II. 17.
 Masubi I. 64.

68.
82.
02.

15.

38.
15.

- Mollweide II. 215.
 Molyneux II. 22.
 Monconys II. 102.
 Mondino I. 90.
 Monet f. Samard, De.
 Monge II. 105. 135.
 Montanari II. 33.
 Monteiro, J. M. II. 195.
 Montelius II. 249.
 Monteffius de Vallore, Graf
 II. 229.
 Montgolfier II. 32. 139.
 Montlosier, Graf II. 97.
 Mophsue, Theodor von I. 73.
 Morasch II. 34.
 Morin II. 136.
 Morison II. 77.
 Morland II. 36. 84. 85.
 Moro II. 96.
 Morren II. 214.
 Morse II. 166.
 Mosander II. 179.
 Moser II. 149.
 Moses Chami I. 61.
 Mousson II. 225.
 Mulber, G. J. II. 188. 235.
 Müller, Joh. f. Regiomontanus.
 Müller, Joh. II. 243. 246. 258.
 Müller, J. II. 237.
 Müller, S. II. 237.
 Müller, D. F. II. 106.
 Müller-Erzbach II. 140.
 Münster, Sebastian I. 61.
 Münz II. 188.
 Murchison II. 223.
 Murray II. 219.
 Muspratt II. 190.
 van Rußschenbroef II. 35. 46.
 Nuthmann II. 178.
 Naegeli II. 233. 234. 235. 236.
 257.
 Nallino I. 62.
 Naußen II. 220.
 Napier of Merchiston, Lord I.
 107.
 Napoleon I., Kaiser II. 33. 105.
 166.
 Nares II. 220.
 Nasmyth II. 127.
 Nasr Eddin I. 70.
 Natterer II. 140.
 Naumann II. 196.
 Nautonnier II. 9.
 Navier II. 137.
 Neeff II. 168.
 Nees von Eßenbeck II. 113. 233.
 Neison II. 127.
 Nernst II. 162. 168. 192. 193.
 194.
 Neghammer I. 123.
 Neumann, Jr., Vater II. 152.
 195.
 Neumann, R., Sohn II. 148.
 161.
 v. Neumayer II. 209. 212.
 Neumayr II. 223.
 Newcomen II. 50.
 Newton, S. M. II. 133.
 Newton, S. II. 6. 7. 12. 13. 14.
 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21.
 26. 27. 41. 42. 101. 131.
 132. 138. 158.
 Nicholson II. 154.

- Nicol II. 152.
 Niebuhr II. 107.
 Niépce, C. M. J. II. 150.
 Niépce, N. II. 150.
 Nientwentijt II. 80.
 Nigidius I. 55.
 Nikolaus Germanns I. 90.
 Nikolaus Gusanus f. Gusa.
 Nilson II. 185.
 Nobel, N. II. 190.
 Nobili II. 145. 157.
 Nollet II. 56.
 Nonius f. Nunes.
 Nordenantar II. 102.
 v. Nordenstjöld, N. C., Sohn
 II. 216.
 Nordenstjöld, C. G., Vater II.
 198. 216.
 Norman I. 119.
 Norwood II. 12.
 Nunes I. 99. 104. II. 8.
 Nyrén II. 208.
- Obermayer II. 140.
 Obarus I. 85.
 Oebbe II. 201.
 v. Oesele I. 9.
 Oersted II. 137. 156. 157. 158.
 Oeyen II. 227.
 Ohm II. 141. 143. 157.
 Ohtar I. 76.
 Dinopides I. 22.
 Ofen II. 113. 242. 250.
 Ofensuß f. Ofen.
 Olaus Magnus I. 136.
 Olsers II. 19. 125.
 Olearius I. 136.
- Olmsted f. Denison.
 Olszewski II. 141. 147.
 Olympiodoros I. 58.
 Omori II. 229.
 Oppert I. 9.
 Oppianus I. 55.
 v. Oppolzer II. 133.
 Dreibasios I. 50.
 Orfila II. 187.
 Orosius I. 57. 74. 76.
 Ortelius II. 9.
 Ortolf I. 90.
 Orswald II. 65. 120. 162. 183.
 191. 193. 194.
 Otto, F. J. II. 187.
 Otto, F. W. II. 101.
 Otto III., Kaiser I. 76.
 Outhier II. 16.
 Ovieho I. 136.
 Owen II. 223. 242.
- Pachymeres I. 58.
 Pacificus I. 82.
 Pacinotti II. 169.
 Paciuolo I. 98.
 Page II. 167.
 Palachy II. 248.
 Palazzo II. 229.
 Palisa II. 125.
 Palladius I. 54.
 Pallas II. 89. 96. 106.
 Palmieri II. 214.
 Panceri II. 242.
 Pander II. 243.
 Pape II. 200.
 Papin II. 31. 50.
 Pappos I. 36. 38. 48. II. 27.

- Paracelsus I. 121. 122. 123.
 124. 125. 127. 133. II. 11.
 62. 170.
 Paradies II. 42.
 Paris, Vater II. 219.
 Paris, Sohn II. 219.
 Parmenides I. 19. 22.
 v. Parjeval II. 140.
 Partsch II. 227.
 Pascal I. 116. II. 29. 30.
 Pasteur II. 181. 247.
 Paternò II. 183.
 Paulos von Aegina I. 50.
 Paulsen II. 216.
 Payen II. 235.
 Payer II. 233.
 Bedham I. 88.
 Pecquet II. 90.
 Pelouze II. 190.
 Peud II. 217. 221. 225. 226.
 227. 230.
 Perier II. 30.
 Pernter II. 214.
 Perrandin II. 226.
 Perrault II. 8. 99.
 Perronet II. 98.
 Pechel I. 65.
 Petermann II. 100.
 Peters, C. S. II. 125.
 Peters, S. II. 63. 125.
 Peters, W. II. 246.
 Pettit, M. T. II. 144.
 Pettit, P. II. 53.
 Pettit-Thouars, Du II. 232.
 Petrarcha I. 79.
 Bettendorfer II. 169. 184. 191. 217.
 Pevval II. 149.
 Bender II. 210.
 Beurbach I. 91. 97.
 Bentinger I. 57. 100.
 Bezenas II. 25.
 Pfaff, C. S. II. 156. 168
 Pfaff, F. II. 200.
 Pfaff, F. W. II. 207.
 Pfeiffer II. 189. 238.
 Pflüger II. 188.
 Phainos I. 23.
 Phillips II. 196.
 Philolaos I. 21.
 Pihon I. 38. II. 44. 50.
 Pians de Carpine I. 83.
 Piazzi II. 124. 125.
 Picard II. 8. 13. 15. 39.
 Piccolomini I. 89.
 Pictet, M. N. II. 144.
 Pictet, R. II. 141.
 Pigafetta I. 97.
 Pilatre de Rozier II. 32.
 Pilgram II. 104.
 Pingré II. 24.
 Pipin, Hausmeier I. 75.
 Pircheymer I. 100.
 Pitot II. 102.
 Pius II., Papst s. Piccolomini.
 Plant II. 161. 162.
 Planta II. 57.
 Plantamour, C. II. 207.
 Plantamour, Ph. II. 207.
 Planté II. 159.
 Plate II. 257.
 Plater, Felix I. 118. 130.
 Platon I. 7. 26. 27. 28. 30
 Plato von Tiboli I. 80.
 Plattner II. 190.

- Playfair II. 100. 226.
 Plinius der Ältere I. 54. 55.
 64. 71. 77. 100. 135. II. 100.
 Plinius der Jüngere I. 54. 128.
 Plotinos I. 58.
 Plücker II. 151. 163.
 Plutarchos I. 27. 46.
 Pöppig II. 246.
 Poggendorff II. 114. 157.
 Poggio Bracciolini I. 89.
 Poggson II. 125.
 Poincaré II. 133.
 Poinset II. 135.
 Poisseville II. 139.
 Poisson II. 135. 139. 142. 144.
 Polo, Marco I. 15. 83. 95. II. 31.
 Pomponius Gauricus I. 98.
 Pond II. 22. 122.
 Pontécoulant, Graf II. 132.
 Popowitsch II. 101.
 Porena I. 80.
 Porta, De I. 118. 119.
 Poseidonios I. 41. 44. 54.
 Pott II. 60. 64. 72.
 Potter II. 50.
 Pouchet II. 247.
 Pouillet II. 206.
 Poulett Scrope II. 228.
 Pourtales II. 219.
 Poynting II. 207.
 Priestley II. 55. 66. 67. 68.
 Pringsheim II. 234.
 Prinsep II. 148.
 Prinz II. 127.
 Priscianus I. 55.
 Prithwata Swamin Chatur-
 veda I. 59.
 Proctor II. 123. 126.
 Proklos I. 35. 48.
 Brony, De II. 136.
 Prosdocimo s. De'Belbomandi.
 Proust II. 171. 172.
 Prout II. 184.
 Psellos I. 58.
 Ptolemaios, Astronom I. 38.
 39. 40. 47. 48. 58. 69. 70.
 71. 82. 90. 92. 101. 102.
 106. 114. 122.
 Ptolemaios I. Soter, König I. 41.
 Ptolemaios II. Philadelphos,
 König I. 42.
 Ptolemaios III. Euergetes,
 König I. 42.
 Puijeux II. 127. 134.
 Puluj II. 140.
 Pythagoras I. 16. 20. 21. 26.
 27. 56. II. 35.
 Pytheas I. 43.
 Quatrefages II. 248.
 Quenstedt II. 200.
 Quetelet II. 130.
 Quinde II. 142.
 Quist, N. B. II. 73.
 Quoy II. 246.
 Radau II. 143.
 Radtkofer II. 238.
 Ramann II. 189.
 Rammelsberg II. 200.
 Ramon y Cayal II. 245.
 Ramsay II. 48. 185.
 Ramsden II. 21. 57.
 Ranke II. 249.
 Rankine II. 117.

- vom Rath II. 201.
 Rathke II. 243.
 Regel II. 230. 249.
 Rawlinson I. 9.
 Ray II. 77. 80. 86. 87.
 Rayleigh, Lord II. 142. 185.
 Reaumur, De II. 45.
 v. Rebeur-Paschwitz II. 228.
 Rechnagel II. 147.
 Redfield II. 211.
 Redi II. 90. 91.
 van Rees II. 166.
 Rees, W. II. 238.
 Regiomontanus I. 61. 92. 94.
 96. 97. 100.
 Regnault II. 141. 143.
 Reich II. 207.
 v. Reichenbach II. 149.
 Reid II. 211.
 Reil II. 242.
 Rein II. 230.
 Reinhold I. 92.
 Reinke II. 257.
 Reis II. 167.
 Reitlinger II. 163.
 Renard II. 219.
 Rendu II. 225.
 Regius, M. II. 248.
 Regius, G. II. 248.
 Reuleaux II. 135.
 Reusch II. 200.
 Reyer, C. II. 221.
 Reyer, S. II. 82.
 Reynolds II. 136.
 Rheticus I. 102.
 Rhousopolos I. 49.
 Riccioli II. 7. 10. 11. 12.
 Richarz II. 207.
 Richer II. 14.
 Richmann II. 48. 105.
 Richter, C. II. 217.
 Richter, J. B. II. 65. 172.
 v. Richtshofen II. 225. 230.
 Ridwan I. 67.
 Riemann II. 154.
 v. Riese II. 196.
 Rieß II. 155. 158.
 Rijfsatfchem II. 217.
 Rimrod II. 98.
 Ringmann II. 73.
 Risner I. 82. 117.
 Ristoro D'Arrezzo I. 84.
 Ritter, M. II. 221.
 Ritter, J. B. II. 156. 159. 163.
 Ritter, Karl I. 41. II. 203.
 Rive, De la II. 157.
 Rivinus j. Bachmann.
 Rivinus I. 113.
 Rizetti II. 42.
 Rizzo II. 229.
 Robertus Lincolnienfis I. 88
 Roberval II. 6.
 Roche II. 137.
 Roemer II. 7. 20. 160.
 Roentgen II. 164. 165. 214.
 Roefel von Rosenhof II. 87.
 Roessler II. 187.
 Roeslin II. 100.
 Rohault II. 26.
 Romagnosi II. 156.
 Romé Delisle II. 75. 195. 196
 Romieu II. 36.
 Rondelet I. 130. 134.
 Roozeboom II. 194.

- Roscoe II. 189.
 Rose, G. II. 174.
 Rose, S. II. 190.
 Rosenberger II. 132.
 Rosenbusch II. 201. 202.
 Rosenmüller II. 98.
 Roß II. 220.
 Rotz II. 213.
 Roth II. 202.
 Rothmann I. 103.
 Rothplez II. 224.
 Rousseau II. 60.
 Roux II. 254.
 Rowland II. 161.
 Rubens II. 153.
 Rudolf II., Kaiser I. 104.
 Rudolph II. 217. 229.
 Rudolphi II. 234. 242.
 Rudzki II. 229.
 Ruge I. 80.
 Rüchmorf II. 159.
 Ruino I. 135.
 Rumsford, Graf II. 116. 144.
 Rumphius II. 87.
 Runge II. 189.
 Rüssel II. 246.
 Ruysbroeck I. 83.
 Ruych II. 91.

 Sabine II. 128. 207.
 Sachau I. 62.
 Sachs I. 128. II. 79. 81. 237.
 238. 239.
 Sacrobosco, De I. 87.
 Said I. 72.
 Saliceto I. 90.
 Salm-Horstmar, Fürst II. 236.
 Salomon II. 202.
 Salomon, Bischof I. 77.
 Salsano II. 97.
 Salviani I. 134.
 Sanctorius II. 44.
 von den Sande Bathuyzen II. 208.
 Sanio II. 235.
 Santbach I. 113.
 Saporta, Marquese II. 223.
 Sarasin II. 217.
 Sars II. 246.
 Saussure, De, S. B. II. 98.
 99. 104.
 Saussure, De, Th. II. 188. 236.
 Sauveur II. 36.
 Savart II. 142.
 Savary, J. II. 133.
 Savery, Th. II. 50.
 Sayce I. 9.
 Scaliger I. 133.
 Scappi II. 50.
 Scartazzini I. 84.
 Schacht II. 235.
 Schaeffer II. 75. 243.
 Schaer II. 187.
 Scheele II. 47. 66. 67. 173. 179.
 Scheffer II. 179.
 Scheiner I. 109. 118. II. 38.
 Schelling II. 112. 115.
 Schenk II. 237.
 Scheuchzer II. 30. 71. 95. 97. 99.
 Schiaparelli I. 21. 23. II. 126.
 133. 208. 221.
 Schiller II. 121. 239.
 Schilling von Canstadt II. 166.
 Schimper, R. II. 240.
 Schimper, R. J. II. 224. 232.

- Schinz II. 239.
 Schioez II. 138.
 Schlectendal II. 233.
 Schlegel, Sinologe I. 13.
 Schlegel, Zoologe II. 248.
 Schleiden II. 233. 238.
 Schloßberger II. 187.
 Schlüter II. 103.
 Schmarza II. 248.
 Schmid, C. II. 210.
 Schmidt, Wb. II. 215.
 Schmidt, Aug. II. 223.
 Schmidt, Julius II. 127.
 Schmidt, R. C. S. II. 187.
 Schmidt, W. II. 138.
 Schmidt, D. II. 254.
 Schmedermann II. 187.
 Schoenbein II. 175. 190.
 Schoener I. 101.
 Schoenfeld II. 123.
 Schoenfließ II. 198.
 Schoner f. Schoener.
 Schopenhauer II. 149.
 Schott, G. II. 219.
 Schott, R. II. 31. 32. 38.
 Schouw II. 239.
 Schrank II. 239.
 Schrauf II. 199.
 v. Schreiber II. 88.
 Schroeder II. 71.
 Schroeter, J. S. II. 24. 121. 126.
 Schubert I. 123.
 v. Schubert II. 206.
 Schübler II. 210.
 Schüller II. 23.
 Schulze II. 43. 150.
 Schwabe II. 128.
 Schwalbe II. 249.
 Schwann II. 233.
 Schwarz, Berthold I. 81.
 Schweigger II. 157.
 Schwendener II. 232. 237.
 Schwendler II. 166.
 Schwenter I. 121.
 Schwert II. 129. 152.
 Schwinf II. 124.
 Scilla II. 94.
 Secchi II. 129.
 Sedgwick II. 223.
 Sébillot I. 62.
 v. Seebach II. 228.
 v. Seebeck II. 157.
 Seeliger II. 123. 129. 131. 133.
 Segner, J. N. II. 29.
 Seidel, C. I. 61.
 Seidel, L. 129. 149.
 Sekiya II. 229.
 Selenta II. 254.
 Selenos I. 44.
 Semmelweis II. 247.
 Semper II. 230. 246.
 Senebier II. 236.
 Seneca I. 53. 54.
 Senguerd II. 31.
 Semmert II. 34.
 Serbet I. 133.
 Seubert II. 184.
 Severino I. 134. II. 89.
 Sextus Empiricus I. 55.
 v. Siebold, Ph. II. 246.
 v. Siebold, Th. II. 213.
 Siegfried II. 210.
 Siemens, Werner II. 166. 167.
 168. 212.

- Siemens, William II. 148.
 169. 219.
 Siemens u. Halske II. 169.
 Sigand de la Fond II. 57.
 Silbermann II. 191.
 Simler I. 130.
 Simplificus I. 48.
 Sinfteden II. 159.
 Sirturus I. 118.
 Sixtus IV., Papst I. 92.
 Slaby II. 166.
 Sloane II. 87.
 Smeaton II. 31.
 Snee II. 159.
 Smith, G. I. 9.
 Smyth, Piazzi II. 129.
 Snellius I. 119. II. 11. 41.
 Sobrero II. 190.
 v. Soemmering II. 165.
 Sohnke II. 142. 196. 198. 200.
 Sotolow II. 230.
 Sokrates I. 23.
 Solinus I. 57. 74.
 Solms-Laubach, Graf II. 238.
 Somersjet, Lord Worcester II. 50.
 Sommersfeld II. 164.
 Soudhauf II. 143.
 Sonne II. 217.
 Sonnenstein II. 187.
 Soranos I. 50.
 Sorby II. 201. 202.
 Soret II. 195.
 Sorge II. 36.
 Sosigenes I. 12.
 South II. 122.
 Soyta II. 217.
 Spallanzani II. 247.
 Speckle II. 9.
 Spielmann II. 183.
 Spig II. 246.
 Spoerer II. 128.
 Sprengel II. 85. 86. 236.
 Spring II. 137. 192.
 Sprung II. 211. 212.
 Stadler I. 77. 86.
 Stahl II. 61. 62. 71.
 Stampfer II. 125.
 Stancari II. 36.
 Stannius II. 243.
 Stas II. 184. 187.
 Steenstrup II. 246. 248.
 Stefan II. 145. 161.
 Steffens II. 113.
 v. Steinheil II. 129. 166.
 Steinmann II. 224.
 Steinschneider I. 62. 71.
 Stelluti II. 38.
 Steno II. 70. 90. 94. 95.
 Stenjen s. Steno.
 v. Stephan II. 167.
 Sternberg, Graf II. 223.
 v. Sternneck, Daublevjsh II. 207.
 Stevin I. 113. 115. II. 9. 28.
 Stiborius I. 99.
 Stoehrer, Vater II. 159.
 Stoehrer, Sohn II. 159.
 Stokes II. 140. 153.
 Strabon I. 41. 43.
 Strasburger II. 237.
 Straton I. 30. 41.
 Straubel II. 164.
 Streckel II. 187.
 Stresl II. 153.
 Stromeyer II. 106. 179.

v. S
 v. S
 Stif
 Stuf
 Stur
 Stur
 Stif
 Sud
 Suel
 Suf
 Suf
 Sur
 Sut
 Svo
 Svo
 Svl
 Syr
 Syr
 Syr
 Tal
 Tal
 Tal
 Tal
 Tal
 Tal
 Tel
 Tel
 Tel
 Tel
 Th
 Th
 Th

- v. Strube, D. II. 123.
 v. Strube, W. II. 122 f. 205.
 Stübel II. 227. 228.
 Studer II. 230.
 Sturm, J. C. II. 26. 31. 45. 53.
 Sturm, P. J. J. II. 138. 143.
 Stütz II. 130.
 Sudhoff I. 90. 123.
 Suteß II. 127. 217. 224. 227. 230.
 Suleiman I., Sultan I. 72.
 Sulpicius Gallus I. 51.
 Sulzer II. 97.
 Surell II. 217.
 Suter I. 62.
 Svammerdam II. 91.
 Svanberg II. 204.
 Svedenborg II. 102. 106.
 Sylvestre, Papst f. Gerbert.
 Symmer II. 58.
 Synesios I. 38.
 Syrianos I. 48.

 Tabernaemontanus I. 128.
 Tabit Ibn Kurrah I. 62.
 Talbot II. 150.
 Tanakadate II. 229.
 Tartaglia I. 113.
 Tartini II. 36.
 Taylor II. 36.
 Teiffereuc De Bort II. 212.
 Telliamed f. Maillet, De.
 Tempel II. 125.
 Lemant II. 179.
 Terby II. 126.
 Thaer II. 188.
 Thales I. 16. 17. 18. 19.
 Thénard II. 171. 173.

 Theodor von Gaza I. 90.
 Theodorich von Freiberg I. 82.
 Theodosios I. 45. 46.
 Theon Alexandrinus I. 38. 48.
 Theon Smyrnaios I. 48.
 Theophrastos I. 33. 40. 49. 50.
 130. II. 212.
 Theopompos I. 46.
 Thévenot II. 21.
 Thilorier II. 140. 141.
 Thomas von Aquin I. 87.
 Thomas Cantimpratensis I. 87.
 Thompson f. Rumpfard, Graf.
 Thomson II. 184.
 Thomson, P. S. II. 160.
 Thomson, Th. II. 172.
 Thomson, William II. 120.
 161. 214. 219. 220.
 Thomson, Wyville II. 219. 246.
 Thoutet II. 221.
 Thrahyllus I. 48.
 Thuret II. 234.
 Thurmman II. 224.
 Thurneysier II. 62.
 Tiedemann II. 242.
 Timocharis I. 42.
 Tirtamos f. Theophrastos.
 Tissot II. 209.
 Toland II. 115.
 Toepler II. 139. 154.
 v. Töröt II. 249.
 Torricelli I. 116. 117.
 Toscanelli I. 95.
 Tournefort, De II. 77. 87.
 Townley II. 30.
 Trajanus, Kaiser I. 47. 52.
 Trembley II. 87.

- Walden II. 183.
 Waldeyer II. 245. 258.
 Waldjeemüller I. 96.
 Wall II. 105.
 Wallace II. 230. 247. 253. 254.
 Wallerius II. 73. 75.
 Wallis II. 27.
 Walthfer I. 83. 92. 100.
 Warburg II. 148.
 Warming II. 239.
 Watjon II. 56. 125.
 Watt II. 51.
 Weber, C. S. II. 142. 170. 219.
 Weber, J. II. 57.
 Weber, W. C. II. 136. 142.
 158. 166. 219.
 Weböly II. 199. 201.
 Wedgwood II. 44. 46. 150.
 Weigert II. 247.
 Weinek II. 127.
 Weinschent II. 203.
 Weisbach II. 139.
 Weismann, A. II. 258.
 Weismann, J. J. II. 69.
 Weiß II. 195.
 Welter II. 145.
 Wenzel II. 65. 191. 194.
 Werner, A. G. II. 74. 75. 95.
 96. 97. 104. 109.
 Werner, J. I. 58. 100. 127. II. 9.
 Wertheim II. 136.
 Westinghouse II. 136.
 Wettstein II. 258.
 Weyprecht II. 220.
 Whcatstone II. 142. 154.
 Whewell II. 220.
 Whiston II. 54.
 Wiechert II. 137. 221. 229.
 Wiedemann, C. I. 62. 66. 68.
 II. 150.
 Wiedemann, G. II. 114. 159.
 Wien II. 153.
 Wiener, S. C. II. 213.
 Wiener, D. II. 150.
 Wiesner II. 237.
 Wigand II. 233. 257.
 Wijfander II. 216.
 Wilcke II. 49. 54. 57. 58.
 Wild II. 213.
 Wilhelm IV., Landgraf I. 103.
 Wilhelm von Hirjau I. 82.
 Wilhelmmy II. 145.
 Wilkes II. 245.
 Williamfon II. 178.
 Willis II. 90.
 Wilfing II. 208.
 Wilson II. 23.
 Wimmer I. 86.
 Windischmann II. 113.
 Winfried s. Bonifacius.
 Winkelmann II. 164.
 Winkler, J. S. II. 56.
 Winkler, R. II. 185.
 Winnecke II. 134.
 Wirjung II. 90.
 Wislicenus II. 183.
 Witelo I. 82. 117.
 Woehler II. 118. 176. 179. 180.
 183.
 Woelfow II. 213.
 Woepcke, J. I. 62.
 Wohlwill I. 115. II. 44.
 Wolf, M. II. 124.
 Wolf, R. I. 123. II. 128.

- v. Wolf, C. II. 26. 47. 80.
84. 105. 115.
Wolff, R. F. II. 84. 85.
Wolkenhauer I. 96.
Wollaston II. 151. 178. 179. 196.
Wollny II. 189.
Woltersdorf II. 72.
Woltman II. 102.
Woodward II. 71. 94.
Worm II. 70.
Wostresenstij II. 182.
Wotton I. 134.
Wren II. 27.
v. Wroblewski II. 141.
Wulfser II. 101.
Wulfstan I. 76.
Wundt II. 170. 249.
Wurz II. 181.
Wyd j. Heinrich von.
Wylander II. 216.
Xenophanes I. 18. 22.
Young, A. II. 106.
Young, Th. II. 116. 152.
Zacharias, D. II. 245.
Zacharias, Papst I. 75.
v. Zallinger II. 98.
Zambecari, Graf II. 32.
Zamboni II. 156.
Zantebejschi II. 163. 237.
Zeeman II. 161.
Zeiß II. 148.
Zenter II. 243.
v. Zepharovich II. 201.
Zeppelin, Graf II. 139.
Ziegler I. 100.
v. Zimmermann II. 106. 247.
Zirtel II. 201. 202.
v. Zittel II. 223. 227. 244. 246.
Zoellner II. 128. 130. 228.
Zoepfritz II. 210. 220. 221.
Zosimos I. 58.
Zucchi II. 10.

Berichtigungen zum ersten Theile.

- Seite 9, Zeile 4 v. o. l. Jahrtausend statt Jahrhundert.
Seite 13, Zeile 14 v. o. l. van statt von.
Seite 85, Zeile 13 v. o. l. blinden statt blindem.
Seite 109, Zeile 4 v. u. l. der statt den.
Seite 114, Zeile 15 v. u. l. er statt ihm.
Seite 116, Zeile 7 v. u. ergänze vor Höhe: Quadratwurzel der; Seite
117, Zeile 15 v. o. ist dafür Quadratwurzel auszureichen.
Seite 117, Zeile 5 v. u. l. Riesner statt Riesner.
Seite 118, Zeile 13 v. u. l. beglaubigten statt geglaubigten.
Seite 119, Zeile 3 v. o. l. komme statt kamen.
Seite 123, Zeile 13 v. o. l. Trithemius statt Tritbemiüs.

Aus Philipp Reclams Universal-Bibliothek.

Preis jeder Nummer 20 Pfennig.

Bücher der Naturwissenschaft. 1. Band: Grundriß der Naturphilosophie von Wilhelm Ostwald. Mit dem Bildnis des Verfassers. Nr. 4992/93. Geb. 80 Pf.

Aristoteles, Die Poetik. Übersetzt und erläutert von H. Stich. 2337. Geb. 60 Pf.

—, Die Verfassung von Athen. Deutsch v. Dr. G. Wentzel. 3010. Geb. 60 Pf.

Boetius, Die Tröstungen der Philosophie. Übersetzt von Richard Scheven. 3154/55. Geb. 80 Pf.

Buddhismus, Der. Eine Darstellung von dem Leben und den Lehren Gautamas, des Buddhas, von L. W. Rhys Davids. Aus dem Englischen von Dr. Arthur Pfungst. Autorisierte Ausgabe. 3941/42. Geb. 80 Pf.

Cäsar, Der Bürgerkrieg. Aus dem Lateinischen mit Einleitung und Erläuterung von Dr. Max Oberbreyer. 1091/92. Geb. 80 Pf.

—, Der Gallische Krieg. Aus dem Lateinischen mit Einleitung und Erläuterung von Dr. Max Oberbreyer. 1013—15. Geb. 1 Mk.

Cicero, Drei Bücher über die Pflichten an seinen Sohn Marcus. Übersetzt von Friedrich Richter. 1889/90.

—, Cato der Ältere. Aus dem Lateinischen mit Einleitung und Erläuterungen von Dr. Max Oberbreyer. 803.

—, Gespräche in Tusculum. Aus dem Lateinischen mit Einleitung u. Erläuterungen von Friedr. Spiro. 5027—29.

—, Lilius oder Gespräch über die Freundschaft. Aus dem Lateinischen mit Einleitung von Dr. Max Oberbreyer. 868.

—, Der Traum Scipios. Übersetzt und erklärt von Edmund Boesel. Mit einem Vorwort von E. Graf von Bartenleben. 1827.

- Darwin**, Die Abstammung des Menschen und die Zucht-
wahl in geschlechtlicher Beziehung. Aus dem Englischen
von D. Haef. Mit 78 Illustrationen. I. Bd. 3216—20.
II. Bd. 3221—25. Geb. à Bd. 1.50 Mk.
- Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl
oder Die Erhaltung der bevorzugten Rassen im Kampfe
ums Dasein. Aus dem Englischen von D. Haef. Mit
dem Bildnis des Verfassers. 3071—76. Geb. 1.75 Mk.
- Descartes**, Abhandlung über die Methode des richtigen
Vernunftgebrauchs und der wissenschaftlichen Wahrheits-
forschung. Übersetzt von Dr. Ludwig Fischer. Mit dem
Bildnis René Descartes. 3767. Geb. 60 Pf.
- , Betrachtungen über die Grundlagen der Philosophie.
Übersetzt von Dr. Ludwig Fischer. 2887.
- Feuerbach**, Ludwig, Das Wesen des Christentums. Mit
Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Karl
Quenzel. 4571—75. Geb. 1.50 Mk.
- Fichte**, Über die Bestimmung des Gelehrten. — Über das
Wesen des Gelehrten und seine Erscheinungen im Gebiete
der Freiheit. Vorlesungen. 526/27.
- , Die Bestimmung des Menschen. Herausgegeben von
Karl Rehrbach. 1201/2. Geb. 80 Pf.
- , Der geschlossene Handelsstaat. 1324.
- , Reden an die deutsche Nation. 392/93. Geb. 80 Pf.
- Hegel**, Vorlesungen über die Philosophie der Geschichte.
Mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben
von F. Brunschä. 4881—85. Geb. 1.50 Mk.
- Herbart**, Allgemeine Pädagogik aus dem Zweck der Er-
ziehung abgeleitet. Mit Einleitung und Anmerkungen
herausgegeben von Dr. Theodor Frisich. 4339/40.
Geb. 80 Pf.
- Herder**, Schulreden. Herausgegeben von Hermann Michaelis.
4459/60. Geb. 80 Pf.

Herodotos' Geschichten. Übersetzt von Friedrich Lange. Neu herausgeg. von Dr. Otto Güthling. 2201—6. Geb. 2 Mk.

Soraz' Werke. Übersetzt von Johann Heinrich Voß. Neue Ausgabe. 431/32. Geb. 80 Pf.

Hufeland, Dr. Chr. Wilh., Makrobiotik oder die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern. Mit Einleitung und Anmerkungen neu herausgegeben von Dr. med. Paul Dittmar. 481—84. Geb. 1.20 Mk.

Humboldt, Alexander v., Ansichten der Natur mit wissenschaftlichen Erläuterungen. Herausgegeben von W. Völsche. Mit dem Bildnis des Verfassers. 2948—50. Geb. 1 Mk.

—, **Wilhelm v.,** Ideen zu einem Versuch, die Grenzen der Wirksamkeit des Staats zu bestimmen. Mit einer Einleitung. 1991/92.

Kant, Immanuel, herausgegeben von Dr. Karl Lehrbach:

—, Kritik der Urteilskraft. 1027—30. Geb. 1.20 Mk.

—, Kritik der praktischen Vernunft. 1111/12. Geb. 80 Pf.

—, Kritik der reinen Vernunft. 851—55. Geb. 1.50 Mk.

—, Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, nebst zwei Supplementen. 1954/55. Geb. 80 Pf.

—, Die Religion innerhalb der Grenzen der bloßen Vernunft. 1231/32. Geb. 80 Pf.

—, Der Streit der Fakultäten in drei Abschnitten. 1438. Geb. 60 Pf.

—, Träume eines Geistessehers, erläutert durch Träume der Metaphysik. 1320. Geb. 60 Pf.

—, Grundlegung zur Metaphysik der Sitten. Herausgegeben von Dr. Th. Fritsch. 4507. Geb. 60 Pf.

—, Von der Macht des Gemüths, durch den bloßen Voratz seiner krankhaften Gefühle Meister zu sein. Herausgeg. und mit Anmerk. versehen v. C. W. Hufeland. 1130. Geb. 60 Pf.

—, Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können. Herausgegeben von Karl Schulz. 2469/70. Geb. 80 Pf.

- Lange, Friedrich Albert**, Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart. Herausgegeben und mit einem biographischen Vorwort versehen von Dr. D. A. Ellisfen. 1. Buch. Mit einem Vorwort von Lange. 4825—30. — 2. Buch. 4831—36. Geb. à 1.75 Mk.
- Leibniz**, Kleinere philosophische Schriften. Mit Einleitung u. Erläuter. deutsch von R. Habs. 1898—1900. Geb. 1 Mk.
- , Die Theodicee. Nebst den Zusätzen der Desbosses'schen Übertragung mit Einleitung und Erläuterungen deutsch von Robert Habs. 1931—38. Geb. 2.25 Mk.
- Locke, John**, Über den menschlichen Verstand. Eine Abhandlung. Aus dem Englischen übersetzt von Th. Schulze. Mit der Schrift über die Leitung des Verstandes als Anhang. 2 Bände. 3816—25. Geb. 3 Mk.
- Lombroso, C.**, Genie und Irrensin in ihren Beziehungen zum Gesetz, zur Kritik und zur Geschichte. Mit Bewilligung des Verfassers nach der 4. Aufl. des italienischen Originaltextes übersetzt von A. Courth. 2313—16. Geb. 1.20 Mk.
- Lucrez**, Von der Natur der Dinge. Übersetzt von Karl Ludwig von Knebel. 4258—60. Geb. 1 Mk.
- Mendelssohn, Moses**, Phädon oder Über die Unsterblichkeit der Seele. 335. Geb. 60 Pf.
- Meyer**, Auf der Sternwarte oder Wie der Astronom zu den Resultaten seiner Forschung gelangt. 2305. Geb. 60 Pf.
- Mill, John Stuart**, Über Freiheit. Aus dem Englischen übersetzt von David Haef. 3491/92. Geb. 80 Pf.
- Möbins, Dr. Paul Julius**, Das Nervensystem des Menschen und seine Erkrankungen. Für Gebildete dargestellt. Mit 7 Holzschnitten. 1410. Geb. 60 Pf.
- Pascal**, Gedanken. Nebst den Anmerkungen Voltaires aus dem Französischen von S. Hesse. 1621—23. Geb. 1 Mk.
- Platon**, Apologie und Kriton. Übersetzt von Friedr. Schleiermacher. 895.
- , Gastmahl oder Gespräch über die Liebe. Übersetzt von Friedrich Schleiermacher. Mit Vorwort, Berichtigter Übertragung und Erläuterung neu herausgegeben von Dr. Max Oberbreyer. 927.

- Platon**, Gorgias. Überetzt von Friedrich Schleiermacher. Neu herausgegeben von Dr. Otto Güthling. 2046.
- , Laches oder Von der Tapferkeit. Überetzt von Friedr. Schleiermacher. Neu herausgeg. v. Dr. O. Güthling. 1785.
- , Phädon oder Gespräch über die Seele. Überetzt von Fr. Schleiermacher. Mit Vorwort, berichtigter Übertragung u. Erläuterung neu herausg. v. Dr. Max Oberbreyer. 979.
- , Protagoras oder Die Sophisteneinkehr. Überetzt von Fr. Schleiermacher. Neu herausgeg. v. O. Güthling. 1708.
- Plutarch's** vergleichende Lebensbeschreibungen. Überetzt von Joh. Friedr. Sal. Kaltwasser. Neu herausgegeben von Dr. O. Güthling. 12 Bände. In 4 Bänden geb. à 1.50 Mk.
- , ausgewählte moralische Abhandlungen. Überetzt von Dr. Otto Güthling. 1. Bd. Allgemeine Einleitung. — Über Kindererziehung. — Über Geschwistertiebe. 2976. — 2. Bd. Wie soll der Jüngling die Dichter lesen? — Trostschrift an Apollonios. 3190.
- Plolod**, Kurze Geschichte der Staatslehre. Überetzt von James Brown Scott u. Otto Frhr. v. Boenigl. 3128. Geb. 60 Pf.
- Reclam**, Prof. Dr. med. C., Gesundheits-Schlüssel für Haus, Schule u. Arbeit. Mit 12 Holzschnitten. 1001. Geb. 60 Pf.
- Renard**, Georges, Ist der Mensch frei? Aus dem Französischen überetzt und mit Anmerkungen versehen von Albert Südekum. 3208/9. Geb. 80 Pf.
- Rousseau**, J. J., Der Gesellschaftsvertrag oder Die Grundsätze des Staatsrechtes. 1769/70. Geb. 80 Pf.
- Schleiermacher**, Friedrich, Monologen. 502. Geb. 60 Pf.
- Schopenhauers** sämtliche Werke in 6 Bänden. Gebunden à 1.50 Mk. Herausgegeben von Eduard Grisebach: I. Bd. 2761—65. II. Bd. 2781—85. III. Bd. 2801—5. IV. Bd. 2821—25. V. Bd. 2841—45. VI. Bd. 2861—65.
- , handschriftlicher Nachlaß. Aus den auf der Königl. Bibliothek in Berlin verwahrten Manuskriptbüchern herausgegeben von Ed. Grisebach: I. Bd. 2771/72. Geb. 80 Pf. II. Bd. 2919/20. Geb. 80 Pf. III. Bd. 3002/3. Geb. 80 Pf. IV. Bd. 3131—35. Geb. 1.50 Mk.

- Schopenhauers** Briefe an Becker, Frauenstädt, v. Dof, Lindner u. Apher; sowie andere, bisher nicht ges. Briefe aus den Jahren 1813—1860, herausgegeben von Ed. Grisebach. Mit einem unedierten Porträt Schopenhauers. 3376-80. Geb. 1.50 Mk.
- Herrig, Hans**, Gesammelte Aufsätze über Schopenhauer. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von Eduard Grisebach. 3187. Geb. 60 Pf.
- Schwegler, Dr. Albert**, Geschichte der Philosophie im Umriss. Ein Leitfaden zur Übersicht. Neue Ausgabe. Durchgesehen u. ergänzt von J. Stern. 2541-45. Geb. 1.50 Mk.
- Seneca**, Fünfzig ausgewählte Briefe. 2132/33. Geb. 80 Pf.
- Spinoza, B.**, Briefwechsel. 4553-55. Geb. 1 Mk.
- , Die Ethik. Neu übersetzt und mit einem einleitenden Vorwort versehen von J. Stern. 2361-64. Geb. 1.20 Mk.
- , Der politische Traktat. Neu übersetzt und mit einem Vorwort versehen von J. Stern. 4752/53. Geb. 80 Pf.
- , Der Theologisch-politische Traktat. Neu übersetzt u. mit einem biogr. Vorw. vers. v. J. Stern. 2177-80. Geb. 1.20 Mk.
- , Abhandlung über die Vervollkommnung des Verstandes und über den Weg, auf welchem er am besten zur wahren Erkenntnis der Dinge geführt wird. Neu übersetzt von J. Stern. 2487. Geb. 60 Pf.
- Stanley**, Wie ich Livingstone fand. Reisen, Abenteuer und Entdeckungen in Zentral-Afrika. 2909-13. Geb. 1.50 Mk.
- Stirner, Max** (Kaspar Schmidt), Der Einzige und sein Eigentum. 3057-60. Geb. 1.20 Mk.
- Theophrast**, Charakterbilder. Aus dem Griechischen übertragen und erläutert von Dr. Max Oberbreyer. 619.
- Vergils** Aeneide von Johann Heinrich Voß. Neu herausgegeben von Dr. Otto Güthling. 461/62. Geb. 80 Pf.
- Voltaire**, Die Geschichte Karls XII., Königs von Schweden. Nach der Ausgabe von Beuchot 1829. Deutsch von Wolf Seubert. 714-16. Geb. 1 Mk.
- Xenophon**, Erinnerungen an Sokrates. 1855/56. Geb. 80 Pf.
- Goethes Naturwissenschaftliche Schriften**: s. Goethes sämtliche Werke in 45 Bänden. Band 40-45. Reclams Klassiker-Ausgabe.
- Herders** ausgew. Werke in 3 Bdn. s. Reclams Klassiker-Ausgabe.

in

Abael

Achlei

Meisch

Albrec

Bite

Alban

Algis

von

—, C

—, D

—, De

Ander

—, G

—, D

—, S

—, D

—, S

Ansch

Leb

Anthe

Apel

Arche

jäh

Artoß

Arific

—, B

Arndt

—, C

—, B

Armir

Br

Armit

Wu

508

Miniatur = Ausgaben

in eleganten Ganzleinenbänden aus Reclams
Universal-Bibliothek.

	Pf.		Pf.
Abaelard u. Heloise, Briefwechsel	100	Arnold, Die Leuchte Asiens . . .	80
Achsehnner, Eisenbahnstreik . . .	80	Augustinus, Bekenntnisse . . .	120
Aeschylus, Sämtliche Dramen .	150	Balzac, Die Chouans	120
Albrecht, Abriss der römischen Literaturgeschichte	120	Bandlow, Stratenegels. 5 Bände zus. in 1 Band	150
Albumblätter	60	Bartels, Heibel-Biographie . . .	60
Algis, Die Hofen des Herrn von Bredow	100	Basedows Vorstellung an Men- schenfreunde	60
—, Cabanis, 2 Bde.	220	Baudelaire, Gedichte u. Skizzen	60
—, Der Roland von Berlin . . .	175	Beecher-Stowe, Onkel Toms Hütte	150
—, Der Werwolf	120	Beetschen, Flegeljahre der Liebe	60
—, Der falsche Woldemar. 2 Bde. à	100	Bell, Jane Cyre	150
Anderfen, Bilderbuch ohne Bilder	60	Bellamy, Ein Bildbild	80
—, Glücksmeter	60	—, Dr. Heidenhoffs Wunderkur	60
—, Der Improvisator	120	—, Miß Lubingtons Schwester	80
—, Nur ein Geiger	120	Benzmann, Mod. deutsche Lyrik	150
—, Sämtliche Märchen. 2 Bände.	250	—, — Mit Goldschnitt	200
—, D. J.	100	Bérangers Lieder	80
—, Sein oder Nichtsein	100	Berges, Americana. Bb. 1—5 zus.	150
Anschüg, Erinnerung, aus dessen Leben und Wirken	100	Bern, Deklamatorium	150
Anthologie, Griechische	120	—, — Mit Goldschnitt	200
Apel u. Kaun, Gespensterbuch .	150	Bernhard, Die Glücklichen . . .	60
Archenholz, Geschichte d. Sieben- jährigen Krieges	120	Bier-Komment (Tascheneinband).	40
Ariosto, Nasender Roland. 2 Bde.	225	Biernagki, Die Hallig	80
Aristoteles, Die Poetik	60	Binnenschiffahrtsgesetz	60
—, Beschreibung von Athen . . .	60	Bismarcks Reden. 18 Bände . à	100
Arndt, Erinnerungen	100	Bleibtreu, Bei Jena u. a. Nov.	60
—, Gedichte	80	Blumauer, Aenets	80
—, Wanderungen mit Stein . . .	80	Blüthgen, Aus gärender Zeit .	120
Arnim, Bettina von, Goethes Briefwechsel mit einem Kinde	150	Boëthius, Tröstungen b. Philos.	80
Arnim-Brentano, Des Knaben Wunderhorn	175	Bojardo, Verliebter Roland. 2 Bde.	225

Pf.		Pf.
ter 60	Dante, Das Neue Leben	60
nd 125	Darwin, Die Abstammung des	
bb. 150	Menschen. 2 Bde. à	150
80	—, Entstehung der Arten	175
60	Daudet, Briefe a. meiner Mühle	80
60	—, Fromont jun. & Risler sen.	100
100	—, Jach	175
60	—, Künstler-Ehen	60
60	—, Tartarin aus Tarascon	60
60	Daumer, Haffis	80
60	Defoe, Robinson Crusoe	80
60	Denison, So'n Mann wie mein	
80	Mann	80
60	Descartes, Methode des richtigen	
100	Vernunftgebrauchs	60
100	Deffauer, Götzendienst	100
100	Demold, Randzeichnungen.—An-	
80	leitung zur Kunstgenossenschaft	60
100	Deutscher Minnesang	80
250	—, — Mit Goldschmidt	120
120	Dickens, Copperfield. 2 Bde. à	225
175	—, Dombey & Sohn. 2 Bde. à	150
60	—, Harte Zeiten	100
80	—, Heimchen am Herde	60
80	—, Der Kampf des Lebens	60
120	—, Klein Dorrit. 2 Bde. à	250
300	—, Londoner Skizzen	120
150	—, Martin Chuzzlewit. 2 Bde. à	225
150	—, Nikolaus Nickelby. 2 Bde. à	225
100	—, Oliver Twist	120
100	—, Die Pickwickier. 2 Bde. à	200
60	—, Zwei Städte	120
150	—, Die Silberster-Glocken	60
80	—, Der Verwünschte	60
80	—, Der Weihnachtsabend	60
150	Dittrich, Tages-Chronik von	
80	1870/71	80
150	Dombrowski, Grüne Brille	60
80	Donnelly, Cäsars Denksäule	100
80	Dostojewskij, Memotren aus	
150	einem Totenhause	100
150	—, Schulb und Sühne	150

Pf.		Pf.
120	Droste-Hülshoff, Gedichte	120
175	—, — Mit Goldschmidt	175
80	Dufresne, Damespiel	80
80	—, Schachaufgaben. 4 Teile à	80
150	—, Schachmeisterpartien. 3 Teile à	80
175	—, Schachspiel	150
250	Dumas, Die drei Musketiere	175
250	—, Zwanzig Jahre später. 2 Bde.	250
60	Eberhard, Handen und die	
60	Küchlein	60
175	Edermann, Gespräche m. Goethe	175
60	Eckstein, Der Besuch im Karzer	60
120	Edda, Deutsch von Holzogen	120
100	v. Eichendorff, Gedichte	100
150	—, — Mit Goldschmidt	150
60	—, Aus d. Leben e. Taugenticht's	60
120	—, — Mit Goldschmidt	120
60	—, Marmorbild. — Schloß	
60	Dürande	60
60	Ekkehard von St. Gallen, Das	
60	Waltharilied	60
175	Elliot, Adam Bede	175
175	—, Die Mühle am Floß	175
80	Emerson, Essays	80
80	—, Repräsentanten des Men-	
150	schengeschlechts	80
150	Edwds, Der Dorfnotar	150
60	Epiktets Handbüchlein d. Moral	60
80	Erkmann-Chairian, Geschichte	
80	eines Anno 1813 Konstruierten	80
80	—, Waterloo	80
60	Ernst, Vom Strande des Lebens	60
80	Eulenspiegel	80
120	Euler, Algebra	120
60	Ewald, Bilder aus dem Tier-	
60	und Pflanzenleben	60
225	Ferry, Der Waldläufer. 2 Bde.	225
60	Feth, Gedichte	60

	Pf.		Pf.
Feuchtersleben, Diätetik d. Seele	60	George, Fortschritt und Armut	150
—, — Mit Goldschnitt	120	Gerhardts geistliche Lieder . . .	100
Feuerbach, Wesen d. Christentums	150	Gerichtskostenwesen	60
Feuerwehrliederb. (Tascheneinbb.)	40	Gerichtsverfassungsgesetz	60
fichte, Bestimmung d. Menschen	80	Geräcker, Unter dem Äquator	150
—, Neben an die deutsche Nation	80	—, Flusspiraten des Mississippi	150
fielding, Tom Jones. 2 Bde.	225	—, Der Kunstretter	120
fischart, Die Flohhay	60	—, Die Regulatoren in Arkansas	150
flaubert, Salambo	120	Geschäftsordnung f. d. deutschen	
fleming, Ausgewählte Dichtungen	80	Reichstag und Diätengesetz	60
flygare-Carlen, Rose von Tistelö	150	Gewerbegerichts-gesetz	60
fofanow, Gedichte	60	Gewerbeordnung, Deutsche . . .	80
forster, Ansichten vom Nieder-		Gewerbeunfallversicherungs-ges.	80
rhein. 3 Teile. Zus. ges.	175	Gilm, Gedichte	120
fouqué, Rubine	60	Girshner, Musikal. Aphorismen	60
franklins Leben.	80	—, — Mit Goldschn.	120
französische Lyrik	150	Glein, Ausgewählte Werke	80
—, — Mit Goldschnitt	200	Glämer, Schröder-Devrient	80
freidanks Bescheidenheit	80	Gobineau, Asiatische Novellen. . .	80
freisigrath, Gedichte	80	—, Reisefrüchte	80
—, — Mit Goldschnitt	120	—, Die Renaissance	150
freiwillige Gerichtsbarkeit	60	—, Das Siebengestirn	120
frenzel, Das Abenteuer	60	—, Die Tänzertn von Schemacha	60
—, Der Hausfreund	60	Goethe, Egmont	60
—, Die Uhr	60	—, Faust. 2 Teile in 1 Band	80
freund, Rätselschaz	150	—, — Mit Goldschnitt	100
fried, Lexikon deutscher Zitate	100	—, Gedichte. In Halbleinenb. . . .	90
—, Lexikon fremdsprachl. Zitate	100	—, — Mit Goldschnitt	120
friedrichs des Großen ausge-		—, Götz von Berlichingen	60
wählte Briefe	120	—, Hermann und Dorothea	60
frize Indische Sprüche	60	—, Iphigenie auf Tauris	60
		—, Dramatische Meisterwerke.	
		(Götz von Berlichingen. Egmont.	
Gaederz, Friz Reuter = Biogr. . . .	80	Iphigenie auf Tauris. Tasso)	100
Gallet, Kapitän Satan	120	—, Heineke Fuchs	60
Gandy, Schneidergesell	60	—, Torquato Tasso	60
—, Venezianische Novellen.	100	—, Werthers Leiden	60
Geiger, Chamisso=Biographie	60	—, Briefe an Frau Charlotte	
Geijer, Gedichte	60	von Stein	175
Gellert, Fabeln u Erzählungen	80	Goethe u. Zelter, Briefwechsel.	
—, Dorn und Rieder	60	3 Bände	150
		Goethe-Schillers Kenien	80
		Goethes Mutter, Briefe	100

Goldfr
von
Gottfr
und
Gottfr
—, M
Gottfr
—, A.
hunt
—, G
—, Le
—, S
—, D
—,
Gract
Grillz
—,
Grim
—, E
—, S
—, M
Grim
teu
Groll
Gross
Gross
Grän
—, E
—, S
Po
Grun
Grup
Gudr
Gund
—,
—, 1
Gunt
Günt
Ra

Pf.		Pf.
150	Goldsmith, Der Landprediger	Günther, Gedichte 80
100	von Waterfeld 80	Guglow, Ausgewählte Novellen 80
60	Gottfried v. Straßburg, Tristan	—, Der Königsleutnant 60
60	und Iolde 175	—, Ariel Acosta 60
150	Gottlieb, Uli der Knecht 100	—, Pöpf und Schwert 60
150	—, Uli der Pächter 120	Haarhaus, Goethe-Biographie 100
120	Gottschall, H., Schachaufgaben 80	Habberton, Allerhand Leute . . . 80
150	—, A., Deutsche Lyrik d. 19. Jahr-	—, Frau Marburgs Zwillinge 60
150	hundert bis zur modernen Era	—, Andrer Leute Kinder. 100
60	—, — Mit Goldschnitt 200	—, Helenes Kinderchen 80
60	—, Grabbe-Biographie 60	—, Beide Werke in 1 Bd. mit Goldschn. 200
60	—, Lenau-Biographie 60	Hackländer, Augenblick d. Glücks 100
80	—, Schiller-Biographie 80	—, Handel und Wandel 100
80	—, Die Rose vom Kaukasus 60	—, Soldatenleben im Frieden 80
120	—, — Mit Goldschnitt 120	Haef, Phantasie- u. Lebensbilder 60
120	Gracians Handorakel. 80	Hagedorn, Poetische Werke. . . 100
120	Grillparzer, Gedichte 80	Hals oder Peinliche Gerichts-
80	—, — Mit Goldschnitt 120	ordnung 60
80	Grimm, Brüder, 50 Märchen.	Hannu, Wilhelm, Gedichte . . . 60
80	(Mit 12 Bildern) 80	Hammer, Schau um dich. 60
80	—, Sämtl. Märchen. 1. u. 2. Bd. 175	—, — Mit Goldschnitt 120
150	—, — 3. Bd. 150	Handelsgesetzbuch 80
120	—, M., Aus der Kinderstube . . . 60	Hansjakob, Der Theodor 60
60	Grimmelshausen, Der aben-	Hartmann, Krieg um den Wald 80
60	teuerliche Simplicissimus . . . 150	Hartmann v. Aue, Gregorius . . 60
80	Groller, Vom kleinen Rudi . . . 60	—, Der arme Heinrich 60
100	Große, Novellen des Architekten 60	Hauff, Die Bettlerin 60
90	Groß, Marco Visconti 120	—, Richtenstein 100
120	Grün, Anastasius, Gedichte . . . 80	—, — Mit Goldschnitt 150
60	—, — Mit Goldschnitt 120	—, Der Mann im Monde 80
60	—, Spaziergänge eines Wiener	—, Märchen 100
60	Poeten 60	—, Memoiren des Satan 100
100	Grundbuchordnung 60	—, Phantasia 60
60	Gruppe, O. F., Gedichte 80	Hebbel, Gedichte 120
60	Gudrun, Deutsch von Jungfrau . . 80	—, — Mit Goldschnitt 175
60	Gundlach, Französische Lyrik . . 150	—, Die Ribelungen 80
175	—, — Mit Goldschnitt 200	Hebel, Allemannische Gedichte . 60
150	—, 1000 Schnadaßlspün 80	—, Schatzkästlein 80
80	Gunkel, Däne Heim 80	Hegel, Philosophie der Geschichte 150
80	Günther, Siegm., Geschichte der	Heiberg, Die Andere. — Einmal
100	Naturwissenschaften 150	in Himmel 80

	Pf.		Pf.
Heine, Atta Troll. — Deutschland	60	Homer, Ilias	100
—, Buch der Lieder	80	—, Odyssee	100
—, — Mit Goltzschnitt	120	Hopfen, Der Böswirt	60
—, Neue Gedichte	60	—, Mein Onkel Don Juan	120
—, Die Harzreise	60	Horaz Werke. Von Voß	80
—, Romanzero	60	Hufeland, Matriobiotik	120
Heliand	80	Hugo, Victor, Notre-Dame	175
Helmer, Prinz Noja-Stramin	60	Humboldt, A. v., Ansichten der	
Herbart, Allgemeine Pädagogik	80	Natur	100
—, Pädagogische Vorlesungen	80	—, Wilh. von, Briefe an eine	
Herder, Der Cid	60	Freundin	150
—, Schulreden	80	Hunt, Leigh, Liebesmär von	
—, Stimmen der Völker	100	Ninini. Deutsch v. Meerheimb	60
Hermannsthal, Chafelen	60	Hutten, Gesprächlein	80
Herodotos Geschichten. 2 Bände	200	Jacobsen, Niels Lyhne	80
Herrig, Gesamm. Aufsätze über		—, Sechs Novellen	60
Schopenhauer	60	Jahn, Deutsches Volkstum	80
Hertz, König Nens Tochter	60	—, Kleine Schriften	80
Herzka, Reise nach Freiland	80	—, u. Eifelen, Deutsche Turnkunst	80
Herzog, Komödien des Lebens	80	Japanische Novellen u. Gedichte	60
Heyden, Das Wort der Frau	60	Jbsen, Brand	80
Heyse, Paul, Zwei Gefangene	60	—, Gedichte	60
—, König Saul	60	—, Gesammelte Werke in 4 Bde. à	150
Hilfsbuch, engl.-franz.-deutsches	150	Jean Paul, Flegeljahre	120
Hiob, Das Buch	100	—, Hesperus. 2 Bändenbde	200
Hippel, Über die Ehe	80	—, Immergrün zc.	60
Hitopadesa	100	—, Der Jubelseniör	80
Hocking, Im Kampfe mit dem		—, Dr. Katzenberger	80
Schicksal	100	—, Der Komet	120
Hoffmann, Elzgiere des Teufels	100	—, Levana	100
—, Rater Murr	120	—, Quintus Fislein	80
—, Klein Zaches	60	—, Siebenlās	120
Hoffmann v. Fallersleben, Aus-		—, Titan. 2 Bändenbände	225
gewählte Gedichte	80	Jensen, Die Erbin von Helmstedt	100
—, — Mit Goltzschnitt	120	—, Hummenblut	60
—, Kinderlieder	60	Jerome, Die müßigen Gedanken	
Hölderlin, Gedichte	60	eines Müßigen	80
Holtei, Der letzte Romöbiant	175	Jerrold, Frau Raubels Garbi-	
Hölsty, Gedichte	60	nenpredigten	80
Homer, Werke. Von Voß (Ilias,		Innermann, Die Epigonen	150
Odyssee)	150	—, Münchhausen	175

Innere
 —, Tri
 —, Tu
 Invali
 Joëls
 Jöfai,
 ange
 —, Sc
 —, Gi
 —, Gi
 —, Di
 —, Tr
 —, Di
 Das
 —, Be
 Irwin
 —, S
 Jugen
 Ula
 Jugen
 Jung
 Jung
 Kafi
 Kant,
 — Gr
 — der
 —, A
 —, A
 —, L
 —, I
 un
 —, I
 —, I
 —, I
 Kart
 Kauf
 Kelle
 Kem

Pf.	Pf.	Pf.
100	100	Keman, Sibirien. 3 Teile 150
100	100	—, Zeltleben in Sibirien 100
60	60	Kerner, Gedichte 80
120	60	—, Die Seherin von Brevort. 150
80	120	Kiesgen, Meist-Biographie. 60
120	100	Kleiß, E. Chr. v., Werke 60
175	150	Klepp, Lehrbuch d. Photographie 80
100	150	Klopstock, Messias. 120
150	150	—, Oden und Epigramme 100
60	100	Knigge, Umgang mit Menschen 100
80	120	Köhler, Englisches Wörterbuch 150
100	100	—, Französisches Wörterbuch 150
60	—	—, Italienisches Wörterbuch. 150
80	60	—, Fremdwörterbuch 100
100	150	—, Br., Trachtenkunde. 2 Bde. 400
80	100	Kolzow, Gedichte 60
60	120	Kommersbuch (Tascheneinband) 40
80	150	Kommers- u. Studentenlieder- buch in 1 Band. 60
80	40	Konkursordnung. 60
80	60	Konrad, Das Rolandlied 120
60	150	Kopisch, Gedichte 100
80	150	Koran, Der 150
60	60	Körner, Leier und Schwert 60
150	60	—, Zriny 60
120	60	Korolenko, Der blinde Musiker 60
200	60	— Sibirische Novellen 80
60	120	Kortum, Die Jobstabe 100
80	80	Kosgarten, Lucunde 60
80	150	Krankenversicherungsgesetz 60
120	60	Kröger, Wohnung des Glücks 60
225	80	Krummacher, Parabeln. 100
100	80	Kugler, Geschichte Friedrichs des Großen. 150
60	60	Kürnberger, Der Amerikamilbe 150
80	60	LaFontaines Fabeln 100
80	60	Lagerlöf, Gösta Berling 120
150	60	—, Eine Gutsgeſchichte 80
175		

	Pf.		Pf.
Lamartine, Dichtungen	60	Loche, Über den menschlichen	
—, Graziella	60	Verstand. 2 Bde.	150
Lambert, Engl.-franz.-deutsches		Lohengrin. Deutsch v. Jungfrau	80
Hilfsbuch	150	Lombroso, Genie und Irrsinn. 120	
Lange, Geschichte des Materialis-		—, Handbuch der Graphologie 150	
mus. 2 Bde.	175	Longfellow, Evangeline	60
Lavater, Worte des Herzens.	60	—, Gedichte	60
—, — Mit Goldschnitt 120		—, Hiawatha	80
Leffler, Sonja Kovalevsky	80	—, Miles Standish	60
Lehmann, Zudyer in Cambridge 80		Loth, Die Islandfischer	80
Leibniz, Kleinere philos. Schriften 100		Lucrez, Von der Natur der Dinge 100	
—, Die Theodizee. 2 Bde.	225	Ludwig, Die Heiterethei	100
Lenau, Die Albigenser	60	—, Zwischen Himmel und Erde 80	
—, Faust	60	Ludwig I. von Bayern, Gedichte 80	
—, Gedichte	100	Luther, Sendbrief v. Dolmetschen 60	
—, — Mit Goldschnitt 150		—, Tischreden	120
— Savonarola	60	Lyrik, Deutsche, des 19. Jahrh.	
Lenz, Geschichte der Buren (1652		bis zur modernen Ara	150
bis 1899)	150	—, — Mit Goldschnitt 200	
Lenzig, Etwas zum Lachen	60	—, Moderne Deutsche	150
Lenz, Militärische Humoresken 120		—, — Mit Goldschnitt 200	
Lermontow, Gedichte	60		
—, Ein Held unsrer Zeit	80	M achiavelli, Buch vom Fürsten 80	
Lesage, Gil Blas	175	Madách, Tragödie des Menschen 80	
Lessing, Dramat. Meisterwerke.		Mahlmann, Gedichte	60
(Nathan der Weise. Emilia Ga-		Maikow, Gedichte	60
loti. Minna von Barnhelm)	80	Manzoni, Die Verlobten. 2 Bde. 200	
—, Emilia Galotti	60	Marc Aurels Selbstbetrachtungen 80	
—, Laokoön	60	Marryat, Japhet	120
—, Minna von Barnhelm	60	— Peter Sempel	150
—, Nathan der Weise	60	Martials Gedichte.	60
Lichtenberg, Ausgew. Schriften 120		Mathesius, Luthers Leben	120
Lichtstrahlen aus dem Talmud 80		Matthiesson, Gedichte	60
Lie, Die Familie auf Gilse	80	Meerheimb, Psychodram. 2 Bde. à 60	
—, Ein Wahlstrom	80	Mehring, Deutsche Verslehre . 100	
—, Der Dreimaster „Zukunft“ 80		—, Ungebundenes in geb. Form 60	
Liebesbrevier	60	Meißner, Aus d. Papieren eines	
Liebmann, Christliche Symbolik 80		Polizeikommissärs. I-V	150
Linga, Byzantinische Novellen. 60		Mendelssohn, Phädon	60
Linguet, Die Bastille	150		
Livius, Röm. Geschichte. 4 Bde. à 150			

Mendel
Meyer
Meyr
Michel
—, Di
Mickie
Mieses
2 Ze
Mign
fisch
Miß
Milton
Misto
Möbi
Moltk
Mont
Moore
—, B
More
Möri
—, B
Mori
—, G
Möse
Muel
Zar
Müge
Müll
—, V
—,
Müll
Mure
Muri
Mus
Mutt
Nad
ha
Nad

Pf.		Pf.		Pf.
	Mendheim, Umland-Biographie	60	Namenbuch	80
150	Meyer, Auf der Sternwarte.	60	Nathusius, Elisabeth	150
80	Meyr, Regine	80	—, Tagebuch eines armen Fräu-	
120	Michelet, Die Frau.	100	leins	60
150	—, Die Liebe	100	Nekrassow, Gedichte	60
60	Mickiewicz, Balladen	60	—, Wer lebt glücklich in Ruß-	
60	Mieses, Schachmeisterpartien.		land?	100
80	2 Teile	80	Nepos' Biographien	80
60	Mignet, Geschichte der franzö-		Nettelbecks Lebensbeschreibung	150
80	sichen Revolution	150	Neumann, Nur Jehan	60
100	Mill, Über Freiheit	80	Nibelungenlied	120
100	Milow, Stephan, Drei Novellen	60	Nikitin, Gedichte	60
80	Milton, Das verlorene Paradies	80	Nirwana	60
80	Möbius, Das Nervensystem	60	Noël, Kleines Volk	60
60	Molke, Die beiden Freunde	60	Noth, Musikgeschichte	100
120	Montesquieu, Persische Briefe	120	Novalis, Gedichte	60
150	Moore, Irische Melodien	60	Ohnet, Sergius Panin	100
200	—, Lalla Rulh	80	Ofsig, Spanisches Taschen-Wör-	
150	Moreto, Donna Diana	60	terbuch	150
200	Mörke, Gedichte	80	Österreichische Börsenschieds-	
	—, Mozart auf d. Reise nach Prag	60	gerichtsordnungen	80
80	Moriz, Anton Reiser	120	— Bürgerliches Gesetzbuch	150
80	—, Eßterlehre	120	— Exekutionsordnung	150
60	Möser, Patriotische Phantasien	80	— Gerichtsorganisationsgesetz	80
60	Muessenbach, Waldmann und		— Personalsteuergesetz	100
60	Zampa und andere Novellen	60	— Vollzugsvorschrift z. Per-	
200	Mügge, Der Bogt von Sylt	100	sonalsteuergesetz. 1. Haupt-	
80	Müller, Curt, Hexenbergglaube	80	stück	120
120	—, Wisl., Gedichte	120	2. u. 3. Hauptstück	100
150	—, — Mit Goldschnitt	175	4.—6. Hauptstück	100
60	Müllner, Dramatische Werke	150	1.—6. Hauptstück zusam-	
120	Murger, Zigeunerleben	120	men in 1 Band	250
60	Murner, Narrenbeschwörung	100	— Zivilprozeßordnung	150
60	Musjós, Hero und Leander	60	Ostwald, Grundriß der Natur-	
100	Mutterherz, Das	60	philosophie	80
60	Nadler, Fröhlich Palz, Gott er-		Ostwald von Wolfenstein, Dich-	
150	halte!	80	tungen	80
60	Nadson, Gedichte	60	Ouida, Fürstin Zouroff	80
			Ovid, Heroiden	80
			—, Verwandlungen	80
			Parreidt, Zähne u. ihre Pflege	60
			Pascal, Gedanken	100

	Pf.		Pf.
Patentgesetz	60	Kangabé, Kriegserrinerungen aus 1870-71.	60
Pauli, Schimpf und Ernst . . .	80	Kanfe, Die Erhebung Preußens im Jahre 1813	80
Pestalozzi, Renhard u. Gertrud —, Wie Gertrud ihre Kinder lehrt	120 80	Käuber, Literarische Salzstörner Rechtsanwaltsordnung	100 80
Peter, Das Aquarium	60	Reclam, Prof. Dr. Carl, Gesund- heits-Schlüssel	60
Petersen, Die Irrlichter	60	Reden Kaiser Wilh. II. 3 Teile à 100	100
—, — Mit Goldschnitt	120	Rehnes, Scipio Cicala. 2 Bde. 225	225
— Prinzessin Ilse	60	Reichsgesetze über d. Bankwesen	80
—, — Mit Goldschnitt	120	Reichsstempelgesetz	80
Petöfi, Gedichte	80	Reinick, Geschichten und Lieder für die Jugend	80
—, Profaische Schriften	80	Renan, Die Apostel	100
Petrarca, Sonette	80	—, Das Leben Jesu	100
Pfarrer vom Kalenberg und Peter Keu	60	Renard, Ist der Mensch frei? . .	60
Pfeffel, Poetische Werke	120	Reja, Weihnachtsgeschichten . .	80
Platen, Gedichte	80	Reuß, Doktors Bescherung u. a. N.	60
Plutarch, Vergleichende Lebens- beschreibungen. 4 Bände . . . à	150	Reuter, Christian, Schelmuffstichs Reisebeschreibung	60
Pol de Mont, Zeiten und Zonen	60	Reuter, Fritz, Döhrblüchtling . .	80
Pollock, Gesch. der Staatslehre	60	—, Eine lettere Episode aus einer traurigen Zeit	60
Polonskij, Gedichte	60	—, Hanne Rüte un de lütte Pudel	80
Pöhl, Der Herr von Nigerl . . .	80	—, Zullappl! Polterabendgedichte	60
—, Hoch vom Kahlenberg. I-III	100	—, Kein Hülfung	80
—, Kriminal-Humoresken	100	—, Käufchen un Kinnels	100
—, Die Reute von Wien	80	—, De medelnbörgschen Mon- techi un Capuleitt	100
—, Rund um den Stephansturm	80	—, Ut mine Festungstid	80
Presber, Das Eichhorn u. a. Sat.	60	—, Ut de Franzosentid	80
—, Untermensch u. and. Satiren	60	—, De Reif' nah Belligen	80
Preßgesetz und das Verlagsrecht	60	—, Ut mine Stromtid	175
Properz, Elegieen	60	Reuter, Gabriele, Eines Toten Wiederkehr u. andere Novellen	60
Propheet Jesaja	100	Rice-Gerolding, Gelehrt. Zecher goldnes Alphabet	60
Psalter, Der	60	Riehl, Burg Reibek	60
Pferhofer, Aus jungen Tagen	60	—, Die 14 Nothelfer	60
Puschkin, Gedichte	80	Riemann, Birger-Biographie . . .	60
—, Der Gefangene im Kaukasus	60	Roberts, Um den Namen	80
—, Die Hauptmannstochter . . .	80	Rosegger, Geschichten und Ge- sichten aus den Alpen	60
—, Novellen	80	Roswitha von Gandersheim . . .	80
—, Dnegiu	80		
Raabe, Zum wilden Mann . . .	60		
Rameau, Die Hefe	100		

Kouffe
—, Er
—, G
—, D
Käcker
—,
—, G
—, Li
—,
—, B
Rumo
Rudel
Rupp
—, R
Ruski
Ruffi
Ruth,
Rüge

Saa
Sachs
2 B
—, R
Sachf
St. P
Salis
Salle
—, R
Sallu
Sallu
Salzu
—, R
—, S
Saph
Sarc
Scha
Scha
Sche
—,
Sche
Sche

Pf.		Pf.
	Roussseau, Bekenntnisse. 2 Bde. 225	
60	—, Emil. 2 Bde. 225	
	—, Gesellschaftsvertrag 80	
80	—, Die neue Heloise. 2 Bde. 225	
100	Rückert, Gedichte 80	
80	—, — Mit Goldschnitt 120	
60	—, Gedichte für die Jugend 80	
100	—, Liebesfrühling 80	
225	—, — Mit Goldschnitt 120	
80	—, Weisheit des Brahmanen 150	
80	Rumohr, Geist der Kochkunst 120	
80	Runeberg, Jährlich Stahl 80	
80	Ruppins, Der Pedlar 100	
100	—, Vermächtnis des Pedlars 100	
80	Ruskin, Vorlesungen über Kunst 80	
100	Russische Dichterinnen 60	
80	Ruth, Das Buch 60	
60	Rügebeck, Dänischer Sommer 80	
60	Saar, Ginevra.—Die Troglodytin 60	
80	Sachs, Hans, Poetische Werke. 80	
60	—, Dramatische Werke. 2 Bde. ä 80	
80	Sachsen-Spiegel 80	
60	St. Pierre, Paul und Virginie 60	
100	Salis-Seewis, Gedichte 60	
100	Sallet, Gedichte 100	
80	—, Laien-Evangelium 100	
80	Sallust, Der Jugurthinische Krieg 60	
80	Sallwürk, Mörkte-Biographie 60	
175	Salzmann, Ameisenbüchlein 60	
60	—, Der Himmel auf Erden 80	
60	—, Krebsbüchlein 80	
60	Saphir, Delfamationsgedichte 100	
60	Sarcey, Belagerung von Paris 100	
60	Schanz, Wolken 80	
80	Schaumberger, Im Hirtenhaus 80	
80	Schefer, Laienbrevier 100	
60	—, — Mit Goldschnitt 150	
80	Schenkendorf, Gedichte 100	
80	Scherr, Das rote Quartal 60	

		Pf.
Schiller, Braut von Messina		60
—, Don Karlos		60
—, Gedichte. Halbleinbds.		60
—, — Mit Goldschnitt		100
—, Jungfrau von Orleans		60
—, Maria Stuart		60
—, Die Räuber		60
—, Wilhelm Tell		60
—, Wallenstein. 2 Teile		80
Schiller u. Goethe, Briefwechsel.		100
— 3 Bände ä		100
Schleiermacher, Monologen.		60
—, Weihnachtsfeier		60
Schmied-Kufahl, Fechtbüchlein. (Austriert)		100
Schnadahüpfen, Tausend		80
Schöne, Lehr- und Flegeljahre eines alten Schauspielers		80
Schönthan, f. v., Der General		60
—, P. v., Kindermund		60
—, Der Kuß		60
Schopenhauer, A., Sämtliche Werke. 6 Bände. ä		150
—, Aphorismen z. Lebensweisheit		80
—, Briefe		150
—, Einleitung in die Philosophie nebst Abhandlungen zc.		80
—, Gracians Handoratel		80
—, Neue Paralipomena		150
—, Philosophische Anmerkungen		80
Schubart, Gedichte		120
Schüding, Die Rheider Burg		100
—, Eine dunkle Tat		80
Schulze, Die bezauberte Rose		60
—, — Mit Goldschnitt 120		
Schumann, Ges. Schriften über Musik u. Musikr. 3 Bde. in 1 Bd.		175
Schwab, Gedichte		150
—, — Mit Goldschnitt 200		
—, Die deutschen Volksbilder		200
Schwegler, Geschichte der Philosophie		150
Schweizer Bundesverfassung		60
Scott, Braut von Lammermoor		100
—, Der Herr der Inseln		60
—, Svanhoe		120

	Pf.		Pf.
Scott, Die Jungfrau vom See	80	Stelzhamer, Ausgew. Dichtungen	80
—, Keilwirth	120	Steputat, Deutsches Reimlexikon	80
—, Letzte Minnesängers Sang	60	Stern, Glück in Versailles. — Ranon	60
—, Quentin Durward	150	Sterne, Empfindsame Reise.	60
—, Waverley	150	—, Tristram Shandy.	150
Sealsfeld, Das Rajütenbuch.	100	Stevenson, Die Schatzinsel	100
Seidl, Ausgewählte Dichtungen.		— u. Osbourne, Schiffbruch.	120
Bd. 1-3 zw.	100	Stifter, Bergkrustall. — Brigitta	60
Seneca, Ausgewählte Schriften	100	—, Der Hochwald.	60
—, Fünfzig ausgewählte Briefe	80	Stirner, Der Einzige und sein	
Seume, Gedichte	100	Eigentum	120
—, Spaziergang nach Syrakus	100	Strachwitz, Gedichte	80
Shelley, Entfesselte Prometheus	80	Strafgesetzbuch f. d. Deutsche Reich	60
—, Feentönigin	60	Strafprozeßordnung für das	
Sienkiewicz, Quo vadis?	175	Deutsche Reich.	80
—, Zerspittert	80	Streicher, Schillers Flucht	80
Silberstein, Trug-Nachtigall	60	Striegler, Das deutsche Turnen	80
Smiles, Der Charakter	100	Strindberg, Die Leute auf Hemjö	80
—, Die Pflicht	120	Strodtmann, Gedichte. Goltzschmitt	120
—, Selbsthilfe	100	Studentenliederbuch (Tascheneinb.)	40
—, Sparsamkeit	120	Swift, Gullivers Reisen	120
Soldatenliederbuch (Tascheneinb.)	40	T acitus, Die Annalen.	120
Sophokles, Sämtliche Dramen	150	—, Die Germania	60
Spee, Trugnachtigall	100	—, Die Historien	100
Spielhagen, Alles fließt	60	Tagebuch eines bösen Zuben	80
—, Dorfrotette	60	T aschen-Wörterbücher:	
—, Was die Schwalbe sang	100	— Englisches	150
Spindler, Der Jesuit	120	— Französisches	150
—, Der Jude	175	— Italiensches	150
Spinoza, Briefwechsel	100	— Spanisches	150
—, Die Ethik	120	— Englisch-französisch-deut-	
—, Der politische Traktat	80	sches Hilfsbuch	150
—, Der theologisch-politische		— Fremdwörterbuch	100
Traktat	120	— Deutsches Wörterbuch	100
—, Bervollkommnung d. Verstandes	60	Tasso, Befreites Jerusalem	120
Spitta, Psalter und Harfe	60	Taubert, Die Niobide	60
—, — Mit Goltzschmitt	120	Tausend und eine Nacht, s. Be. à	150
Spurgeon, Seiestrahlen	200	Tegnér, Abendmahlskinder	60
Stael, Corinna ober Italien	150	—, Arel	60
—, Über Deutschland, 2 Bde.	225	—, Frithjofs-Sage	80
Stanley, Wie ich Livingstone		—, — Mit Goltzschmitt	120
fand	150		
Stein, v., Goethe und Schiller	60		

Telman
 Tenney
 —, Rdn
 Tetsam
 G. St
 Tegner
 Liebe
 —, Nar
 —, Dei
 —, Dei
 —, Wö
 Ausb
 —, Wö
 schen
 Thacker
 Leben
 —, Da
 Theotr
 Thury
 Krie
 Thünn
 Tiedge
 Tillier
 —, Mi
 Tjuffk
 Tolstoj
 —, Ke
 —, Au
 zusa
 —, Er
 —, Fr
 —, Di
 —, Ar
 —, Be
 Corru
 Trenck
 gesch
 Tschub
 Tschub
 —, Ro
 —, Rf
 Nea
 —, M

f.		Pf.
30	Telmann, Zu Reichenhall . . .	60
30	Tennyson, Enoch Arden	60
—	—, Königsbyllen	80
30	Testament, Neues. [Übersetzt von	
30	G. Stage.]	150
30	Tegner, Deutsche Geschichte in	
30	Viedern.	150
—	—, Namenbuch	80
—	—, Deutsches Sprichwörterbuch	150
—	—, Deutsches Wörterbuch	100
—	—, Wörterbuch sinuverwandter	
—	Ausdrücke	150
—	—, Wörterverzeichnis zur deut-	
—	schen Rechtschreibung.	
	(Zusameinband) 40	
30	Thackeray, Der Jahrmarkt des	
—	Lebens. 2 Bde.	225
—	—, Das Snobsbuch	100
30	Theokrits Gedichte. Von Voß. .	60
30	Thukydides, Der Peloponnesische	
—	Krieg.	175
30	Thümmel, Wilhelmine	60
—	—, Tiedge, Urania	60
—	—, Tiffier, Belle-Plante u. Kornelius	80
—	—, Mein Onkel Benjamin . . .	80
—	—, Tutschew, Gebichte	60
—	—, Tostoj, Alexei, Gebichte . . .	60
—	—, Leo, Anna Karenina. 2 Bde.	250
—	—, Auferstehung. I. u. II. Bd.	
—	zusammen	150
—	—, Evangelium	80
—	—, Zwei Hufaren	60
—	—, Die Kosaken	80
—	—, Krieg und Frieden. 2 Bde.	250
—	—, Volkserzählungen	80
30	Torlund, Sein Herzenstind . . .	60
30	Trenck, Friedr. von der, Lebens-	
—	geschichte	80
30	Tschabuschnigg, Sonnenwende	60
30	Tschudi, Kaiserin Elisabeth. . .	80
—	—, Kaiserin Eugente	80
—	—, Königin Maria Sophia von	
—	Neapel	80
—	—, Marie Antoinettes Jugend	80

	Pf.
Tschudi, Marie Antoinette und	
die Revolution	120
—, Napoleons Mutter	80
—, Turgenjew, Dunsf.	80
—, Frühlingswagen	80
—, Gedichte in Prosa	60
—, Die neue Generation	120
—, Erste Liebe	60
—, Memoiren eines Jägers	100
—, Väter und Söhne	100
—, Turnerliederbuch (Zusameinband)	40
Uhland, Dramatische Dichtungen	60
—, Gedichte	80
—, — Mit Goldschnitt	150
Unfallversicherungsgesetze	100
Unlauterer Wettbewerb	60
Urheberrechtsgesetze	60
Usteri, De Wileri	80
Varnbagen, Fürst Leopold	80
Vely, Rente	80
Verfassung des Deutschen Reichs	60
Verfassungsurkunde für den preu-	
sischen Staat	60
Vergils Aeneide. Von Voß	80
—, Ländliche Gebichte	60
Vissinger, Die Sünde des heiligen	
Johannes und andre Novellen	60
Viz, Die Totenbestattung	80
Vofney, Die Ruinen	100
Voltaire, Geschichte Karls XII.	100
Voneisen, Albumblätter	60
—, Junggesellenbrevier	60
—, Kunterbunt	60
—, Liebesbrevier	60
—, Das Mutterherz	60
—, Nirwana	60
—, Voß, Idyllen und Lieder	60
—, Luise	60
—, d. J., Goethe und Schiller	
in Briefen	80
—, K., Narzißenzauber. — Das	
Wunderbare	60
—, Vrchlický, Gebichte	80

	Pf.		Pf.
Waiblinger, Gedichte a. Italien	100	Winter, Ohne Fehl	100
Waldmüller, Walpra	60	Wiseman, Fabiola	120
Waldow, Wera	80	Witschel, Morgen- u. Abendopfer	80
Wallace, Ben Hur. 2 Bände à	100	—, — Mit Goldschnitt	120
Walther von der Vogelweide, Sämtliche Gedichte	80	Wolf, Prolegomena zu Homer	100
Weber, Ausgewählte Schriften	80	Wolff, Allgemeine Musiklehre . . .	60
Wechselordnung, Allg. Deutsche	60	—, Elementar-Gefanglehre	60
Weddigen, Geistliche Oden	60	Wolfram von Eschenbach, Par- zival. 2 Bde.	225
Weiser, Jesus. Teil 1-4 zus.	120	Woude, Traudel und ich	80
Weßkirch, Diebe	60	Württemberg, Alex. Graf von, Sämtliche Gedichte	100
—, Die Gletschermühle	60	Xenophon, Anabasis	80
—, Recht der Liebe u. 2 and. Nov.	60	—, Erinnerungen an Sokrates	80
—, Urschels Hundgut	80	—, Griechische Geschichte	100
Whitman, Grassalme	60	Zaleski, Die heilige Familie . . .	60
Wichert, Am Strande	60	Zedlitz, Gedichte	80
—, Für tot erklärt	60	—, Waldfräulein	60
—, Eine Geige. — Drei Weis- nachten	60	Zipper, Grillparzer-Biographie	60
—, Nur Wahrheit. — Sie ver- langt ihre Strafe	60	—, Körner-Biographie	60
—, Die gnädige Frau von Pareq. Sücht eleg. mit Goldschnitt	120	Zittel, Entstehung der Bibel . . .	80
Wieland, Die Abderiten	100	Zivilprozeßordnung	100
—, Oberon	80	Zobeltzig, König Pharaos Tochter	60
Wilbrandt, König Teja	60	Zola, Das Fest in Coqueville und andere Novellen	80
Wilde, Die Ballade vom Zucht- haus zu Reading. Mit Goldschnitt	120	—, Germinal	150
—, Dorian Gray	100	—, Fern Chabres Kur u. a. N.	80
Wildermuth, Hagestolze	60	—, Sturm auf die Mühle u. a. N.	80
—, Schwäbische Pfarrhäuser	60	Zschokke, Mamontade	80
		Zwangsversteigerungsgesetz . . .	60

Durch jede Buchhandlung oder direkt vom Verleger
Philipp Reclam jun. in Leipzig gratis zu beziehen

Verzeichnisse der Universal-Bibliothek:

- | | |
|--|--|
| Prospekt A 8° alphabetisch nach
den Autoren geordnet. | der Univ.-Bibl. mit Angabe der
„Besetzung“ und des „Theaters-
vertriebes“. |
| Prospekt B 8° geheftet nach den
Materien geordnet. | Verzeichnis der Musikliteratur aus
der Univ.-Bibl. |
| Prospekt C 8° geheftet nach Lite-
raturen geordnet. | Verzeichnis über Reiselektüre aus
der Univ.-Bibl. |
| Verzeichnis der Bühnenstücke aus | |

Reclams Klassiker-Ausgaben
in neuer moderner Ausstattung.

- Ludwig Börnes** gesammelte Schriften. Vollständige Ausgabe. Mit d. Bildnis d. Dichters. In 3 eleg. Ganzleinenbänden 6 Mk.
- Lord Byrons** sämtliche Werke. frei übersetzt von A. Seubert. Mit einer biographischen Einleitung von Rudolf von Gottschall. Mit dem Bildnis des Dichters. In 3 eleg. Ganzleinenbänden 6 Mk.
- Adelbert v. Chamisso's** sämtliche Werke. Mit Einleitung und 2 Bildnissen herausgegeben von Prof. Dr. Ludwig Geiger. In 2 eleg. Ganzleinenbänden 3 Mk. In 2 eleg. Halbfranzbänden 5 Mk.
- poetische und erzählende Werke. Herausgegeben von Prof. Dr. Ludw. Geiger. Mit Bildnis. In 1 eleg. Ganzleinenband 1.50 Mk.
- Franz Freiherrn v. Gaudys** ausgewählte Werke. Herausgegeben und mit Einleitung versehen von Alice Freim v. Gaudy. Mit dem Bildnis des Dichters. In 2 eleg. Ganzleinenbänden 4 Mk.
- Goethes** sämtliche Werke. Mit einer Einleitung von Julius R. Haarschhaus. Mit Bildnis. 45 Bände in 10 eleg. Ganzleinenbänden 18 Mk.
- ausgewählte Werke. Mit einer Einleitung von Julius R. Haarschhaus. Mit dem Bildnis des Dichters. 16 Bände in 4 eleg. Ganzleinenbänden 6 Mk. 16 Bände in 4 eleg. Halbfranzbänden 10 Mk.
- Christ. Dietr. Grabbes** sämtliche Werke. Herausgegeben und mit Einleitung versehen von Rudolf von Gottschall. Mit dem Bildnis des Dichters. In 2 eleg. Ganzleinenbänden 4.20 Mk.
- Franz Grillparzers** sämtliche Werke. Herausgegeben und mit Einleitung versehen von Dr. A. Zipper. Mit 3 Bildnissen. In 3 eleg. Ganzleinenbänden 5.50 Mk. In 3 eleg. Halbfranzbänden 8.50 Mk.
- Wilhelm Hauffs** sämtliche Werke. Neu herausg. u. mit biograph. Einleit. versehen v. H. Hofmann. Mit d. Bildn. des Dichters. In 2 eleg. Ganzleinenbänden 3.50 Mk. In 2 eleg. Halbfranzbänden 5.50 Mk.
- Heinrich Heines** sämtliche Werke. Herausg. v. O. S. Lachmann u. mit Einleit. versehen v. Rudolf v. Gottschall. Mit dem Bildn. des Dichters. In 4 eleg. Ganzlbn. 6 Mk. In 4 eleg. Halbfranzlbn. 10 Mk.
- Herders** ausgewählte Werke. Herausg. u. mit Einleit. versehen von Adolf Stern. Mit d. Bildnis des Dichters. In 3 eleg. Ganzlbn. 6 Mk.
- Heinrich von Kleists** sämtliche Werke. Herausgegeben von Eduard Grisebach. Mit dem Bildnis des Dichters. In 1 eleg. Ganzleinenband 1.75 Mk. In 1 eleg. Halbfranzband 2.75 Mk.
- Theodor Körners** sämtliche Werke. Herausgegeben und mit Einleitung versehen von Dr. A. Zipper. Mit dem Bildnis des Dichters. In 1 eleg. Ganzleinenband 1.50 Mk. In 1 eleg. Halbfranzband 2.50 Mk.
- Nicolaus Lenaus** sämtliche Werke. Herausg. u. mit Einleitung versehen von G. Emil Barthel. Mit dem Bildnis des Dichters. In 1 eleg. Ganzleinenband 1.75 Mk. In 1 eleg. Halbfranzband 2.75 Mk.

4,90

VERLAG VON PHILIPP RECLAM JUN. IN LEIPZIG.

- G. E. Lessings Werke.** Mit dem Bildnis des Dichters. 6 Bände in 2 eleg. Ganzleinenbänden 4.20 Mk. 6 Bände in 3 eleg. Ganzleinenbänden 5 Mk. 6 Bände in 3 eleg. Halbfranzbänden 8 Mk.
- **poetische u. dramatische Werke.** Mit dem Bildnis des Dichters. In 1 eleg. Ganzleinenband 1.50 Mk. In 1 eleg. Halbfranzband 2.50 Mk.
- Longfellow's sämtliche poetische Werke.** Übersetzt und mit Einleitung versehen von Hermann Simon. Mit dem Bildnis des Dichters. In 2 eleg. Ganzleinenbänden 4.20 Mk.
- Otto Ludwigs ausgewählte Werke.** Herausg. u. mit Einleit. versehen v. E. Brausewetter. Mit dem Bildnis des Dichters. 2 Bände in 1 eleg. Ganzleinenband 2 Mk. 2 Bände in 1 eleg. Halbfranzband 3 Mk.
- Miltons poetische Werke.** Übersetzt u. mit Einleitung versehen von Adolf Böttger. Mit d. Bildn. des Dichters. In eleg. Ganzlbbd. 2.25 Mk.
- Molières sämtliche Werke.** Herausgegeben von E. Schröder, mit Einleitung von Prof. Dr. H. Th. Röscher. Mit dem Bildnis des Dichters. In 2 eleg. Ganzleinenbänden 4.20 Mk.
- Eduard Mörikes sämtliche Werke.** Herausgegeben und mit Einleitung versehen von Prof. Dr. Edm. v. Sallwürf. Mit 2 Bildnissen. In 2 eleg. Ganzlbbdn. 3.50 Mk. In 2 eleg. Halbfranzbdn. 5.50 Mk.
- Fritz Reuters sämtliche Werke.** Herausgegeben u. mit Einleitung versehen von Prof. Dr. Karl Th. Gaedertz. Mit zahlreichen Abbild. In 4 eleg. Ganzleinenbänden 6 Mk. In 4 eleg. Halbfranzbänden 10 Mk.
- **sämtliche Werke.** Numerierte Büttenausgabe in 12 Bänden brosch. 25 Mk. — In 12 feinen Halbfranzbänden 50 Mk.
- **ausgewählte Werke.** Herausg. u. mit Einleit. versehen von Prof. Dr. K. Th. Gaedertz. Mit zahlr. Abbild. In 2 eleg. Ganzlbbdn. 3.50 Mk.
- Friedrich Rückerts ausgewählte Werke.** Herausgegeben und mit Einleitung versehen von Ph. Stein. Mit dem Bildnis des Dichters. In 3 eleg. Ganzleinenbänden 6 Mk. In 3 eleg. Halbfranzbänden 9 Mk.
- Fr. v. Schillers sämtliche Werke.** Mit einer Einleitung von Prof. Dr. J. Wyßgram. Mit dem Bildnis des Dichters. 12 Bände in 3 eleg. Halbleinenbänden 4.50 Mk. 12 Bände in 4 eleg. Ganzleinenbänden 6 Mk. 12 Bände in 4 eleg. Halbfranzbänden 6 Mk. 12 Bände in 4 feinen Halbfranzbänden 10 Mk.
- William Shakespeares sämtliche dramatische Werke.** Übersetzt von Schlegel, Benda u. Voss. Mit dem Bildnis des Dichters. In 3 eleg. Ganzleinenbänden 6 Mk. In 3 eleg. Halbfranzbänden 9 Mk.
- Walbert Stifters ausgewählte Werke.** Herausgegeben und mit Einleit. versehen v. Rudolf Kleinke. Mit dem Bildnis des Dichters. In 2 eleg. Ganzleinenbänden 4 Mk. In 2 eleg. Halbfranzbänden 6 Mk.
- Ludwig Uhlands gesammelte Werke.** Herausgegeben und mit Einleitung versehen von F. Brandes. Mit dem Bildnis des Dichters. In 2 eleg. Ganzleinenbänden 3 Mk. In 2 eleg. Halbfranzbänden 5 Mk.

Bände
Ganz-
Mf.

ichters.
50 Mf.
it Ein-
ichters.

Einleit.
Bände
8 Mf.
en von
25 Mf.
er, mit
is des

id mit
niffen.
50 Mf.
leitung
ild. In
10 Mf.
Bänden

n Prof.
50 Mf.
en und
ichters.
n 9 Mf.
ng von
Bände
Ganz-
6 Mf.

Verfe.
ichters.
n 9 Mf.
yen und
ichters.
n 6 Mf.
und mit
ichters.
n 5 Mf.





