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. Oefele, 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 seines systematischen Geistes halber berühmt gewordenen Gesetzbuche des Königs Hammurabi geht hervor, daß es damals schon Tierärzte in Babylon gegeben hat, und das Vorhandensein stattlicher Menagerien um 700 v. Chr. macht es sicher, daß man der Tierkunde überhaupt von jeher eine gewisse Aufmerksamkeit zugewendet hat.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf
urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0035-2
DFG

Ganz besonders aber stand die Astronomie in Ansehen, teils weil der Lauf der Gestirne von allem Anfang an für die Chronologie einer Kulturnation maßgebend sein mußte, teils wegen der früh schon entstandenen Afterwissenschaft der Astrologie 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 Edikt 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 Hilfswissenschaft der Naturerforschung ist recht eigentlich auf chaldäischem Boden erwachsen. Jener Finsterniskalkul 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 abzustreiten. 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0036-8 DFG

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 Aegypter 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 eisernen Bestand der großen ärztlichen Schulen in Theben, Memphis und Heliopolis. Daß die Aegypter 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 Feldmeßkunst, wie diejenige der Astronomie. Schon früh im zweiten vor-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0037-4 DFG

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 Monates 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0038-0 DFG

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. Echt 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 15000 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0039-8 DFG

habe, und daß zwei staatlich angestellte Astronomen wegen Nichtvorausſage 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 Meteorschwärme 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0040-8 DFG

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 Alchymie; 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. O. v. Lippmann das dem dreizehnten nachchristlichen Jahrhundert angehörige Reisewerk 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0041-4 DFG

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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0042-0 DFG

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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0043-6 DFG

hältnis 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 geschildert; 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0044-2 DFG

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 Himmelskugel um die Erde richtig aufgefaßt zu haben, und diese Umdrehung sei, meinte er, eine so schnelle, daß gelegentlich Fragmente von der Sphäre sich lostrennten. In diesem Sinne definierte er den 465 v. Chr. beobachteten Meteorsteinfall von Aegospotamoi (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 sahen, 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0045-8 DFG

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 Jonier 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 Akustik 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 rationellen Theorie der harmonischen Intervalle, wie anderer-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0046-4 DFG

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 Weltsystem 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 Coppernicus 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 Zusammenhange genannte Herakleides Pontikos von einer jähr-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0047-0 DFG

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. Oinopides 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 Euktemon (433 v. Chr.), denen sich später Kalippos mit neuen Verbesserungen anschloß, während zuvor schon Kleostratos den dazu führenden Weg beschritten hatte, wurde zunächst der attische und nachgerade 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 (*παραπήγματα*) 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 Eudoxos (390—337 v. Chr.), auf den die erste geometrisch strenge Theorie der Planetenbewegungen zurückzuführen ist. Alle früheren Philosophen und Astronomen, die Pythagoreer nicht ausgeschlossen, hatten es bei allgemeinen Äußerungen bewenden lassen, und an die Lösung der Aufgabe, Planetenörter geometrisch exakt festzulegen, war noch niemand herangetreten. Des Eudoxos 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 Kugelfläche zugeordnet sei, auf welcher er

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0049-3 DFG

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 Ärztestand herausbildete, mußte das naturhistorische Studium allgemach in weitere Kreise dringen. Außer dem uns bereits bekannten Empedokles bekundeten auch Hippon und Alkmaion 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 Gefäßsystemes. Eine zwar anders formulierte, sachlich dagegen zutreffende Unterscheidung zwischen Wirbeltieren und wirbellosen Tieren gab Demokrit, der angeblich sogar Sektionen, z. B. des Chamäleons, 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0050-4 DFG

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 Tiersystem" 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0051-0 DFG

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 Stagiros 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 Kämpen, der sich dagegen auflehnte, befehdet werden konnten. Die mit gutem Rechte kritischer veranlagte Neuzeit hat, weil in der Tat die Verehrung des Stagiriten nicht selten über alles Maß hinausging, ihrerseits nun wieder die Bedeutung dieses großartigen konstruktiven Kopfes viel zu skeptisch behandelt und vergessen, 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0052-6 DFG

Platon war der erste Begründer einer auf ein festes wissenschaftliches Glaubensbekenntnis sich stützenden, aller freimaurerischen Äußerlichkeiten im Sinne des Pythagoras entbehrenden Philosophenschule, der nach ihrem gewöhnlichen Zusammenkunftsorte 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 unzweideutigen 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0053-2 DFG

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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0054-8 DFG

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 Bewegungsursache 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 Altertum und Mittelalter bereitwillig annahmen, die Mechanik in falsche Bahnen

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0055-4 DFG

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.

Äußerst 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 Milchstraße, Kometen, Sternschnuppen, Erdbeben

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0056-9 DFG

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 Erdbebenlehre: Winde sind in die mit Löchern und Kanälen durchsetzte Erdrinde eingedrungen und suchen nun wieder den Ausweg, was nicht ohne starkes Rütteln 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 angestellt 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0057-5 DFG

zelnen 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0058-1 DFG

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 genommene — 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0059-9 DFG

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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0060-0 DFG

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 losschälen 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0061-6 DFG

Artillerietechnik den Römern die Einnahme der lange fruchtlos belagerten Vaterstadt auf das äußerste erschwerte und, als die Festung endlich durch Überrumpelung fiel, von einem plündernden Soldaten getötet wurde. Die bekannte Wasserschraube soll archimedischen Ursprunges sein. Bemerkt 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 Hyperboloides, waren, wie der oben

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0062-2 DFG

erwähnte Brief an Eratosthenes dartut (S. 19), nicht unerreichbar 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. Solchergestalt 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 Richtung 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 Vervollkommnung der Feuerspritzen und Wasseruhren; auch die Erfindung der Druckpumpe und einer Wasserorgel wird ihm beigelegt. Ihn überragte noch an Findigkeit und Geschick sein Schüler Heron, der auch als Geometer in hervorragender Weise seinen Mann stellte und wahrscheinlich auch den Namen eines Erfinders der bergmännischen Markscheidekunst verdient. Sein Werkchen „Pneumatica“ handelt von zwei seinen Namen führenden Instrumenten, dem Heronsball und Heronsbrunnen; auch setzte er durch ausströmenden Wasserdampf eine Maschine in Bewegung, die man wohl auch Dampfturbine nennen kann. Der Entdeckung des Luft-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0063-8 DFG

druckes befand er sich jedenfalls sehr nahe. Von statischem Interesse ist seine Behandlung einer als Gewichtezieher 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 Araeometer, 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 Zögling Johannes Philoponos an, welch letzterer sich ein sehr klares Urteil 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0064-3 DFG

Das Material, worüber man verfügte, war noch dürftig: die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes und die Gleichheit von Einfalls- 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 Domninos 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 hatte machen können, erscheint in der Geschichte zuerst bei dem gleich nachher einläßlicher zu behandelnden Astronomen Ptolemaios. Zwar wußte 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 Einfalls- 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 anerkennenswert, quantitativ aber nicht sehr erheblich. Um so eifriger wurde, wie A. E. 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 Betastungslehre, der gemäß die Sehstrahlen aus dem Auge selbst hervorgingen.

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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0066-5 DFG

leider nur bruchstückweise geretteten Traktate „Von den Winden" gesunde 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0067-1 DFG

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 Alignement 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0068-7 DFG

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 durchgeistigten 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 in unanfechtbarer Weise die Berechnung des Meridianumfanges der Erde vollzogen, ohne einen 14 bis 15 Pro-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0069-5 DFG

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-astrometeorologisches 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 Coppernicaner vor Coppernicus 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0070-6 DFG

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 Eudoxos (S. 23) seine eigenen Positionsbestimmungen verglich, entdeckte er die sogenannte Praezession, 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0071-2 DFG

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 Erdkugel zu danken. In der großen Mehrzahl der Fälle rechnete das Altertum vom Meridiane der Glücklichen Inseln (Kanarien) aus und erteilte dem Festlande, der Oekumene, 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0072-7 DFG

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 Parallelkreisen 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 widerspruchslos 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 Weltsystem, dem dasjenige des Coppernicus 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, Juppiter, Saturn; der Planet

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0073-3 DFG

selber läuft aber nicht auf der Peripherie des Deferenzkreises 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 Marinos bekannt macht.

Von den auf Ptolemaios folgenden griechischen Gelehrten Theon Smyrnaios, Thrasyllos, Adrastos in früherer, Anatolios, Chalkidios, Theon Alexandrinos (S. 38), Syrianos, Simplikios, Proklos (S. 35) aus späterer Zeit genüge es, die Namen anzuführen. Großes wurde nicht mehr hervorgebracht; an die Stelle der eindringenden Forschung ist meistenteils Kompilations- und Kommentationstätigkeit 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 astronomischen 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 mauretanische König Juba suchte sein Schärflein dazu beizutragen.

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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0074-9 DFG

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 Tirtamos genannt hatten, und der erst von seinem Lehrer Aristoteles seinen Ehrennamen empfing, 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 wußte. 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 (*καδμία*, *ὀρείχαλκος* 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 unermüdlich die Zunft der Rhizotomen oder Kräuter-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0075-5 DFG

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 Fabulierens 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. Indem 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, Oreibasios usw. — bürgt übrigens auch im Zeitalter des Niederganges noch für die Aufrechterhaltung einer guten Tradition; so rettete sich z. B. auch die Trennung

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0076-1 DFG

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 lichtem 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0077-7 DFG

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 wohlbeschlagenen 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 unbekannten, aber zugleich mit dem geriebenen Bernstein (ἤλεκτρον, daher der Name Elektrizität) nur ganz gelegentlich er-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0078-3 DFG

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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0079-1 DFG

und Ausdrucksweise; über Quellen, Erdbeben, Erosion und Akkumulation wird man bei keinem alten Schriftsteller Besseres als bei ihm lesen, und diesem Verdienste tut es keinem 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, Herculanum 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 Palaemon, dem Einige ein das Araeometer (S. 38) beschrei-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0080-1 DFG

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 Nigidius Figulus, der indessen nicht so entschieden schriftstellerisch wie sein Nachfolger Firmicus Maternus mit seinem „Lehrbuch der Mathematik" hervortrat. Letzteres Wort ist hier gleichbedeutend mit theoretischer Astrologie; in gleichem Sinne ist auch des Skeptikers Sextus 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 zoologischem Gebiete so wenig selbständige Leistungen zu verzeichnen waren. Mit das Beste waren das Jagdbuch des Oppianus und das Fischbuch des Marcellus; Aelians 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0081-7 DFG

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 unbekannten Gründen so benannte Aegyptische Weltsystem, demzufolge nur Mond, Sonne, Mars, Juppiter 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 Boëtius 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 Vibius 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 verfertigten

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0082-3 DFG

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 Orosius (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 Oströmer 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. Blitzwahrsagung) zogen diese Epigonen mehr als die reelle Wissenschaft an; „neben vereinzeltem 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, Zosimos usw. — zurück. Auch gewisse spät entstandene aegyptische Papyri enthalten bemerkenswertes Material. Hier verdient auch Erwähnung das gefürchtete „griechische Feuer", eine mit Wasser unlöschbare 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 Chrysokokkes, Theodor Meliteniotes und Isaak Argyros nur insofern über das Durchschnittsmaß des Spätrömertums hinaus, als sich allgemach auch arabische — genauer gesagt persische — Einflüsse geltend machen. Erst nach 1350 beginnt durch Nikolaus Kabasilas die Kenntnis 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0084-5 DFG