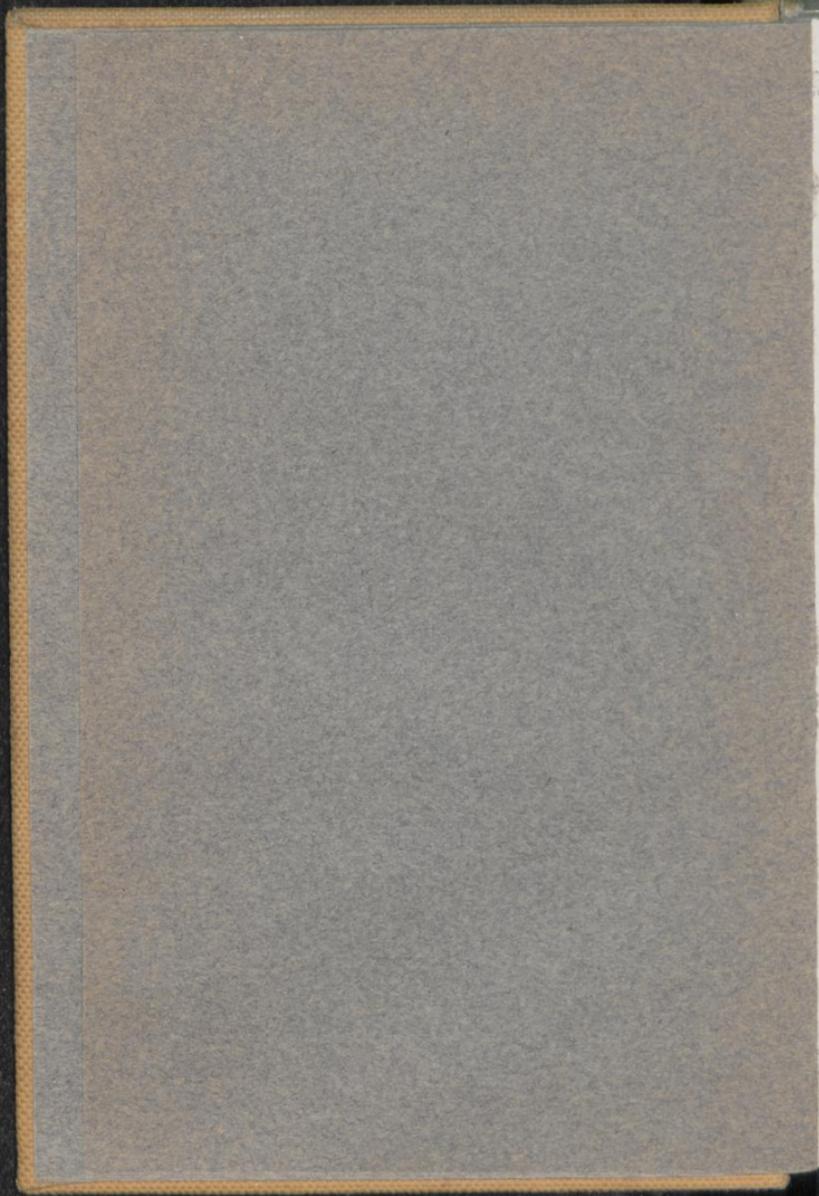


Siegm. Günther
Geschichte der
Naturwissenschaften

Dv 4111

UNIVERSITÄTS- UND
LANDESBIBLIOTHEK
DUISBURG
V4791



14.50

1.50



Ludwig Günther fec.

Die Erde, vom Monde aus gesehen.

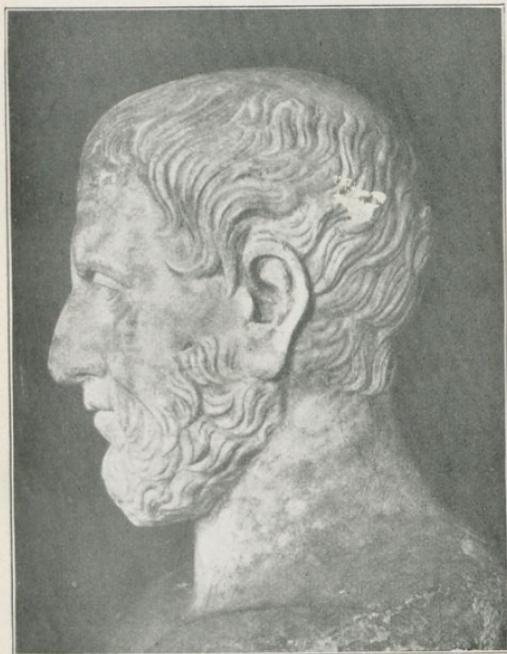
(Nach Keplers „Traum“.)



Edwin Spitzer fec.

Der Mond und das Firmament (samt Erde).

(Nach Keplers „Traum“.)

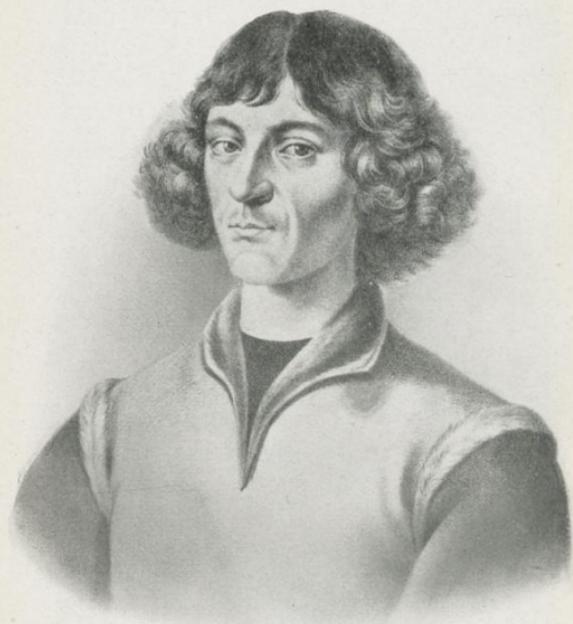


Theophrast.

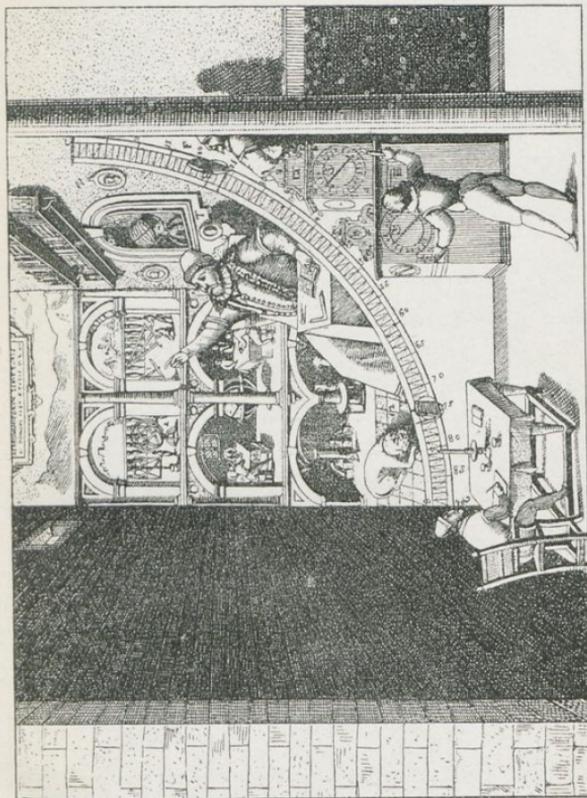
Antike Porträtbüste in der Villa Albani in Rom.

Nach Andrei Bruckmann Griech. u. röm. Porträts.

Bd. 2 n. 3. Tafel IV.

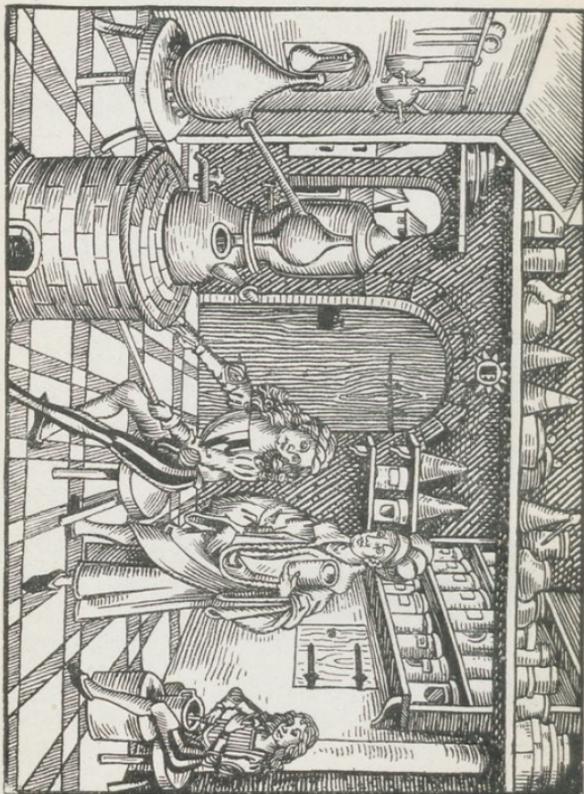


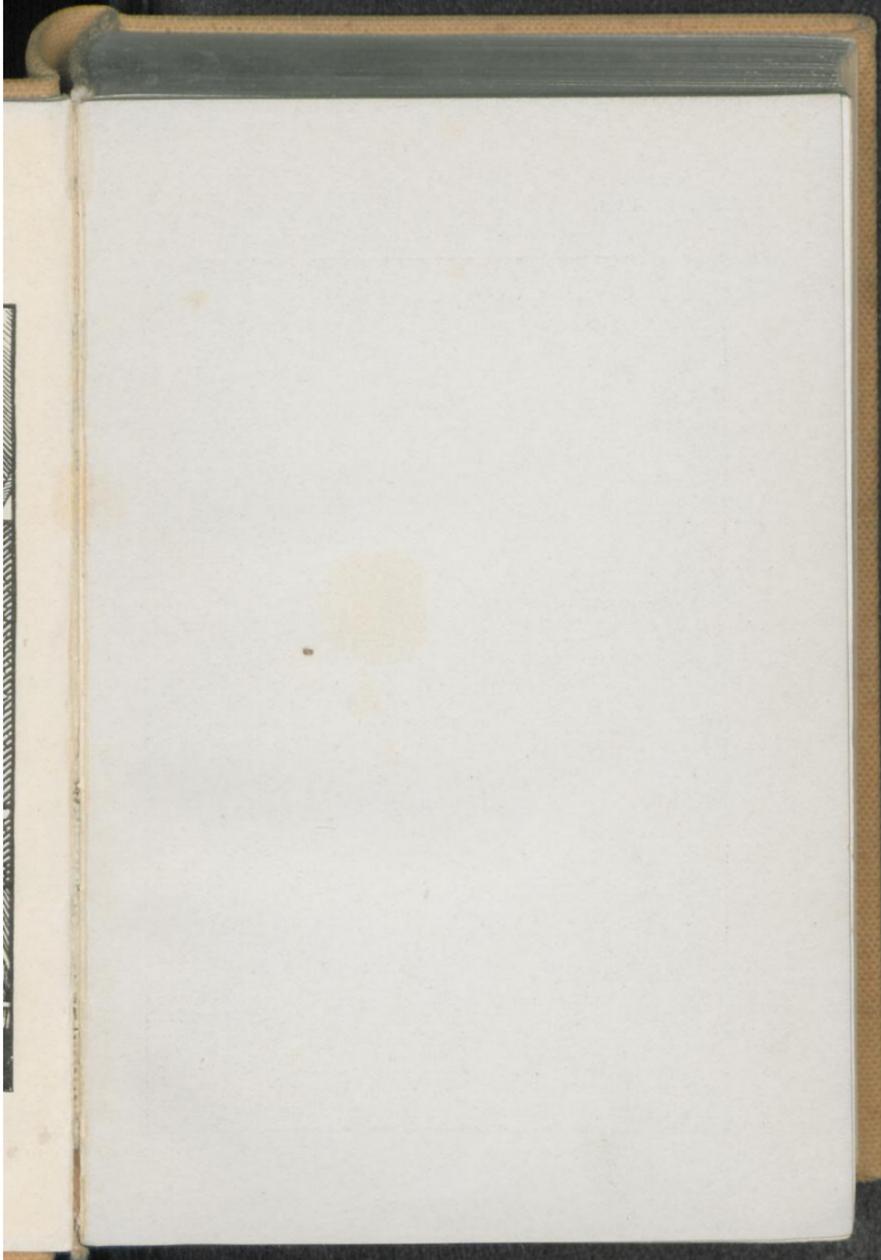
Coppernicus.



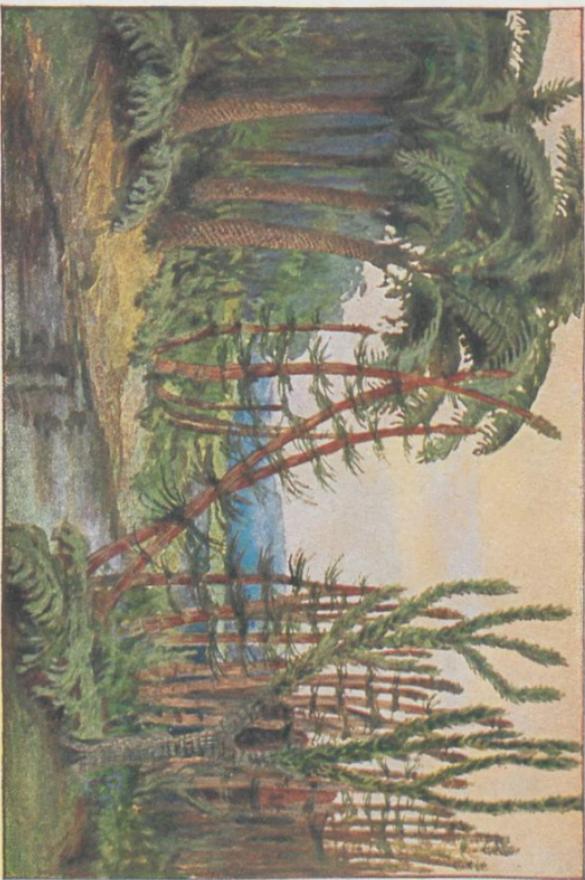
Sycho Vrabhes Sternwarte.

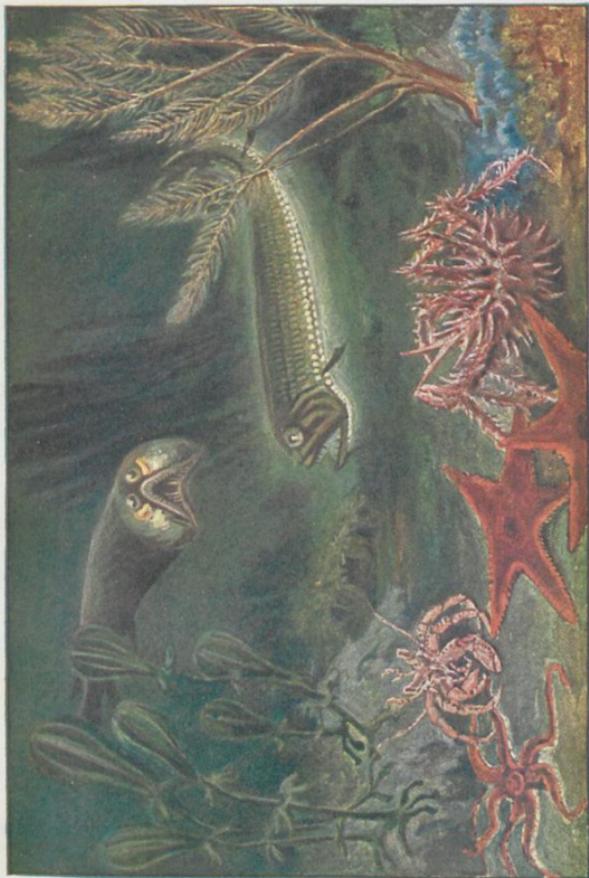
Mittelalterliche „Chemische Küche“.





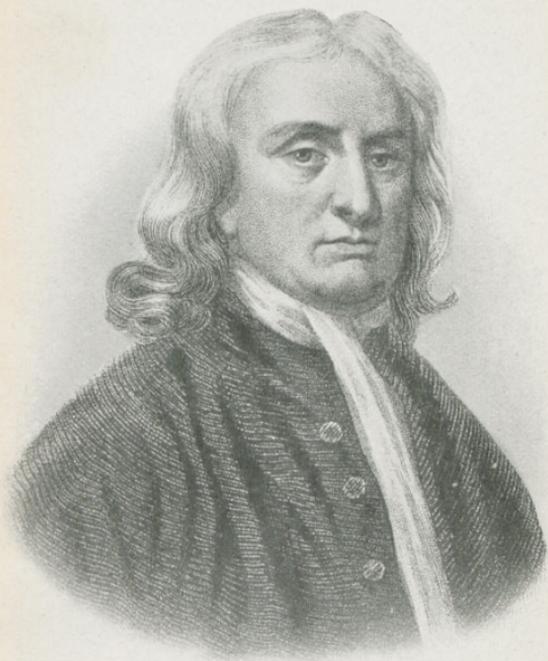
Neulandschaft aus der Zerstreuung. Sinter ein Wald von Eichen (Salix), rechts die
schönen Säulen der Schachtelohr, dann ein einzelner Schachtelohr (Lepidodendron), links dem
moorigen Untergrund verschiedene Farne.



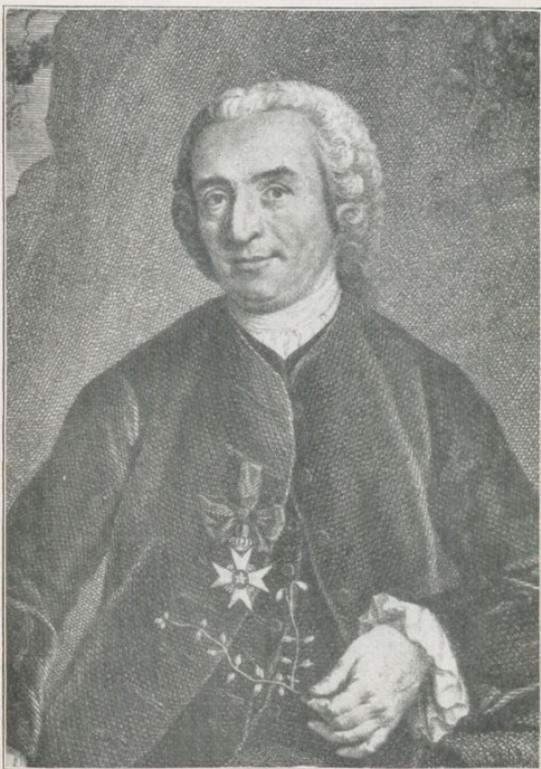


Tierleben in der Tiefe. In der Mitte zwei Leuchtfische: Malacostracus und Stomias, Rechts ein Hydrotopolyp, links mehrere Exemplare von Smaragdin (Smaragdin). Ein Einfiedlerkrebs, verschiedene Arten Seeherne und ein Schildkröte (Lithodes) beleben den Meeresgrund.





Newton.

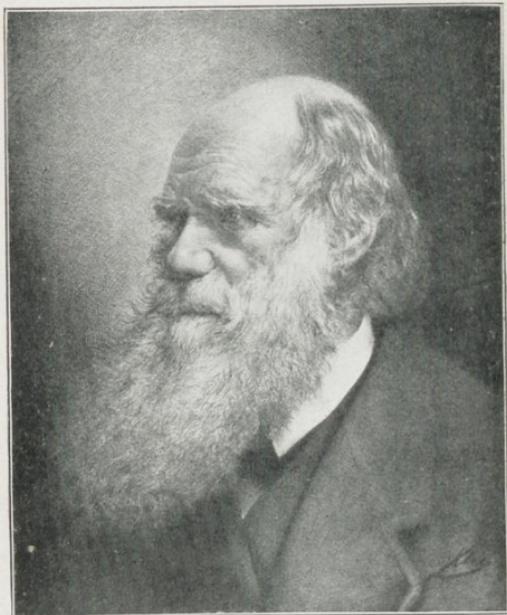


Karl von Linné.

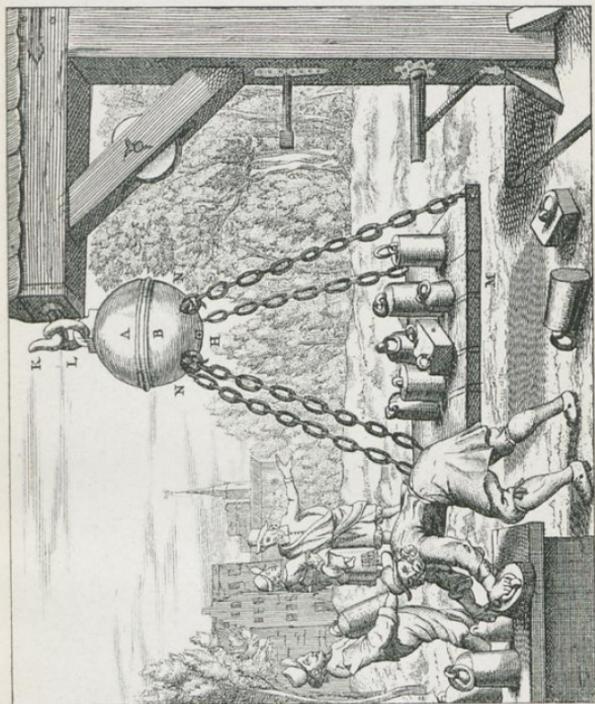


Alexander von Humboldt.

Bd. 2 u. 3. Tafel XII.



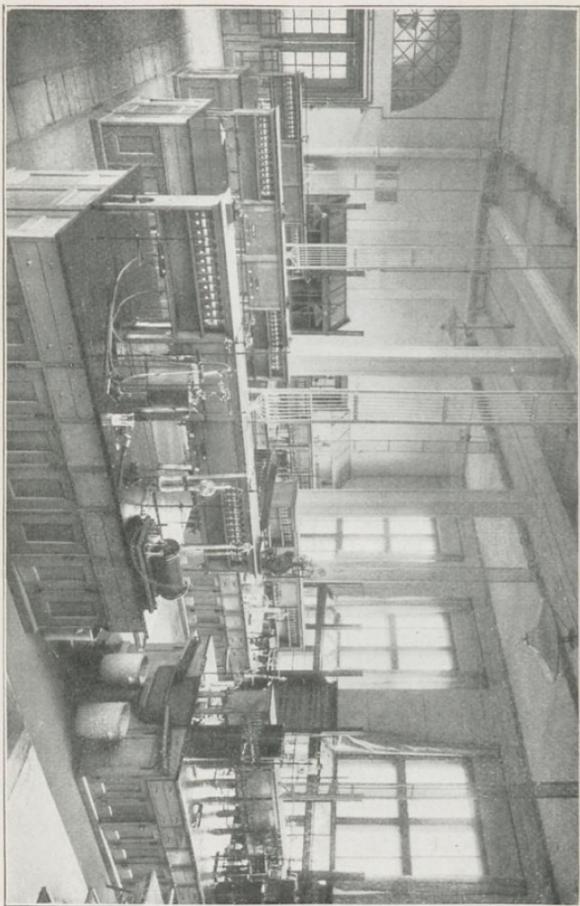
Darwin.

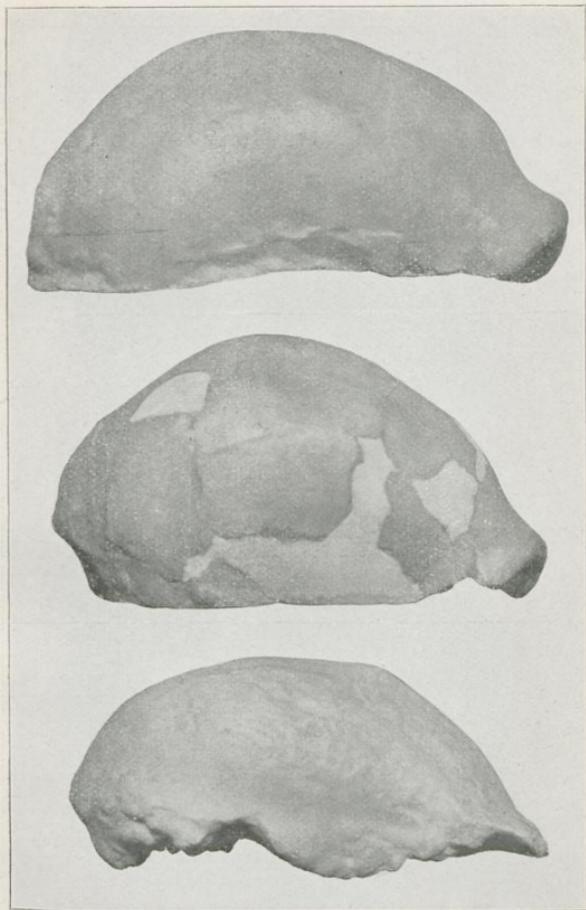


Gueriches Magdeburger Saßfugeln.

Aus seinen „Experimenta nova Magdeburgica“, Amsterdani 1672.

Obernes Chemisches Laboratorium.

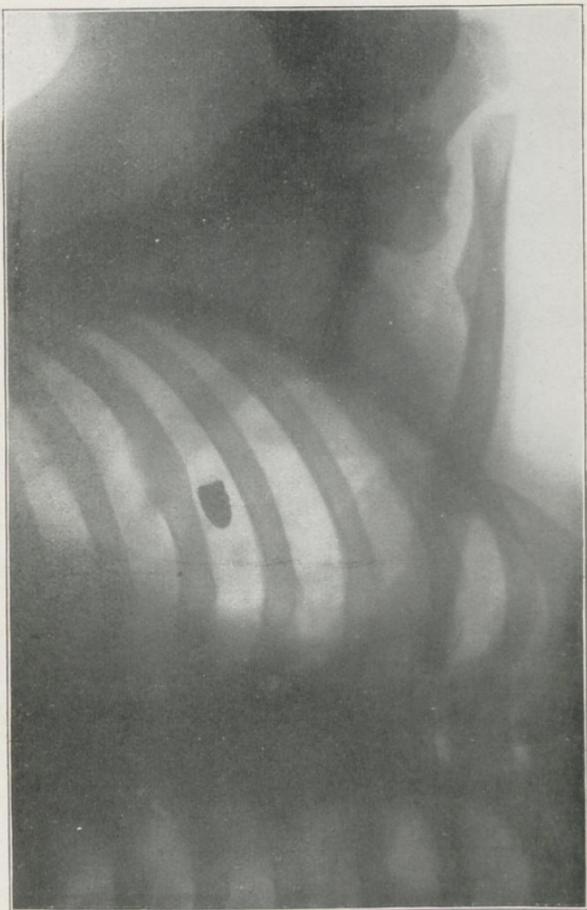




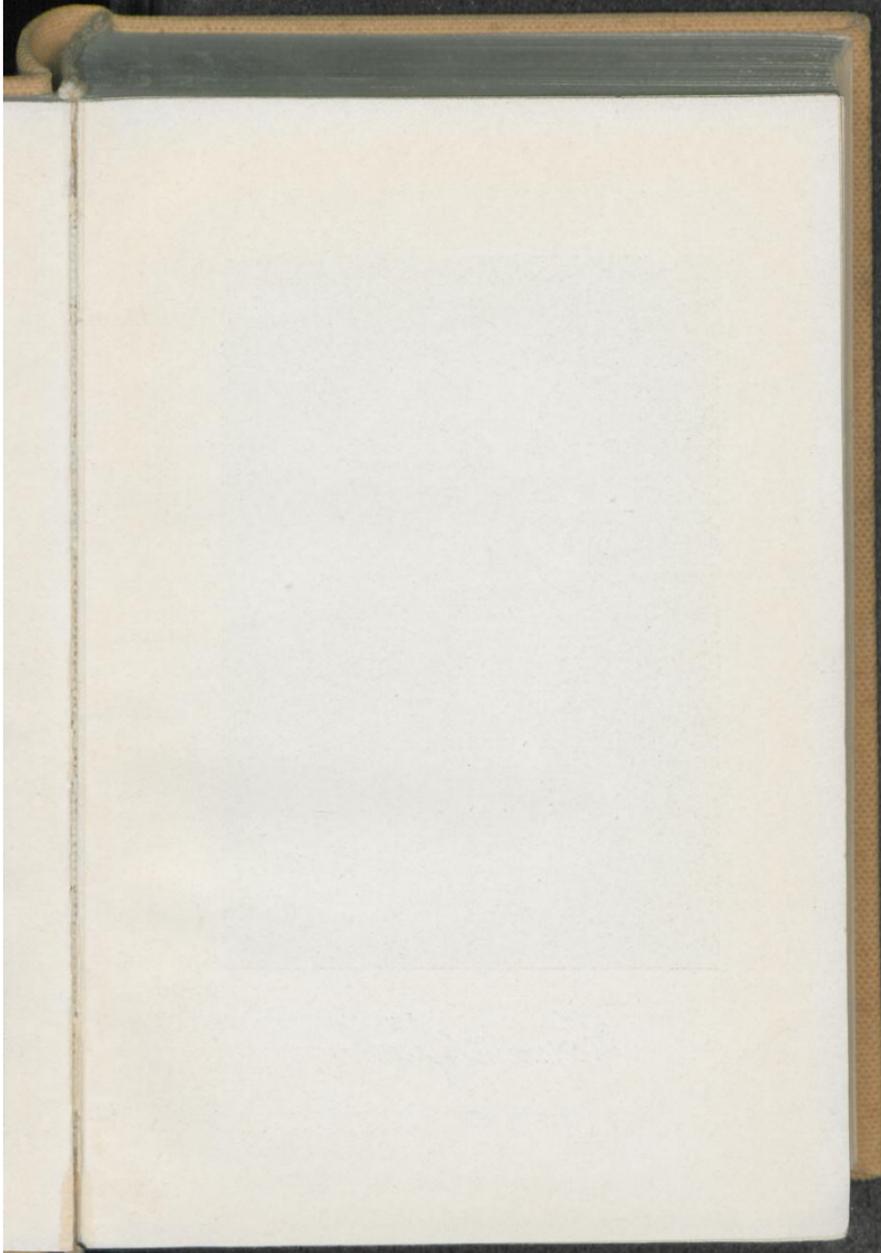
Die wichtigsten prähistorischen Schädelkunde.

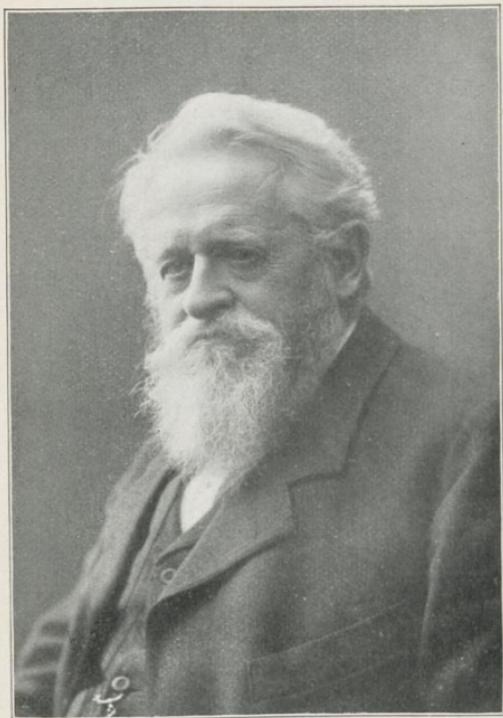
Oben: der Neandertaler; in der Mitte: Schädel von Spy (die hellen Stellen zeigen Ergänzungen an); unten: der Pithecanthropus.

Bd. 2 u. 3. Tafel XVI.



Röntgenbild eines menschlichen Thorax mit Neuroblasten-
aufgenommen im Röntgeninstitut von Dr. Krause, Zahnarzt-Straße.





Siegmund Günther

Mit d

Bücher
der Naturwissenschaft

herausgegeben von
Professor Dr. Siegmund Günther.

2. und 3. Band.

Geschichte
der Naturwissenschaften

von
Siegmond Günther.

Mit dem Bildnis des Verfassers, 4 farbigen und 12 schwarzen Tafeln
und einem Gesamtregister.

Leipzig.

Druck und Verlag von Philipp Reclam jun.

Bücher
der Naturwissenschaft

herausgegeben von
Professor Dr. Siegmund Günther.

2. Band.

Geschichte
der Naturwissenschaften

von
Siegmund Günther.

Erster Teil.

Mit dem Bildnis des Verfassers, 2 farbigen und 4 schwarzen Tafeln.

Leipzig.

Druck und Verlag von Philipp Reclam jun.

Bücher
der Naturwissenschaften

verfasst von
Professor Dr. Siegmund Günther

2. Band

Geschichte
der Naturwissenschaften

von
Siegmund Günther

Leipzig

Verlag von C. F. Winter, Leipzig

Verlag von C. F. Winter, Leipzig

Dorwort.

Eine zusammenfassende Darstellung des Verbeganges der gesamten Naturwissenschaften fehlt unserer Literatur,*) so viele und treffliche Einzelarbeiten wir auch besitzen. Daß eine solche Schilderung nur die Hauptmomente herausheben und sich überhaupt eine Beschränkung auferlegen muß, die dem Autor selbst am schwersten fällt, wird allseitig zugestanden werden. Allein dieser Nachteil muß, wenn anders auf kleinem Raume das Wichtigste geboten werden soll, notwendig mit in den Kauf genommen werden.

Die Abgrenzung der einzelnen Abteilungen konnte natürlich nicht in der Weise vollzogen werden, daß ein ganz bestimmtes Jahr den Schluß- und zugleich Anfangspunkt bildete. Vielmehr durften nur sachliche Erwägungen maßgebend sein, und so ließ es sich auch nicht vermeiden, daß gelegentlich einundderselbe Name wiederholt vorkommt, je nachdem eben die Tätigkeit der betreffenden Persönlichkeit aus der einen Periode in die andere hinübergrieff.

Allen denen, die sich für das noch so sehr vernachlässigte Studium der Naturwissenschaften interessieren, sei das Werkchen gewidmet und empfohlen. Insbesondere darf dies auch für unsere Studierenden gelten!

München, im Februar 1909.

Dr. S. Günther.

*) Whewell-Littrows treffliche „Geschichte der induktiven Wissenschaften“ ist heute völlig veraltet.

Geschichte der Naturwissenschaften.

Inhalt des I. Teiles.

	Seite
Vorwort	5

Erste Abteilung.

Das Altertum.

1. Die orientalischen Kulturvölker	9
2. Das Zeitalter der älteren griechischen Naturphilosophie	16
3. Platon und Aristoteles	26
4. Die spätgriechische Naturwissenschaft	34
5. Römer und Byzantiner	51

Zweite Abteilung.

Das Mittelalter und die beginnende Neuzeit.

6. Indier und Araber	59
7. Christliche Wissenschaft im früheren Mittelalter	72
8. Scholastiker und Humanisten	78
9. Entdeckungszeitalter und Naturwissenschaft in Wechselbeziehung	93
10. Die heliozentrische Reform	97
11. Physikalische und chemische Fortschritte	111
12. Die Erhebung der naturhistorischen Fächer zu selbständigen Wissenschaften	126

Verzeichnis der Naturwissenschaften

Inhalt des 1. Bandes

1	Die menschlichen Sinne	1
2	Die menschliche Seele	2
3	Die menschliche Vernunft	3
4	Die menschliche Willensfreiheit	4
5	Die menschliche Moral	5
6	Die menschliche Politik	6
7	Die menschliche Geschichte	7
8	Die menschliche Naturgeschichte	8
9	Die menschliche Geographie	9
10	Die menschliche Kosmographie	10
11	Die menschliche Chronologie	11
12	Die menschliche Genealogie	12
13	Die menschliche Heraldik	13
14	Die menschliche Numismatik	14
15	Die menschliche Bibliographie	15
16	Die menschliche Bibliothekwissenschaft	16
17	Die menschliche Archivwissenschaft	17
18	Die menschliche Paläontologie	18
19	Die menschliche Ethnologie	19
20	Die menschliche Linguistik	20
21	Die menschliche Philologie	21
22	Die menschliche Pädagogik	22
23	Die menschliche Erziehungswissenschaft	23
24	Die menschliche Psychologie	24
25	Die menschliche Logik	25
26	Die menschliche Metaphysik	26
27	Die menschliche Theologie	27
28	Die menschliche Jurisprudenz	28
29	Die menschliche Medizin	29
30	Die menschliche Chirurgie	30
31	Die menschliche Pharmazie	31
32	Die menschliche Veterinärmedizin	32
33	Die menschliche Botanik	33
34	Die menschliche Zoologie	34
35	Die menschliche Mineralogie	35
36	Die menschliche Geologie	36
37	Die menschliche Meteorologie	37
38	Die menschliche Astronomie	38
39	Die menschliche Kosmologie	39
40	Die menschliche Physik	40
41	Die menschliche Chemie	41
42	Die menschliche Biologie	42
43	Die menschliche Anatomie	43
44	Die menschliche Physiologie	44
45	Die menschliche Pathologie	45
46	Die menschliche Hygiene	46
47	Die menschliche Pharmakologie	47
48	Die menschliche Toxikologie	48
49	Die menschliche Forensik	49
50	Die menschliche Kriminalistik	50
51	Die menschliche Kriminologie	51
52	Die menschliche Strafrechtswissenschaft	52
53	Die menschliche Rechtsphilosophie	53
54	Die menschliche Rechtsgeschichte	54
55	Die menschliche Rechtsvergleichende Wissenschaft	55
56	Die menschliche Rechtswissenschaft	56
57	Die menschliche Rechtswissenschaft	57
58	Die menschliche Rechtswissenschaft	58
59	Die menschliche Rechtswissenschaft	59
60	Die menschliche Rechtswissenschaft	60

Erste Abteilung.

Das Altertum.

1. Die orientalischen Kulturvölker.

Schon im fünften vorchristlichen Jahrhundert war, wie die neuere Keilschriftforschung zur Gewißheit erhoben hat, die mesopotamische Ebene von einem Volke bewohnt, das sich einen hohen kulturellen Standpunkt errungen hatte. Durch die Arbeiten eines Grotefend, Rawlinson, Sayce, George Smith, Oppert und Hilprecht, um aus der großen Zahl der auf diesem Arbeitsfelde tätigen Gelehrten nur einige besonders hervorragende Namen zu nennen, sind Tausende von Tontafeln entziffert worden, welche, ganz und gar unseren Büchern vergleichbar, das ihrer Entstehungszeit entsprechende Wissen zur Darstellung bringen. Man kann mit v. Desele, der diese Seite assyrisch-babylonischer Wissenschaft besonders eifrig studiert hat, behaupten, daß schon um 2000 v. Chr. eine in sich geschlossene Heilkunde von den Priestern ausgeübt ward, deren Anfänge natürlich noch viel weiter zurückreichen. Aus dem feines systematischen Geistes halber berühmt gewordenen Gesetzbuche des Königs Hammurabi geht hervor, daß es damals schon Tierärzte in Babylon gegeben hat, und das Vorhandensein staatlicher Menagerien um 700 v. Chr. macht es sicher, daß man der Tierkunde überhaupt von jeher eine gewisse Aufmerksamkeit zugewendet hat.

Ganz besonders aber stand die Astronomie in Ansehen, theils weil der Lauf der Gestirne von allem Anfang an für die Chronologie einer Kulturstation maßgebend sein mußte, theils wegen der früh schon entstandenen Aſterwiſſenſchaft der Aſtologie oder Sterndeuterei, die aber zu allen Zeiten wenigſtens den Nutzen gewährte, der wirklichen Sternkunde Vorſchub zu leiſten. Wie tief erſtere das ganze Volksleben durchdrang, möge aus Hammurabis Eдикt erhellen, daß ein Chirurg, der ohne Befragung der Geſtirne ſich an eine Operation wagte, beide Hände verlieren ſolle. Um die himmliſchen Bewegungen richtig verfolgen, um vornämlich auch die Vorausbeſtimmung der Finſterniſſe mit einiger Genauigkeit durchführen zu können, bedurfte es auch der Elemente der Mathematik, und dieſe unentbehrlichſte Hilſswiſſenſchaft der Naturerforſchung iſt recht eigentlich auf chaldäiſchem Boden erwachſen. Jener Finſterniſſekalkül hatte freilich ein ganz anderes Ausſehen als der, deſſen ſich die Gegenwart bedient. Man hatte durch lange fortgeſetzte Beobachtung ermittelt, daß nach Umfluß von 18 Jahren 11 Tagen die Verfinſterungen ſowohl des Mondes als auch der Sonne in der nämlichen Reihenfolge wiederkehrten, und dieſe als Saros bezeichnete Periode hat bis tief ins Mittelalter herein bei Anfertigung der Kalender Dienſt tun müſſen. Und auch ein gewiſſes Maß chemiſchen Könnens iſt dieſem hochbegabten Volke nicht abzutreiten. Will man, wie neuerdings geſchehen, die Geburtsſtunde der Chemie in jene Zeit verlegen, als zuerſt die Bronze, eine Legierung von Kupfer und Zinn, hergeſtellt ward, ſo kann man ſogar

von einer praehistorischen Chemie sprechen. Berthelots Analysen haben es außer Zweifel gestellt, daß schon um 4000 v. Chr. die Metallurgie der Chaldäer einen gar nicht verächtlichen Grad der Ausbildung erreicht hatte.

Den Assyro-Babyloniern müssen die Ägypter zur Seite gestellt werden, von deren geistiger Kultur ziemlich das gleiche, wie von den ersteren, ausgesagt werden darf. Mit Tieren und auch mit den in ihrem Bereiche wachsenden Pflanzen wußten die Ärzte des Nillandes, die durchweg auch der Priesterkaste angehörten, gut Bescheid, und der um 1550 v. Chr. niedergeschriebene Papyrus Ebers, der uns tiefe Einblicke in das medizinische Wissen und Können dieses merkwürdigen Volkes gewährt, verrät auch Spuren einer fleißigen Beachtung natürlicher Vorgänge. Er bringt nach Burckhardt die ersten Berichte über die Entwicklung des Käfers aus dem Ei, der Schmeißfliege aus der Larve, des Frosches aus der Kaulquappe. Auch gewisse anatomische Kenntnisse über Menschen- und Tierkörper bildeten den eiserne Bestand der großen ärztlichen Schulen in Theben, Memphis und Heliopolis. Daß die Ägypter auf praktisch-chemischem Gebiete noch über die Babylonier hinausgekommen sind, machen die zahlreichen Funde höchst wahrscheinlich. Die Mathematik wurde von den Ägyptern, während ihre nordöstlichen Nachbarn hauptsächlich die Arithmetik pflegten, mehr nach der geometrischen Seite hin entwickelt, denn die eigenartigen Zustände im Lande der periodischen Nilüberschwemmung erheischten nicht minder die Ausbildung der Feldmessenkunst, wie diejenige der Astronomie. Schon früh im zweiten vor-

christlichen Jahrtausend kompilierte ein „Schreiber“ — Gelehrter — Ahmes oder Amasis das berühmte, von Eisenlohr und Cantor übertragene Lehrbuch der Geometrie, das nach einer vielleicht noch weit älteren Vorlage gearbeitet ist. Die ägyptischen Astronomen hatten sich eine selbständige, die einzelnen Phasen des Überschwemmungsprozesses mit den Auf- und Untergängen auffallender Gestirne verknüpfende Zeitrechnung zurechtgemacht, die auch den Abschnitten des Jahres und Monaten gerecht wurde und sich viele Jahrhunderte hindurch in Geltung erhielt. Jener Julianische Kalender, den Caesar 47 v. Chr. durch den Alexandriner Sosigenes ausarbeiten ließ, und der sich trotz immer deutlicher hervortretender Unvollkommenheiten bei den Völkern der griechischen Kirche sogar bis heute seine Geltung bewahrt hat, ist im Grunde mit dem uralten Pharaonenkalender identisch.

Die semitischen Völker spielen, mit Ausnahme der durch ihre Vermischung mit den turanischen Sumeriern kulturell geförderten Babylonier, in einer Geschichte der Naturwissenschaft noch keine Rolle. Phönizier, Israeliten, Araber konnten selbstverständlich nicht ohne eine gewisse empirische Kenntnis der sie umgebenden Dinge manchen Pflichten des täglichen Lebens genügen, aber wissenschaftlicher Sinn als solcher ging ihnen in jener frühen Zeit gänzlich ab. Nur wenig wissen wir von der älteren Geschichte der Inder, deren phantastische Neigungen zielbewußtem Beobachten und Analysieren zuwiderliefen. Immerhin ist in unseren Tagen festgestellt worden, daß die indische Astronomie doch bereits in jener Epoche, als

das bekannte Religionsbuch der Vedas entstand, einen ganz achtbaren Charakter besessen haben muß. Inwieweit allerdings dieser Charakter ein nationaler war, inwieweit er etwa vom Euphratlande her beeinflusst gewesen sein mag, darüber sind die Akten noch keineswegs geschlossen. Sprechen doch einzelne Anzeichen sogar dafür, daß Wissenskeime aus dem beherrschenden Zentrum Babylon bis in das ferne Ostasien gedrungen und dort in selbständiger Weise aufgegangen sein können. Gcht indisch scheint immerhin die später von den Griechen — ob ganz selbständig? — ausgebildete Annahme zu sein, daß sich die ganze Welt aus den bekannten vier Elementen ausschließlich zusammensetze. Wenn sich nach von Leersum bei den Hindus im dreizehnten nachchristlichen Jahrhundert eine ganz achtbare pharmazeutische Technik nachweisen läßt, so ist damit natürlich nichts für deren Originalität und hohes Alter ausgesagt.

Die Chinesen, die Lehrmeister des ganzen Ostens, von denen Korea, Japan und das festländische Hinterindien ihre eigene Zivilisation bezogen haben, lieben es, die Geschichte ihrer Kultur bis in unglaublich hohe Zeiträume hinaufzuführen. Der niederländische Sinologe Schlegel entnahm den von ihm erschlossenen Geschichtsbüchern, daß schon 15 000 Jahre vor Anfang unserer Zeitrechnung die Sterne im Reiche der Mitte regelmäßig beobachtet worden seien; man wird gut tun, diese Zahl vielleicht mit 5 zu dividieren. Wenn dagegen die Reichsannalen melden, daß im dritten vorchristlichen Jahrtausend eine strenge Kontrolle der am Himmel sich zeigenden Erscheinungen von Reichs wegen stattgefunden

habe, und daß zwei staatlich angestellte Astronomen wegen Nichtvorausfrage einer Sonnenfinsternis mit dem Tode bestraft worden seien, so lauten diese Erzählungen ganz glaublich. Übrigens haben schon die ältesten Chinesen auch Präzisionsbestimmungen am Schattenweiser oder Gnomon, den auch die Babylonier kannten, vorgenommen, und Kaiser Tschu-kong scheint auf diese Weise um 1100 v. Chr. die Schiefe der scheinbaren Sonnenbahn recht genau ermittelt zu haben. Der das Wesen des chinesischen Geistes kennzeichnende Ordnungssinn spricht sich unter anderem darin aus, daß viele Jahrhunderte hindurch alle astronomischen Begebenheiten in den offiziell geführten Jahrbüchern verzeichnet wurden, wie denn die Annalen des Hofhistorikers Ma-twan-lin den Gelehrten unserer Zeit die Möglichkeit eröffnet haben, verschiedene Bahnbestimmungen für Kometen und Meteorenschwärme exakt ausführen zu können. Sogar Sonnenflecke hat man chinesischerseits mit dem bloßen Auge beobachtet. Der Umstand, daß sich bei diesem Volke mathematische Kenntnisse nachweisen ließen, die weder aus Mesopotamien, noch auch aus Indien oder Griechenland importiert sein können, stellt dessen geistiger Initiative jedenfalls ein günstiges Zeugnis aus.

Praktischen Sinnes, wie die Chinesen sind und immer waren, haben sie den Naturkräften, auch ohne sich viel theoretisch mit ihnen einzulassen, gar manche für das tägliche Leben nutzbar zu machende Betätigung abzugewinnen verstanden. So war ihnen das Sprengen der Felsen mit Schießpulver jedenfalls schon in vorchristlicher Zeit geläufig, und ihre Bergleute kannten

auch Hilfsmittel, um sich gegen die Gefahr schlagender Wetter längst vor Erfindung der Sicherheitslampe zu schützen. Die chinesische Lehre von der Metallverwandlung ist älter als die griechische Alchemie; in ihr spielt der eine Verbindung von Schwefel und Quecksilber darstellende Zinnober eine bedeutende, namentlich auch medizinische Rolle. Daß der Kompaß als eine chinesische Erfindung angesehen werden muß, leidet keinen Zweifel. Schon in sehr alter Zeit wird der magnetische Wagen als „Südweiser“ beschrieben, mit dessen Hilfe man den Weg durch die pfadlosen Wüsten Innerasiens zu finden verstand; von seemännischer Verwendung wird nichts berichtet, was wohl damit zusammenhängt, daß China die Meerfahrt niemals eifrig betrieb. Auch die elektrische Kraft war nicht unbekannt; einen „Hauch, der die Körper durchdringt“, nennt sie der Physiker Ku-o-pho.

Die chinesische Metalltechnik besitzt ebenfalls ein ehrwürdiges Alter, und mit Rücksicht auf diese Tatsache dürfen wir auch den Schluß ziehen, daß mineralogische Kenntnisse bei diesem Volke allgemeiner und umfassender als bei manch anderem gewesen sind. Indem von E. D. v. Sippmann das dem dreizehnten nachchristlichen Jahrhundert angehörige Reisetagebuch des Marco Polo geprüft wurde, konnte festgestellt werden, wie gut man dazumal in allen drei Reichen der Natur Bescheid wußte. Und dieses Wissen datierte angesichts des ausgeprägt konservativen Sinnes der Chinesen wohl zum allergrößten Teile aus altersgrauer Vergangenheit. Hervorgehoben seien nur der Gebrauch der Steinkohle als Brennmaterial und die Porzellanbearbeitung.

2. Das Zeitalter der älteren griechischen Naturphilosophie.

Auch bei Babyloniern und Indern fehlte es nicht gänzlich an kosmologischer Spekulation, d. h. an Vermutungen und dogmatischen Lehren über die Entstehung und Zusammensetzung des Weltgebäudes; solche Versuche, über die dem Auge und überhaupt den Sinnen entzogenen Dinge durch Phantasie und verstandesmäßige Reflexion Klarheit zu erhalten, liegen zu tief im Wesen der menschlichen Natur begründet, als daß sie nicht bei Völkern von etwas höherer Kulturstufe sich ganz von selbst einstellen sollten. Begegnet ihnen doch sogar die ethnologische Forschung nahezu bei allen Naturvölkern, und in manchen Fällen, wie z. B. bei vielen Stämmen Polynesiens, haben sich geradezu kosmogonische Systeme herausgebildet. Es ist somit auch gar nicht unmöglich, daß die ältesten Griechen, welche ihr Wissensdrang in die Länder jenseits des Mittelmeeres führte, wie wir dies z. B. von Thales, Pythagoras, Herodot mit Sicherheit wissen, dort die Anregung zu jenem Ausbau einer selbständigen Naturphilosophie empfangen haben, die in ihrer nunmehrigen Gestalt allerdings einen echt hellenischen Stempel aufgeprägt erhalten hatte. Was anderwärts dem religiösen Kultus oder der Anwendung auf das praktische Leben diente, das trat in Griechenland als Wissenschaft auf, und eben diese Eigenart, daß man die geistige Arbeit nicht als Mittel zu irgendeinem Zweck, sondern als Selbstzweck betrachtete, hat die Griechen zu Lehrern der ganzen gebildeten Welt gemacht. Naturphilosophie und Mathematik erscheinen um die Wende

des siebenten Jahrhunderts v. Chr. gleichzeitig auf dem Plane, und alle die Männer, welche wir in diesem Abschnitte kennen zu lernen haben, sind gleichmäßig als Naturphilosophen und Mathematiker hervorgetreten.

Die Westküste Kleinasiens, Jonien, bildete zuerst den Brennpunkt griechischen Geisteslebens, was eben auch wieder auf den lebhaften kommerziellen und intellektuellen Verkehr mit den Ostländern hinweist. Thales von Milet (ungefähr 624—548 v. Chr.) gab die erste zuverlässig bekannte Erklärung des Universums: Die platte Erdscheibe schwebt unterstützungslos im Mittelpunkte einer ungeheuren Hohlkugel, an deren Innenfläche die Sterne befestigt sind. Aber auch sonst schreiben seine Volksgenossen ihm vieles zu, was ihn als scharfen Kopf erkennen läßt. Er stellte im Hafen Milets einen Distanzmesser auf, um die Entfernung weit draußen im Meere sichtbarer Schiffe von der Küste zu bestimmen; er soll dank seinem meteorologischen Instinkte, der ihn eine ungewöhnlich reiche Olivenernte prognostizieren ließ, zu großer Wohlhabenheit gelangt sein; er sagte eine Sonnenfinsternis voraus — wahrscheinlich dieselbe, welche im Jahre 585 v. Chr. einer am Halys entbrannten Schlacht zwischen Medern und Lydern ein plötzliches Ende bereitete. Was von Thales überliefert wird, gibt bereits eine so vorgerückte Etappe des Erkenntnisfortschrittes zu erkennen, daß man die Vermutung nicht abweisen kann, es habe schon manchen Vorläufer gegeben. Namen von solchen kennt jedoch die Geschichte nicht.

Die jonischen Naturphilosophen, welche auf den führenden Milesier folgten und mehr oder minder im Ver-

hänlnis von Schülern zu ihm standen, hielten in der Hauptsache an der Lehre des Meisters fest, die sie nur unwesentlich veränderten. Es sind dies Anaximandros, Anaximenes, Xenophanes, Leukippos u. a. Am genauesten sind wir, dank einer von dem Kirchenvater Hippolytos geretteten Notiz der Vorzeit, über den Erstgenannten unterrichtet, der als Wohnort der Menschen die obere Grundfläche eines freischwebenden Zylinders von geringer Höhe angab und insofern späteren Philosophen, welche die Erde von Wasser oder Luft getragen sein ließen, überlegen war, als er in methodisch unfehlbarer Weise erklärte, im Weltraume gäbe es kein Oben und kein Unten, die einen zentralen Ort einnehmende Erdwalze könne demzufolge auch nicht nach irgendeiner Seite hin „fallen“. Als von Thales beeinflusst dürfen wir uns wohl auch noch die etwas späteren Philosophen Herakleitos, Demokritos, Empedokles und Anaxagoras vorstellen, die aber doch auch durchweg Selbstdenker waren. Zumal Demokrit (um 440 v. Chr.) wird als der eigentlich erste Begründer einer rationellen Atomistik geschilbert; kleinste Partikeln bewegen sich in wildem Wirbeltanze durch den Raum, und indem bald da, bald dort ein Zusammenstoß erfolgt, bilden sich die dann selbst wieder mit Bewegung begabten Körper. Ganz auf Demokrit geht zurück die Atomenlehre des Epikuros (341—270 v. Chr.), den man nicht als selbständigen Denker gelten lassen kann, der sich vielmehr, sobald er auf naturwissenschaftliche Dinge zu sprechen kam, wiederholt ziemlich arge Blößen gegeben hat. Die Milchstraße ist Demokrit zufolge nichts als ein Aggregat klei-

ner Sterne. Daß jener ein sehr geschickter Geometer war, ist durch den unlängst aufgefundenen Brief des Archimedes an Eratosthenes erhärtet worden. Anaxagoras (etwa 500—428 v. Chr.) hat eine Schrift „Von der Natur“ hinterlassen, von der uns leider nur wenige Bruchstücke erhalten blieben; er scheint als der erste die Umdrehung der Himmelkugel um die Erde richtig aufgefaßt zu haben, und diese Umdrehung sei, meinte er, eine so schnelle, daß gelegentlich Fragmente von der Sphäre sich löstrennten. In diesem Sinne definierte er den 465 v. Chr. beobachteten Meteorsteinfall von Megalopolis (am Hellespont), den ersten geschichtlich beglaubigten, von dem man weiß. Der Sizilianer Empedokles endlich (492—432 v. Chr.) ist der Schöpfer jener Lehre von den vier Elementen (Erde, Wasser, Luft, Feuer), welche sehr bald nachher zu einer alles beherrschenden Doktrin werden sollte, allerdings aber, wie wir sehen, auch den ältesten Indern nicht fremd war. Auch die im griechischen Altertum eine gewisse Rolle spielende Sinnesphysiologie, der gemäß feinste Ausströmungen von den Licht, Wärme, Gerüche aussendenden Oberflächen den Weg zu den menschlichen Seh-, Gefühls- und Geruchsorganen finden sollten, ist empedokleisch. Ihm, dem wissensdurstigen Naturforscher, sagte man in Sizilien nach, er habe sich in dem Bestreben, das Geheimnis der vulkanischen Kräfte zu ergründen, in den Krater des Aetna gestürzt.

Indem wir den von Thales ausgegangenen geistigen Anstoß durch die Philosophenschulen der Jonier und Eleaten — so nach dem später noch zu nennenden Par-

menides von Elea (5. Jahrh. v. Chr.) benannt — hindurch verfolgt haben, sind wir von der synchronistischen Betrachtung der Geschehnisse einigermaßen abgekommen und müssen deshalb wieder ins sechste Jahrhundert zurückkehren. In ihm lebte als jüngerer Zeitgenosse des Thales der große Philosoph Pythagoras (wahrscheinlich 582—508 v. Chr.), der, auf der Insel Samos geboren, zwar ebenfalls der Abstammung nach ein Ionier war, nachmals aber nach dem dorischen Großgriechenland (Unteritalien) auswanderte und sich hier zum Haupte einer ihn fast abergläubisch verehrenden, religiös-philosophischen Schule aufschwang. Was er selbst und was seine Schüler, die Pythagoreer, für die Wissenschaft geleistet haben, läßt sich nicht mit irgendwelcher Sicherheit auseinanderhalten. Doch scheint es, daß der Meister zuerst das Prinzip der Kugelgestalt der Erde aufstellte; freilich nicht sowohl aus mathematisch-geographischen, sondern aus philosophischen Gründen, weil die Kugel der vollkommenste Körper sei. Auch darf man ihn mit hoher Wahrscheinlichkeit als den Urheber einer wissenschaftlichen Musik und als Erfinder des ersten in der Geschichte auftretenden physikalischen Instrumentes feiern. Dies war das Monochord, eine über ein Brett mit Längsteilung gespannte Saite, deren Spannung durch angehängte Gewichte beliebig reguliert werden konnte; auf diesem Wege konnten die Beziehungen zwischen Saitenlänge, Saitenspannung und Tonhöhe erfahrungsmäßig ermittelt werden. Das ganze Altertum sah in Pythagoras ebensowohl den Schöpfer einer rationalen Theorie der harmonischen Intervalle, wie anderer-

seits den Erfinder des bekannten Lehrsatzes. Letzteren hat er der gewöhnlichen, aber schon von Zeller und in neuester Zeit von mehreren Forschern stark in Zweifel gezogenen und bekämpften Annahme zufolge zuerst in seiner Allgemeingültigkeit erkannt, während er in Spezialfällen, wie die Untersuchungen Bürks dargetan haben, in noch früherer Zeit schon den Indern geläufig war.

Von den wissenschaftlich hervorgetretenen Pythagoreern verdienen im fünften und teilweise auch im vierten Jahrhundert besondere Erwähnung Philolaos, Archytas, Hiketas und Ekphantos, alle vier hauptsächlich als Astronomen bekannt. Philolaos hat anscheinend zuerst das Wesen der Mondphasen und der — von den Joniern zwar prognostizierten, nicht aber ursächlich verstandenen — Finsternisse erklärt, indem er den Mond als massive Kugel betrachtete. Auch das in sehr unsicherem Lichte erscheinende angeblich pythagoreische Weltssystem geht vielleicht auf den vorgenannten Denker zurück; zugleich mit den Planeten sollte die Erde nebst einer ihr hypothetisch zugeordneten „Gegenerde“ um ein „Zentralfeuer“ im Kreise sich bewegen, das aber nicht die Sonne selbst war. Von Archytas haben die Alten sehr viel gehalten; wie ihn denn Horaz als den anspricht, „der Meer und Erde gemessen hat“. Von Hiketas und Ekphantos spricht unter anderen Cicero, und durch dessen Vermittlung hat Copernicus die unbestimmte Kunde erhalten, daß schon im Altertum von einer Bewegung der Erde die Rede gewesen sei. Schiaparelli hält dafür, daß Ekphantos und der im gleichen Zusammenhang genannte Herakleides Pontikos von einer jähr-

lichen Bewegung der Erde ganz abgesehen, dafür jedoch um so entschiedener die Erdrotation postuliert hätten.

Die Astronomie wurde im Verlaufe des fünften Jahrhunderts mit zahlreichen neuen Erkenntnissen bereichert. Dinopides soll, was freilich schwer glaublich erscheint, weil das Faktum doch gar zu nahe liegt, durch den Nachweis der Schiefe der Ekliptik Aufsehen erregt haben. Von Xenophanes und Parmenides (S. 18—20) erfahren wir, daß sie die Zonenlehre ausgebildet, d. h. die Erdoberfläche durch Wende- und Polarkreise in jene fünf Gürtel zerlegt haben, welche noch jetzt den Grundbegriffen der elementaren Sphärik zugerechnet werden. Leider bahnte sich aber schon damals der Irrtum an, nur die beiden gemäßigten Zonen seien bewohnbar, und diese Irrlehre erhielt sich, wenn auch gelegentlich von einsichtigen Leuten bestritten, so lange, bis die Entdeckungsfahrten der Portugiesen und Spanier in den Tropen ihr jeden Boden entzogen. Durch Meton und Guktemon (433 v. Chr.), denen sich später Kalippos mit neuen Verbesserungen angeschlossen, während zuvor schon Kleostratos den dazu führenden Weg beschritten hatte, wurde zunächst der attische und nachherade überhaupt der griechische Kalender einer dringend notwendigen Regulierung teilhaftig; Meton fand, daß neunzehn tropische Sonnenjahre 235 synodischen Mondmonaten fast ganz genau gleich sind. Um jene Zeit begann man in Athen auch damit, durch öffentliche Anschläge (*παράσηματα*) astronomische und vermeintlich mit Ereignissen am Himmel zusammenhängende meteorologische Vorgänge dem Publikum zugänglich zu machen. Als die ersten, welche zielbewußt

meteorologische Beobachtungen angestellt hätten, werden Matriketas und Phainos namhaft gemacht. Der wissenschaftliche Sinn des Hellenenvolkes suchte stets nach neuen Aufgaben und ließ sich die hausbackene Weltanschauung des sonst so genialen Sokrates wenig kümmern. Denn dieser, der ganz in Ethik und praktischer Lebensphilosophie aufging, stellte an das Wissen, das ein rechtschaffener Bürger in Stern- und Vermessungskunde sein eigen nennen sollte, nur die allerniedrigsten Anforderungen, und die wissenschaftlich weit höhere Ziele anstrebenden Sophisten konnten sich da leicht als die überlegenen erweisen.

Ein Zeitgenosse der beiden großen Philosophen, welche uns bald eingehender beschäftigen sollen, war der geniale Mathematiker Eudoros (390—337 v. Chr.), auf den die erste geometrisch strenge Theorie der Planetenbewegungen zurückzuführen ist. Alle früheren Philosophen und Astronomen, die Pythagoreer nicht ausgenommen, hatten es bei allgemeinen Äußerungen bewenden lassen, und an die Lösung der Aufgabe, Planetenörter geometrisch exakt festzulegen, war noch niemand herangetreten. Des Eudoros homozentrische Sphären, deren volles Verständnis uns erst 1876 der Mailänder Astronom Schiaparelli erschlossen hat, genügten dieser Forderung in weit höherem Maße. Die Tatsache, daß der scheinbare Durchmesser der Sonnen- und Mondscheibe nicht immer der gleiche ist (erste Ungleichheit nach altgriechischer Ausdrucksweise), vermochte die Voraussetzung, daß jedem Wandelsterne eine eigene, mit der Erde konzentrische Kugeloberfläche zugeordnet sei, auf welcher er

sich bewege, nicht klarzustellen; wohl aber folgten aus der Natur der so beschriebenen sphärischen Kurve die vor- und rückläufigen Bewegungen und scheinbaren Stillstände (sogenannte zweite Ungleichheit) mit zwingender Notwendigkeit.

Auch die Biologie blieb den älteren Naturphilosophen nicht fremd, und als sich aus diesen erst mehr und mehr ein selbständiger Arztestand herausbildete, mußte das naturhistorische Studium allgemach in weitere Kreise dringen. Außer dem uns bereits bekannten Empedokles befandeten auch Hippokrates und Asklepiades Sinn und Neigung für Fragen der Embryologie. Der letztere, ein Krotoniate, stellte um 520 v. Chr. den für einen wahren Naturforscher bezeichnenden Leitsatz auf: „Nur aus dem, was wahrgenommen wird, darf der Mensch seine Schlüsse ziehen“; unter diesem Gesichtspunkte schätzte er auch, ein Kantianer vor Kant, die souveräne Bedeutung der Sinnesempfindungen richtig ein. Von Diogenes von Apollonia besitzt man eine natürlich noch primitive Charakteristik des tierischen Gefäßsystems. Eine zwar anders formulierte, sachlich dagegen zutreffende Unterscheidung zwischen Wirbeltieren und wirbellosen Tieren gab Demokrit, der angeblich sogar Sektionen, z. B. des Chamäleon, vorgenommen hat. Die anthropogeographisch-ethnographischen Berichte eines Ktesias und Herodot, mochten sie auch noch so viele Unmöglichkeiten enthalten, wollen ebenfalls nicht vergessen sein. Herodot ist übrigens in manchem Punkte von der Nachwelt gerechtfertigt worden, so z. B. hinsichtlich der Existenz von Zwergvölkern in Afrika.

der
dri
fäll
ben
ein
zu
und
In
stete
lich
zwe
fisch
Qu
sich
zini
glän
kuni
scha
Mit
dom
richt
hän
Sch
zusa
griff
dire

Unter den Ärzten nahm eine Ausnahmestellung ein der große Hippokrates von Kos, dessen Blütezeit in das dritte und zweite Jahrzehnt des fünften Jahrhunderts fällt. Wie viele der äußerst zahlreichen, ihm zugeschriebenen Schriften als echt gelten dürfen, ist noch immer eine strittige Frage; nicht einmal ganz zweifellos gehören zu den authentischen die beiden Traktate „Über die Diät“ und „Über Wasser, Luft und örtliche Bedingungen“. In ersterem (um 410 v. Chr.) wird, allerdings mit steter Rücksichtnahme auf die Verwendung im menschlichen Haushalte, das „koische Tier-system“ aufgestellt; der zweite ist eine Art kurzgefaßten Kompendiums der physischen Geographie, in welchem eine ganz originelle Quellentheorie den Leser fesselt. Als Botaniker betätigt sich Hippokrates durch Aufzählung von etwa 230 medizinisch verwertbaren Pflanzenarten. Von allen abergläubischen und religiösen Vorstellungen hat er die Heilkunde losgelöst; sie ist ihm angewandte Naturwissenschaft, indem seine Humoralpathologie von der richtigen Mischung der im menschlichen Körper zu findenden vier dominierenden Säfte das Wohlbefinden, von einer unrichtigen Mischung das Auftreten von Krankheiten abhängig macht. Er selbst oder doch seine unmittelbaren Schüler, deren Arbeiten das „Corpus Hippocraticum“ zusammenfaßt, haben auch schon daran gedacht, den Begriff des Beobachtens zu erweitern und durch Versuche direkte Anfragen an die Natur zu stellen.

3. Platon und Aristoteles.

Die höchste Entfaltung hellenischen Geisteslebens tritt uns entgegen in den beiden Philosophen Platon (von Athen; 429—348 v. Chr.) und Aristoteles (von Stagirus in Mazedonien; 384—322 v. Chr.). Alle späteren Philosophen haben sich durch diese beiden, oft in sehr einschneidender Weise, bestimmen lassen. Als vom zweiten nachchristlichen Jahrhundert ab die selbständige geistige Produktion des Griechenvolkes nachzulassen begann, griffen der Neupythagoreismus und, noch weit entschiedener, der Neuplatonismus auf die Gedankengänge der alten Meister zurück, und neuplatonische Ideen spielen auch noch bei hervorragenden Gelehrten des Renaissancezeitalters eine keineswegs unwichtige Rolle. Das Ansehen des Aristoteles gar wurzelte so fest, daß gerade seine naturwissenschaftlichen Anschauungen das ganze Mittelalter hindurch eine geradezu autoritative Geltung beibehielten und selbst noch teilweise im siebzehnten Jahrhundert nicht ohne eine gewisse Gefahr für den kühnen Kämpfen, der sich dagegen auflehnte, befehlet werden konnten. Die mit gutem Rechte kritischer veranlagte Neuzeit hat, weil in der That die Verehrung des Stagiriten nicht selten über alles Maß hinausging, ihrerseits nun wieder die Bedeutung dieses großartigen konstruktiven Kopfes viel zu skeptisch behandelt und verzeffelt, daß derselbe eben allein unter dem Gesichtspunkte seines Zeitalters eine zutreffende Wertschätzung erfahren kann. Unsere Würdigung des großen Denkers soll den richtigen Mittelweg einzuschlagen suchen.

wiff
alle
thag
ger
den
Gr
verf
schi
scha
ihr
dur
scha
Stä
schaf
er e
aufg
noch
erfer
mehr
plati
zwei
Erde
höhe
über
Hau
mist
aus
Luft
förm

Platon war der erste Begründer einer auf ein festes wissenschaftliches Glaubensbekenntnis sich stützenden, aller freimaurerischen Außerlichkeiten im Sinne des Pythagoras entbehrenden Philosophenschule, der nach ihrem gewöhnlichen Zusammentreffsorte diesen Namen führenden Akademie. Mathematische Bildung war eine seiner Grundforderungen; „Niemand, der nichts von Geometrie versteht, trete hier ein“, soll er über seinen Lehrsaal geschrieben haben. So hat er denn auch dieser Wissenschaft wichtige neue Erkenntnisse zugeführt, und die von ihr verlangte Abstraktion, die Bildung von Begriffen durch Abstreifung der sinnlich wahrnehmbaren Eigenschaften der uns umgebenden Dinge, bildete seine wahre Stärke. Am meisten mußte ihn von den Naturwissenschaften die Astronomie anziehen, und gerade in ihr hat er ein langes Leben zu lernen und zu forschen nicht aufgehört. Seine Jugendschrift „Phaidon“ läßt ihn noch ganz als Anhänger der überlieferten Volksmeinung erkennen, später aber hat er im „Timaios“ und noch mehr in der posthumen, von Einigen freilich als echt platonisch angezweifelten „Epinomis“ mit ziemlich un- zweideutigen Worten sich für die Achsendrehung der Erde ausgesprochen. Ja nach Plutarch wäre er im höheren Alter ganz zur heliozentrischen Weltanschauung übergegangen. In der Elementenlehre folgte er der Hauptsache nach dem Empedokles, indem er dessen Atomistik stereometrisch ausgestaltete. Das Feuer setzt sich aus tetraedrischen, das Wasser aus ikosaedrischen, die Luft aus oktaedrischen, die Erde endlich aus würfelförmigen Elementen zusammen. In seinen zahlreichen

Dialogen verrät Platon achtbare anatomische Kenntnisse, und eine Fülle von Andeutungen naturwissenschaftlicher Art hat die Folgezeit in ihrer Art ausgebeutet. So haben sonder Zweifel seine etwas phantastischen Andeutungen über eine im Meere versunkene Insel Atlantis nicht bloß auf die griechische Geologie, sondern sogar auch noch auf die Zeit, in der sich die großen überseeischen Entdeckungen vorbereiteten, nachhaltig eingewirkt.

Von Platon hat auch Aristoteles gelernt, aber er folgte nicht dauernd den Spuren seines Lehrers, sondern schuf, nachdem er sich als Erzieher des Prinzen Alexandros von Mazedonien bereits einen Ruf als didaktisches Talent erworben hatte, um 335 v. Chr. in Athen die peripatetische Schule, welcher er seine neue Systematik des menschlichen Gesamtwissens vortrug. Seine Lehrbücher der Logik, Politik, Physik usw. sind, wie erwähnt, für viele Jahrhunderte ebenso die Wissensquellen sich stets folgender Generationen geworden, wie dies auf mathematischem Gebiete, und zwar mit noch größerem Rechte, die „Elemente“ seines jüngeren Zeitgenossen Eukleides von Alexandria (Blütezeit ungefähr 300 v. Chr.) werden sollten. Abgesehen von einigen kleineren Abhandlungen und der Psychologie, in welchen durchweg auch Physik und Physiologie der Sinne einen Gegenstand der Erörterung bilden, kommen für uns hauptsächlich acht als gesichert anzusehende aristotelische Schriften in Betracht, nämlich die nachstehend angeführten: Physik, Vom Himmel, Meteorologie, Über das Entstehen und Vergehen, Mechanische Probleme, Tiergeschichte, Teile der Tiere, Entwicklungsgeschichte. Mit wenigen Worten

soll der hauptsächlichste Inhalt einer jeder von ihnen gekennzeichnet werden.

Die Prinzipien der peripatetischen „Physik“ haben ihre überzeugende Kraft fast zweitausend Jahre bewahrt. Bei allen Naturprozessen hat man vier Punkte zu unterscheiden, nämlich die „causa formalis“, welche das eigentliche Wesen der Erscheinung angibt, die auf den Stoff des in Rede stehenden Gegenstandes bezügliche „causa materialis“, die Bewegungursache als „causa efficiens“ und schließlich — hier reicht die Physik der eine besondere philosophische Disziplin bildenden Metaphysik die Hand — den Endzweck, die „causa finalis“. Diese lateinischen Übersetzungen der griechischen Ausdrücke entstammen der Terminologie des scholastischen Mittelalters. Mit diesen Begriffen von „Materie“ und „Form“ ausgerüstet, geht Aristoteles an die Definition der Bewegung, die eine natürliche und eine gewaltsame sein kann. Die erstere ist geradlinig oder kreisförmig, wie bei den Himmelskörpern; das deutlichste Beispiel für die zweitgenannte erblickt man in der Wurfbewegung. Daß letztere so, wie wir sie kennen, vor sich geht, hat seinen Grund in dem Medium, in der Luft. Jeder Körper bewegt sich so lange, bis eine in ihm verborgene Kraft seine schon zuvor verlangsamte Bewegung zur Ruhe bringt. Ebenso wie diese Unterscheidung zweier grundsätzlich verschiedener Bewegungsformen, so begreiflich sie für jene Zeit war, für die Folge verhängnisvoll ward, so mußte auch die Trennung aller Körper in absolut leichte und absolut schwere, die Antertum und Mittelalter bereitwillig annahmen, die Mechanik in falsche Bahnen

leiten. Es lag hier ein gewisser Rückschritt gegenüber Straton und Platon vor, die beide allen Körpern eine gewisse Schwere zuteilten. Dagegen kann man bei Aristoteles ziemlich ungezwungen eine Ahnung des Gegensatzes zwischen Masse und Gewicht erkennen.

Diese Grundsätze werden nun speziell auf die himmlischen Erscheinungen angewandt. Im besonderen wird die Unterscheidung zwischen schweren und leichten Körpern durchgeführt, die hier eine grundsätzliche und qualitative, nicht bloß, wie wir uns die Sache denken, eine relative und graduelle sein soll. Die aristotelische Auffassung des Weltgebäudes ist von jener des Eudoxos (S. 23) nur durch eine größere Häufung der Sphären verschieden, welche einem jeden Planeten als Trägerinnen besonderer Bewegungsimpulse zugeteilt werden. Sehr bemerkenswert ist, daß gleich drei Beweise für die Rundung der Erdoberfläche mitgeteilt werden — die ersten, die überhaupt in der Geschichte erscheinen und zugleich die nämlichen, welche jeder moderne Leitfaden der Erdkunde wenigstens andeutungsweise den Schülern vorführt. Die zwei Bücher „De generatione et corruptione“ suchen wesentlich zu zeigen, wie aus den vier Elementen alle Körper sich aufbauen und wie sie wieder in ihre Grundbestandteile zerfallen können.

Außerst vielseitig ist der Inhalt der „Meteorologia“, denn dieses Wort besitzt eine weit umfassendere Bedeutung, als sie ihm nach heutigem Sprachgebrauche zukommt. Gewiß gehören hierher auch sämtliche atmosphärischen Phänomene; nicht minder gilt dies aber auch für Milchstraßen, Kometen, Sternschnuppen, Erdbeben

und für alle Eigenschaften des Meerwassers, dessen Bewegungen mit inbegriffen. Soweit die unvollkommene Physik des Zeitalters die Erklärungen ermöglichte, sind dieselben oft überraschend korrekt, wie denn beispielsweise die geometrische Seite der Lehre vom Regenbogen nichts zu wünschen übrig läßt, während die Farbenerscheinungen unzugänglich blieben. Recht originell ist, was von Wolken, Regen und Hagel beigebracht wird. Ungemein großes Ansehen erwarb und erhielt sich auch die Erdbedenlehre: Winde sind in die mit Löchern und Kanälen durchsetzte Erdrinde eingedrungen und suchen nun wieder den Ausweg, was nicht ohne starkes Mühteln an den Tragsäulen der Decke abgehen kann. In einem Karstlande, wie es Griechenland war und ist, konnte eine solche Art, sich die Erzitterungen des Bodens zurechtzulegen, nichts Auffallendes an sich haben.

Daß auch die „mechanischen Probleme“, über deren Echtheit die Ansichten auseinandergehen, Proben wahrhaft aristotelischen Geistes an sich tragen, kann man nicht leugnen. Einzelnes mag wohl von seinen Schülern herrühren, und überhaupt ist an die ganze Schrift wohl auch nicht die letzte Feile angelegt gewesen. Die Betrachtungen jedoch, welche über die künstlich veranlaßte Bewegung eines im Gleichgewichte befindlichen Hebels ange stellt werden, enthalten schon im Keime das, was viel später das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten genannt worden ist. Auch hat Aristoteles die Resultantenbildung durch das Parallelogramm der Bewegungen im Einzelfalle senkrecht zueinanderstehender Komponenten deutlich erkannt. Man wird natürlich nicht im ein-

zeln ermitteln können, inwieweit der geniale Systematiker ganz auf sich selbst und inwieweit er auf den Schultern anderer, vorab des Demokritos (S. 18), stehen mag. Seine klar ausgesprochene Lehre von der Einheit und Unzerstörbarkeit aller Materie geht jedenfalls auf jonische Vorbilder zurück.

Vielleicht am größten steht der große Mann als Zoologe da. In seiner „Tiergeschichte“, einem Werke reifster Mannesjahre, ist ein ungeheures Maß von Tatsachenstoff niedergelegt. Aristoteles bekundet sich da als Beobachter von großer Scharfsichtigkeit und als Sammler von hohem Talente. Die antiken Angaben, daß der Mazedonierkönig seinen alten Hofmeister durch Zusendung wertvoller Exemplare unterstützt habe, ist sehr wohl glaublich, und auch von dem Philosophen Kallisthenes, der den Eroberer auf seinen Zügen begleitete, sollen einschlägige Sendungen eingelaufen sein. Auf mehr denn 500 Gattungen schätzt man seine Kategorien von Lebewesen, und vor allem den Meertieren hat er seine volle Aufmerksamkeit zugewendet. Für die Tiefe seines systematischen Geistes sind die folgenden Worte Burckhardts charakteristisch: „In gleicher Vollkommenheit ist nie mehr die Absicht durchgeführt worden, die Biologie als Teil der Allgemeinwissenschaft einzugliedern, sie aber auch andererseits als Ganzes aus den Erscheinungen systematisch durch eigene Beobachtung und Aufnahme fremder — mündlich und literarisch überlieferter — Angaben aufzubauen, der Mannigfaltigkeit der Natur ebenso wie ihrer Einheit gerecht zu werden und dadurch zwischen Realismus und Idealismus eine Mitte einzuhalten, wie

sie bei gleicher Stoffülle niemals wiedergewonnen worden ist.“ Zeugung und Entwicklung sind stets der liebevollsten Beachtung gewürdigt worden, und neben der geschlechtlichen Entstehung der höheren Tiere kommen auch die — fälschlich für sehr niedere Tiere in Anspruch genomme — Urzeugung, die den Bienen zugeschriebene Parthenogenese und die Sprossung zur Erörterung. Die dritte der angeführten organologischen Schriften widmet auch den Mißbildungen ein besonderes Kapitel.

Die spezifisch botanischen Werke des Meisters sind leider in der Urform verloren gegangen. Doch geben uns Andeutungen in den zoologischen, sowie die Bruchstücke seines Schülers Theophrast Anhaltspunkte, wie jener über Pflanzenkunde dachte. Die Gewächse sind beseelter als die anorganische Natur, minder beseelt jedoch als die Tiere; die niederen marinen Organismen stellen die Verbindung zwischen den beiden großen Gruppen her. Die Pflanzen haben auch die Eigenschaften der Ernährung und Zeugung, sowie die ihnen eigentümlichen der Regeneration und Teilbarkeit (Stecklinge, Pfropfung). Im ganzen sind sie wesentlich die passiven, die Tiere hingegen die aktiven Organismen. Die am meisten einen klaren Beobachter kennzeichnende Leistung Theophrasts bestand in der Feststellung der geschlechtlichen Fortpflanzung — natürlich nicht allgemein, sondern nur in besonderen Fällen (Dattelpalme, Terebinthe).

Zweifellos herrscht in den sämtlichen Büchern des Stagiriten nach unserem Gefühle allzusehr die dialektische Beweismethode vor, die rein verstandesmäßig aus den gegebenen Begriffen die Tatsachen deduzieren

will. Allein es wäre sehr ungerecht, zu verkennen, daß er vielfach auch induktiv zu Werk gegangen ist, und daß sein eminentes Beobachtungstalent gelegentlich auch durch den Versuch unterstützt wurde. Hat er doch durch ein — allerdings Bedenken unterworfenes — Experiment die Schwere der Luft nachzuweisen getrachtet. Und in der Organologie scheute er keineswegs vor Zergliederungen, wahrscheinlich sogar auch nicht vor Vivisektionen, einem Erbteile der hippokratischen Schule, zurück! Vor allem aber erwies sich Aristoteles als eine großartige gesetzgeberische Natur, als ein architektonischer Kopf von zielbewußter Einsicht in das, was der Wissenschaft not tat, als ein Polyhistor im besten Sinne des Wortes. Man bedenke nur, auf welch schwankendem Grunde, auf welcher Minimalbasis brauchbarer Vorarbeiten sein gewaltiges Lehrgebäude errichtet werden mußte! So darf man denn dem Rhodier Andronikos aufrichtig dankbar sein, daß er im ersten vorchristlichen Jahrhundert den Großteil der Schriften des Altmeisters durch sein Sammelgeschick der Vergessenheit entriß, und fern muß es dem seine Aufgabe richtig erfassenden Historiker liegen, einen Stein auf die folgenden Jahrhunderte zu werfen, weil sie das große Erbgut allzu treu bewahren zu müssen vermeinten.

4. Die spätgriechische Naturwissenschaft.

Die auf Aristoteles folgende Zeit hat schöpferisch nur im Bereiche derjenigen Zweige der Naturwissenschaft gewirkt, welche der mathematischen Behandlung zugänglich sind. Weit weniger Originalität zeigte sich in den

verschiedenen Fächern der Naturhistorie. Ein zusammenfassender Geist, der als Fortsetzer des Lebenswerkes des Stagiriten hätte angesprochen werden können, ist in der Antike nicht mehr erstanden; das einzige große Denkmal systematischer Behandlung einer Reihe von Problemen, die durch ein oberstes Prinzip zusammengehalten wurden, ist leider zugrunde gegangen. Wohl aber leisteten verschiedene Griechen Hervorragendes als Verfasser bedeutender Spezialdarstellungen dieser oder jener Einzelwissenschaft. Auch begegnen wir einem sich konsolidierenden wissenschaftlichen Sinne in den da und dort zutage tretenden Bestrebungen, die Wissensgebiete zu klassifizieren und gegeneinander abzugrenzen. Aus vorchristlicher Zeit ist hier Geminos, aus ziemlich später nachchristlicher (412—485) der Alexandriner Proklos namhaft zu machen. Wir teilen den an sich beträchtlichen Stoff derart ein, daß wir an die Spitze die Mechanik stellen und ihr die übrigen physikalisch-chemischen Disziplinen, mit Einschluß der physischen Geographie, folgen lassen. Den Löwenanteil beansprucht für sich die Astronomie. Zum Schlusse wird sich die beschreibende Naturwissenschaft, die sich in diesem Stadium kaum von der Medizin loslösen läßt, mit einem bescheidenen Plätzchen zu begnügen haben.

Schon vom großen Schulhaupte Eukleides ist ein ganz kurzer Abriß der Statik auf uns gekommen. Unendlich selbständiger und großartiger war die Wirksamkeit des Syrakusaners Archimedes (287—212 v. Chr.), der auch als Praktiker das höchste Ansehen genoß, durch sinnreich ausgedachte Mechanismen einer selbständigen

Artillerietechnik den Römern die Einnahme der lange fruchtlos belagerten Vaterstadt auf das äußerste erschwerte und, als die Festung endlich durch Überraumpelung fiel, von einem plündernden Soldaten getötet wurde. Die bekannte Wasserschraube soll archimedischen Ursprunges sein. Bemerket sei hier gleich, daß die Kunst, durch Maschinen die Belagerung und Verteidigung fester Plätze immer mehr in wissenschaftlichem Geiste zu gestalten, ganz im Geiste des Archimedes durch Gelehrte und Feldherren, wie z. B. durch den berühmten Demetrios Poliorketes, eifrig fortgebildet ward. Die in den Handbüchern der „Poliorketiker“ beschriebenen Instrumente, Katapulten, Ballisten und wie sie alle hießen, sind durchweg Paradigmen für die Anwendung der den Alten wohlbekannten einfachen mechanischen Potenzen (Hebel, Wellrad, Haspel, schiefe Ebene, Schraube). Die beste mathematische Theorie dieser statischen Kombinationen hat erst viel später, wahrscheinlich im vierten Jahrhundert unserer Aera, der Alexandriner Pappos in einem überaus wertvollen Sammelwerke („*Mathematica Collectio*“) gegeben. Das achte Buch desselben lehrt auch ausführlich die Verwendung der Zahnräder und der Schraube ohne Ende.

Archimedes war es auch, der in seinen zwei Büchern „*Vom Gleichgewichte ebener Figuren*“ die Lehre vom Schwerpunkte eingehend begründete und für eine Anzahl ebener, mit Masse homogen belegter Flächenstücke die Bestimmung wirklich durchführte; ja selbst minder einfache Körper, wie die Segmente einer Kugel und eines zweischaligen Hyperboloïdes, waren, wie der oben

erwähnte Brief an Eratosthenes dartut (S. 19), nicht un-
erreichbar für sein Verfahren; das Wesen des statischen
Momentes hatte er durchaus klargestellt. Er war ferner
der erste, der sich wissenschaftlich mit der Hydrostatik
befaßte, und zwar bildete seinen Ausgangspunkt das
nach ihm benannte Prinzip: Jeder in eine Flüssigkeit
eingesenkte Körper verliert so viel an Gewicht, als das
durch ihn verdrängte Flüssigkeitsquantum wiegt. Sol-
chergestalt war er in die Lage versetzt, die Fälschung
aufdecken zu können, die an einem vom Könige Hieron
bestellten goldenen Kranze begangen worden war. Auch
der archimedische Beweis für die sphärische Rundung
freier Flüssigkeitsoberflächen läßt an Strenge nichts zu
wünschen übrig.

Zwei Mechaniker von vorwiegend praktischer Rich-
tung lebten ungefähr in der Zeit zwischen 150 und 20
v. Chr., die beiden Alexandriner Ktesibios und Heron.
Der erstgenannte erwarb sich große Verdienste um die
Bervollkommnung der Feuerspritzen und Wasseruhren;
auch die Erfindung der Druckpumpe und einer Wasser-
orgel wird ihm beigelegt. Ihn überragte noch an Findig-
keit und Geschick sein Schüler Heron, der auch als Geo-
meter in hervorragender Weise seinen Mann stellte und
wahrscheinlich auch den Namen eines Erfinders der
bergmännischen Markscheidkunst verdient. Sein Werk-
chen „Pneumatica“ handelt von zwei feinen Namen-
führenden Instrumenten, dem Heronsball und Herons-
brunnen; auch setzte er durch ausströmenden Wasser-
dampf eine Maschine in Bewegung, die man wohl auch
Dampfturbine nennen kann. Der Entdeckung des Luft-

druckes befand er sich jedenfalls sehr nahe. Von statischem Interesse ist seine Behandlung einer als Gewichtzieher gekennzeichneten Winde. Zu gleicher Zeit, wie Heron, dürfte Philon von Byzanz gelebt haben, dessen Arbeiten, nach Hinweisen bei Pappos (S. 36) zu schließen, von ganz nahe verwandter Tendenz gewesen sein müssen.

Einen mechanischen Schriftsteller lernen wir um 400 n. Chr. in dem Bischof Synesios kennen, der im Briefwechsel mit einer der wenigen gelehrten Damen des Altertums stand. Die als Tochter des Theon Alexandrinos, eines Kommentators des Ptolemaios, frühzeitig in die Wissenschaft eingeführte Hypatia war für ihre Person den alten Göttern treu geblieben und wurde deshalb 415 n. Chr. von dem angeblich christlichen Pöbel der aegyptischen Hauptstadt grausam ermordet. Die fragliche Korrespondenz bezog sich auf ein Aeraometer, ein Instrument zur Bestimmung der Dichte verschiedener Körper. Wer dasselbe erfunden, soll im nächsten Kapitel besprochen werden; für Archimedes, den man damit in Verbindung gebracht, sprechen keine triftigen Gründe. Auch nach Hypatias Tode bestand die Philosophenschule Alexandrias fort; ihr gehörten Ammonios und dessen Jögling Johannes Philoponos an, welcher letzterer sich ein sehr klares Urtheil über gewisse physikalische Grundwahrheiten gebildet hatte und eigentlich schon ganz im Besitze des sogenannten Trägheitsgesetzes war.

Einen kurzen Lehrbegriff der Optik hatte schon um 300 v. Chr. Euklid verfaßt; seine angebliche Katoptrik dagegen stammt wahrscheinlich aus etwas späterer Zeit.

Das Material, worüber man verfügte, war noch dürftig: die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes und die Gleichheit von Einfallswinkel und Reflexionswinkel. Diese letztere Wahrheit nahm die ältere Zeit beweislos hin, während der uns bekannte Heron und, mutmaßlich fünfhundert Jahre später, der wohl auch Damianus zubenannte Dominos von Larissa dafür eine mehr metaphysische als physikalische Demonstration gaben. Die Natur bevorzugt stets die kürzesten Wege, und dann, wenn die genannten beiden Winkel gleich sind, gelangt der gespiegelte Lichtstrahl eben auf dem erwähnten Wege zum Auge, wenn er vom Objekte ausgehend zuerst die Spiegelebene getroffen hatte. Beiläufig bemerkt, verstand sich Heron auch sehr gut auf praktische Optik. Er erfand einen Heliostaten und, als äußerst gewandter Theaterrequisiteur, einen Spiegelapparat für Geistererscheinungen auf der Bühne — völlig den gleichen, mit dem in den sechziger Jahren des neunzehnten Jahrhunderts ein gewisser Agoston seine Erfolge erzielte. Die Dioptrik, von der Aristoteles bei seiner Erklärung des Regenbogens (S. 31) noch keinen Gebrauch machen können, erscheint in der Geschichte zuerst bei dem gleich nachher einlässlicher zu behandelnden Astronomen Ptolemaios. Zwar mußte der große Philosoph sehr wohl, daß ein in Wasser stehender Stab gebrochen erscheint; und um 50 n. Chr. hat Kleomedes ein Mittel angegeben, um einen in einem Gefäße unsichtbar liegenden Gegenstand durch Eingießen von Wasser in die Sichtbarkeitsgrenze zu rücken, allein bis zu tieferer Untersuchung dieser Erscheinung schritt erst der Genannte vor. Seine „Fünf

optischen Bücher“ waren verloren, bis sie in lateinischer Übersetzung aus dem Arabischen wiederentdeckt wurden. Hier wird gezeigt, daß ein aus einem Medium in ein anderes übergehender Lichtstrahl eine Ablenkung erfährt, und Ptolemaios experimentiert wie ein moderner Physiker, um Beziehungen zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel auszumitteln. Wasser, Luft und Glas, wie es die Astronomie nahe legte, waren die untersuchten Medien. Selbstredend waren genaue Ergebnisse noch nicht zu erzielen, aber methodisch waren die Versuche doch ein erheblicher Fortschritt. Hierher ist noch die um 530 n. Chr. verfaßte Schrift des berühmten, auch mit den Wirkungen der Dampfkraft wohlvertrauten Baumeisters Anthemios über den Brennspiegel zu rechnen; ein parabolischer Spiegel dieser Art bringt alle parallel zur Achse einfallenden Strahlen im Brennpunkte zur Vereinigung. Wie man sieht, war das, was das hellenische Altertum an sozusagen greifbaren Ergebnissen für die Lehre vom Licht zusammenbrachte, qualitativ zwar anerkenntniswert, quantitativ aber nicht sehr erheblich. Um so eifriger wurde, wie A. G. Haas ausführte, die Frage nach der Natur des Lichtes und der Lichtempfindung erörtert, seitdem Alkmaion (S. 24) zuerst an die Anatomie des Auges herangetreten war. Auch die Farbenlehre stand seit Heraklit und Demokrit auf der wissenschaftlichen Tagesordnung. Von den vielen Hypothesen war anscheinend die beliebteste die Betaftungslehre, der gemäß die Sehstrahlen aus dem Auge selbst hervorgingen.

Der schon genannte Lieblingschüler des Aristoteles, der vielseitige Theophrast (s. Tafel III), hat uns in dem

leide
Wir
lasse
zont
win
bote
ton
und
Ein
sehr
auf
doni
Fra
zeug
(,Be
fern
war
des
San
zahl
sinn
der
Ober
eben
Zusc
Alin
lang
in S
Z
Köni

leider nur bruchstückweise geretteten Traktate „Von den Winden“ gefunde meteorologische Anschauungen hinterlassen. Er unterscheidet bewußt von den gewöhnlichen horizontalen Luftströmungen die von oben kommenden Fallwinde, für welche ihm auch eine eigene Bezeichnung zu Gebote steht. Als Geodynamiker verdient Erwähnung Straton von Lampsakos, der die Entstehung des Hellesponts und des Bosporus auf eine Erderschütterung zurückführte. Ein physisch-geographisches Werk, aus dem wir gewiß sehr viel für die Beurteilung des griechischen Wissens auf diesem Gebiete hätten lernen können, schrieb Poseidonios aus Apamea (103—19 v. Chr.). Was wir an Fragmenten davon kennen, verhilft uns zu der Überzeugung, daß es sich nicht ängstlich an die Titelworte („Vom Meere“) hielt, sondern noch viele näher oder entfernter verwandte Fragen mit hereinzog. Glücklicher war der Kleinasiate Strabon aus Amasia, ein Zeitgenosse des Kaisers Augustus, denn sein großes geographisches Handbuch blieb erhalten und konnte zum Lehrmeister zahlreicher Geschlechter werden. Ganz originell und feinsinnig steht es da in der terrestrischen Morphologie, in der Darlegung der Aktion aller Kräfte, welche auf die Oberfläche unseres Planeten umbildend einwirken, und ebenso in der Behandlung anthropogeographischer, den Zusammenhang zwischen Menschengeschichte, Boden und Klima betreffender Fragen. Was letzteren Punkt anlangt, so hat Strabon erst nach achtzehnhundert Jahren in Karl Ritter einen ebenbürtigen Nachfolger erhalten.

Die Sternkunde trat in ein neues Zeitalter ein, als König Ptolemaios I. Soter das als Mittelpunkt der

wissenschaftlichen Arbeit einzig dastehende alexandrinische Museum ins Leben rief. Unter seinen beiden Nachfolgern Ptolemaios II. Philadelphos und Ptolemaios III. Euergetes blühte die Anstalt mächtig auf; eine Bibliothek von vor- und nachher unerhörter Vollständigkeit wurde geschaffen, und die Sternwarte wurde durch neue Instrumente gleichfalls zu einem Musterinstitute erhoben. Vielleicht schon um 300 v. Chr. beobachtete man hier an mächtigen Armillarsphären, metallenen Gerippen der wichtigsten Himmelskreise, an denen die astronomischen Koordinaten — Höhe und Azimut, Deklination und Rektaszension, Breite und Länge — unmittelbar abgelesen werden konnten. Die ältesten Astronomen, die als hier tätig von der Geschichte verzeichnet werden, waren Aristyllos und Timocharis; sie sollen besonders die Auf- und Untergänge der Fixsterne verfolgt und Ortsbestimmungen durch sogenanntes *Mignment* vorgenommen haben. Die ältesten, wohl noch vor das Jahr 300 zurückreichenden Schriften über sphärische Astronomie besitzen wir von Autolykos und Eukleides (S. 28), die sich beide noch ohne Trigonometrie behelfen mußten. Gewisse einfache Aufgaben, wie die Bestimmung des Sicht- und Unsichtbarkeitsbogens eines Gestirnes, konnten deshalb einstweilen nur angenähert, nicht genau gelöst werden, und auf diesem primitiven Standpunkte verblieb auch noch der gewiß um ein Jahrhundert jüngere Hypsikles.

Das dritte Jahrhundert der vorchristlichen Aera sah auch den Mann erstehen, der als der Begründer der wissenschaftlichen Geographie bezeichnet zu werden ein

Recht hat. Das ist der gelehrte Bibliothekar von Alexandria, Eratosthenes (276—194 v. Chr.); als Korrespondent des Archimedes uns schon (S. 19 u. 37) bekannt. Zwar gehen die Anfänge dieser Wissenschaft bereits auf die Jonier Anaximandros, Anaximenes (S. 18) und Hekataios zurück, und aus jener Zeit stammt auch die erste griechische Erdkarte, deren Konstruktion natürlich noch keine Rücksicht auf die Kugelgestalt der Erde zugrunde lag. Für die Anerkennung dieser letzteren Tatsache hätte sehr die kühne Reise ins Nordmeer und nach Thule (schwerlich Island, eher noch die Shetland-Inseln) ins Gewicht fallen müssen, die der Massaliote Pytheas um 320 v. Chr. unternahm. Denn auf ihr, die den Reisenden auch mit Meereis und Polarlicht bekannt machte, wurde konstatiert, daß unter hoher Breite der Tageskreis der Sonne nahezu den Horizont erreiche, was unter Voraussetzung einer planen Erde doch durchaus unmöglich wäre. Allein selbst der kluge Strabon (S. 41) wollte sich nicht überzeugen lassen. Dikaiarchos, ein Aristoteliker, der die ersten geometrischen Messungen von Berghöhen ausgeführt haben soll, hatte ferner eine Anregung zu roher geographischer Ortsbestimmung gegeben, allein erst Eratosthenes vereinigte das zerstreute Gesamtwissen in einem systematischen, mathematisch durchgefügten Werke. Die Koordinatenbestimmung durch geographische Breite und Länge, die man ihm vielfach zuschreibt, hat er allerdings seinem genialeren Nachfolger Hipparch überlassen, aber dafür hat er als der erste unanfechtbarer Weise die Berechnung des Meridianumfanges der Erde vollzogen, ohne einen 14 bis 15 Pro-

zent der wahren Größe übersteigenden Fehler zu begehen. Die Erdmessung, welche Poseidonios (S. 41) zweihundert Jahre später auf einen anderen Grundgedanken stützte, war nicht genauer; sie lieferte einen zu kleinen, die eratosthenische einen zu großen Wert. Ganz von Poseidonios abhängig ist des Kleomedes (S. 39) „Zyklische Theorie der Meteore“. Auch von einem gewissen Dionysodoros wird Beschäftigung mit der Gradmessung gemeldet, doch fehlen darüber zuverlässige Nachrichten.

Auch auf rein astronomischem Arbeitsfelde sah das dritte Säkulum Fortschritte sich vollziehen. Um 270 schrieb Aratos sein mit mythologischen Arabesken verziertes astronomisch-astronometeorologisches Lehrgedicht, dem die Ehre zuteil wurde, von einem Cicero latinisiert zu werden. Der Samier Aristarchos, der, weil Archimedes seiner im Buche „Von der Sandeszahl“ gedenkt, dessen Zeitgenosse gewesen sein dürfte, gab eine theoretisch unanfechtbare, wiewohl praktisch undurchführbare Methode an, das Verhältnis der Distanz Erde-Mond zur Distanz Erde-Sonne zu bestimmen; er fand dasselbe gleich 1:19, während es in Wahrheit 1:400 ist. Eben derselbe hat — wir wissen das nur durch Archimedes — die Behauptung aufgestellt, die Erde bewege sich in einem Kreise um die Sonne. Demgemäß ist Aristarch der einzige dieser Namen voll verdienende Copernicaner vor Copernicus im Altertum. Höchstens ein Syrer Seleukos, der nur viel zu sehr im historischen Schatten steht, könnte ihm diesen Ruhm streitig machen; man sagt ihm auch nach, er habe die — von den Griechen aus naheliegenden Gründen sonst recht wenig beobach-

teten
gung
wir
Begr
den
(geit
rung
Blat
I
berts
Lehr
recht
ein
soga
herst
bild
gebe
vor,
aber
eine
entfe
tiert
End
verg
gehe
gleich
diese
Mor
d. h.
pun

teten — Gezeiten des Weltmeeres mit der Mondbewegung in Verbindung gebracht. Nur undeutlich vermögen wir leider zu übersehen, in welchem Ausmaße der als Begründer der Kegelschnittlehre einen hohen Rang unter den Mathematikern einnehmende Apollonios von Pergae (gestorben um 170 v. Chr.) die Epizyklen zur Erklärung der schon oben (S. 23) berührten Anomalien der Planetenbewegung herangezogen hat.

Wir stehen jetzt am Beginne des zweiten Jahrhunderts. Ihm gehörten an Theodosios, der Verfasser eines Lehrbuches der Sphaerik, und der in allen Sätteln gerechte Heron (S. 37), der, wie man neuerdings annimmt, ein Modell zur Nachbildung des Kosmos im kleinen, sogar die meteorologischen Vorgänge nicht ausgeschlossen, herstellte, wobei er möglicherweise ein archimedisches Vorbild nachahmte. Vor allem indessen tritt als Richtung gebende Persönlichkeit die des Hipparchos von Nikaea hervor, dessen Lebensumstände sehr im Dunkeln liegen, der aber zweifelsohne in den Jahren 150—130 v. Chr. eine gewaltige Tätigkeit in seinem Wohnorte Rhodos entfaltet hat. Indem er des Aratos Gedicht kommentierte und mit dessen Angaben und den älteren des Eudoros (S. 23) seine eigenen Positionsbestimmungen verglich, entdeckte er die sogenannte Praeaezession, das Zurückgehen der Tag- und Nachtgleichenpunkte, und fand auch gleich einen sehr gut stimmenden Wert für den Betrag dieser Verschiebung. Seine Theorie der Sonnen- und Mondbewegung stützt sich auf den exzentrischen Kreis, d. h. die Erde wurde nicht in den geometrischen Mittelpunkt der betreffenden Bahnkreise verlegt. Für die Be-

stimmung der Entfernung von Sonne und Mond gab er einen neuen, von dem des Aristarch ganz verschiedenen Weg an, der freilich auch äußerlicher Schwierigkeiten halber nicht zum gewünschten Ziele führen kann. Hipparch hat sodann die Kartenprojektionslehre mächtig gefördert; die orthographische und die stereographische Abbildung waren ihm gleich geläufig. Endlich ist auch ihm (S. 43) die bewußte Einführung und Verwertung der Begriffe von Breite und Länge auf der Erdfugel zu danken. In der großen Mehrzahl der Fälle rechnete das Altertum vom Meridiane der Glücklichen Inseln (Kanarien) aus und erteilte dem Festlande, der Oikumene, eine Längenausdehnung von 180 Grad, was eine ungeheuerliche Auseinanderzerrung des Mittelländischen Meeres zur Folge haben mußte.

Im ersten vorchristlichen Jahrhundert war die Produktion gering. Eine Bemerkung erheischt die inhaltreiche, damals entstandene Schrift „Über die Welt“ von unbekanntem Autor, die für die astronomisch-geographischen Romane der späteren Zeit, wie sie von Theopompos, Heliodoros, Plutarchos u. a. erhalten sind, mitbestimmend gewesen sein mag. Am höchsten unter ihnen steht fraglos die als plutarchisch betrachtete Diatribe „Vom Gesichte in der Mondscheibe“, worin eine ganz interessante Parallele zwischen Mond und Erde gezogen wird.

Einem Manne von höherem Gewicht sehen wir uns erst wieder bei Menelaos (um 100 n. Chr.) gegenüber, dessen „Drei Bücher Sphärik“ ungleich höher als der ältere Lehrbegriff des Theodosios (S. 45) stehen.

Erste
mend
Date
Kaiser
und
mit
In
phie“
an
auch
Parc
antu
Agat
nicht
Opti
Geist
für
erakt
Konf
um
zumo
vollst
Beste
ein
Astro
Ptole
cus
festste
sämtl
kur, S

Ersterer leitet über zu dem eine Sonderstellung einnehmenden Klaudios Ptolemaios, der — ganz zuverlässige Daten mangeln uns — ein Zeitgenosse der römischen Kaiser Trajanus und Hadrianus war. Als Geograph und Astronom erfreute er sich eines Ansehens, das etwa mit demjenigen des Aristoteles verglichen werden kann. In der Tat konnte seine „Einführung in die Geographie“ als eine Meisterleistung angesehen werden; sogar an Pflanzen- und Tiergeographie ist darin gedacht, mag auch der Versuch, die Verbreitung der Organismen nach Parallellkreisen abzugrenzen, der Natur argen Zwang antun. Ob Ptolemaios selbst oder der später lebende Agathodaemon die Karten zu dem Werk entworfen, steht nicht fest. Der unsäglich fleißige Mann betrieb auch Optik (S. 39), Kanonik (= Akustik im mathematischen Geiste der Alten) und mathematische Astrologie (S. 10), für die er neue Regeln entwarf. Ein stolzer Palast exakten Wissens war aber vor allem anderen seine „Große Konstruktion der Astronomie“; dieses Handbuch hat bis um 1600 widerspruchlos die Lehrstühle beherrscht und zumal den Arabern, wie wir sehen werden, die wertvollsten Dienste geleistet. Als besonders hervortretende Bestandteile seien namhaft gemacht ein Fixsternkatalog, ein Abriss der seitdem zum notwendigsten Rüstzeuge des Astronomen gewordenen Raumtrigonometrie und jenes Ptolemäische Weltssystem, dem dasjenige des Copernicus nur langsam den Rang ablaufen konnte. Um die feststehende Erde kreisen exzentrisch, wie Hipparch wollte, sämtliche Wandelsterne in der Reihenfolge: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn; der Planet

selber läuft aber nicht auf der Peripherie des Deferenz-
kreises selber um, sondern beschreibt den Umfang eines
mit seinem Mittelpunkte auf dem Deferenten gleichmäßig
fortschreitenden Epizykels (S. 45). Durch Häufung dieser
Beikreise kann eine äußerst exakte Vorausberechnung
der Planetenörter geradezu erzwungen werden. Auch
eine neue Kartenprojektion, die konische, war Eigentum
des Ptolemaios, der uns nicht minder mit dem ein wenig
früher entstandenen Plattkartenbilde des Tyriers Mari-
nos bekannt macht.

Von den auf Ptolemaios folgenden griechischen Ge-
lehrten Theon Smyrnaios, Thrasyllus, Adrastus in frühe-
rer, Anatolios, Chalkidios, Theon Alexandrinus (S. 38),
Syrianos, Simplicios, Proklos (S. 35) aus späterer
Zeit genüge es, die Namen anzuführen. Großes wurde
nicht mehr hervorgebracht; an die Stelle der eindringen-
den Forschung ist meistens Kompilations- und Kom-
mentationsstätigkeit getreten. In einer diesen bescheidenen
Meister charakterisierenden Weise stellt Pappos (S. 36),
dessen geographische Schrift „Über die afrikanischen
Flüsse“ uns leider nicht aufbehalten ist, die astronomi-
schen Vorbereitungslehren zusammen. Wenn wir den
Verlust der vorerwähnten Arbeit besonders bedauern,
so hat dies seinen Grund darin, daß wir wissen, mit
wie besonderem Eifer das gesamte Altertum um die
Aufklärung des Rätsels der Nilüberschwemmung sich
bemühte. Sogar der mauretische König Juba suchte
sein Schärfslein dazu beizutragen.

Die Pflanzenkunde mußte sich in der mittel- und
spätgriechischen Zeit mit der Rolle einer Dienerin der

Med
mie,
men
bedi
Gri
(S.
ten.
den
von
sing,
einer
besch
gewi
von
misd
Als
befa
von
zu h
Gua
Unte
und
(ead
tum
sein.
50
einer
mind
gebe
uner

Medizin begnügen; nicht viel besser erging es der Chemie, die man ursprünglich als eine aus Aegypten stammende Wissenschaft hinstellen wollte, was aber wohl nur bedingt richtig ist; nämlich nur insofern, als zwar die Griechen bei den Aegyptern chemische Manipulationen (S. 11), schwerlich aber chemische Theorien kennen lernten. Für beide Disziplinen war jener Theophrast (S. 40), den seine Eltern Artamos genannt hatten, und der erst von seinem Lehrer Aristoteles seinen Ehrennamen empfang, erfolgreich wirksam, soweit uns seine Fragmente zu einem Schlusse berechtigen. In fünfzehn teils der Pflanzenbeschreibung, teils der Erklärung ihres organischen Lebens gewidmeten Büchern (S. 33) vereinigte er, was man von etwa 500 Arten, vorab hinsichtlich der oekonomischen und medizinischen Bedeutung, zu sagen mußte. Als Chemiker scheint er in einem Werkchen, das die erstbekannte selbständige Mineralogie gewesen sein mag, von Zinnober, Schwefelarsen und Bleiweiß gehandelt zu haben. Mit solchen Stoffen hatte, wie neuerdings Guareschis und Rhousopulos' (Athen) tiefgreifende Untersuchungen uns gelehrt haben, die antike Farben- und Emailindustrie immerdar zu tun; die Metallurgie (*καδυα, ορειχαλμος* usw.) muß dem späteren Griechentum ebenfalls in allen ihren Zweigen geläufig gewesen sein. Zugleich Botaniker und Chemiker war auch (um 50 n. Chr.) Dioskurides, in dessen „Materia medica“, einem Fundamentalwerke der damaligen Pharmazie, von mindestens 600 Arzneipflanzen die Heilwirkung angegeben wird. Für die Vermehrung des Materiales sorgte unermüdetlich die Zunft der Rhizotomen oder Kräuter-

sammler. Auch der Arzt Galenos ist hier nicht zu vergessen; ebenso der dem dritten Jahrhundert n. Chr. angehörende Alexandros Trallianos.

Für die wissenschaftliche Zoologie trat nach Aristoteles und Theophrast ein Zeitraum der Erschlaffung ein; mehr die Freude an Kuriositäten und das praktische Bedürfnis beherrschen die spätere Literatur. Relativ höher steht noch der Ornithologe Kallimachos (Ende des 4. Jahrhunderts); bei Aristophanes von Byzanz (257—180 v. Chr.), Antigonos von Karystos (schrieb um 290 v. Chr.) und Alexandros Myndios (1. Jahrhundert) wiegt immer mehr das Element des Fabulirens vor, gerade wie auch die Völkerkunde mit Vorliebe abenteuerliche Erzählungen reproduzierte. Eine Besserung führten wieder die Ärzte Herophilos und Erasistratos (frühere Ptolemäerzeit) herbei, indem sie die Anatomie des Menschen und der Wirbeltiere zum Gegenstande eindringenden Forschens machten. Zudem man aber, zumal unter dem Einflusse des sehr tüchtigen Mediziners Galenos (nicht Klaudios Galenos; 131—200 n. Chr.), der Ansicht Raum gab, daß die Sektion von Affen völlig die Zergliederung von Menschen ersetzen könne, begann man auch in anatomischer und physiologischer Beziehung Rückschritte zu machen. Sogar der bedeutende Frauenarzt Soranos stellte die Existenz des weiblichen Hymens in Abrede, weil es eben allen Affenarten tatsächlich fehlt. Manch achtbarer ärztlicher Name — Paulos von Aegina, Dreibasios usw. — bürgt übrigens auch im Zeitalter des Niederganges noch für die Aufrechterhaltung einer guten Tradition; so rettete sich z. B. auch die Trennung

der tierischen Blutgefäße in Arterien und Venen durch dunkle Jahrhunderte in die Neuzeit hinüber.

5. Römer und Byzantiner.

Das Wesen des Römertums verhielt sich gegen rein theoretische Wissenschaft ablehnend; Haushaltungs-, Rechts- und Kriegskunde entsprachen dem realistischen Zuge des Volkes weit besser. So werden wir uns nicht wundern dürfen, auch in der Geschichte des Naturerkennens die gleiche Erfahrung zu machen. Nur zwei oder drei Namen heben sich von dem ziemlich niedrigen Niveau des Durchschnittsrömers in lichtigem Glanze erkennbar ab.

Erinnert werden wir an unser Gebiet erst im zweiten Jahrhundert vor Christi Geburt. Vor der Schlacht von Pydna (168 v. Chr.) imponiert der Tribun Sulpicius Gallus dem Heere gewaltig durch Ankündigung einer demnächst eintretenden Sonnenfinsternis. Ein eigenartiges Literaturprodukt ist des Zensors M. Porcius Cato (235—150 v. Chr.) Buch „De re rustica“; neben viel Sonderbarem enthält es auch ganz gesunde physikalische Ansichten, so z. B. über Wärmelehre. Über den gleichen Gegenstand schrieb M. Terentius Varro (116—27 v. Chr.), von dessen gigantischer wissenschaftlicher Enzyklopädie wir uns kein klares Bild mehr zu machen imstande sind. Daß Julius Caesar Verbindungen mit der Wissenschaft unterhielt, ist uns erinnerlich (S. 12). Von ihm rührte auch der Plan der großen Reichsvermessung her, den Augustus mit Hilfe seines ausgezeichneten Ministers Agrippa in die Tat umsetzte.

Es bildete sich die Gruppe oder Gilde der berufsmäßigen Feldmesser heraus (*Agrimensores*, *Gromatici*), die durch Jahrhunderte ihres Amtes waltete und manch wackeren, in Mathematik und Astronomie wohlbeslagenen Praktiker in ihren Reihen zählte. So Frontinus (40—103 n. Chr.), der, mit der Oberleitung des Kanalwesens betraut, die wichtige Wahrnehmung machte, daß die aus einer Öffnung strömende Wassermenge auch durch die Druckhöhe bedingt ist. Dem uralten babylonisch-hellenischen Verfahren, die Mittagslinie durch zwei gleiche Schatten des Gnomons (S. 14) zu finden, substituierte man ein geometrisch viel höher stehendes, das drei ungleiche Schattenlängen voraussetzt. Der diese Methode lehrte, war der unter Trajan lebende Geodät Hyginus. Dessen älterer Namensvetter, ein aus Griechenland stammender Freigelassener des Augustus, der gleichzeitig lebende Manilius und sogar der kaiserliche Prinz Germanicus versuchten sich in didaktisch-astronomischen Gedichten.

Ein durchaus selbständiger Geist, auf einsamer Höhe stehend, taucht in dem Naturphilosophen Lucretius (96—55 v. Chr.) vor uns auf. Seine poetisch eingekleidete Schrift „*De natura rerum*“ geht vom atomistischen Standpunkte Epikurs (S. 18) aus und formuliert mit treffenden Worten den Grundsatz von der Erhaltung der Materie („Könnte denn je ein Stäubchen aus dem All entfliehen?“). Auch wird hier zuerst mit Bestimmtheit des den Griechen nichts weniger denn unbekanntes, aber zugleich mit dem geriebenen Bernstein (*ἤλεκτρον*, daher der Name Elektrizität) nur ganz gelegentlich er-

wäh
Mon
Sau
größ
dicht
forsch
mert
dieser
Klänge
mal
bespr
Neap
melp
schrie
A
fen i
den
philo
anerk
eine
lange
Rand
(„Sch
dring
wurd
beruf
lich f
sich v
tural
forret

wähnten Magneten in wissenschaftlichem Sinne gedacht; Atomwirbel, die von den Polen ausgehen, sollen eine Saugkraft auf unmagnetisches Eisen ausüben. Am größten steht Lukrez jedoch vor uns da in seinem Gedicht „Aetna“. Während sich die griechischen Naturforscher nur recht wenig um den Vulkanismus gekümmert hatten, wird in jenem eine abgeschlossene Theorie dieser Erscheinungen vorgetragen, die recht viele Anklänge an moderne Hypothesen wahrnehmen läßt. Zumal auch die von neueren Geologen so oft besuchte und besprochene Solfatara der Phlegraeischen Felder bei Neapel, dieses wahre „Forum Vulcani“, diesen Tummelplatz vulkanischer Kräfte, hat er gekannt und beschrieben.

Als dem Lukrez gleichwertige autonome Denker dürfen wir den Architekten Vitruvius Pollio (Blütezeit um den Beginn unserer Zeitrechnung) und den Moralphilosophen Lucius Annaeus Seneca (2—66 n. Chr.) anerkennen. Der großzügig angelegte Baumeister gibt eine rationelle Quellentheorie; bis auf ihn und noch lange nachher sah man in den Süßwasserquellen durch Kanäle aufgestiegenes und so filtriertes Meerwasser („Schwammtheorie“), wogegen er das in den Boden eindringende Regenwasser als Ursache aufdeckte. Von ihm wurden nach Heron die ersten, auf Zahnradverbindung beruhenden Hodometer (Wegemeßer) konstruiert. Er endlich führte sachverständlich den Schall auf in der Luft sich verbreitende Wellenstöße zurück. In Senecas „Naturales Quaestiones“ bewundern wir oft geradezu die korrekte und von wirklicher Beobachtung zeugende Denk-

und Ausdrucksweise; über Quellen, Erdbeben, Erosion und Akkumulation wird man bei keinem alten Schriftsteller Besseres als bei ihm lesen, und diesem Verdienstes keines Eintrag, wenn mehrfach Poseidonios (S. 41) seine Einwirkung geltend machte.

Mit Seneca waren gleichzeitig der Agrarschriftsteller Columella, dessen Werk, ebenso wie dasjenige seines späteren Nachfolgers Palladius, viele naturwissenschaftliche Elemente aufweist, und der Enzyklopaedist Plinius der Ältere, von seinem literarhistorisch bedeutenderen gleichnamigen Neffen durch jenen Beinamen unterschieden. Ursprünglich Offizier, wandte er den größten Teil seines Lebens (23—79 n. Chr.) — der Vesuvausbruch, der Pompeji, Herculanium und Stabiae verschüttete, wurde auch ihm zum Verhängnis — dem Studium zu, allein seine reine Buchgelehrsamkeit ließ die in 37 Bücher zerfallende „Historia Naturalis“ nicht zu dem Erfolge gedeihen, den der auf die Abfassung gerichtete Eifer verbürgen zu können schien. Eine Fülle von Materialien ist ja in dem vom Mittelalter hochverehrten Werke aufgespeichert, aber Kritiklosigkeit und Märchenglaube feiern auch darin manche Orgien. Als bewiesen nimmt Plinius unter anderem an, daß der kleine Saugfisch „Remora“ ein schnellsegelndes Schiff im Laufe aufzuhalten vermöge und daß ein mit Bocksblut besprengter Magnet seine anziehende Kraft einbüße.

Von einigen späteren Römern soll nur kurz die Sprache sein. Sicherlich ein Kind des ersten nachchristlichen Jahrhunderts war der Rhetor Fannius Palae-mon, dem Einige ein das Araeometer (S. 38) beschrei-

bendes Gedicht zuteilen, das nach Anderen hinwiederum erst ein paar Jahrhunderte später entstanden sein und vom Grammatiker Priscianus herrühren soll. Im zweiten Jahrhundert lebte Minucius Felix, der, sich dabei auf Britannien beziehend, ein auffallend richtiges Verständnis für den Gegensatz zwischen Küsten- und Binnenklima an den Tag legt. Vielleicht hundert Jahre jünger ist der Astrolog Rigidius Figulus, der indessen nicht so entschieden schriftstellerisch wie sein Nachfolger Firmicus Maternus mit seinem „Lehrbuch der Mathematil“ hervortrat. Letzteres Wort ist hier gleichbedeutend mit theoretischer Astrologie; in gleichem Sinne ist auch des Skeptikers Sertus Empiricus polemische Schrift „Adversus Mathematicos“ und die Stelle im Corpus Juris „De Maleficis atque Mathematicis“ zu interpretieren. Für die astronomische Chronologie kommt Censorinus (um 250) in Betracht, während später auch der Abt Dionysius Exiguus Beachtung erregte, als er — nicht ohne Fehler — das Geburtsdatum des Heilandes zu fixieren bestrebt war. Auffallen mag, daß trotz der so guten Gelegenheit, die Gladiatorenkämpfe, Gastronomie und Tiergärten boten, auf zoologischen Gebiete so wenig selbständige Leistungen zu verzeichnen waren. Mit das Beste waren das Jagdbuch des Oppianus und das Fischbuch des Marcellus; Melians Tiergeschichte (um 130 n. Chr.) ist in bezug auf Absonderlichkeiten ein würdiges Seitenstück zum Werke des Plinius.

Das dekadente Rom hat nichts von Bedeutung mehr zu leisten vermocht. Mit Vorliebe betrieb man die Herstellung enzyklopaedischer Darstellungen der Gesamtwissen-

tion
räft-
afte
41)
eller
ines
jast-
nius
eren
den.
ines
der
urde
lein
zer-
e ge-
ver-
lien
auf-
iern
Pli-
„Re-
alten
gnet
die
hrift-
alae-
hrei-

schaft, für welche mehr und mehr eine vom Mittelalter bereitwillig angenommene Zwei- und Siebenteilung in Aufnahme gekommen war. Das Trivium setzte sich aus Grammatik, Dialektik und Rhetorik, das Quadrivium aus Arithmetik, Geometrie, Musik — in dem uns bekannten pythagoreischen Wortsinne (S. 20) — und Astronomie zusammen. Den Naturwissenschaften war sonach ein bescheidener Anteil vorbehalten. Wegen mancher Andeutungen, zumal über Planetenbewegung, ist merkwürdig das um 400 entstandene „Somnium Scipionis“ des Macrobius. Wenig jünger ist der allegorische Wissenschaftsroman des Marcianus Capella mit dem sonderbaren Titel „De nuptiis Philologiae et Mercurii“. In ihm ist die einzige einschlägige Notiz zu finden über das aus unbekanntem Gründen so benannte Aegyptische Weltssystem, demzufolge nur Mond, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn direkt als Planeten, die um die Erde sich bewegen, aufzufassen sind, während die Sonne von Merkur und Venus als Trabanten begleitet wird. Im sechsten Jahrhundert haben Cassiodorius und Boëthius Anleitungen zu den sieben freien Künsten — so verdeutschte man nachmals das lateinische „artes liberales“ — ihren Zeitgenossen übergeben, und der erstgenannte schrieb auch über die Berechnung des Osterfestes („computus paschalis“). Sehr wenig erfreulich ist, was uns von spätrömischer Erdkunde durch Bibius Sequester, Aethicus Istricus, den Anonymus Ravennas u. a. aufbehalten vorliegt. Die Kunde von der Sphaerizität der Erde ist ganz zu Verlust gegangen, wie ja auch die in der späteren Kaiserzeit gefertigten

Van
Pro
Stro
Alte
sechz
die
Eine
Soli
lehre
liche
Ethn
2
gefor
halb
sich c
kaun
latein
zu be
(z. B
die r
der
ner
„herr
wese
Geste
tische
leistu
und
gebil
der

Landkarten keine Spur von Projektion erkennen lassen. Prototyp nach dieser Richtung hin ist die römische Straßenkarte (nach Elter Pilgerkarte) unbestimmbaren Alters, die der Augsburger Ratsherr Peutinger im sechzehnten Jahrhundert vor dem Untergange rettete, und die deswegen Tabula Peutingeriana genannt wird. Einen unbefriedigenden Eindruck erweckt auch, was Solinus (3. Jahrhundert) und Drosius (6. Jahrhundert) lehren; die Neigung, das Unwahrscheinliche und Unmögliche für wahr zu halten, nimmt vorzugsweise in der Ethnographie krankhafte Dimensionen an.

Wir sind jetzt bereits in das Mittelalter hineingekommen, konnten jedoch des Sachzusammenhanges halber dieses Übergreifen nicht vermeiden. So lassen sich auch die Byzantiner oder Ost Römer von den Römern kaum trennen, wiewohl ihre Sprache nicht mehr die lateinische war. Auf unserem Gebiete ist da nur wenig zu berichten. Astrologie und eine gewisse mystische Physik (z. B. Witzwahrnehmung) zogen diese Epigonen mehr als die reelle Wissenschaft an; „neben vereinzeltm Studium der Alten,“ so drückt sich Krumbacher, der beste Kenner byzantinischer Literaturgeschichte, bezeichnend aus, „herrscht in der Botanik und Zoologie eine phantastische, wesentlich durch paradoxographische und geheimnisvolle Gesichtspunkte bestimmte Tätigkeit“. Eine gewisse praktische Chemie mußte in Konstantinopel, dem Sitze der leistungsfähigsten Großgewerbe (Textilindustrie, Bronze- und Stahlverfertigung), immerhin aus- oder doch fortgebildet werden; man griff da auf die an der Grenze der spätgriechischen und eigentlich byzantinischen Zeit

stehenden Alchymisten — Plotinos, Olympiodoros, Porphiros ufm. — zurück. Auch gewisse spät entstandene aegyptische Papyri enthalten bemerkenswertes Material. Hier verdient auch Erwähnung das gefürchtete „griechische Feuer“, eine mit Wasser unlösliche Naphthaverbindung, deren Rezept angeblich 668 der Kaiser Konstantin IV. von einem gewissen Kallinikos erhalten haben soll, und dem die allerneueste Zeit wieder auf die Spur gekommen zu sein glaubt. Noch am meisten geschah für die Astronomie. Immerhin geht die Schriftstellerei eines Michael Psellos, Georg Pachymeres, Nikephoros Gregoras, Georg Chrysokoffes, Theodor Metiteniotes und Isaak Argyros nur insofern über das Durchschnittsmaß des Spätromertums hinaus, als sich allgemach auch arabische — genauer gesagt persische — Einflüsse geltend machen. Erst nach 1350 beginnt durch Nikolaus Kabasilas die Kenntniss des Ptolemaios wieder in ihre Rechte eingesetzt zu werden, allein schon näherte sich das hartbedrängte Reich seinem Zusammenbruche, der 1453 eintrat. Der letzte uns bekannte byzantinische Astronom war Georg Amirucius, der in das Abendland floh und dort mathematisch wertvolle Ergänzungen zur Ptolemäischen Geographie (herausgegeben von J. Werner zu Nürnberg 1514) verfaßt hat.

Zweite Abteilung.

Das Mittelalter und die beginnende Neuzeit.

6. Inder und Araber.

Ehe wir die unproduktive Zeit in Betracht nehmen, welche den Ausgang Roms von dem langsamen Wiedererwachen der Wissenschaft im späteren Mittelalter trennt, müssen wir den großen Dingen unsere Aufmerksamkeit schenken, welche sich im Orient vollziehen. Die Inder zwar, von denen zunächst die Rede sein muß, sind uns als ein höheren Zielen zugewandtes Volk nicht unbekannt (S. 13) — nicht aber konnte noch zu Anfang des siebenten Jahrhunderts irgend jemand auf den Gedanken verfallen, das verborgen dahinlebende Wüstenvolk der Araber werde binnen kurzem zu einer glänzenden Rolle in der Entwicklung der Wissenschaft berufen werden.

Wir wissen, daß schon in alter Zeit indische Priestergelehrsamkeit der Astronomie nicht entraten konnte. Zwischen dem zweiten und sechsten Jahrhundert n. Chr. entstand das Grundbuch indischer Sternkunde, der Surya-Siddhanta, der manche Spur griechischer Einwirkung verrät. Als erster namhafter Astronom wird uns Aryabhata (geb. 476) genannt, von dem wir näheres durch den späteren Scholiasten Prithūdaka Swamin Chaturveda wissen. Nach dieser Angabe muß Aryabhata ein Anhänger der Lehre von der Erddrehung gewesen sein; ursprünglich sei der Erdball stabil im Weltzentrum gestanden, sei aber dann durch ihn um-

gebende Luftwirbel aus der Ruhe gebracht und in Rotation versetzt worden. Arabischen Berichten zufolge hatte schon er mit dem einfältigen Vorwurfe sich abzufinden, ein von seinem Neste aufstiegender Vogel werde dieses nicht wiederfinden können. Astronomischen Inhaltes sind in späterer Zeit die beiden Werke des Brahmagupta (geb. 598) und Bhāskara Acharya (11. Jahrhundert) — beide wegen ihrer rein mathematischen Abschnitte besonders hoch geschätzt. Astronomisches Wissen hat sich aus den alten Zeiten, an welche verfallene Sternwarten in Hindostan vielfach gemahnen, bei der Priesterkaste, den Brahminen, bis heute erhalten, wenn auch gar nicht selten die Regeln nur mechanisch und unvollkommen fortgepflanzt wurden. Von anderen Zweigen der Naturwissenschaften ist dagegen auf indischem Boden nichts aufgegangen, was sich zu höherer Blüte hätte entfalten können.

Ganz anders bei den Arabern. Kaum hat ihre religiös-politische Eroberungstätigkeit einen einseitigen Abschluß gefunden, so beginnen sie bei Indern und Griechen in die Schule zu gehen, und auch die unter ihnen selbst wohnenden Andersgläubigen, denen man fast immer sehr tolerant entgegenkam, werden als Lehrmeister herangezogen. Dahin gehören in erster Linie die Nestorianer, eine um 500 zu festen Formen ihres Kirchentums gelangte christliche Sekte, deren Mitglieder Vorliebe für Heil- und Himmelskunde bezeugten; hierher sind aber auch die Juden zu rechnen, soweit sie den Osten und Nordafrika bewohnten. Wir werden so Araber, Israeliten und orientalische Christen — auch bei

Ar
scha
beho
mit
der
terif
die
tion
stellt
wor
ling
von
dun
Sizi
wuf
groß
huni
las
sion
wir
terer
diese
tiere
nur
Drie
man
lob
tragi
nur

Armeniern und Maroniten fehlt es nicht an wissenschaftlicher Betätigung — ohne besondere Unterscheidung behandeln und auch sogar diejenigen westlichen Christen mit berücksichtigen, deren ganzes Verhalten sie hinwiederum als Schüler und Mitarbeiter der Araber charakterisiert. Wenn armenische Wissenschaft im allgemeinen — die Geographie des Moses Chami trägt schon mehr nationale Züge — ganz die arabischen Muster zur Schau stellt, so ist mit E. Seidel dafür der Umstand verantwortlich zu machen, daß lernbegierige armenische Jünglinge wohl oder übel die hohen islamitischen Schulen von Bagdad und Dschondisapur behufs ihrer Ausbildung aufzusuchen gezwungen waren.

Abgesehen von den zunächst beteiligten Ländern — Sizilien, Spanien, einigermaßen auch Südfrankreich — wußte die okzidentale Christenheit recht wenig von der großen arabischen Konkurrenz. Erst das fünfzehnte Jahrhundert brachte eine Wendung zuwege; Regiomontanus las 1464 in Padua über das ihm in lateinischer Version vorliegende astronomische Lehrbuch des Alfraganus; wir wollen gleich bemerken, daß wir bei den bekannteren arabischen Autornamen, soweit sie latinisiert sind, diese nun einmal üblich gewordene Übersetzung adoptieren. Aber es ging, bei mangelnder Sprachkenntnis, nur langsam vorwärts mit dem Bekanntwerden der Originalliteratur, und im sechzehnten Jahrhundert hat man sich noch gerne, wie Sebastian Münster's und Jakob Christmann's Beispiel beweist, an hebräische Übertragungen gehalten. Andererseits fehlte den Orientalisten nur allzu oft das erforderliche Sachwissen des Mathe-

matikers und Naturforschers. Der erste Fall einer erfreulichen Personalunion war gegeben bei dem weitgereisten Leidener Professor Jakob Golius (1596—1667). Dann freilich klappte wieder eine große zeitliche Lücke, die erst im neunzehnten Jahrhundert durch F. Woepcke (1826—1864) vorübergehend ausgefüllt ward. Neuerdings aber haben Steinschneider, Hochheim, Sedillot, Euter, Kallino u. a. erfolgreich die mathematische, G. Wiedemann besonders die chemisch-physikalische, Sachau und De Goeye die geographisch-naturhistorische Seite der arabischen Produktion uns nahegebracht. Es bedarf kaum der Versicherung, daß diese kleine Liste nicht entfernt auf Vollständigkeit Anspruch erheben kann und will.

Als etwa um die Mitte des achten Jahrhunderts, unter dem Kalifen Al Mansur (754—795), die wissenschaftlichen Neigungen der durch die arabische Kultursprache zusammengehaltenen Ostländer rege zu werden begannen, mußte natürlich zuvörderst die Übersetzerarbeit den Boden bereiten. Sie förderten auch die nächstfolgenden Herrscher Harun Al Raschid (786—809), bekanntlich ein Freund Karls des Großen, und Al Mamun (813—833). Schon sehr frühzeitig ging das oben genannte astronomische Fundamentalwerk der Inder als Sindhind in arabischen Besitz über. Weiter bildete sich dann eine ganze Translatorengilde aus; Hunain Ibn Izaak, Tabit Ibn Kurrah, Kusfa Ibn Luka, vor allem Abul Wafa waren geachtete Vertreter dieser Arbeitsrichtung. Schon um 900 lagen die bedeutendsten griechischen Werke in brauchbarem, wenngleich mitunter nicht fehlerfreiem arabischem Texte vor. Aber auch spä-

tere
num
So
des
gani
stell
Sav
Mick
(S.
seine
ein
vier
Zool
eine
Tätig
men
Alfa
ganz
schaf
die
alter
den.
bern
nach
resm
falls
I
das
rische
Kent

tere Jahrhunderte führten die nützliche Arbeit fort, und nunmehr unter reger Mitwirkung christlicher Gelehrter. So war um 1140 das an der Grenze Kastiliens und des Kalifates Cordova gelegene Toledo Sitz einer organisierten Übersetzungsarbeit. Und hundert Jahre später stellte Kaiser Friedrich II. wiederum Abendländer und Sarazenen für diesen Zweck an; sein eigener Leibarzt Michael Scotus hatte sich der aristotelischen Tiergeschichte (S. 32) anzunehmen. War doch der Kaiser selbst, wie seine treffliche Schrift „Über die Falkenjagd“ ausweist, ein Sachverständiger ersten Ranges; der berühmte Cuvier nennt den Hohenstaufen „den ersten ausübenden Zoologen des Mittelalters“. Und dann setzte auch rasch eine an Kommentierung sich anschließende originale Tätigkeit ein, die sich auf den ganzen Umfang bekannten menschlichen Wissens ausdehnte. Wie uns der von Alfarabius gegebene Überblick zeigt, galt im großen und ganzen die griechisch-römische Einteilung der Wissenschaften; doch waren ihr gewisse, von guter Einsicht in die fortschreitenden Anforderungen eines neuen Zeitalters Zeugnis ablegende Erweiterungen zuteil geworden. Dahin gehörten unter anderem die von den Arabern selbständig ausgebildete Algebra, die schon bald nach 800 durch Mohammed Ibn Musa den Chowaresmier ihr erstes Lehrbuch erhalten hat, und die ebenfalls hochgewertete Maschinenlehre.

Verhältnismäßig nur wenig Produktivität entfaltete das arabische Gelehrtentum im Bereiche der naturhistorischen Disziplinen. Gewiß, man besaß ausgebreitete Kenntnisse, und weite Reisen, wie sie in großer Anzahl zu

verzeichnen sind, hätten an und für sich Stoff genug in dieser Hinsicht geliefert. Denn Albiruni, Masudi, Edrisi, Istachri, Ibn Batuta waren Reisende großartigen Stiles, und auch Abu Suleimans Vorstoß bis nach Indien und China brachte eine Fülle neuer botanischer und zoologischer Ansichten; von Albiruni stammt auch der in alle Lehrbücher der astronomischen Geographie übergegangene Gedanke her, die Größe der Erdkugel durch rein terrestrische Messungen — hier der Depression des Horizontes — zu bestimmen. Allein die Kompendien, von denen wir das Buch der Sekte der „Lauteren Brüder“ oder die viel gelesenen Kosmographien eines Demitischki und Kazwini (d. h. der Männer von Damaschus und Kazwin in Persien) nennen, ergeben eine so willenslose Hingebung an Fabeldichtung und Aberglauben, daß oft der alte Plinius (S. 54) in den Schatten gestellt wird. Dieser unausrottbare, von der Volksnatur untrennbare Übelstand schädigt gleichmäßig Naturgeschichte und Geographie — insofern letztere nicht mathematischen Charakter trägt. Denn dieser wirkt wie eine Art Immunisierung gegen die Schädlinge, gegen den populären Aberglauben. Wenn demnach ein Reisender mathematisch gebildet war, so durften seine Erzählungen am besten sich mit der Wahrheit vertragen. Ein solcher war Albiruni, ein Mann von offenem Blick, der um 1000 aus Vorder- und Hinterindien reiche Beute geistiger Errungenschaften heimbrachte. Er war es, der zuerst, ohne natürlich die wahre Ursache zu ahnen, den phystiographischen Gegensatz von gewöhnlichen Inseln und Korallenriffen — Lakkediven, Male-

diver
Aner
tische
ner
eigen
ande
Ibn
(124
fierte
noch
nicht
Mag
spiele
A
Wisse
ums
leger
zu of
nome
vor
als
proze
heller
weise
von
Er se
der
thode
Menn
men,

diven — richtig herausföhlte. Er und andere leisteten Anerkennenswertes in der Schilderung der für das praktische, gewerbliche Leben notwendigen Gegenstände fernere Länder; die Produktenkunde, sagt Beschel, war die eigentliche Stärke der Araber. Hier verdienen unter anderen lobende Erwähnung der Pflanzenkatalog des Ibn Al Baithar und das Edelsteinbuch des Bajlak (1242), worin bereits von der Nordrichtung magnetisierter Nadeln (S.15) gesprochen wird. Eine vermeintlich noch ältere Stelle ist nicht sichergestellt. Dagegen fehlt es nicht an späteren Angaben, welche die Verwendung des Magneten sowohl in der Nautik wie auch bei Taschenspielereien und Traumdeutereien zum Gegenstande haben.

Auch die Chemie bewährte sich schon mehr als exakte Wissenschaft. Der erste ihrer arabischen Vertreter war, ums Jahr 800, Abu Musa Dschabir, unter dem verbreiteten Namen Geber am häufigsten genannt und nur zu oft mit dem um drei Jahrhunderte jüngeren Astronomen Dschabir Ibn Aflah verwechselt. Er fand schon vor die griechischen Metalle und Präparate, den Essig als allein verwendete Säure und den Sublimationsprozess; auch gewisse chemische Papyrushandschriften hellenisch-ägyptischen Ursprunges mit Rezepten und Hinweisen auf die auch den Byzantinern bekannte Zerkleinerung von der Metallverwandlung mögen ihm vorgelegen sein. Er selbst ging aber weit darüber hinaus und schuf in der Destillation und Filtrierung zwei gewichtige Methoden der chemischen Technik! Seine Bezeichnung Alambik-Destillierkolben hat auch der Westen angenommen, gerade wie auch das Wort Alchymie arabischen

Ursprunges, ist. Geber stellte die Schwefel- und Salpetersäure dar und beschäftigte sich eingehend mit den Metalloryden. Zu pharmazeutischem Gebrauche bediente sich gegen 1100 Abul Kassin, der Begründer der Weinchemie, der Destillation. Ein der Chemie sehr kundiger Arzt war Avicenna aus Turkestan (980—1037); die mittelalterlichen Heilkünstler schworen, so wie es ihre modernen Kollegen in den mohammedanischen Ländern noch heute tun, auf das Dreigestirn Hippokrates-Galenos-Avicenna; und über des letzteren Schriften wurde an allen Hochschulen gelesen. Er gab eine neue Einteilung der Mineralien (Steine, Metalle, Schwefelverbindungen und Salze) und verlautharte verständige Ansichten über geologische Umwälzungen und Bersteinerungen. Vielfach vergleicht man ihn mit dem aus dem Westen gebürtigen Averroes (1126—1198), dessen naturphilosophische Grundsätze sich auch bei den Christen Eingang verschafften. Sein Kommentar zum Aristoteles signalisiert ihn als einen Mann von selbständigen physikalischen und chemischen Anschauungen. Als beachtenswerte literarische Erzeugnisse sind auch diejenigen des etwas späteren, polyhistorisch veranlagten Ibn Chaldun namhaft zu machen. Ein chemisches Laboratorium der Araber war, wie wir von Wiedemann erfahren, mit Apparaten gar nicht übel ausgestattet. Die Alchymie hatte ihre Anhänger, aber auch ihre Widersacher, zu dem der obengenannte Ibn Chaldun gehörte.

Die Physik hatte der arabischen Periode mancherlei zu danken. Einen ausgesprochenen Sinn zeigte sie stets für die Mechanik der Hebelverbindungen, die man

für
Zust
Kon
tätig
uns
Waf
Fra
der
niß
bau
Hyd
gege
licht
Grei
ziehe
bede
der
liert
und
neue
mitg
men
hätte
besse
Erör
in d
nicht
man
ände
Mth

für die maschinelle Praxis (Uhren, Mühlen, militärische Instrumente) nutzbar zu machen verstand. Durch seine Konstruktion der für Trockenlandschaften so wohlthätigen Wasserräder tat sich Ridwan hervor. Auch steht uns ein deutscher Originalbericht über eine arabische Wasseruhr zur Verfügung, die Harun Al Raschid dem Frankenkaiser zum Geschenk hatte übersenden lassen; der Hofhistoriograph Einhard macht uns mit dem Mechanismus dieses Kunstwerkes genau bekannt. Der Wasserbau erheischte tüchtige mechanische Kenntnisse, und gute Hydrotechniker waren keine Seltenheit; tauchte doch schon gegen das Jahr 1000 der in unseren Tagen verwirklichte Plan auf, bei Assuan, an der nubisch-ägyptischen Grenze, eine gigantische Staumauer durch den Fluß zu ziehen und so die Inundation zu regulieren. Ein sehr bedeutendes Werk ist Alhazinis „Buch von der Wage der Weisheit“ (1121). Darin wird zuerst sehr detailliert die Bestimmung des spezifischen Gewichtes gelehrt, und von etwa 50 Körpern werden dann auch die mit neueren Ermittlungen sehr genau stimmenden Zahlen mitgeteilt. Der Autor zitiert jedoch selbst ein paar Namen von Landsleuten, die vor ihm das Problem gelöst hätten, an deren Methode er also selbst nur die letzte bessernde Hand anlegte. An die Tabelle reihen sich an Erörterungen über Schwere und Schwerpunkt; daß auch in der Luft ein Gewichtsverlust stattfinden müsse, wird nicht bezweifelt. Ja, es wird sogar angedeutet, daß man durch recht feine Wägungen auch Temperaturveränderungen nachweisen können. Man findet bei Alhazini eine klarere Vorstellung vom Wesen der Luft-

wärme, als sie sonst angetroffen wird. Im übrigen geht die arabische Meteorologie nicht wesentlich über die der Griechen hinaus, obwohl der weit größere Länderraum, über den ihre Beobachtungen sich erstrecken konnten, auch mit neuen Thatfachen vertraut machen mußte. So rechneten arabische Indiensfahrer sehr wohl mit den Spielen der Halbjahrwinde, von dem nur wenige Griechen etwas wußten. Unser Wort Monsun weist ja deutlich genug auf die Sprache des Volkes zurück, das zuerst regelmäßige Fahrten über den Indischen Ozean auszuführen pflegte.

Viel schöpferischen Geist verwandte der Orient auch auf die Weiterbildung der aus dem Altertum doch noch in ziemlich rudimentärer Form überkommenen Optik. Über Brennspiegel und Brennfugeln ist eine ganze Literatur erwachsen. Alles aber, was bis zu seiner Zeit (erste Hälfte des 11. Jahrhunderts) über diesen Wissenszweig vorlag, stellte mit zahlreichen eigenen Errungenschaften zu einem harmonischen Ganzen zusammen Al Hassan Ibn Haihham, der, wie Wiedemann herausfand, längst unter dem Namen Alhazen im Westen wohl bekannt war, ehe man das wirkliche Personalverhältnis in Erfahrung gebracht hatte. Er hat den Sehprozeß genauer als die Griechen erforscht, vermutet, daß auch das Licht Zeit zu seiner Fortpflanzung brauche, untersucht genau ebene, zylindrische, konische und sphärische Spiegel, gibt ein Verfahren zur Messung des Brechungswinkels an, fixiert die Lage des Brennpunktes im Hohlspiegel und beschäftigt sich auch schon mit Glaslinsen. Neu sind in seinem Werke eine Bestimmung der Mächtigkeit der Atmosphäre und die Lösung der sogenannten

Alh
und
Refle
liche
sehr
tung

C
math
Astr
dem
rung
misd
jan
hat
liefen
des
keit
Al
gesetz
sichti
Mar
allen
erfol
Gese
erakt
maie
Son
Hau
Ptol

Alhazenschen Aufgabe: man kennt die Lage des Auges und des lichtausstrahlenden Punktes; wo liegt der Reflexionspunkt auf dem Kugelspiegel? Auf das christliche Mittelalter hat, wie wir sehen werden, Alhazen sehr nachhaltig eingewirkt; die mathematische Betrachtungsweise überwältigt natürlich weit die experimentelle.

Eben durch ihre tiefgehende Vervollkommnung der mathematischen Hilfsmittel haben die Araber auch die Astronomie um ein gutes Stück vorwärts gebracht, indem auch die Instrumentaltechnik namhafte Bereicherungen erfuhr. Etwas dem Handbuche der astronomischen Instrumentenkunde des Maroffkaners Abul Hasan Ali (Ende des 11. Jahrhunderts) Vergleichbares hat das griechische Schrifttum nicht hervorgebracht. Er lieferte auch ein Sternverzeichnis, dem jedoch dasjenige des Abdalrahman Al Sufi (903—986) an Vollständigkeit noch überlegen war. Schon sehr frühzeitig, unter Al Mamun, wurde eine neue Gradmessung ins Werk gesetzt, deren Resultate uns allerdings nicht ganz durchsichtig sind, weil wir die Maßeinheit zu wenig kennen. Man betrieb auch Astrologie und Chronologie und vor allem, als mathematischen Sport, die zur höchsten Vollendung gebrachte Sonnenuhrkunde (Gnomonik). Der erfolgreichste arabische Astronom war der aus fürstlichem Geschlechte stammende Albatgenius (gest. 929), der eine exakte Nachprüfung der ganzen Systematik des Ptolemaios vornahm und selbständig die Bewegung des Sonnen-Apogaeums (Apheliums der Erdbahn) entdeckte. Hauptsächlich durch ihn wurde der „Almagest“ des Ptolemaios auch das unentbehrliche Handbuch der

Araber. Man will sogar gewöhnlich, was allerdings auch bestritten wird, jenes arabische Wort als eine Verfeinerung des ursprünglich griechischen Buchtitels erklären. Ihm stand sehr nahe Abul Wafa (939—998); ob er oder Tycho Brahe der Entdecker der als Variation bezeichneten Mondungleichheit ist, gilt noch als eine offene Frage. Von seinen Schriften war beeinflusst der Aegyptier Ibn Yunus (gest. 1088), der Autor der Hafemittischen Tafeln; er scheint zuerst den Gedanken gehabt zu haben, das Pendel zur Zeitmessung zu verwenden. Ins zehnte Jahrhundert ist auch zu verlegen Alkindi, der über die verschiedensten astronomischen Fragen schrieb und auch einen Traktat „Von Ebbe und Flut“ verfaßt haben soll. Um etwa fünfzig Jahre fortschreitend, sind wir bei dem Arabospanier Arzachel angelangt, der unter anderem das Verfahren, sphärische Aufgaben mittels des auf Ptolemaios (S. 47—48) zurückgehenden Planisphärs (Saphaea, stereographische Abbildung der Himmelskugel) zu erledigen, zu hoher Vollendung brachte. In Spanien blühte die Wissenschaft während des zwölften und dreizehnten Jahrhunderts ganz besonders, und das von König Alfons X. von Kastilien zwischen 1267 und 1272 mit Unterstützung hervorragender Männer zustande gebrachte Tafelwerk ward für lange Zeit maßgebend. Ungefähr gleichzeitig wurden im fernen Osten, auf der Sternwarte zu Maraga, jene Sphärischen Tafeln vollendet, für welche Nasr Eddin aus Tuhs (1201—1274) das Beste getan hatte, und Mahmud Al Sagmini berechnete Tabellen, um die Erdklimate nach der Dauer des längsten Tages bequem abgrenzen zu können. Daß nebenher noch

ein Albumasar, Abuhazen, Alfabitius usw. gelehrte Vände über Sterndeutung und speziell über Astrometeorologie in die Welt sandten, gehörte nun einmal zur Zeitstätte.

Sogar das Ptolemäische Weltssystem blieb nicht unangetastet. Schon Averroes hatte viel an seiner Kompliziertheit anzusetzen, wie denn auch König Alfons den hart getadelten Ausspruch tat: „Hätte mich Gott bei der Welterschöpfung um meinen Rat gefragt, so würde ich einen einfacheren Mechanismus angegeben haben.“ So war sich auch der große Reisende Albiruni (S. 64, 973 bis 1048) darüber klar, daß an den sämtlichen Wahrheiten der Astronomie nichts sich ändere, wenn man, statt dem Himmel, der Erde eine Achsendrehung zuteile. Alpetragius dachte um 1150 daran, auf die eudorisch-aristotelische Sphaerentheorie (S. 23 u. 30) zurückzugreifen. Ja, Ibn Badja wies sogar auf die Möglichkeit hin, die Planeten möchten nicht in kreisförmigen, sondern in elliptischen Bahnen ihre Umläufe vollziehen.

Als besonders unterrichtete und produktive Jüden im Bereiche des arabischen Interessentenkreises sind zu nennen Ibn Esra, Abraham Bar Chija und der polyhistorisch weitaus hervorragendste Maimonides. Das Buch „Weltfundament“, das Isaaq Ben Joseph Israeli im Jahre 1310 vollendete, war nach Steinschneiders kompetentem Urteile eine Leistung ersten Ranges. Und der Katalonier Levi Israelita, nach der Taufe Leo de Bagnolis genannt (gest. 1344 in Avignon), ist der Erfinder des Jakobstabes, eines astronomisch-geodätischen Messungsinstrumentes, das später der Nautik die wichtigsten Dienste leisten sollte.

Von allen mohammedanischen Völkern hat früher und nachmals das türkische am spärlichsten wissenschaftlichen Neigungen gehuldigt. Doch gehört ihm an der Usbekenfürst Ulug Beg (1394—1449), der in Samarkand ein vorzüglich ausgestattetes Observatorium errichtete und dort Planetentafeln und Fixsternkataloge von markanter Vortrefflichkeit ausarbeiten ließ. Den Osmanen ist zuzurechnen Suleimans I. Admiral Said, der im sechzehnten Jahrhundert im „Mohit“ (Seespiegel) alles Wissen zusammentrug, was für einen Seemann als notwendig erachtet wurde.

7. Christliche Wissenschaft im früheren Mittelalter.

Man pflegt die christliche Literatur, die schon im zweiten Jahrhundert Wurzeln zu schlagen und in Wäldern üppig aufzusprießen anfing, als patristische, die Periode, in der sie das geistige Leben zuerst einzelner Volksteile und nach und nach aller dem Heidentum abgekehrter Völker souverän beherrschte, als Kirchenväterzeit zu bezeichnen. Das sechste Jahrhundert sieht einen Niedergang sich vollziehen. Zunächst freilich hatte der hauptsächlich theologische Charakter dieser Schriftstellerei nicht viel mit naturwissenschaftlichen Dingen zu tun, allein die biblische Exegese, die zumal im Heraclitron des Alten Testaments ein weites Feld für erklärende Auslegung vorfand, konnte doch nicht umhin, die Kosmogonie zum Gegenstande scharfsinniger Erörterung zu machen, und allmählich wurde das gesamte Naturwissen in diese anfänglich mehr sprachlich-philosophischen Speculationen hereingezogen.

Die einzelnen Väter verhielten sich den oberschwebenden Fragen gegenüber sehr verschieden. Lactantius, „der christliche Cicero“, der 340 starb, wollte von heidnischer Weisheit überhaupt nichts wissen, und meinte, gerade wie Eusebios (270—340), über astronomische und ähnliche Dinge zu disputieren, sei völlig wertlos, weil sie sich ganz unserer Erkenntnis entzögen und zudem für das Seelenheil belanglos wären. Der „törichte“ Glaube, auf der vermeintlich kugelförmigen Erde gäbe es Antipoden, kam ihm sogar verspottenswert vor. Der umfassender gebildete Augustinus (354—430) nahm wenigstens daran Anstoß, daß die Bibel solcher Gegenfüßler und ihrer Erlösung keine Erwähnung tue. Noch reaktionärer gegen gute griechische Errungenschaften war die Stellungnahme der syrischen Richtung, vertreten durch Ephraem, Johannes Chrysostomos, Theodor von Mopsueste. Sie waren der Ansicht, Studien über die Planetenbewegung hätten gar keinen Zweck, weil ja doch jedem Gestirn ein Engel beigegeben sei, der dessen Wanderungen am Himmel zu leiten habe. Über der wieder plattgewordenen Erde spannte sich als Tabernakel das kristallene Firmament aus, an dessen Außenseite die untergegangenen Himmelskörper zur Aufgangsseite zurückzukehren hatten — eine Auffassung, die auch einzelnen Talmudauslegern nicht fremd war. Die Summe dieser rückschrittlichen Lehren zog im sechsten Jahrhundert der Kaufmann Kosmas Indikopleustes, der aber vermutlich niemals in Indien gewesen ist, in einem „Christliche Topographie“ benannten Werke. Die Erde ist ihm zufolge ein sich aus dem Ozeane erhebender

Berg, den die Sonne umkreist, so die Erscheinungen von Auf- und Untergang hervorbringend. Jenseits des Himmelszettes lagern die aus der Heiligen Schrift bekannten „oberhimmlischen“ Gewässer; lediglich in der Zuhilfenahme dieses neuen Elementes wich die patristische Meteorologie von der aristotelischen ab. In biologischer Beziehung erstrebte man gleicherweise einen Ausgleich zwischen christlicher Grundanschauung und griechischer Philosophie. So ließ Augustin sogar die Spontanzeugung oder *Generatio aequivoca* zu, in der sich nur stetig fortsetze, wozu Gott im Sechstagerwerke den Grund gelegt habe.

Ungewöhnlich frei dachten die beiden kleinasiatischen Klassiker unter den Vätern, Basilios der Große und Gregor von Nyssa. Sie sahen nichts Arges darin, die Forschungsergebnisse der griechischen Astronomen auch für das Christentum hinzunehmen. Gregor legte sich sogar den Welt schöp f ungsplan evolutionistisch zurecht. Schüttle man, so sagt er, verschiedene Materien in einem Gefäße durcheinander, so trete doch zuletzt im Ruhezustande eine Scheidung nach der Dichte ein; der spezifisch schwerste Stoff liege zu unterst, der spezifisch leichteste zu oberst. Und so sei man in der Lage, experimentell den Vorgang der Weltentstehung nachzubilden.

Im allgemeinen blieb damals und in den nächstfolgenden Jahrhunderten das naturwissenschaftliche Wissen auf unglaublich niedrigem Boden stehen. Man las und erzerpierte gerade diejenigen alten Autoren, von denen sachlich nur wenig, um so mehr aber dem Sensationsbedürfnis des Zeitalters Entsprechendes zu erlernen war — einen Plinius, Solinus, Drosius usw.

Aus
läre:
eine
nach
kam.
ziem
Die
recht
Wie
aber
des
„Ori
unte
in k
2
hund
tuun
gehen
man
zur
Von
der i
tete
des
(St.
Klein
neue
bilis
fonde
feine

Aus solchen Lesefrüchten heraus bildete sich ein populäres Lesebuch, das unter dem Namen „Physiologus“ eine ungemein weite Verbreitung erhielt und z. B. nach Hommel in einer aethiopischen Redaktion auf uns kam. An seine Stelle trat dann gelegentlich der so ziemlich auf der gleichen Höhe stehende „Elucidarius“. Die tollsten Märchen waren diesen Volksbüchern eben recht; so stand es ihnen beispielsweise fest, daß das Biesel durch das Maul trüchtig werde. Ein wenig, aber auch nur ein wenig höher steht das Sammelwerk des Bischofs Isidorus Hispalensis (570—636), die „Origines“ oder „Etymologiae“, wo man aber auch unter anderem liest: „An die Existenz von Antipoden ist in keiner Weise zu glauben.“

Wohl die geistesdürstige Zeit war das siebente Jahrhundert, denn schon im achten bemerkt man mit Genugthuung die Regungen eines neuen Geistes. Dieselben gehen von Britannien und Irland aus, wo unter germanischen und keltischen Mönchen zuerst wieder Liebe zur Wissenschaft um der Sache willen erwacht war. Von dort stammte der Salzburger Bischof Virgilius, der das Dasein von Gegenfüßlern ungeschweht behauptete und deshalb wahrscheinlich schwere Ahndung seitens des Papstes Zacharias und seines Delegaten Winfried (St. Bonifazius) erlitten hätte, wäre nicht Pipin der Kleine für ihn eingetreten. In Nordengland schuf eine neue Schule der gelehrte Klosterlehrer Beda (Venerabilis; 672—735), der in mathematischen Dingen besonders gut beschlagen war, und aus dem Unterrichte seiner Schüler ging hervor Alhwin oder Alcuin (735

bis 804), der Berater Karls des Großen in allen wissenschaftlichen Angelegenheiten. Der Kaiser zog alle verfügbaren Kräfte in seinen Kreis und korrespondierte z. B. mit dem irländischen, nach Frankreich gekommenen Mönche Dungal über Finsternisprognose. Die berühmte kaiserliche Hofschule, welche Alcuin eingerichtet hatte, bestand auch unter Karls Nachfolgern noch fort; Ludwig der Fromme, der lebhaften Sinn für Astronomie bekundete, berief den Irländer Dicuil, den Verfasser eines kosmographischen Compendiums, Karl der Kahle berief den gelehrten Heiric in seine Nähe. Von den Karolingern ging indessen einige Erkenntnis der Notwendigkeit von Wissenschaft und Lehre auch auf die Kaiser sächsischen Stammes über. Ottos III. Lehrer Abt Gerbert, als Papst Sylvester II. (gest. 1003) geheißen, wurde wegen seiner Vertrautheit mit den exakten Disziplinen — er spielt in der Geschichte der Mathematik eine gewisse Rolle — mit scheuer Achtung betrachtet.

Abgesehen von Deutschland, d. h. dem einen großen Teil Europas umspannenden Frankenreiche, lagerte über dem christlichen Westen noch zumeist tiefes Dunkel. Einen glänzenden Lichtpunkt bildet König Alfred I. von England (gest. 901). Er selbst fertigte eine angelsächsische Übersetzung der geographischen Teile im Werke des Drosius (S. 57) an und verwebte in sie genaue Berichte über die in seine Zeit gefallenen Entdeckungszüge des Engländers Wulfstan und des Normannen Ohtar. Die Begründung normannischer Ansiedlungen in Island, Grönland und Nordamerika (um 1000) übte keine nennenswerte Rückwirkung auf den europäischen Kon-

finen
spieg
Z
stets
europ
eine
mus
päda
kundi
nicht
Bisch
und z
mit z
wurd
geleg
man
die e
graph
als b
Pflar
frid
botan
Reich
nius,
„Von
Zeit g
an di
im D
thet v
Herra

inent aus; doch behandelt z. B. der norwegische „Königsspiegel“ das Nordlicht.

Den seit dem Ende des achten Jahrhunderts sich stets mehrenden Kloster- und Stiftsschulen dankte Westeuropa zum allergrößten Teile die Rettung und sogar eine schüchterne Fortbildung der Wissenschaft. Grabanus Maurus in Fulda steht an der Spitze dieser großen pädagogischen Bewegung, und seine auch die Naturkunde nicht vergessenden Schriften wurden eifrig studiert, nicht minder die lexikalisch angelegte Enzyklopädie des Bischofs Salomon von Konstanz. Wie der Unterricht, und zwar allerorts, gehandhabt wurde, können wir uns mit ziemlicher Sicherheit zurechtlegen. Auf Astronomie wurde, schon wegen der Festrechnung, großes Gewicht gelegt; den Klosterschülern von St. Gallen stand, wie man liest, ein verstellbarer Sternglobus zu Gebote. Auch die einige Naturgeschichte mit einbegreifende Kosmographie wurde vorgetragen, wobei freilich Plinius (S. 54) als beste Bezugsquelle galt. Bescheidene Tiergärten und Pflanzengärten gab es in vielen Klöstern, und Walafrid Strabus z. B. (um 850) lieferte eine hübsche botanische Beschreibung des Klostergärtchens auf der Reichenau. Aus ihm, wie freilich noch mehr aus Plinius, schöpfte jener Macer Floridus, dessen Schrift „Von den Tugenden der Pflanzen“ nach Stadler in der Zeit gegen 1100 entstanden ist. Auch Nonnen nahmen an diesen Bildungsgelegenheiten teil, wie aus dem — im Originale leider 1870 mit der Straßburger Bibliothek verbrannten — „Hortus Deliciarum“ der Äbtissin Herrad von Landsperg hervorgeht.

8. Scholastiker und Humanisten.

Für den wissenschaftlichen Entwicklungsgang des späteren Mittelalters sind zwei große, selbständige und bis zu einem gewissen Grade, obschon nicht gerade mit sachlicher Notwendigkeit, allgemein-geistige Strömungen von ausschlaggebender Bedeutung: Scholastizismus und Humanismus. Der erstere stellt sich dar als das Streben, eine vollständige Konkordanz zwischen Wissen und Glauben herzustellen, er ist also einer rationalistischen Auffassung der Theologie dienstbar und muß in dieser Absicht alle weltlichen Wissenschaften mit berücksichtigen. Beim Altertum macht er also die mannigfaltigsten Anleihen, und es ist ja bekannt, daß Aristoteles, mochten auch einige Päpste gegen diese allzu weit getriebene Verehrung sich aussprechen, fast zu gleichem Geltungsrange, wie die christlichen Religionsquellen, erhoben worden ist. Nur aber auf die Sache kam es den Scholastikern an; auf die schöne Form antiken Schrifttums legten sie keinen Wert. Und gerade hier setzte der Humanismus ein, dem die philologisch-ästhetische Verehrung der griechisch-römischen Vergangenheit in Fleisch und Blut übergegangen war, der aber auch seinerseits das Sachstudium nicht vernachlässigt wissen wollte. Und in diesem Punkte mußten die Streitenden doch immer zusammentreffen: Von den antiken Autoren glaubten beide Teile die Realwissenschaften erlernen zu müssen. Man hatte diese Schriften zu studieren, zu verstehen, richtig zu interpretieren, mit gelehrten Anmerkungen zu versehen; daß man aus Eigenem viel Neues hinzutun

könne, hielt niemand für möglich, ohne daß man übrigens der freien Forschung grundsätzlich entgegengetreten wäre. Trotzdem sind Spuren selbständiger Arbeit auch auf dem naturwissenschaftlichen Gebiete nicht zu verkennen.

„Die Scholastik war,“ so sagt in seiner Geschichte der deutschen Universitäten G. Kaufmann, „eine wissenschaftliche Richtung, die das geistige Leben einer großen Periode beherrschte, die von 1050—1500 reichte.“ Natürlich hatte sie ihre Vorläufer, wie Johannes Scotus Erigena (800—877), der ihr schon ganz zuzuweisen ist, und auch unter den Hochschullehrern des durch die Namen Luther und Melanchthon gekennzeichneten Zeitraumes besaß sie Anhänger genug. Als geistige Väter des Humanismus gelten gewöhnlich das Dioskurenpaar Boccaccio (1313—1375) und Petrarca (1314 bis 1375), der in seiner ohne jeden praktischen Beweggrund unternommenen Besteigung des Mont Ventour einen damals seltenen Naturfuss befundete. Der italienische Humanismus hatte seine Blütezeit im fünfzehnten, der deutsche in den ersten Dezennien vom sechzehnten Jahrhundert. Länger als bis zur Mitte des letzteren dürfen wir die humanistische Bewegung nicht sich ausdehnen lassen, mag auch ihr langsames Abflauen noch später einzelne Anzeichen hinterlassen haben.

Raum ist auch betonenswert, daß eine Geschichte der Naturwissenschaften auf manche historische Erscheinung bedacht zu nehmen verpflichtet ist, die sich nicht unmittelbar einer der beiden soeben aufgestellten Kategorien einordnen läßt. Wir werden am besten tun, diese mehr episodienartig auftretenden Vorkommnisse an den Anfang

zu stellen. Da ist gleich anfangs der auch im Abendlande sich erweiternden Übersetzungstätigkeit zu gedenken. Das zwölfte Jahrhundert hat in Gerhard von Cremona, Campanus von Novara, Adelhart von Bath, Plato von Tivoli und anderen hervorragende Repräsentanten dieser für das Mittelalter unentbehrlichen Geistesarbeit gesehen. Auch die langsame Ausbildung der wissenschaftlichen Navigationskunde will beachtet sein. Um 1300 verbessert der Nordspanier Raimundus Lullus eine dem Prinzipe nach bereits von griechischen Seeleuten herkommende Methode der Schiffsrechnung (später „Martelolio“ zubenannt); Italiener und Katalonier wetteifern im vierzehnten und fünfzehnten Jahrhundert in der Konstruktion der schon ziemlich genauen, die Plattkartenmanier (S. 48) benützenden Kompaßkarten; der Schiffskompaß selber tritt in den Gesichtskreis des Abendlandes. Lange Zeit maß man die Ehre seiner Erfindung einem Amalfitaner Flavio Gioja zu, der dann durch die Untersuchungen von S. Ruge und T. Bertelli eine mythische Person geworden zu sein schien, bis neuerdings Borena eine gewisse Realität dieses Mannes, der vielleicht der Busssole die jetzt übliche Form gab, wieder wahrscheinlich gemacht hat. Zweifellos kommt die Nordweisung bereits gegen Ende des zwölften Säkulums bei den Dichtern Guiot de Provins und Jacques de Vitry vor, und Albertus Magnus redet davon als von einer bekannten Sache. Man hat sogar die Kenntnis der magnetischen Abweichung im dreizehnten Jahrhundert bei einem Petrus Abfigerius aufzeigen wollen, den es jedoch niemals gegeben hat. Entstanden ist die Fabel

aus
von
in
court
ad
Zurück
gegen
N
(S. 1
kennt
zuerst
eine
schicht
Scri
Berto
des
burg
Feldh
ein
herge
ins
dung
burg
sei.
selbst,
De
vierze
Brille
bereits
(gest.

aus der Tatsache, daß ein im Solde des Königs Karl von Anjou stehender Ritter Pierre de Maricourt an seinen in Frankreich zurückgebliebenen Freund Syger de Fontanecourt aus Unteritalien einen Brief schrieb („Epistola Petri ad Sygerum“; daher jene Namenbildung), worin er die Zurichtung einer Bußsole beschreibt. Die Deklination dagegen bleibt in den echten Handschriften unerwähnt.

Ähnlich wie den Kompaß, haben, wie angegeben (S. 14), die Chinesen auch schon das Schießpulver gekannt — freilich nur zu enge begrenztem Zwecke. Wer zuerst im Westen aus Schwefel, Holzkohle und Salpeter eine Explosionsubstanz hergestellt hat, vermag die Geschichte der Chemie nicht mit Sicherheit zu sagen. Neuere Schriftsteller haben sich besonders um den sagenhaften Bertold Schwarz viele Mühe gegeben. Erst gegen Ende des sechzehnten Jahrhunderts wird er „ein in Freiburg i. B. lebender Franziskaner“ genannt, wogegen nach Feldhaus ein „Niger Berchtoldus“ schon um 1435 als ein Mann zitiert wird, der ungefähr fünfzig Jahre vorher gelebt habe. A. Köhler andererseits verlegt ihn bereits ins dreizehnte Jahrhundert, weil Anno 1348 die Anwendung von Feuergeschützen bei der Zerstörung der Rudelsburg durch die Bürger Naumburgs urkundlich erhärtet sei. Vielleicht hat Schwarz nicht sowohl das Pulver selbst, sondern den Gebrauch der Feuerwaffen erfunden.

Dem Ende des dreizehnten oder dem Anfange des vierzehnten Jahrhunderts gehört die Erfindung der Brillen an. Sozusagen potentiell hat die Idee hierzu bereits Roger Bacon gehegt; ob Salvino degli Armati (gest. 1317) oder Alexander De Spina geschliffene

Gläser zu einem Doppelaugenglase verband, steht dahin. Die Optik stand gerade zu jener Zeit im Vordergrund des Interesses. Vitellion, der sich einen „Thuringopolonus“ nennt und eigentlich ein Deutscher Vitello war, lieferte nach griechischen und arabischen Vorlagen einen großen Kodex dieser Wissenschaft (gedruckt 1572 zu Basel in der Risnerschen Ausgabe), worin er die Refraktion eingehender behandelt und ihr eine gewisse Rolle auch bei dem Zustandekommen des Regenbogens (S. 31) zuschreibt. Weit tiefer drang in die letztere Theorie um 1310 der Predigermönch Theodorich von Freiberg i. S. (nicht Freiburg i. B.) ein, der, vom Farbenbilde allerdings abgesehen, Haupt- und Nebenregenbogen ganz im modernen Sinne erklärt. Die ptolemäische Optik (S. 40) ist, ebenso wie die archimedische Hydrostatik, durch den Niederländer Wilhelm van Moerbeke den christlichen Ländern übermittelt worden.

Hier hat auch der Fortschritt der Uhrmacherkunst seine Stelle zu finden. Die Gewichtuhren sollen entweder von Pacificus in Verona (um 840) oder von Wilhelm von Hirsau (zweite Hälfte des 11. Jahrhunderts) in die Praxis eingeführt worden sein, und gewiß ist ihr Gebrauch in den Klöstern seit 1120. Turmuhren hatten oberdeutsche und schweizerische Städte bald nach 1360 und der Deutsche Heinrich von Wyß lieferte eine Schlaguhr mit regulierendem Balancier 1370 dem französischen Könige Karl V. Um die gleiche Epoche brachte Giovanni De Dondi mit dem Beinamen „Dall' Orologio“ eine Uhr mit verwickeltem, auch astronomische Daten angegebendem Werke zustande. Die erste so zu

nenn
Walt
auf.
Empf
büchse
Sonne
fach
sich
formt
ken ve
D
große
gültig
Wdar
des
sätze
Myth
und
Bezie
anzuf
Carpi
und
wissen
für d
drung
Afien
gefan
zeichn
daß i
rät (t

nennende astronomische Uhr stellte 1485 Bernhard Walthër am sogenannten „Schauhause“ zu Nürnberg auf. Diese Stadt war überhaupt von 1400—1600 das Emporium der angewandten Mechanik (Drahtzug, Windbüchse, Papier- und Messingfabrikation usw.). Auch für Sonnenuhren wurden die Nürnberger Fabrikanten vielfach in Anspruch genommen, und bald nach 1500 gesellten sich ihnen die „Nürnberger Eier“ zu, die ellipsoidisch geformten Taschenuhren des aus Straßburg i. G. nach Franken verzogenen Peter Henlein (nicht, wie oft zu lesen, Hele).

Die scholastische Periode war auch die Zeit, die große, für die Naturkunde nichts weniger denn gleichgültige Reisen erlebte. Der erste deutsche Geograph war Adam von Bremen, dessen Schrift „Über die Inseln des Nordens“ (um 1075) doch schon wohlthuende Ansätze zu selbständiger Kritik, z. B. den ethnographischen Mythen gegenüber, erkennen läßt. Nach Zentralasien und China führte der Wunsch, politische und religiöse Beziehungen mit den dort herrschenden Mongolenkhanen anzuknüpfen. Die Reiseschilderungen eines Pians de Carpine, Ruysbroeck, der armenischen Prinzen Hethum und Anderer dienten wesentlich zur Erweiterung des wissenschaftlichen Gesichtskreises. Vor allem aber gilt dies für die inhaltreiche, freilich nur langsam ins Volk gedrungene Erzählung, welche Marco Polo (S. 15), aus Asien heimgekehrt, einem Freunde in genuesischer Kriegsgefangenschaft diktirte. Den scharfen Beobachter kennzeichnet unter anderem die Erwähnung der Tatsache, daß in größeren Höhen Wasser rascher ins Sieden gerät (thermometrische Höhenmessung).

Nicht eigentlich zu den Scholastikern, noch weniger freilich zu den noch gar nicht in die Erscheinung getretenen Humanisten haben wir den genialen Dichter Dante Alighieri (1265—1321) zu stellen. In seinem Hauptwerke, der „Divina Commedia“, durchwandert der Verfasser, von Vergilius geleitet, Himmelräume und Hölle (im Erdinneren befindlich), womit ein Anlaß gegeben ist, auf alle möglichen Fragen der mathematischen und physischen Geographie zu sprechen zu kommen. Auch im „Convito“ kommt viel Einschlägiges zur Sprache. Ungewiß ist, ob man Dante, worüber früher kein Zweifel war, auch die um 1304 niedergeschriebene Abhandlung „De aqua et terra“ zuteilen darf; der bekannte Dante-Forscher Scartazzini erklärte sich gegen die Autorschaft. Es wird darin mit Glück und physikalischem Verständnis die alte, in tausend Variationen das ganze Mittelalter durchziehende Irrlehre zurückgewiesen, Erde und Wasser seien zwei exzentrische sphärische Massen. Zu leugnen ist nicht, daß der Dichter zu solchen Erörterungen durch den „Livre du trésor“ seines Lehrers Brunetto Latini angeregt werden konnte; auch der 1327 in Florenz wegen ketzerischer Lehren verbrannte Cecco D'Ascoli konnte als Vorbild dienen. In dieselbe Gattung von Schriften gehört des Ristoro D'Arezzo merkwürdige „Composizione del mondo“ mit kühnen Gedanken über die periodische Ortsveränderung von Wasser und Land.

Was nun die Scholastiker im engeren Wortsinne selbst anlangt, so sind sie in erster Linie Lehrer der Theologie und Philosophie gewesen, haben aber daneben die realen Wissenschaften nicht gering geachtet. Von

dem
richt
und
eing
mur
teles
Rod
lasti
aver
ruf
daß
Din
ten.
Wor
und
spiel
trete
der
einer
städt
twiste
hörte
Arbe
allge
mati
dert
bild
als
schrif

dem berühmten Owardus (11. Jahrhundert) wird berichtet, er habe tagsüber mit seinen Schülern disputiert und abends sie in die Kenntnis des gestirnten Himmels eingeführt. Bald nachher empfahl der Spanier Raimund de Sabieude (nicht Sabunde), neben dem Aristoteles auch „librum naturae“ nicht zu vernachlässigen. Noch 1348, also schon nach der Blütezeit des Scholastizismus, sprach Nikolaus de Ultrikuria, der wegen averroistischer-atomistischer Neigungen (S. 66) einen Widerruf leisten mußte, es als sein Glaubensbekenntnis aus, daß nicht Aristoteles mit seinen Auslegern, sondern „die Dinge selber“ das Ziel des Wissensdurstigen sein müßten. Man sieht, an blindem Glauben an geschriebenes Wort war auch bei den Scholastikern nicht zu denken, und es soll nunmehr an einigen augenfälligen Beispielen gezeigt werden, daß gerade bei den Hauptvertretern die Naturwissenschaften nicht bloß als Stiefkind der Forschung angesehen wurden.

Mit gutem Grunde schätzt man Albertus Magnus, einen geborenen Grafen von Bollstädt aus dem Donautstädtchen Lauingen (1193—1280), als den produktivsten und zugleich geistvollsten Scholastiker. Er gehörte dem Dominikanerorden an, der damals geistige Arbeit hoch einschätzte, dessen zweiter General nach fast allgemeiner Annahme der ausgezeichnete deutsche Mathematiker Jordanus Nemorarius im zwölften Jahrhundert — er schrieb über Statik und stereographische Abbildung — gewesen war. Die Anzahl der von dem auch als Lehrer in hohem Rufe stehenden Gelehrten handschriftlich hinterlassenen und später im Druck erschienenen

Folianten war riesenhaft, und es ist leicht einzusehen, daß Studienfrüchte und eregetische Abhandlungen darin einen sehr großen Raum einnehmen. Aber auch an selbständigen Feststellungen mangelt es nicht. Albert hat als erster die Schneefiguren wahrgenommen und in eingehender Darlegung der Zonenfrage, was zuvor noch nie geschehen war, den Unterschied zwischen solarem und physischem Klima in das richtige Licht gesetzt, womit zugleich eine objektivere Auffassung der Vorstellung von unbewohnbaren Zonen (S. 22) gegeben war. Höher noch stehen seine positiven Erfolge auf dem Gebiete der Naturhistorie. In seiner Eigenschaft als Bisitator seiner Kongregation hatte er ganz Deutschland zu Fuß zu durchwandern, und da zeigte er, daß er seine Augen aufzumachen verstand. Seine botanischen und noch mehr seine zoologischen Angaben bekunden, wie Jessen, Fellenner, Wimmer und Stadler dartaten, eine gründliche Autopsie, so daß wesentlich auf seine Autorität hin eine weit tiefere Einsicht in die Pflanzen- und Tiergeographie des dreizehnten Jahrhunderts gewonnen werden konnte. In Albert erblicken wir eine dem Aristoteles verwandte, alle Kenntniß seiner Zeit in sich vereinigende und um Erweiterung und Vertiefung derselben redlich bemühte Natur. Wer den erschöpfenden Vortrag liest, den Stadler im September 1908 auf der Cölner Naturforscherversammlung hielt, wird namentlich staunen über die Vielseitigkeit und Genauigkeit der Angaben dieses Altmeisters der Zoologie über die mitteleuropäische Tierwelt; dessen Hauptschrift ist jetzt erst lesbar gemacht worden, nachdem zuvor die meist deutschen Tiernamen

durch
sam
maß
Ordn
bis
Reg
der
deut
tion
alter
das
(12
find
den,
über
lich
und
nisch
(
auch
Pro
Gir
graz
und
han
auf
Hod
dessa
mat
hat,

durch unwissende Abschreiber und Herausgeber in grausamster Weise verstümmelt worden waren. Einigermaßen verwandt ist ihm in seinen Bestrebungen sein Ordensbruder Thomas Cantimpratensis gewesen (1186 bis 1263), dessen Werke maßgebend waren für des Regensburger Domherrn Konrad von Meigenberg „Buch der Natur“ — das erste naturwissenschaftliche Werk in deutscher Sprache (1350) und, obwohl nur Kompilation, doch von großem Werte für unsere Kenntnis mittelalterlicher Denkweise. Alberts Schüler war nach Dante das geistige Haupt der Scholastik, Thomas von Aquin (1227—1274). Bei ihm, dem klassischen Theologen, sind naturwissenschaftliche Bemerkungen seltener zu finden, ohne doch ganz zu fehlen. So bekundet er eine überraschend korrekte Erkenntnis der Tatsache, daß plötzlich gehemmte Bewegung sich in Wärme umsetzen muß, und verdient eine Stelle unter den Vorläufern der mechanischen Wärmetheorie.

Sehr wirksam in scholastischer Gelehrtentätigkeit war auch Großbritannien. Der bald als Schüler bald als Professor die Hochschulen seines Zeitalters durchziehende Giraldus Cambrensis führte in Oxford die erste geographische Vorlesung („Topographia Cambriae“) ein und äußerte gesunde Ansichten über den Zusammenhang von Regen und Wind. Als Scholastiker sind auch aufzufassen der aus Niederschottland stammende Pariser Hochschullehrer Johannes De Sacroboſco (gest. 1256), dessen Lehrbegriff der elementaren Sphärik („Sphaera materialis“) vielleicht die größte Verbreitung gefunden hat, die jemals einem Unterrichtsbuche zuteil geworden

ist, und Johannes Peckham (gest. 1292), der ebenso die Optik („*Prospectiva communis*“) behandelte. Auch Robertus Lincolniensis (Großeteste) und Wilhelm v. Conches sind nicht zu vergessen; alle aber überragte Roger Bacon (1214—1294), dessen Ruhmredigkeit ihm zwar viele Gegner schuf, dem aber gewiß nicht abgesprochen werden kann, daß er in einer reichen Gedankenwelt lebte. Er spricht vom Kompaß, vom Schießpulver, von Flugschiffen, von vergrößernden Gläsern und legt bei Besprechung der Brennspiegel und Refraktion mathematischen Scharfblick an den Tag. Man mag wohl tadeln, daß er mehr von Experimentalmethode gesprochen als selbst experimentiert hat, allein schon der Hinweis auf das Richtige war in jener Zeit verdienstlich. Etwas später hat sich Thomas Bradwardin (gest. 1349) durch seine Untersuchungen über die Materie und das Unendliche Ruhm erworben.

Ein erfreuliches Zeugnis der französischen Scholastik ist der etwa ins Jahr 1250 zu versetzende „*Naturspiegel*“ des Vincentius Bellovacensis. Er geht tief auf gewisse Naturerscheinungen, die sonst weniger beachtet wurden, ein, so vor allem auf die morphologischen Effekte der Erosion. Des ferneren ist Nikolaus D’Oresme im vierzehnten Jahrhundert zu rühmen, dessen „*Traicté de la Sphère*“ als eines der ersten wissenschaftlichen Produkte der französischen Sprache immer seinen Wert behalten wird. Ein geachteter Spätscholastiker war Pierre D’Ailly oder Alliacus (1380—1452), dessen „*Weltbild*“ vielleicht den größten Einfluß auf Columbus und seine seemannischen Projekte ausüben sollte.

Schon aus dem bisher Gesagten erhellt, daß im vierzehnten und größtenteils auch noch im fünfzehnten Jahrhundert die höchsten Lehranstalten wesentlich unter der Herrschaft des Scholastizismus standen, einerlei ob sie Stadtuniversitäten nach Art der italienischen waren oder ob, wie es sonst die Regel war, zu ihrer Aufrichtung landesherrliche und kirchliche Gewalt zusammengewirkt hatten. Das gilt insbesondere auch für diejenigen Deutschlands (Prag 1348, Wien 1365 resp. 1384, Heidelberg 1386, Köln a. Rh. 1388, Erfurt 1392, Leipzig 1409, Rostock 1419, Greifswald 1456, Trier 1457, Basel 1459, Ingolstadt 1472, Tübingen und Mainz 1477). Aber schon regte sich durchweg ein Antrieb, der über die durch Herkommen geheiligte Norm hinausführen mußte. Die beiden hervorragendsten Wiener Theologen, Albertus De Saxonia (gest. 1394) und Henricus De Hassia (Langenstein; 1325—1397) hatte man aus Paris verschrieben, aber sie trugen auch über andere Gegenstände vor. Ein astronomisches Kollegienheft Langensteins ist von Curze dem Staube der Bibliotheken entrisen worden.

Und im Zeichen der Sachwissenschaften hat auch die Berührung von Scholastik und Humanismus stattgefunden. In Italien bot sich die neue Weltanschauung am ungezwungensten dar. Poggio Bracciolini vermittelte seinen Landsleuten die abenteuerlich klingenden und doch zumeist wahren Reiseerzählungen des Indienfahrers Niccolò De' Conti; Flavio Biondo lieferte die erste Landeskunde seines Vaterlandes; Cnea Silvio Piccolomini, der spätere Papst Pius II., suchte in seinen kosmographischen Werken stets auf eine Durchdringung

von Literaturstudium und Selbsterfahrung hinzuarbeiten. Auch die sich auf eigene Füße stellende Medizin half dazu; Alberotto, Saliceto, Mondino drangen um die Wende des dreizehnten und vierzehnten Jahrhunderts auf Pflege der Anatomie. Hugo Da Lucca wird (um 1230) mit Ehren in der Geschichte der medizinischen Chemie genannt. Schon 1349 hatte Jacopo De Dondi in seinem „Gesundheitsgarten“ ein nach Dioskurides (S. 49) und eigenen Kollektionen gearbeitetes Kräuterbuch mit Abbildungen geschrieben, das später häufig als Vorbild benutzt wurde und in seiner Reichhaltigkeit, die eben ein Italiener weit leichter als etwa ein Deutscher zu erreichen in der Lage war, das etwa gleichalterige des Bayern Ortolf entschieden übertraf. Die Halbinsel war auch der Wohnsitz hervorragender Übersetzer — Bessarion, Theodor von Gaza, Georg von Trapezunt, Jacopo Da Forlì u. a. —, welche die griechischen Werke immer zahlreicher den Abendländern zugänglich machten. Die um 1440 erfundene Buchdruckerkunst trug wesentlich dazu bei, diesen Prozeß zu beschleunigen, und sie unterstützte ganz unberechenbar die Ausbildung der graphischen Künste; zwar drang sie nicht so rasch durch, wie es die vulgäre Meinung ist, und Sudhoffs Inkunabelstudien stellen unwiderleglich fest, wie zäh bis ins sechzehnte Säkulum hinein der Bildschmuck der alten handschriftlichen Kodizes selbst unter durchaus veränderten Verhältnissen festgehalten ward, aber durch sie wurde es möglich, die von einem gewissen Nikolaus Germanus wieder aufgefundenen Landkarten des Ptolemaios (S. 48) zum Gemeingute zu machen;

seit 1472 erscheinen in rascher Folge brauchbare und gut ausgestattete Ausgaben jenes Fundamentalwerkes der wissenschaftlichen Geographie.

Ein vorzüglicher Beleg für die Durchdringung der beiden miteinander ringenden Richtungen bietet sich uns dar in der Person des Kirchenfürsten Nikolaus Cusanus (1401—1464; Chryppfs oder Krebs aus dem Moselstädtchen Cues). In seinen zahlreichen Schriften ist Wahres mit Phantastischem oft sonderbar vermengt, aber Gedankenreichtum und Vertrautheit mit den Erkenntnismethoden seines Zeitalters sind ihm niemals abzusprechen. Er will die magnetische Kraft durch Gewichte messen; er gibt ein zwar primitives, aber richtig erdachtes Hygrometer und einen Tiefenmesser mit Selbstauslösung (erstes Beispiel einer solchen) an; er zeichnet als Kartograph die erste brauchbare Karte von Mitteleuropa. Als Naturphilosoph erhebt er sich zu den kühnsten Konzeptionen; das Weltall hat keine Grenzen, die Anzahl der Weltkörper ist unendlich groß; überall herrscht Bewegung, und dieser ist auch der Erdkörper unterworfen. Es mag als Merkwürdigkeit verzeichnet werden, daß ein Kardinal solche aller Tradition und Zeitfütte zuwiderlaufenden Anschauungen anstandslos hegen und verbreiten durfte. Der Humanismus hatte eben schon der Geistesfreiheit eine Bahn zu eröffnen begonnen.

Humanisten echten Schlages sind auch die Regeneratoren der Astronomie gewesen. An der Universität Wien lehrten, nachdem dort Johann von Smünd (gest. 1442) für diese Wissenschaft den Boden trefflich bereitet hatte, als junge Magister Georg Peurbach (1423 bis

1461) und Johannes Regiomontanus (Müller aus Königsberg in Franken; 1436—1476), dieser ein Schüler des erstgenannten. Beide trugen gelegentlich auch über astronomische Themen vor, aber vorzugsweise waren es alte Autoren, die sie mit humanistischem Eifer behandelten. Und als einen Lebenszweck betrachteten es beide, einen gereinigten Ptolemaios-Text den vorhandenen mangelhaften Ausgaben zu substituieren. Zu dem Ende war eine Reise nach Italien erstes Erfordernis. Beurbach, der in seiner oft gedruckten „Planetentheorie“ eine eigenartige Verschmelzung der eudoxischen (S. 23) und ptolemäischen (S. 48) Lehre angebahnt hatte, erlebte den Antritt dieser Reise nicht mehr, aber Regiomontanus führte sie aus, brachte die wertvollsten Handschriften zusammen und trat sogar (S. 61) auf fremdem Boden als gefeierter Lehrer auf. Nach vorübergehendem Aufenthalte in Ofen wählte er Nürnberg zu seinem Wohnorte und verblieb daselbst vier Jahre (1471—1475), wesentlich unterstützt durch die Munifizenz seines neugewonnenen Freundes Bernhard Walther (1430—1504), des tatsächlichen Entdeckers der atmosphärischen Strahlenbrechung. Von Papst Sixtus IV. zur Kalenderreform nach Italien berufen, fand dort der Unermüdliche schon 1476 einen allzufrühen Tod. Von den geplanten Werken hat er selbst allerdings nur einen kleinen Teil in die Presse geben können, aber was er als Mathematiker und Astronom — so durch die ersten rationalen Kometenbeobachtungen (1472) mit dem verbesserten Jakobstabe (S. 71) — geleistet, läßt ihn mit gutem Rechte als einen der Bannerträger einer neuen Zeit

erscheinen. Nur darin geht man irre, daß man ihn hier und da als Vorcopernicaner ausgibt; er kannte die Hypothese von der Erdbewegung und verwarf sie.

Von der Geschichte der Chemie ist im fünfzehnten Jahrhundert nur dann mehr zu berichten, wenn man auch auf die schon üppig wuchernde Alchymie (S. 65) näher eingehen will. Zwar soll älteren Erzählungen zufolge um die Mitte des Jahrhunderts ein gewisser Basilius Valentinus alle möglichen chemischen Entdeckungen gemacht und die Metallverwandlung sogar für ein Hirngespinnst erklärt haben. Die neuere Forschung mußte jedoch diesen Namen aus der Reihe der geschichtlich nachweisbaren Personen streichen.

9. Entdeckungszeitalter und Naturwissenschaft in Wechselbeziehung.

Ungefähr hundert Jahre entfallen auf das Zeitalter der großen überseeischen Entdeckungen. Man läßt es gewöhnlich mit der Organisation der portugiesischen Afrikafahrten durch den Infanten Heinrich den Seefahrer (1397—1460) seinen Anfang nehmen und mit der Magellanschen Erdumseglung seinen Abschluß finden. So erhalten wir die Jahre 1418, in welchem Kap Non, der Grenzpunkt griechischer Geographie, umsegelt ward, und 1522 als Grenzpfeiler. Auf die geographischen Leistungen dieser großen Periode kommt es uns hier natürlich nicht an; wohl aber haben wir uns zu vergegenwärtigen, daß ohne eine gewisse Anleihe bei naturwissenschaftlichen Disziplinen jene wagemutigen Projekte niemals hätten verwirklicht werden können, und daß auf der anderen Seite gerade das Naturwissen aus

jeder Erweiterung des geographischen Horizontes vielfältigen Nutzen ziehen mußte.

Schon Prinz Heinrich ging darauf aus, Astronomie und physische Geographie in den Dienst seiner weit aussehenden Unternehmungen zu stellen. Man strebte genauere Ortsbestimmungen an; man vervollkommnete die Schiffsbuffole; man studierte Wellen und Meeresströmungen, über welche letztere nach den ältesten Schifftagebüchern schon frühzeitig Erfahrungen gesammelt wurden. Gleichwohl kam man über sechzig Jahre lang nicht von der ängstlich dem Rande des Festlandes folgenden Küstenschiffahrt ab; größtentheils deshalb, weil auf dem Schiffe selbst die Bestimmung der geographischen Breite allzuwenig Sicherheit gewährte. Erst als um 1480 der junge Nürnberger Patrizier Martin Behaim (1459?—1507), der wahrscheinlich Regiomontans Unterricht genossen hatte, den Portugiesen die in Nürnberg gedruckten „Ephemerides“ dieses Meisters zugänglich gemacht hatte, welche eine weit genauere Vorausberechnung der Sonnenörter darboten, konnte man daran denken, über weite Meeresräume in möglichst gerader Linie (im Hauptkreisbogen) direkt hinwegzufegeln. So soll Behaim auch bald nachher die groß angelegte Fahrt des Diogo Cão als Pilot mitgemacht haben, welche die Auffindung der Kongomündung zur Folge hatte. Einige Jahre später führten ihn Familienangelegenheiten nach seiner Heimatstadt, und hier fertigte er 1492 jenen berühmten, noch heute ein Schaustück höchster Wertes darstellenden Erdglobus an, der keinen Vorgänger hatte. Himmelsgloben hatten schon das Altertum

und Mittelalter (S. 77) in größerer Anzahl hergestellt; arabische Globen befinden sich in verschiedenen Museen. Aber die einzige sogenannte künstliche Erdkugel aus griechischer Zeit, die des Krates Mallotes (2. Jahrhundert v. Chr.), hatte bloß ein stilisiertes Bild der drei Erdteile und des sie einschließenden Ozeanes zu geben versucht.

Die Portugiesen fuhren auf dem glücklich beschrittenen Wege eifrig fort. Bartholomäus Dias umsegelte 1486 das Kap der guten Hoffnung; Vasco Da Gama fand 1497 und 1498 den Seeweg nach Indien; Cabral entdeckte 1500 Brasilien. Man hatte die nautischen Methoden weiter ausgebildet und war auch bei den arabischen Befahrern der indischen Meere mit Nutzen in die Schule gegangen.

Inzwischen brütete in Portugal und Spanien ein phantasiereicher Italiener über einem Plane, Asiens Ostrand von Westen her zu erreichen. Geboren um 1445, hatte Cristoforo Colombo aus Genua — als Spanier Cristoval Colón, latinisiert Columbus — sich Jahre hindurch kosmographischen Studien hingegeben und aus Marco Polo (S. 15), Gena Silvio (S. 89), D'Willy (S. 88) u. a. ein System konstruiert, dessen Richtigkeit er unentwegt gegen die ihm gemachten Einwände verteidigte, indem er in anerkannter Weise aus der Kugelgestalt der Erde richtige Konsequenzen zu ziehen wußte. Auch kam ihm ein von dem Astronomen Paolo Toscanelli in Florenz an den König Portugals gerichteter, den gleichen Gedanken entwickelndes Schreiben zugute. Doch vermochten seine Anregungen in Lissabon nicht durchzudringen, und so wandte er sich nach Spa-

nien, wo er nach langen Kämpfen endlich Gehör fand. Im Jahre 1492 entdeckte er die Westindischen Inseln, in denen er aber bis zu seinem Lebensende (1508) nur eine China oder Japan vorgelagerte Inselwelt erblickte. Drei weitere Reisen gestalteten unsere Kenntnis von dem neuen Erdteile aus, dem der elsässische Schullehrer Martin Waldseemüller (*Hylacomylus*) den Namen Amerika beilegte, weil er des Columbus Verdienst irrigerweise auf dessen astronomischen Begleiter Amerigo Vespucci aus Florenz übertrug. Letzterer führte, die Tafeln Regiomontans verwertend, 1499 in Venezuela eine Längenbestimmung durch Mondabstände aus, deren Schärfe freilich noch sehr viel zu wünschen übrig ließ.

Columbus hatte, solange ihm nicht mystisch-phantastische Vorstellungen den klaren Blick trübten, ein gutes Auge für naturwissenschaftliche Dinge. Er äußerte sich klar über klimatische Fragen, erklärte richtig die Antillen als Überrest eines zerstörten Festlandes und stellte während seiner Reise die magnetische Mißweisung fest; sein Verdienst trübt nicht der Umstand, daß, wie A. Wolfenbauer nachwies, schon früher im fünfzehnten Jahrhundert Kompassse mit Berücksichtigung dieser Ablenkung bekannt waren. Die sonst als „Conquistadores“ herübergekommenen Spanier blieben Fragen gegenüber, die auf Gelderwerb keinen unmittelbaren Bezug hatten, sehr gleichgültig, ob schon ihnen natürlich die neuen Formen von Tieren und Gewächsen, wie noch selbstverständlicher auch von Menschen nicht entgehen konnten. Es dauerte lange, bis der Jesuit D'Acosta in seiner „*Historia moral y natural de las Indias*“ (1590) ein wirklich treffendes

Naturbild der Neuen Welt zu zeichnen imstande war, dem N. von Humboldt vollkommenste Hochachtung zollte.

Die kühne, im Auftrage der Krone Spaniens (Karl V.) ausgeführte Expedition des Portugiesen Fernão Da Magalhães (Magellanus) war schon insofern bedeutungsvoll, als durch sie die Wahrheit, unsere Erde sei ein frei im Raume schwebender, geschlossener Körper, sich unwiderleglich mittels des Augenscheines erhärtete. Was man zuerst bei der Rückkehr gar nicht glauben konnte, daß man nämlich durch die Westfahrt einen vollen Tag verloren hatte, erwies sich bei näherem Zusehen als ein Axiom der mathematischen Geographie. Auch im übrigen hatte, wie das Schiffstagebuch des Piloten Pigafetta ausweist, diese dreijährige Seefahrt der Erd- und Navigationskunde viele Förderung gebracht.

10. Die heliozentrische Reform.

Die weitaus hervorragende, dem ganzen Zeitalter die sprechendste Signatur ausdrückende Errungenschaft des Jahrhunderts bestand ohne Zweifel darin, daß an die Stelle der bisherigen Weltanschauung, die sich den Erdball als Mittelpunkt des Kosmos vorstellte, eine neue trat, welche die Anordnung von Sonne und Erde vertauschte. Wiederholt (S. 44 u. 71) ward darauf hingewiesen, daß die Notwendigkeit einer solchen Reform von den verschiedensten Seiten längst gefühlt worden war, allein eine allseitige Durcharbeitung des neuen Prinzips war noch nicht in Angriff genommen. Der Mann, der sich dieser Riesenaufgabe unterzog, lebte bereits, aber die Wissenschaft, die durch Peurbach und Regio-

montan (S. 92) eine neue Grundlage erhalten hatte, mußte noch einige Jahrzehnte nach der Konzeption des großen Gedankens warten, ehe er in allen Teilen durchgedacht und zur vollen Reife gediehen war.

Die verschiedensten Berufskreise hatten sich in jener Zeit der humanistischen Bewegung, so sehr dieselbe zunächst die philologische Bahn (S. 78) einschlug, von dem Bewußtsein durchdringen lassen, daß auch der Betrieb der reinen und angewandten Mathematik ihren Pflichten zum hohen Vorteile gereichen müsse. Vom fünfzehnten zum sechzehnten Jahrhundert ziehen sich die Arbeiten klarsiehender Künstler über die Begründung der als Zweig der Optik aufgefaßten Perspektive. Leo Alberti, Pomponius Gauricus, Lucas Paciolo und, als größter von ihnen, Albrecht Dürer (1473—1525) sind in diesem Sinne tätig gewesen. Vor allem aber ist ein Maler zu nennen, der vielleicht das größte Universalgenie war, das die Erde je hervorgebracht hat. Lionardo Da Vinci aus Florenz (1452—1519), von dem im nächsten Kapitel noch mehr zu sprechen sein wird, hat in seinem „Trattato di pittura“ seine Kunst in der geistvollsten Weise abgehandelt. Eben er war aber auch der Astronomie zugetan und beschäftigte sich mit einer uns hier ganz besonders interessierenden Aufgabe, wie nämlich gewisse Bahnen extratellurischer Körper von einer bewegten Erde aus erscheinen müßten. Er war mithin gewiß nicht abgeneigt, die Möglichkeit zuzugestehen, daß es sich so verhalten könne.

Für Astronomie und wissenschaftliche Erdkunde, welche beide Wissenschaften man dazumal fast stets unter einem

gemeinschaftlichen Gesichtspunkte betrachtete, war eine Anzahl von Wissenszentren besonders tätig. In Italien ragten Padua und Bologna mit Prosdocimo De' Beldomandi und Domenico Maria Da Novara hervor. Portugal hatte 1544 dem trefflichen Pedro Nunes (Nonius, 1492—1577) einen Lehrstuhl in Coimbra gegeben; hier bearbeitete er das schwierige Problem der kürzesten Dämmerung, lieferte der Nautik die erste Theorie der loxodromischen Schiffsfahrtskurve und erfand ein Verfahren zum genaueren Ablesen von Kreisteilungen, das allerdings mit dem Nonius von heute nur den Namen gemein hat. Weniger traten Frankreich und England hervor; immerhin bildete Paris nach wie vor einen geistigen Brennpunkt und zählte unter anderen zu seinen Bürgern den Arzt Jean Fernel, der 1528 eine neue, freilich auf etwas naiver Bemessung der Sachschwierigkeiten beruhende Gradmessung veranstaltete. Die fast mehr deutsche als polnische Universität Krakau rühmte sich eines ausgezeichneten Lehrers der Astronomie in Albert Brudzewski. Von deutschen Hochschulen ragten Wien und Ingolstadt hervor; hier wirkten Celtis, Stiborius, Collimitius, Bögelin, und dort in Bayern entzündete Peter Apian (1495—1552) einen Herd astronomischer Forschungsarbeit. Sein „Cosmographicus liber“ trug in einer Menge von Auflagen Verständnis für die Einrichtung des Weltgebäudes in die weitesten Kreise, und in seinem „Astronomicum Caesareum“ (1540) stellte er die in unseren Tagen zum Brüststein allermodernster Theorien gewordene Tatsache fest, daß die Kometenschweife sich regelmäßig von der Sonne ab-

lehren. Unter Peters Schülern war der bedeutendste sein Sohn Philipp Apian (1524—1589), der die jahrhundertlang nicht übertroffenen „Bayerischen Landtafeln“ auf Grund trigonometrischer Vermessung geschaffen hat. Wittenberg, das später so berühmte, ergänzte erst später auch in mathematisch-astronomischer Hinsicht sein sonst unbestrittenes Ansehen, aber es besaß seit 1520 in dem jungen Magister Philipp Melanchthon (1498—1560) eine Lehrkraft allerersten Ranges, die auch für Mathematik und Naturwissenschaft mit Wärme eintrat und, unterstützt von Martin Luther, die Professur der peripatetischen Physik durch eine „Lectio Pliniana“ verdrängte. War auch das Vorbild nicht allzu glücklich gewählt, so war doch eben einmal ein Lehrstuhl für Naturkunde bestellt, und daß man auch aus Plinius etwas machen konnte, ersieht man aus des Bayern Jakob Ziegler (Geburts- und Sterbedatum unbestimmt) trefflichem Kommentar zum zweiten Buche der „Naturgeschichte“ (1524).

Nicht bloß die hohen Schulen jedoch, auch manche Reichsstädte waren Zentren der uns hier angehenden Bildungsfächer. Neben Augsburg, wo Peutingen (S. 57), Bild u. a. wohnten, fällt gebieterisch Nürnberg in unser Auge, wo Walthar (S. 92) bis ins neue Jahrhundert herein die durch Regiomontan eingebürgerten Wissenschaften in Ehren hielt. Johann Werner (1468—1528) bereicherte die Erdkunde mit neuen Kartenprojektionen und gab das erste mehrjährige meteorologische Tagebuch heraus; Georg Hartmann (1489 bis 1504) entdeckte die magnetische Inklination; Wilibald Pirckheymer (1470—1530) veranstaltete eine

sachlichen und sprachlichen Anforderungen gerecht werdende Bearbeitung der ptolemäischen Geographie; hier endlich tat Johann Schoener (nicht Schoner; 1477 bis 1547) das Mögliche, um durch Bücher und Erdgloben, die er fast fabrikmäßig lieferte, die neuen geographischen Errungenschaften dem Publikum zugänglich zu machen. Und so ließe sich gar manches noch anführen, um darzutun, wie der Boden für die große sich anbahnende kosmologische Neuerung vorbereitet werde.

Diese selbst ist das Werk des Frauenburger Domherrn Nikolaus Koppelnigk (1473—1543 s. Tafel IV), der seinen Namen selbst in Copernicus unlatinisierte und somit auch nicht anders geschrieben werden sollte. Teils in Krakau, wohin er als geborener Thorner zuerst zog, teils auf italienischen Universitäten eignete er sich die umfassende wissenschaftliche Bildung an, die ihn zur Begründung des seinen Namen tragenden Weltsystems befähigte. Nicht etwa philosophische Erwägungen bildeten die Triebfeder seiner vierzigjährigen, stets dem gleichen Ziele zugewandten Arbeit, sondern einzig der Wunsch, astronomische Beobachtung und Berechnung in vollen Einklang zu bringen, sowie dies bereits König Alfons (S. 71) sehnlichstvoll erstrebt hatte. Obwohl er auch selbst mit sehr einfachen Instrumenten den Planetenlauf verfolgte, lag doch der Schwerpunkt seines Tuns auf dem mathematischen Gebiete. Nur wenige Andeutungen über das, was er gefunden, gingen bei Lebzeiten aus seiner eigenen Feder hervor; ihm lag es daran, in einem abschließenden Werke, „*Revoluciones orbium coelestium*“ genannt, die Summe seiner Lebenstätig-

keit zu ziehen. Als dasselbe endlich aus der Nürnberger Druckerei in die Hände seines Verfassers gelangt war, lag er bereits auf dem Sterbebette. Indessen hatte der Wittenberger Professor Joachim Rheticus (1514 bis 1576), der sich in Frauenburg des persönlichen Umganges des Meisters erfreuen durfte, schon zuvor einen die wichtigsten Tatsachen der neuen Lehre darstellenden Auszug an die Öffentlichkeit gebracht.

Copernicus wies nach, daß die Erklärung aller Rätsel der Planetenbewegung eine ganz unverhältnismäßig einfachere werde, wenn man nur den Mond der Erde als Satelliten belasse, im übrigen aber die Ptolemäische Weltordnung durch einfachen Umtausch von Sonne und Erde verändere und letzterer zugleich eine vierundzwanzigstündige Achsendrehung beilege. Strenge Beweise, daß es sich so verhalten müsse, war die damalige Wissenschaft zu geben nicht befähigt, und mit gutem Grunde läßt es deshalb der klarblickende Mann auch bei Wahrscheinlichkeitsgründen bewenden. Auch ist es nicht richtig, daß er sofort endgültig mit den Exzentern und Epizykeln (S. 48) seines Vorgängers aufgeräumt habe; vielmehr behielt er von diesen Hilfsvorstellungen genug bei, um die angestrebte Konkordanz zwischen Beobachtung und Kalkül zu erreichen und wirklich brauchbare Tafeln zu ermöglichen. Solche — die „Prutenischen Tafeln“ — brachte denn auch schon 1549 Erasmus Reinhold (1511—1553), der Wittenberger Kollege des Rheticus, zustande.

Eine allseitig freudige Aufnahme der neuen Lehre stand aber desungeachtet noch in weitem Felde. Und

zwar beruht es auf völliger Verkennung der Verhältnisse, wenn man für die Langsamkeit, mit welcher die copernicanische Reform durchdrang, die kirchliche Opposition allein verantwortlich machen will. Die katholische Kirche verhielt sich vielmehr längere Zeit ganz neutral; von den Protestanten äußerte sich zwar zunächst Melancthon (S. 100), den biblische und noch mehr anthropozentrische Beweggründe leiteten, in scharf gegnerischem Sinne, doch auch er schränkte in Bälde seinen Widerspruch einigermaßen ein. Erst ziemlich viel später wurde die Gegnerschaft aller drei Glaubensbekenntnisse, nicht zuletzt des reformierten, eine heftigere. Viel wichtiger war der Umstand, daß der große neue Gedanke auch den Fachmännern lange zu schwer war, daß letztere viel zu sehr mit anderen Aufgaben zu tun hatten, und daß ein wirklich hervorragender Astronom seine Autorität gegen Copernicus in die Waagschale warf.

In Fachkreisen hielt man es nicht eben ohne Ursache für die allerdringlichste Aufgabe, die praktische Himmelsbeobachtung zu vervollkommen. In diesem Sinne leistete Bedeutendes Landgraf Wilhelm IV. von Hessen-Kassel (1532—1592), der in seiner Residenz eine musterzüglich eingerichtete Sternwarte, die erste mit Drehkuppel, erbaute und zu seiner Unterstützung zwei treffliche Assistenten berief, nämlich den Astronomen Christoph Rothmann (Lebensdaten nicht festzustellen), dem man die früheste Wahrnehmung des Jodafalllichtes verdankt, und den aus Toggenburg stammenden Mechaniker Justus Bürgi (1552—1632), der ohne Zweifel die erste Pendeluhr konstruiert hat. Kassels stilles Ver-

dienst mußte jedoch in den Hintergrund treten neben dem ebenfalls hochbedeutsamen und dazu auch geräuschvoll sich geltendmachenden dänischen Uranienborg (auf einer Sundinsel), wo Tycho Brahe (1546—1601; die Schreibart De Brahe ist sinnlos) der ausübenden Sternkunde einen prachtvollen Tempel errichtet hatte.

Man wird ungeschweht behaupten dürfen, daß Brahe die astronomische Beobachtungskunst bis zu dem Grade der Vollkommenheit erhoben hat, der vor Erfindung des Fernrohres überhaupt im Bereiche der Möglichkeit gelegen war. Er gab neue Instrumente und Messungsmethoden an (s. Tafel V), erfand eine in ihrer Art sehr leistungsfähige und jener des Nonius (S. 99) entschieden überlegene Limbtheilung für Quadranten und Sextanten, verfeinerte die Präzisionsbestimmungen in jeder Art und trug auch für korrekte meteorologische Aufzeichnungen Sorge, ohne sich dabei durch astrometeorologische Phantasmagorien (S. 22) irgendwie beirren zu lassen. Vielen Ruhm erntete er durch seine Ortsbestimmung des neuen, 1572 in der Kassiopeja erschienenen Sternes, von dem er zeigte, daß er der Parallaxe entbehre und folglich ungeheuer weit von der Erde entfernt sein müsse. Mit dem Hofe in Kopenhagen überworfen, ging Brahe nach Prag, wo ihn Kaiser Rudolf II. zum kaiserlichen Astronomen ernannte, wo ihm aber leider ausgiebigeres Wirken nicht mehr vergönnt war. In diese seine letzte Lebensperiode fällt die Begründung eines neuen Weltsystems, des sogenannten Tychonischen, das er, persönlich ein warmer Bewunderer des Copernicicus, dessen Systeme entgegenzustellen sich verpflichtet erachtete.

Vielleicht im Hinblick auf das Aegyptische System (S. 56) legte sich Brahe die Dinge folgendermaßen zu recht. Im Weltzentrum steht die Erde, der Mond und Sonne — in dieser Reihenfolge — als Begleiter zugeordnet sind, während Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn ihrerseits wieder Planeten zweiten Ranges sein und zunächst um die Sonne, mit dieser aber wieder um die Erde kreisen sollten. Letztere erhielt auch in bezug auf die tägliche Bewegung ihre volle Stabilität zurück. Man geht fehl, wenn man in dieser Hypothese lediglich eine Schrulle erkennen will. Für jene Zeit hatte sie manches für sich und wurde von angesehenen Astronomen verteidigt, die allerdings zum Teile, wie es von Keimer Ursus, Christian Vjongberg (Vongomontanus) und anderen geschah, die Rotationsbewegung wieder in ihr Recht einsetzten. So hielt sich das Tychonische System bis tief ins siebzehnte, ja sogar stellenweise bis ins achtzehnte Jahrhundert hinein. Der letzte erwähnenswerte Anticopernicaner war, und zwar bis in das höchste Greisenalter hinein, der als Verfasser populär-astronomischer Schriften geschätzte Bernard De Fontenelle (1657—1757). Daß schließlich die heliozentrische Weltanschauung doch obsiegte, ward hauptsächlich dem großen Denker verdankt, zu dessen Lebenszeit wir nunmehr fortgeschritten sind.

Johannes Kepler (1571—1630) aus Weil der Stadt in Schwaben erfreute sich als Tübinger Student des Glückes, in Michael Mästlin (1550—1631) einen ausgezeichneten Lehrer der mathematischen Disziplinen zu besitzen. Als Jüngling noch hatte dieser zu der um-

fänglichen Literatur über den Stern von 1572 ein Schriftchen beigeuert, welches Brahe mit hohem Lobe bedachte, und so stand er denn auch dem Neuerer Copernicus, wenn ihm auch äußere Rücksichten eine gewisse Zurückhaltung auferlegten, durchaus nicht feindlich gegenüber. Der junge Kepler ward schon 1594 Professor in Graz, von wo er sechs Jahre später als Hilfsarbeiter Tycho's nach Prag berufen wurde. Ein Jahrzehnt lang wirkte er erfolgreich in der ihm 1601 übertragenen Stellung des „Hofmathematikus“, allein später zwangen ihn widrige Umstände einen mehrfachen Ortswechsel auf, und in Linz, Regensburg, Ulm, Sagan — nirgends gelang es ihm, eine dauernde und seiner würdige Amtsstellung zu erreichen. Als er mit neunundfünfzig Jahren in Regensburg verstarb, war er freilich nicht, wie man mit ungeheuerlicher Übertreibung gesagt hat, dem Hungertode, wohl aber Sorgen und Bekümmernissen der schwersten Art erlegen.

Keplers Lebenszweck war, das Werk des Copernicus zu vollenden, und diesen hat er vollständig erfüllt gesehen. Ein schon 1596 unternommener Versuch, das Planetensystem in ein stereometrisches Gerüste von regelmäßigen Körpern einzuzwängen, mußte mißglücken, aber in zwei reiferen Werken seiner Mannesjahre („Astronomia nova de stella Martis“, 1609; „Harmonice Mundi“, 1619) stellte er die drei „Keplerschen Gesetze“ der Planetenbewegung auf, welche nun wirklich das geometrische Rüstzeug des Ptolemaios (S. 48) entbehrlich machten. Chronologisch geordnet, sind es die folgenden: Der von der Sonne nach dem Wandelsterne ge-

309
Flä
lipf
die
verf
Sor
dies
über
neu
Daß
lang
beze
mal
höch
zu f
war
Una
Mer
der

fini
lobte
hund
Cum
mach
Der
gend
An
gisch
158

zogene Fahrstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume; alle Planeten bewegen sich in einer Ellipse, deren einen Brennpunkt die Sonne einnimmt; die Quadrate der Umlaufzeiten irgend zweier Planeten verhalten sich zueinander, wie die Kuben ihrer mittleren Sonnendistanzen. In strengem Sinne beweisbar waren diese Wahrheiten vor dreihundert Jahren noch nicht; über ein halbes Jahrhundert mußte vergehen, ehe die neue Mechanik einen Beweis nachzuliefern vermochte. Daß Kepler gleichwohl dieser tiefe Einblick in das Geheime hatte, beruht auf der Tatsache, daß wohl niemals vor- und nachher kühnster Flug der Phantasie und höchste Virtuosität im Zahlenrechnen in einem Menschen zu so inniger Vereinigung und Durchdringung gediehen waren. Er war es auch, der zuerst die in gegenseitiger Unabhängigkeit von dem schottischen Lord Napier of Merchiston und Bürgi (S.103) erfundenen Logarithmen der astronomischen Rechnungspraxis dienstbar machte.

So mußten denn auch seine 1627 gedruckten Rudolfinischen Tafeln ein Werk werden, das seinen Meister lobte. Die späteren Tafelwerke des siebzehnten Jahrhunderts — Philipp van Laensbergh 1632, Maria Cunitia 1664 — entbehrten nicht eigener Vorzüge, machten aber doch Keplers Leistung nicht überflüssig. Der unermüdliche Mann war indessen, wie das folgende Kapitel darzulegen hat, auch sonst überaus rührig. An dieser Stelle berührt uns vor allem, daß er energisch die Vorteile jener Kalenderreform vertrat, welche 1582 Papst Gregor XIII. durch seine beiden Sach-

verständigen Christoph Clavius (Klau aus Bamberg, 1537—1612) und Luigi Lilio (gest. 1577 noch vor Promulgation der Bulle) hatte in Szene setzen lassen. Und auch die physische Astronomie hat Keplers zu gedenken. Es sei nur an seine letzte, erst von seinem Sohne Ludwig herausgegebene und neuestens von L. Günther in ihrer Wichtigkeit für die Selenographie gewürdigte Schrift „Somnium astronomicum“ erinnert. In dieser „Träumerei“ versteht sich der Autor an die Stelle eines Mondbewohners und läßt diesen mitteilen, was er von der Erde — hier „Volva“ genannt — alles weiß. Unsere farbigen Abbildungen (Tafel I u. II) führen uns ohne viele erklärende Worte mitten in diesen höchst merkwürdigen Anschauungskreis ein.

Von der Beschaffenheit der Weltkörper wußte man um 1600 noch so gut wie nichts (S. 46). Erst als, wovon später, 1608 das Fernrohr erfunden und gleich nachher von Kepler beträchtlich verbessert worden war, konnte an das Studium der Oberflächen der näheren Gestirne herangetreten werden. Der Mann jedoch, der dieses Studium sofort mit dem größten Eifer betrieb, war ein etwas älterer Zeitgenosse des deutschen Astronomen. Wir werden uns mit Galileo Galilei (1564 bis 1642) aus Florenz später noch mehr zu beschäftigen haben, denn sein bedeutendster Ruhmestitel liegt auf einem anderen Gebiete. Doch war es natürlich nichts Gleichgültiges, daß er schon 1610 seinen „Sidereus nuncius“ herausgab und in ihm eine Fülle von Merkwürdigkeiten beschrieb, welche das neue Instrument ihm gezeigt hatte. Der Mond hat Berge, deren

relative Höhe meßbar ist; Sternnebel lassen sich in Aggregate von Einzelsternen auflösen; Jupiter wird von vier Monden, den „Medizeischen Sternen“, umkreist; Venus und Merkur weisen ähnliche Phasen wie der Mond auf. Vorab diese beiden letzten Wahrnehmungen erscheinen Vielen äußerst wertvoll als vermeintliche Bestätigungen der copernicanischen Weltordnung. Was die Jupitertrabanten anlangt, so wurde deren Auffindung streitig gemacht von dem Ansbacher Hofastronomen Simon Marius (Mayr; 1570—1624), der als Entdecker des Andromeda-Nebels gezeigt hat, daß er das Fernrohr wohl zu handhaben verstand. Klugs neuere Nachforschung spricht jedoch für Galilei und gegen Marius.

Auch die Sonne mußte natürlich die Gelehrten mächtig anziehen. Wer zu allererst die Sonnenflecke erspäht hat, ist eine Streitfrage; außer Galilei selbst kommen noch in Betracht Johann Fabricius, Thomas Harriot und Christoph Scheiner. Dieser letztere (1575—1650) hat sich jedenfalls von allen Zeitgenossen um die Sonnenphysik das größte Verdienst erworben durch seine noch heutigestages wertvolle „Rosa Ursina“ (1630), worin er die Existenz der Fleckeln feststellte und die Eigenbewegung der Flecke für wahrscheinlich erklärte. Prioritätsstreitigkeiten entspannen sich sofort zwischen Galilei und Scheiner, und keiner der beiden Gegner hat sich bei diesen der Würde der Wissenschaft gemäß verhalten. Da der zweitgenannte der einflußreichen Gesellschaft den Jesuiten angehörte, geriet auch sein Widersacher in eine unfreundliche Stellung zu dem Orden, und man darf annehmen, daß sein trauriges Geschick, von dem sofort

die Rede sein muß, hierdurch noch weit mehr als durch Zwistigkeiten mit der Kirchenlehre selbst bedingt worden ist.

Als überzeugter Copernicaner ließ Galilei, obgleich ihm wohl bewußt war, daß kirchliche Eiferer längst schon ihm wegen seines Freimuthes zürnten, 1632 eine von tiefem Nachdenken ausgebreiteter Gelehrsamkeit und glänzendem Stile gleichmäßig Zeugnis ablegende Schrift „Dialog über die beiden wichtigsten Weltssysteme“ erscheinen. Papst Urban VIII., bis dahin dem berühmten Manne freundlich gesinnt, ließ sich durch üble Nachreden, als sei er selbst im Dialoge — der eigentlich ein Trialog ist — verspottet worden, gegen dessen Verfasser einnehmen, und so kam der berühmte Inquisitionsprozeß zustande, der am 22. Juni des genannten Jahres damit endete, daß der Angeklagte „die kezerische und philosophisch absurde Lehre von der Bewegung der Erde“ förmlich abschwören mußte. Daß er halblaut gerufen habe, „und sie bewegt sich doch“, ist natürlich eine geschichtliche Fabel. Unwahr ist auch die nicht selten gedruckt zu lesende Angabe, Galilei sei körperlich mißhandelt worden. Verhältnismäßig war seine Behandlung sogar eine sehr milde; muß man sich doch daran erinnern, daß 1600 der Philosoph Giordano Bruno, der unter anderem ganz nach Art des Cusanus (S. 91) eine Vielheit der Welten behauptet hatte, in Rom hatte den Scheiterhaufen besteigen müssen. Aber ein verwerflicher moralischer Justizmord ist jene Verurteilung auf alle Fälle gewesen, und ganz ließ die Inquisitionsbehörde den ihr Verdächtigen nicht mehr aus ihren Händen. Er verbrachte den Rest seiner Tage in halber Haft auf seinem

Gütchen Arcetri bei Florenz, wo er unentwegt weiterarbeitete und sogar 1638, bereits halb blind, noch die Libration des Mondes entdeckte. Seine zahlreichen Schüler wird das nächste Kapitel zu berücksichtigen haben.

Kepler und Galilei waren bei aller Verschiedenheit des Charakters doch verwandte Naturen, und ihr Briefwechsel ist höchst belehrend. Eine bemerkenswerte Parallele kann auch in ihren Schicksalen darin gefunden werden, daß der Deutsche mit der protestantischen Orthodoxie seines württembergischen Vaterlandes, für die er nur ein „Schwindelhirnlin“ war, ebenfalls Kämpfe auszufechten hatte. Beiden großen Männern ist die Nachwelt gerecht geworden. Noch wertvoller als die ihnen gesetzten Monumente erscheinen die musterhaften Gesamtausgaben ihrer sämtlichen Werke, die bezüglich von C. Frisch (1810—1876) und A. Favaro (geb. 1846) veranstaltet worden sind.

11. Physikalische und chemische Fortschritte.

Die Physik, die bislang ein Anhängsel bald der Mathematik und bald der Naturphilosophie bildete, hat in dieser Zeit, die uns jetzt beschäftigt, ihre entscheidende Entwicklung durchgemacht. Man wird sagen dürfen, daß das siebzehnte Säkulum die Selbständigkeit dieses Teiles der Naturwissenschaft zur Tatsache werden sah. Aus einer formal-dialektischen (S. 33) wird sie eine real-experimentelle Disziplin mit stets sich verstärkendem mathematischen Einschlage. In den späteren Jahrzehnten sind Universitätsvorlesungen über Experimentalphysik vielenorts zu einer ständigen Einrichtung geworden,

und daneben beginnt auch die Chemie von der allzu engen Beziehung zu Medizin und Pharmazie sich loszulösen, die nachgerade als Fessel empfunden werden mußte.

Unter den Teilen der Physik stehe die Mechanik der festen Körper wieder obenan. Hätte die Welt von den flüchtig hingeworfenen und erst gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts, ja in Vollständigkeit erst in unseren Tagen ans Licht getretenen Konzepten des Leonardo Da Vinci (S. 98) eher Kenntniss erhalten, dann wäre vielleicht eine raschere Entwicklung eingetreten. Denn er war sich des Gegensatzes zwischen translatorischer und oszillatorischer Bewegung voll bewußt; er erfaßte klar das Wesen des statischen Momentes, durch dessen Anwendung er das Gleichgewicht am schiefen Hebel erläuterte; er kannte genau das Parallelogramm der Kräfte, das ihm zur Bestimmung der Gleichgewichtsbedingungen auf der schiefen Ebene dienen mußte. Zahllos sind die von ihm hinterlassenen Entwürfe zu den kühnsten Mechanismen, wie z. B. zu Flugmaschinen. Allein mit dem genialen Erfinder wurden auch seine sämtlichen Ideen begraben.

Sonst ging das sechzehnte Jahrhundert nur wenig über die elementare Statik hinaus. F. Commandino, Luca Valerio, J. C. De la Faille, F. Maurolico (1494 bis 1575) führten mehr oder minder erfolgreich das Problem der Schwerpunktbestimmung weiter, und des Jesuiten Paul Guldin Schwerpunktheorem (1641) gab eine fruchtbare Methode für Quadraturen und Kubaturen an die Hand. Der Marchese Guidobaldo Del Monte (1545—1607) schrieb eine gelehrte Monogra-

phi
die
Ges
wie
träg
kom
wol
unf
ben
Wei
unf
der
fun
und
med
zeiti
schon
Defi
Jah
reich
spät
lehre
rung
an,
als
nif
lang
von
gele

phie der Wasserfchraube und formulierte zutreffend (S. 31) die elementare Fassung des Prinzipes der virtuellen Geschwindigkeiten. Den Namen des ebenso geistvollen wie phantastischen Geronimo Cardano (1501—1576) trägt die bekannte, für Schiffs Lampen und Schiffskompassse hervorragend geeignete Aufhängung, die aber wohl schon älteren Datums und von ihm nur, der unschönen Zeitsitte gemäß, ohne nähere Angabe beschrieben worden ist („De subtilitate“, Nürnberg 1550). Weit aus der selbständigste Statiker des Zeitalters war unstreitig Simon Stevin aus Brügge (1548—1620), der sich zuerst des anscheinend so nahe liegenden Ausfunksmittels bediente, Kräfte durch Strecken darzustellen, und dem so mühelos die Behandlung der einfachen mechanischen Potenzen (S. 36) gelang. Ungefähr gleichzeitig gab Giambattista Benedetti (1530—1590), die schon lange nur der begrifflichen Fixierung harrende Definition des statischen Momentes. Im siebzehnten Jahrhundert begnügte man sich wesentlich mit dem Erreichten, und in allen Lehrbüchern, selbst noch in viel späterer Zeit, wurde an die Spitze der Gleichgewichtslehre das Hebelgesetz gestellt. Eine methodische Verbesserung bahnte weit später Pierre Varignon (1654—1722) an, indem er seit 1687 das Parallelogramm der Kräfte als die rationellste Grundlage dieses Teiles der Mechanik mit Konsequenz zur Geltung brachte.

Wie unreif die dynamischen Grundvorstellungen lange waren, bekunden augenfällig die Spekulationen von Rivius und Santbach über die Wurfsurve. Der gelehrte Niccolò Tartaglia (1501—1559) ließ zwar

auch deren geometrische Natur aus dem Spiele, behauptete aber trotzdem mit Fug, daß einem Elevationswinkel von 45 Grad das Maximum der Wurfweite entspreche. Umso intensiver konnte die Reformarbeit Galileis (S. 108) einsetzen, der sich auf diesem Gebiete unsterblichen Ruhm errang. Man hat es wiederholt so dargestellt, als seien ihm seine Neuerungen sozusagen in den Schoß gefallen. Aus seinen durch Favaro (S. 111) veröffentlichten literarischen Jugendversuchen ersehen wir jedoch, daß der angehende Pisaner Professor nicht etwa mit Unlust über Aristoteles und Ptolemaios vortrug, sondern daß er sich nur langsam und mit einer gewissen Selbstüberwindung den sich ihm aufdrängenden grundstürzenden Anschauungen hingab. Doch war er schon 1588, den „*Sermones de motu gravium*“ zufolge, mit den wichtigsten Wahrheiten im reinen; ihm, der schon als Student an einer Kirchenlampe den Isochronismus der Pendelschwingungen bei kleinen Ausschlägen erkannt hatte, war nun auch im Besitze der Grundgesetze des senkrechten und freien Falles, und direkte Fallversuche hatten ihn zugleich von der Unrichtigkeit der aristotelischen Doktrin überzeugt, daß die Fallzeit vom Gewichte des fallenden Körpers bedingt werde. Daß aber diese Versuche am schiefen Turm zu Pisa angestellt worden seien, ist nach Favaro ganz ungewiß, obwohl Galileis Lieblings Schüler B. Viviani, auch sonst kein ganz zuverlässiger Zeuge, so berichtet. Die 1609 niedergeschriebene Abhandlung „*De' corpi gravi naturalmente mossi et de' projectti*“, worin die Wurfburve mit der Parabel identifiziert wird, blieb unpubliziert.

Das Grundbuch der neuen Mechanik sind die 1638 in Leiden gedruckten, von dem Dreiundsiebzigjährigen seiner Umgebung diktierten „Discorsi e Dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze“. Hier ist vereinigt, was der Riesengeist auf mechanischem Gebiete geschaffen hatte. Man findet eine eminent scharfsinnige Deduktion der Fall- und Pendelgesetze, die Grundtheoreme der Ballistik und der Lehre vom Stöße, daneben aber auch Hinweise auf stehende Wellen, eine Andeutung der Kettenlinie und den ersten sehr achtbaren Versuch einer Behandlung der Festigkeitslehre. Hiermit war der Grundstein gelegt zu einer neuen Abteilung der Naturlehre, zur Molekularphysik; Galileis nächster Nachfolger darin war Mariotte, wenn man nicht auch die verschiedenen Gelehrten dazu rechnen will, welche die Zerkbrechlichkeit der sogenannten Bologneser Flüssigkeiten untersuchten. Für das Bekanntwerden des trotz seiner schönen Diktion den wenig vorgebildeten Lesern nicht leicht verständlichen Werkes sorgte eifrig Marin Mersenne (1588—1648), selber ein tüchtiger akustischer Schriftsteller. Auch Galileis zahlreiche Schüler ließen es nicht an sich fehlen. Unter ihnen ist hier besonders G. Baliani zu nennen, der nach Wohlwills Urteile zuerst das Trägheitsgesetz, dessen strengen Ausdruck der Meister selbst zu geben versäumt hatte, in bestimmter Form aussprach.

Auch die Mechanik der tropfbaren Flüssigkeiten war inzwischen über das von Archimedes (S. 37) erreichte Niveau hinausgekommen. Der als Wasserbaumeister hierzu hervorragend berufene Stevin (S. 113) verfiel um

1587 auf sein hydrostatisches Paradoxon, d. h. auf die Lehrsätze, welche die Größe des auf Boden und Wände eines Gefäßes von ihrem flüssigen Inhalte ausgeübten Druckes angeben. Auch experimentell verifizierte er diese Wahrheiten durch ein Wägungsverfahren, das nachmals Blaise Pascal (1623—1662) noch bequemer und handlicher gestaltete. Auch Galilei hatte der Hydrostatik sein Augenmerk zugewandt, und in einer Jugendschrift „La Bilancetta“ behandelte er eingehend die Bestimmung des spezifischen Gewichtes. Sein „Discorso intorno alle cose che stanno in su aqua“ entwickelt im Geiste des Archimedes (S. 37), aber allgemeiner die Bedingungen für das Schwimmen und Schweben fester Körper in Flüssigkeiten. Zwei Schüler Galileis erwarben sich den Ruhm, die Begründer der Hydraulik und Hydrodynamik zu werden. Benedetto Castelli hat hierüber das erste Werk geschrieben („Della misura dell'acque correnti“, 1628), worin er die Abhängigkeit der Geschwindigkeit fließenden Wassers vom Querschnitte der Röhre richtig formulierte. Über ihn hinaus ging Evangelista Torricelli (1608—1647), dessen einschlägiges Buch („Trattato del moto dei gravi“, 1641) in dem Lehrsatz gipfelte: Die Ausflusgeschwindigkeit ist proportional der Höhe des Niveaus über der Ausflußöffnung. Was Frontinus (S. 52) geahnt hatte, war damit in feste Form gebracht. Auch wurde konstatiert, daß die Ausflußkurve eine Parabel ist.

Von Aeromechanik zu sprechen, war uns bei Aristoteles (S. 34) und Heron (S. 37) Veranlassung geboten. Allein die einfache Konsequenz, daß, wenn die Luft ein

materieller Körper ist, sie auch einen Druck ausüben muß, war noch nicht gezogen. Und Galilei selbst hatte es in diesem Punkte noch nicht zu begrifflicher Klarheit gebracht. Als ein Florentiner Brunnenmeister die Wahrnehmung machte, daß das Wasser im Rohre nicht höher als 32 Fuß stieg und hier unverrückt stehen blieb, erkannte jener sehr wohl, daß die bisher für die Saugpumpe gegebene, auf Aristoteles fußende Lehre, die Natur habe einen Abscheu vor dem leeren Raume („Horror vacui“), nichts besage, aber etwas Besseres an deren Stelle zu setzen, war auch er nicht vermögend. Da griff Torricelli helfend ein. Experimentell bewies er, daß für verschiedene Flüssigkeiten die Steighöhe gleichfalls verschieden war, und zwar umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Dichte. Eine bestimmte Flüssigkeitssäule hielt durch ihren Druck dem Luftdrucke, der sich somit sinnenfällig bemerkbar machte, das Gleichgewicht. Sogleich verfiel Torricelli auf den glücklichen Gedanken, ein Instrument zur Messung des Luftdruckes zu konstruieren, allein da ihn allzufrüh der Tod ereilte, so blieb die Ausführung seinem Freunde Viviani (S. 114) überlassen.

Wir wenden uns nunmehr der Optik des sechzehnten Jahrhunderts zu. Das Vorhergehende kam nicht sehr über Witelo hinaus (S. 82), dessen Werk zusammen mit demjenigen des Alhazen (S. 68) 1572 von Riesner in Basel herausgegeben wurde und zunächst noch als Summe des in diesem Teile der Naturlehre Bekannten galt. Einige Fortschritte brachten 1571 des Breslauer's J. Fleischer zutreffendere Analyse der im Regenbogen sich darstellenden Spiegelungs- und

Brechungsvorgänge und 1575 Maurolicus (S. 112) „Theoremata de lumine et umbra“, aus denen man lernen konnte, weshalb auch die teilweise verfinsterte Sonnenscheibe im Baumschatten nur runde Bilder ergibt. Auch eine erste, teilweise das Wahre treffende Erörterung der Linsenbilder findet sich vor. Viel Platz vergönnt der Lehre vom Lichte Giambattista Della Porta (1538—1615) in seiner „Magia naturalis“ von 1558 (resp. 1589). Darin ist die Camera obscura beschrieben und das Binokularsehen verständlich erklärt. Der Erfinder des Fernrohres, für den er gern angesehen worden wäre, ist Porta dagegen nicht; das Sehrohr wurde vielmehr nicht von einem Manne der Wissenschaft, sondern von einem in der praktischen Optik erfahrenen Gerwerbzmann um 1600 erfunden, und von den drei Konkurrenten Zacharias Jansen, Jakob Metius und Hans Lippershey dürften dem Letztgenannten die bestgegläubigten Zeugnisse zur Seite stehen; zwei von ihm hergestellte Exemplare sind aus dem Jahre 1608 bekannt. Dies war das einfache oder holländische Fernrohr, mit dem Galilei (S. 108) seine großen Erfolge erzielte, worauf dann Kepler durch Einfügung einer weiteren Linse das terrestrische Fernrohr konstruierte. Der Name Teleskop, den die Neuzeit niemals mehr für dioptrische, sondern mit Ausschließlichkeit für katoptrische Fernrohre angewendet wissen will, gebrauchte erstmalig 1618 G. Sirturus.

Auch auf diesem Arbeitsfelde bewährte sich Keplers scharfer Geist. Zusammen mit dem Baseler Mediziner Felix Plater und dem uns schon bekannten Scheiner (S. 109) mag man ihn den Begründer der physiolo-

gischen Optik nennen. Daß der Sehprozeß durch die Nervenverbindung der Licht perzipierenden Netzhaut mit dem Gehirne zustande kamen, sah er vollständig ein; in seiner originellen Sprache verlegte er in die Retina den „Sehgeist“. In zwei umfassenden optischen Schriften behandelte er die Wissenschaft nach seinen Eingebungen und gab unter anderem eine sehr brauchbare Vorrichtung zur Auffindung und Verifikation des Brechungsgesetzes an. Dieses selbst zu ermitteln, blieb ihm versagt; wohl aber fand er praktisch verwertbare Näherungen. Das Gesetz ward, ohne daß irgendein Plagiat inmitte lag, von Snellius und Cartesius entdeckt, wiewohl letzterer ihm die auch jetzt noch übliche Form erteilte: Dividiert man mit dem Sinus des Einfallswinkels in den Sinus des Refraktionswinkels, so erhält man für die nämlichen beiden Medien als Quotienten eine konstante Zahl, den Brechungsexponenten oder Brechungsindex.

Wenn wir nunmehr die Lehre von Magnetismus und Elektrizität in Angriff nehmen, so ist für das sechzehnte Jahrhundert nur sehr wenig zu berichten. Daß Hartmann der magnetischen Neigung auf die Spur gekommen war, wurde schon (S. 100) erzählt; ein zu Messungen brauchbares Inklinatorium war aber dem Navigator R. Norman (1580) zu schaffen vorbehalten. Für die Erzeugung künstlicher Magnete mittels der Streichmethode war Porta (S. 118) tätig. Wesentliche Fortschritte waren also nicht zu verzeichnen. Da brachte die Jahrhundertwende ein Werk von einschneidendster Bedeutung. Es erschien nämlich des Londoner Medi-

ziners William Gilbert (1540—1603) fundamentales Werk „De magnete, magneticisque corporibus et de magno magnete Tellure physiologia nova“ (London 1600). Darin ist zuerst der Begriff des Erdmagnetismus klar ausgesprochen; darin begegnet man der Wahrnehmung, daß unter Einwirkung des Riesennagneten Erde Eisenstäbe in gewisser Lage selbst zu Magneten werden; darin sind in rudimentärer Art Anker und Armatur angegeben. Auch der Elektrizität ist ein Abschnitt gewidmet, worin viel Neues steht, z. B. eine Tabelle aller der nach Vorbild des Bernsteins durch Reiben elektrisch zu machenden Körper. Daß Trockenheit die elektrischen Erscheinungen begünstigt, Feuchtigkeit ihnen hinderlich ist, weiß Gilbert wohl. In einem lange nach des Autors Tode (1651) an die Öffentlichkeit getretenen Werke wird die geomagnetische Kraft zu einer den ganzen Kosmos beherrschenden ausgedehnt. Man begreift, daß Gilbert durch diese Bereicherung des physikalischen Tatsächenschatzes ein beträchtliches Aufsehen erregte, und daß ihn der leicht erregbare, zur Anerkennung fremden Verdienstes stets bereite Kepler „zum Bewundern groß“ nannte.

So ist denn auch das ganze so inaugurierte Jahrhundert über den Anfang nicht besonders weit hinausgekommen. Ganz steht auf Gilberts Schultern A. Kircher (1601—1680) mit seinem „Magnes sive de arte magnetica opus tripartitum“ (1634). Natürlich blieb auch R. Descartes' (1597—1650) Zurückführung der magnetischen Anziehung auf Ätherwirbel ohne Einfluß auf die Entwicklung des Wissenszweiges; ja selbst die Florentiner

Experimentatoren versagten hier so ziemlich. Wohl aber enthält Niccolò Cabeos „Philosophia magnetica“ (1639) einige neue Beobachtungen über beide Naturkräfte. Ein zwar nur in beschränktem Maße der Anwendung fähiger, aber doch für die Vorgeschichte der elektrischen Telegraphie beachtenswerter Gedanke wird zu Anfang des Jahrhunderts von dem Franzosen Leurechon und dem Deutschen Schwenter, von letzterem mit nachstehenden Worten, ausgesprochen: „Wie zwei Personen einander mit dem Magnetzünglein etwas zu verstehen geben mögen.“ Auch Galilei machte einmal eine dahin zielende Andeutung, und Kircher sucht die Möglichkeit solchen Ferngesprächs noch weiter auszuführen. Auch darf, so wenig sie in jener Zeit noch fruchtbringend wirken konnte, Keplers Identifizierung von Magnetismus und allgemeiner Schwere nicht unerwähnt bleiben. Vom Sonnenzentrum gehen radial magnetische Strahlen aus, haften sich förmlich an den Planeten fest und zwingen diese, die Sonne als ihren gemeinsamen Bewegungsmittelpunkt anzuerkennen.

Jetzt ist die Zeit gekommen, zur Chemie überzugehen, von der freilich viel weniger als von der Physik zu sagen ist. Gleich am Eingange des Zeitraums steht allerdings ein Mann, dessen Ruf zwar lange unter übler Nachrede gelitten hat, der aber in der neuesten Zeit als eine Persönlichkeit von reformatorischen Eigenschaften allgemein anerkannt zu werden beginnt. Theophrastus Paracelsus von Hohenheim (1493—1541) war aus der schwäbischen Adelsfamilie der Bombaste oder richtiger Banbaste hervorgegangen, so daß sein Beiname Bombastus absolut nichts mit dem englischen

Worte „Bombast“ — rhetorischer Phrasenschwall — zu tun hat. Von Einsiedeln in der Schweiz leitet sich, als von seinem Geburtsorte, ein zweiter Beinamen Eremita her. Paracelsus hat jahrzehntelang ein unstatiges Wanderleben geführt, dabei aber eine Tätigkeit mit der Feder, auch unter den schwierigsten Verhältnissen, entfaltet, wie sie vielleicht einzig dasteht. Feinde machte er sich mehr als genug; teils durch eine ebenfalls kaum zu übertreffende Grobheit gegen Andersdenkende, teils aber auch aus dem sittlich höher einzuschätzenden Grunde, daß er antike und mittelalterliche Autoritäten fast durchweg verwirft und nur die Erfahrung als die Instanz gelten läßt, an die der Naturforscher und Arzt appellieren dürfe. Gewiß tat er in manchen Fällen sowohl dem Aristoteles (S. 28), Galenos (S. 50) und Avicenna (S. 66), als auch dem ihm an astronomischer Kunde zweifellos weit überlegenen Ptolemaios unrecht; gewiß hat sich seine Naturphilosophie mit der Zeit zum Mystizismus ausgewachsen und ihm wohlbegründete Gegnerschaft zugezogen. Allein sein Verdienst um eine rationelle Empirie bleibt nichtsdestoweniger immer ein großes, und treffliche Ideen versöhnen mit den mancherlei unschönen Eigenschaften dieses scharf akzentuierten Originalen. So z. B. wenn er vom Mediziner verlangt, er müsse „auch ein guter Kosmographus“ sein, um die geographischen Grundlagen der Krankheiten erforschen zu können. Bis ins siebzehnte Jahrhundert hinein tobte der Kampf der auf den Meister schwörenden Paracelsisten und der ihn als rohen Marktschreier verspottenden Antiparacelsisten; dann aber fiel er fast

ganz der Vergessenheit anheim. Die neueste Zeit hat uns, nachdem Locher, R. Wolf, Kerscheneiner, Schuberth u. a. der Gegenwart die Eigenart des genialen Schweizers zu entschleiern getrachtet hatten, die umfassenden, in großem Stile angelegten Forschungen von Karl Sudhoff (geb. 1854) gebracht, durch welche viele Nebel zerstreut und tiefe Einblicke in ein überaus merkwürdiges Geistesleben erreicht worden sind.

Paracelsus hatte sich chemische Kenntnisse und Fertigkeiten als junger Mann im Bergwerkslaboratorium der tirolischen Stadt Schwaz unter der Leitung S. Füngers angeeignet; auch die Schriften des vielgelehrten Abtes J. Tritheimius (1462—1516) gibt er an, mit Nutzen gelesen zu haben. Er erwuchs zum abgesetzten Feinde der Alchymie; nicht Gold, sondern Arzneien herzustellen sei die Aufgabe der Chemie. Über seine Art, die scheidekünstlerischen Prozesse vorzunehmen, gibt er bereitwillig Auskunft, und sein Biograph Neßhammer sagt mit Fug, seine Beschreibung führe uns ganz deutlich die Einrichtung einer chemischen Küche vor vierhundert Jahren vor Augen. Alambike (S. 65) und Reverberieröfen waren notwendige Requisiten (siehe Tafel VI), und als eine Spezialität erschienen die Dauerbrandöfen oder Athanare. Die Regelmäßigkeit der Erwärmung und Abkühlung verbürgten die Bäder, die nicht bloß Wasser, sondern auch Sand und Feilspäne als Material erheischten. Mörser, Reibschalen, Phiolen, Kolbengläser und Glasgefäße aller nur denkbaren Formen haben wir uns als zum Inventar des Laboratoriums gehörig vorzustellen. Von den Öfen

bekam jener, der die größte Hitze lange zu konservieren vermochte und besonders den Metallverwandlern unentbehrlich war, in der Folge den Namen „der faule Heinz“; so wird er noch in der Beschreibung des muster-gültig eingerichteten Altdorfer Universitätsinstitutes genannt, die um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts Moriz Hofmann publizierte. Paracelsus war vertraut mit den Operationen des Sublimierens, Destillierens, Kalzinierens und mit der Verwendung von Korrosivsubstanzen. Daß er der gewandteste praktische Chemiker seit dem Auftreten Gebers (S. 65) war, wird sich nicht bestreiten lassen. Auch die Wage setzte er mit großer Bestimmtheit in ihr Recht ein; sie galt ihm bei der Bestimmung der Metalle für ein weit sichereres Mittel als der Probierstein.

Als Theoretiker hatte er sich sein eigenes System gebildet. Zwar behält er die vier Elemente des Aristoteles (S. 30) bei, aber Urstoffe im strengsten Wortsinne sind sie nicht, sondern sie sind selbst wieder aus den drei Primordialekörpern Sulphur, Mercurius und Sal, die aber nicht ohne weiteres mit unserem Schwefel, Quecksilber und Salz für identisch erklärt werden dürfen, irgendwie zusammengesetzt. Holz, Eisen, Blei, Smaragd — kurz alles müßte sich in diese drei Grundbestandteile zerlegen lassen, wenn die menschliche Kunst dazu hinreichend wäre. Mag man über diese keineswegs willkürliche Grundansicht wie immer denken, jedenfalls hat er aus ihr heraus etwas zu leisten gewußt, und die Chemie von heute wandelt insofern noch ganz in seinen Pfaden, als sie den Begriff „Salz“ in einer den Sprachgebrauch ungemein verallgemeinernden Be-

deutung gelten läßt. Er studierte die Gasentwicklung als Begleiterscheinung gewisser Prozesse; er gab Mittel an zur Unterscheidung von Maun und Vitriol; ihm ist die Darstellung des bisher noch nicht als selbständiges Metall erkannten Zinks zu danken. In seinem Büchlein von der „Bergsucht“, das er dem Magistrate der von Bleiminen umgebenen kärntnerischen Stadt Villach zueignete, ist mit einer klaren Charakteristik der Bleivergiftung ein Grundstein zur wissenschaftlichen Toxikologie gelegt worden. Hier darf erwähnt werden, daß jenem fagenhaften Basilius Valentinus, dessen geschichtliche Existenz wir (S. 93) ableugnen mußten, genau dieselben Doktrinen und Erfindungen beigelegt werden, welche man bei Paracelsus wirklich findet. Übrigens befindet sich unter den zahlreichen ihm zugeschriebenen Schriften, an die eine umfangliche Literatur sich anknüpft, gar vieles, was die Kritik als zweifelhaft oder auch direkt als apokryph zu erklären genötigt war.

Ein diesem mutigen Bekämpfer der gelehrten Tradition vielfach ähnlicher Geist war J. B. van Helmont (1577—1644), der unter anderem das uns jetzt in Fleisch und Blut übergegangene, vorher fehlende Wort „Gas“ für elastische Flüssigkeiten geprägt und auch einen neuen von Luft verschiedenen Stoff dieser Art in der Kohlensäure, „Gas sylvestre“ genannt, aufgedeckt hat. Sein Grundsatz, daß der Scheidekünstler aus einer Verbindung nur die zuvor schon darin enthaltenen Substanzen isolieren könne, war hohedgetisch von großem Werte. Paracelsus und van Helmont sind die Väter der Zatrochemie, die neben pflanzlichen und vom Tiere

stammenden Heilmitteln vor allem Metallpräparate in die Pharmazie aufgenommen wissen wollte.

12. Die Erhebung der naturhistorischen Fächer zu selbständigen Wissenschaften.

Wenn erwähtermaßen schon die Chemie in einem vielfach vorteilhaften, einem Durchbringen zu autonomer Bedeutung aber doch immerhin nicht zuträglichen Abhängigkeitsverhältnis zur Medizin stand, so traf das in noch erhöhtem Grade für die ganze Naturhistorie zu. Nur langsam konnte dieses in geschichtlichen Entwicklungsverhältnissen begründete Band sich lösen. Wir dürfen uns demnach nicht wundern, wenn über Mineralogie (nebst Geologie), Botanik und Zoologie fürs erste noch nicht so viel mitzuteilen ist, wie dies in erster Linie für die am weitesten vorgeschrittene Astronomie und weiterhin auch für die Physik der Fall gewesen ist.

Der erste Mineraloge, dem dieses Epitheton ornans mit Fug und Recht zuzubilligen ist, war Georg Agricola von Chemnitz (1490—1555). Seine Bücher „De re metallica“ und „De natura fossilium“ lassen den Bürgermeister der damals noch kleinen sächsischen Stadt als einen sehenden und nachdenkenden Mann erkennen, der sich viel unter der Erde bewegt und die Bergwerke seines engeren Vaterlandes nach Kräften erforscht hat. Jenes Wort „Fossil“ entspricht übrigens nicht dem von der Gegenwart damit verknüpften Begriffe der Verfeinerungen, obwohl auch diese dazu gehörten, sondern vielmehr dem, was man dem Wortsinne nach sich zu denken hat: Fossil ist alles, was aus der Erde herausgegraben ist, Steine, Metalle und Einschlüsse. Diesen

eben berührten Gegensatz kennt auch Agricola; außerdem gibt es für ihn als Bestandteile der Erdkruste noch Erden und konkrete Säfte (z. B. Salz). Man kann diese Klassifikation wohl als eine von Avicenna (S. 66) vorgezeichnete betrachten, aber in den Händen eines erfahrenen Montanisten mußte sie gute Dienste tun. Von ihm haben wir auch die ersten sicheren Nachrichten über interne Erdbrände, wie sie in sächsischen Gruben wiederholt vorgekommen sind, und auf sie begründete er eine von der Wernerschen wenig abweichende Theorie des Vulkanismus. Die sogenannte Probiertkunst wird von Agricola und (1574) von L. Erker gelehrt, der die Kriterien ziemlich umständlich darlegt, mittels deren die Bestimmung der edlen und unedlen Metalle vor sich zu gehen hat.

Die Bedeutung der Kristalle für die Mineralienkunde ist um dieselbe Zeit erstmalig bemerkt worden. Der, dessen Scharfblick hier einen Triumph feierte, war einer der unterrichtetsten Gelehrten und einer der fleißigsten Sammler, die es je gegeben hat, Konrad Gesner aus Zürich (1516—1565). Seine Holzschnittsammlung feierte in den Schriften eines anderen, wenn schon nicht gleich hochstehenden Polyhistor, des Camerarius (1534—1598), eine Wiederauferstehung. Paracelsus (S. 121) hatte bereits auf die typische Gestalt gewisser Mineralien hingewiesen, und ein 1568 gedrucktes stereometrisches Werk des Nürnberger Silberschmiedes Wenzel Jamnitzer ist geradezu eine Modellsammlung der Kristallographie, freilich eine völlig unbewußte. Allein die Kristallwinkel kommen als eine bestimmende Größe nicht vor, ehe Gesner auf sie hinwies. Dies ist umso

höher zu veranschlagen, als noch der wirklich geniale Italiener Casalpini, Linnés „primus verus systematicus“, von einer immer wiederkehrenden Grundform der Mineralien nichts wissen wollte. An Gesner schlossen sich in der Hauptsache an Johannes Kenntmann und Voetius (De Boot). Man betrieb das Sammeln von anorganischen Naturkörpern mit Eifer und Erfolg, konnte aber zu anderen als rein äußerlichen Kennzeichen einstweilen nicht durchdringen.

Nicht eben viel rascher, als die mineralogisch-geologische Wissenszweige, hat sich die Botanik aus rohen Anfängen emporgearbeitet. Der im sechzehnten Jahrhundert noch fest das Heft in der Hand haltenden Humanistenkaste war es nicht recht verständlich, daß und warum man sich nicht mehr, wie früher, mit Plinius (S. 54) und Dioskurides (S. 49) zufrieden gab. Zimmerlin weisen die damals sich mehrenden, ein älteres Vorbild (S. 90) nachahmenden Kräuterbücher schon manchen Fortschritt auf, wiewohl nicht in der systematischen Anordnung ihres Stoffes. Otto Brunfels (gest. 1534), Hieronymus Bock (1494—1564), Tabernaemontanus und Leonhard Fuchs (1501—1566), einer der gelehrtesten Ärzte des Zeitalters, haben derartige Bilderwerke geliefert, die nach dem kompetenten Urteile von Sachs nicht unbedeutend sich zu ihrem Gunsten vom „Hortus sanitatis“ abheben. Durch diese oft sehr schön illustrierten Werke, die sich auch nicht mit den zahlreichen unter dem Namen „Signatura plantarum“ erschienenen Kompilationen in die nämliche Rubrik bringen lassen, wurde das Tatsachenwissen beträchtlich gemehrt, wobei

freilich die stets parallelgehenden Versuche einer philologischen Botanik, Analogien zwischen den bei den Alten genannten Gewächsen und den in Mitteleuropa nachgewiesenen auszumitteln, nicht immer auf ihre Rechnung kamen. Belehrend ist in dieser Beziehung der Nomenclator in der „Historia stirpium“ von Fuchs (1542). Die Okularbetrachtung zahlreicher Pflanzenindividuen in Natur und Abbildung führte notwendig auch zur Entdeckung gewisser Verwandtschaftsverhältnisse. Solche Betrachtungen finden wir in den sonst vorwiegend deskriptiven Werken eines P. Mattioli (1507—1577), R. Gesner (S. 127), R. Dodonäus (1517—1587), Ch. Clusius (De l'Écluse, 1526 bis 1609), M. Lobelius (P'Obel, 1538—1616) und vor allem des Kaspar Bauhin in Basel (1538—1616), dem bereits etwa 6000 Arten bekannt waren. Man schuf zur Hebung der Pflanzenkenntnis botanische Gärten an den Hochschulen, indem Italien mit bestem Beispiele voranging (Pisa 1545, Padua 1547, Bologna 1567). Es folgten Montpellier und Leiden, während Deutschland nur schüchterne Schritte machte. Zunächst gingen Heidelberg und das auch in der Chemie (S. 124) tonangebende Altdorf vor, dessen Pflanzengarten in der ersten Hälfte des sechzehnten Jahrhunderts den trefflichen Floristen L. Jungermann, Mitarbeiter an dem Prachtwerke „Hortus Eystettensis“ (Privatgarten der Bischöfe von Eichstätt), zum Direktor hatte. In Jugoldstadt erklärte die Kuratelbehörde besondere Gärten „zum Zügeln ausländischer Pflanzen“ noch um 1700 für überflüssig. Aber neben diesen Anlagen, die zunächst freilich

die Heranbildung der jungen Mediziner fördern sollten, machten sich bald auch die Herbarien getrockneter Pflanzen geltend, deren erstes der sonst wenig bekannte Luca Ghini anlegte. Felix Plater (S. 118) schildert uns, wie er sich ein solches nach den von Rondelet in Montpellier überkommenen Rezeptbüchern anfertigte. Auch die Kunst tat in Holzschnitt und Kupferstich das ihrige, der Anschauung zu Hilfe zu kommen. Anfänge des Naturselfdruckes lassen sich in den Schriften des vielseitigen Genauer Naturhistorikers Rentmann (S. 128) erkennen.

Auch hatte man, was übrigens schon Theophrast (S. 33) mußte, mehr und mehr die Einsicht gewonnen, daß der Pflanzencharakter auch mit der Höhe über dem Meere sich ändere. Schon 1495 hatte des Kardinals Bembo auf Autopsie beruhende Monographie „Aetna“ dargetan, daß der Besteiger dieses hohen Berges durch verschiedene vegetabilische Höhengürtel hindurchkomme. Seitdem waren wissenschaftliche Bergbesteigungen sowohl aus allgemein geographisch-touristischen als auch speziell aus botanischen Motiven immer mehr in Aufnahme gekommen; die Züricher Gesner und Josias Simler, die Berner Aretius und Ampelander schufen eine kleine Literatur dieser Art. Sehr angelegen ließ sich auch der obengenannte Clusius, so lange er Professor in Wien war, die Naturbeschaffenheit der Niederösterreichischen Alpen sein, und es ehrt ihn besonders, daß er auf die Begleitung des Hofmathematikers J. Fabricius drang, der — man wird die unbeholfene Sprechweise kaum anders interpretieren dürfen — Azimutwinkel zum Zwecke der Panoramenzeichnung zu messen hatte.

Eine ausgesprochene Etappe in der Entwicklung der beschreibenden Botanik bilden K. Bauhins Bücher, dem sein etwas älterer Bruder Johann vorangegangen war. Die natürliche Verwandtschaft tritt in ihre Rechte; eine klare Namengebung der Pflanzenteile wird geschaffen. Auch die Terminologie der Arten selbst wird so gefestigt, daß die bisher unausrottbare Anarchie in der Bezeichnung ihr Ende erreicht. Wenigstens gilt dies für einen großen Teil Mitteleuropas, während die Lösung der gleichen Aufgabe für Italien dem auch in der Mineralogie (S. 128) erfahrenen Systematiker Cäsalpinus (Andrea Cesalpino von Arezzo, 1519—1603) überlassen blieb. Sein Hauptwerk („De plantis libri XVI“, 1583) steht zwar noch ganz auf peripatetischem Boden, sucht aber doch schon morphologische Grundanschauungen, wie sie der Antike gebrachen, zu gewinnen und gesteht auch die Möglichkeit einer Metamorphose zu, indem etwa, was bei vielen Pflanzen Blüte ist, anderwärts als Palmkätzchen und dergleichen erscheint. Man habe bisher, meint er, Gewächse oft nach recht nebenfächlichen und äußerlichen Prinzipien, z. B. als Küchenkräuter, einander zugeordnet, ohne die Formenähnlichkeit zu beachten; Arten, Gattungen und Familien müßten vielmehr der Ausdruck einer gemeinsamen und beherrschenden „Idee“ sein. Die Fruktifikationsorgane werden in den Vordergrund gerückt, wenngleich für ganz niedere Formen eine Selbstzeugung nicht in Abrede gestellt wird. Cäsalpin bemerkt auch bereits, daß die Blattstellung von einem geometrischen Gesetze beherrscht werde, und sucht für die Pflanzenernährung mechanische Anhalts-

punkte herauszufinden, was freilich, da die Bedeutung der Blätter für jene Zeit noch transzendent war, nicht recht gelingen konnte. Alle diese löblichen Bestrebungen frankten aber daran, daß auf die Fundamentaltatsache der Sexualität der Pflanzen teils gar nicht, teils nicht genügend Rücksicht genommen ward und werden konnte. Wir wissen, daß den Alten diese Kenntnis nicht ganz und gar fehlte, und der Humanist Jovianus Pontanus läßt 1505 zwei, viele Stunden voneinander entfernte Dattelpalmen verschiedenen Geschlechtes ganz ebenso in Liebe zueinander erglühen, wie das bei Heinrich Heine für „Fichtenbaum und Palme“ zutrifft. Aber im besten Falle faßte man die Geschlechtsverschiedenheit, mit der sich Casalpini nicht einverstanden erklären konnte, rein äußerlich auf, sowie auch Männchen und Weibchen der Säugetiere, von den Geschlechtsorganen ganz abgesehen, einen abweichenden Habitus aufweisen. Doch schildert der mit ägyptischen Verhältnissen wohl vertraute Italiener Prospero Alpini 1592 die Bestäubung der Dattelpalme nach eigener Wahrnehmung. Tieferes Eindringen war erst dem folgenden Zeitalter vorbehalten.

Die Geschichte der Tierkunde bietet im sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert ein derjenigen der Pflanzenkunde vielfach verwandtes Bild dar. Am Eingange steht antiquarische Kommentierungslust; bald beginnt man zu eifrigem Sammeln und Klassifizieren überzugehen; zuletzt leitet das Vergrößerungsglas eine neue Aera ein. Wesentlich erweist sich allerdings ein der Schwesterwissenschaft fehlendes Moment, nämlich die weit innigere Verwandtschaft mit der Medizin. Für die

Botanik hat die Arzneimittellehre doch nur akzessorischen Wert, während die menschliche Anatomie und Physiologie dem Studium der Wirbeltiere überhaupt festen Halt verleihen. Diese Beziehung macht sich in jener frühen Zeit ganz besonders fühlbar, hat aber auch später ihre Bedeutung keineswegs eingebüßt, da doch ein Großteil der Anatomen auch eine zootomische Wirksamkeit entfaltet hat.

Gelehrte Erläuterungen zu den aus dem Altertum überkommenen tiergeschichtlichen Schriften lieferten Gyllius, Bongolinus, Furlanus; der große Sprachforscher Justus Scaliger gab 1619 das noch immer für die reichste Quelle der Kenntnis gehaltene Werk des Aristoteles (S. 32) heraus. Daneben jedoch ging die Heilkunde ihre eigenen Wege, indem sie zwar nicht im Geiste des Paracelsus (S. 121) alle an den Stagiriten, an Galenos und Avicenna gemahnenden Lehren mit Hohn und Spott überhäufte, sich aber doch wesentlich auf das verließ, was jener geniale Mann als die Quintessenz wirklicher Wissenschaft bezeichnet hatte: „Die Natur, die macht den Textum, der Arzt nur die Gloss über dasselbig Buch.“ Andrea Vesalis „Corporis humani fabrica“ ist für lange Jahre eine Art Bibel der Anatomen geworden; noch gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts bearbeitete Leveling in Ingolstadt nach diesem Vorbilde das Handbuch für seine eigenen Vorträge. Sein System ist auch heute noch so wenig aufgegeben, wie mancher seiner Kunstausdrücke. Michael Servet, der von Calvin auf den Scheiterhaufen gebrachte Spanier (1509—1553), zugleich als geographischer und antiastronomischer Schriftsteller unter dem

Pseudonym Villanovanus hochgeschätzt, entdeckte den kleinen Blutumlauf (zwischen Lunge und Herz), welche Ehre er mit R. Colombo (gest. 1559) in Padua teilte. G. Fabricius ab Aquapendente (1537–1619) behandelte wissenschaftlich die Embryologie und schuf Klarheit über das Spiel der Herzklappen. G. Cafferio (1561–1616) studierte die Sinnesorgane des Menschen und mehrerer Tiere. Auch für die Tierarzneikunde wurde in Neapel durch Ingressias (1510–1580) und Jafolini eine neue Grundlage gelegt. An den Anatomen Eustachio in Rom (gest. 1574) erinnert das allbekannte Wort „Tuba Eustachica“ für den Ohr und Mund verbindenden Kanal. Und Marcaurelio Severino (1580–1656) drang darauf, neben der Anatomie des Menschen auch die der Tiere in ihrer vollen Bedeutung für den Vergleich anzuerkennen.

Die deskriptive Arbeit sah in R. Geßner (S. 127) einen ihrer berufensten Vertreter, dessen „Historia animalium“ (1551–1558) für die Wirbeltiere ein maßgebendes Kompendium wurde, von der Einbeziehung des Menschen aber absah. Um dieselbe Zeit erschienen die klassifikatorischen Schriften von Belon, Salviani und Rondelet; dieser letztere hatte als Universitätslehrer in Montpellier (S. 130) die beste Gelegenheit, sich Kenntnisse von den Meerestieren anzueignen, und so gehört er denn auch zu den Choragen der Ichthyologie. Zwei mit Geßner nach Tendenz und Leistung nahe verwandte Naturhistoriker waren G. Wotton (1492–1555) und N. Aldrovandi (1522–1605), ein Schüler Rondelets. Ersterer hält sich zwar vorwiegend in den von der gräkorömischen Systematik gezogenen Grenzen, erkennt

aber, und zwar im Widerspruche zur Mehrzahl der zeitgenössischen Gelehrten, die Zoophyten als echte Tiere an. Ein richtiger Compendiograph, der bedenklich viel von der Manier des Plinius (S. 54) gelernt hatte, war der mit stupender Gelehrsamkeit geradezu überfüllte Aldrovandi, der in einem 1599 begonnenen und erst nach Jahrzehnten von den Herausgebern des Nachlasses zum Abschlusse gebrachten Riesenwerke zusammentrug, was er von Tieren nur irgendwo lesen konnte; er war nicht ohne Sinn für die Zusammengehörigkeit verwandter Formen, hielt sich aber sonst wesentlich an Außerlichkeiten. Auch Fabelwesen, wie die damals noch lange nicht aus der Wissenschaft verbannten Drachen, gewährte er Bürgerrecht in seiner Sammlung. Ein Schriftsteller ähnlichen Schlages war W. Johnston, dessen Werk, von anderen fortgesetzt, 1650 zu erscheinen begann und ungeheure Zeit bis zu seiner Vollendung erforderte. Dem gegenüber waren gute Spezialschriften, deren Verfasser sich auf ein engeres Thema zu beschränken und dieses dafür zu erschöpfen suchten, eine Seltenheit. Ruinos Pferdebuch von 1598 gehört in diese Klasse; dabei soll auch nicht vergessen werden, daß schon der große Dürer, im Anschluß an seine plastische Anatomie des menschlichen Körpers in seinem geometrischen Lehrbuche von 1524, auch eine solche des Pferdes geschrieben hatte.

Dem aus Europa zusammengeholt und dem aus den Werken des Altertums kennen gelernten zoologischen Materiale wuchs in dieser Zeit viel Neues aus dem Auslande hinzu. Jede Entdeckungsreise machte ja mit fremdartigen Tierbildern bekannt. Aus Rußland flossen

dem Westen wichtige Nachrichten zu durch den Polen Matthias von Niechow (1517) und den Österreicher Sigismund von Herberstein (1549); den Norden lehrte mit verständigerem Auge betrachten der gelehrte Schwede Olaus Magnus (1567), dessen Mitteilungen sich bequem aus den dickleibigen Büchern von Crantz (in späteren Auflagen) entnehmen ließen. Jetzt lernte man einsehen, weshalb Albertus Magnus (S. 86) bei seinen Angaben über Walfisch, Walroß, Seehund usw. alle antiken Berichte, als mit den von glaubwürdigen Ortskennern herrührenden Daten unvereinbar, ablehnen zu müssen geglaubt hatte. Nicht alle Märchen verschwanden natürlich auf einmal; man verstand z. B. den Namen Bielfraß (Fjällfras) nicht richtig zu deuten und bildete gemäß einer falschen Etymologie auf vielen Karten dieses Tier ab, wie es sich überfressen hat und nun, um die Entleerung herbeizuführen, sich zwischen zwei nahe aneinanderstehenden Bäumen hindurchzwängt. Clusius (S. 129—130) und Oviedo beschrieben amerikanische, die Deutschen Henning und Maregrav beschrieben afrikanische Tiere; Niederländisch-Indien fand seinen Spezialisten in De Bont (Bontius); über Persien orientierte Olearius und über Madagaskar der freilich bloß auf Vesefrüchte angewiesene Megiser. Auch gelehrte Studien über die biblische Tierwelt lagen dem theologisch gefärbten Zeitalter nahe, und S. Voehart's „Hierozoicon“ (1663) war eine sehr achtbare Leistung. Aber dem Wesen nach stand dieselbe doch noch unter dem Zeichen des humanistischen Forschungsgedankens, wie ihn das sechzehnte Jahrhundert hegte.

Ende des ersten Teiles.