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 Aryabhatta (geb. 476) genannt, von dem wir näheres durch den späteren Scholiasten Prithûdaka Swamîn Chaturveda wissen. Nach dieser Angabe muß Aryabhatta ein Anhänger der Lehre von der Erdumdrehung gewesen sein; ursprünglich sei der Erdball stabil im Weltzentrum gestanden, sei aber dann durch ihn um-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0085-1 DFG

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 auffliegender Vogel werde dieses nicht wiederfinden können. Astronomischen Inhaltes sind in späterer Zeit die beiden Werke des Brahmagupta (geb. 598) und Bhâskara 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 einstweiligen 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 bezeigten; 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

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 Münsters und Jakob Christmanns Beispiel beweist, an hebräische Übertragungen gehalten. Andererseits fehlte den Orientalisten nur allzu oft das erforderliche Sachwissen des Mathe-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0087-3 DFG

matikers und Naturforschers. Der erste Fall einer erfreulichen Personalunion war gegeben bei dem weitgereisten Leidener Professor Jakob Golius (1596—1667). Dann freilich klaffte wieder eine große zeitliche Lücke, die erst im neunzehnten Jahrhundert durch F. Woepcke (1826—1864) vorübergehend ausgefüllt ward. Neuerdings aber haben Steinschneider, Hochheim, Sédillot, Suter, Nallino u. a. erfolgreich die mathematische, E. 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 szientifischen 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 obengenannte astronomische Fundamentalwerk der Inder als Sindhind in arabischen Besitz über. Weiter bildete sich dann eine ganze Translatorengilde aus; Hunain Ibn Isaak, Tabit Ibn Kurrah, Kusta Ibn Luka, vor allem Abul Wafa waren geachtete Vertreter dieser Arbeitsrichtung. Schon um 900 lagen die bedeutsamsten griechischen Werke in brauchbarem, wenngleich mitunter nicht fehlerfreiem arabischem Texte vor. Aber auch spä-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0088-9 DFG

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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0089-6 DFG

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 Demitschki und Kazwini (d. h. der Männer von Damaskus und Kazwin in Persien) nennen, ergeben eine so willenlose 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 — insoweit 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 physiographischen Gegensatz von gewöhnlichen Inseln und Korallenriffen — Lakkediven, Male-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0090-0 DFG

diven — richtig herausfühlte. Er und andere leisteten Anerkennenswertes in der Schilderung der für das praktische, gewerbliche Leben notwendigen Gegenstände ferner Länder; die Produktenkunde, sagt Peschel, 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 verketzerten 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-aegyptischen Ursprunges mit Rezepten und Hinweisen auf die auch den Byzantinern bekannte Irrlehre 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 Alembik-Destillierkolben hat auch der Westen angenommen, gerade wie auch das Wort Alchymie arabischen

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0091-6 DFG

Ursprunges ist. Geber stellte die Schwefel- und Salpetersäure dar und beschäftigte sich eingehend mit den Metalloxyden. Zu pharmazeutischem Gebrauche bediente sich gegen 1100 Abul Kassim, 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 verlautbarte verständige Ansichten über geologische Umwälzungen und Versteinerungen. 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0092-2 DFG

für die maschinelle Praxis (Uhren, Mühlen, militärische Instrumente) nutzbar zu machen verstand. Durch seine Konstruktion der für Trockenlandschaften so wohltätigen 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-aegyptischen Grenze, eine gigantische Staumauer durch den Fluß zu ziehen und so die Inundation zu regulieren. Ein sehr bedeutendes Werk ist Alkhazinis „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 müsse nachweisen können. Man findet bei Alkhazini eine klarere Vorstellung vom Wesen der Luft-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0093-8 DFG

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 Tatsachen vertraut machen mußte. So rechneten arabische Indienfahrer sehr wohl mit dem Spiele 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 Brennkugeln 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 Haitham, 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0094-4 DFG

Alhazenschen Aufgabe: man kennt die Lage des Auges und des lichtaussendenden 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 Marokkaners Abul Hassan 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 Albategnius (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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0095-0 DFG

Araber. Man will sogar gewöhnlich, was allerdings auch bestritten wird, jenes arabische Wort als eine Verketzerung 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 Aegypter Ibn Junos (gest. 1088), der Autor der Hakemitischen 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 Ilchanischen Tafeln vollendet, für welche Nasr Eddin aus Tuhs (1201—1274) das beste getan hatte, und Mahmud Al Gagmini berechnete Tabellen, um die Erdklimate nach der Dauer des längsten Tages bequem abgrenzen zu können. Daß nebenher noch

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0096-6 DFG

ein Albumasar, Albohazen, Alkabitius usw. gelehrte Bände über Sterndeutung und speziell über Astrometeorologie in die Welt sandten, gehörte nun einmal zur Zeitsitte.

Sogar das Ptolemäische Weltsystem blieb nicht unangetastet. Schon Averroes hatte viel an seiner Kompliziertheit auszusetzen, wie denn auch König Alfons den hart getadelten Ausspruch tat: „Hätte mich Gott bei der Weltschöpfung 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 eudoxisch-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 Juden im Bereiche des arabischen Interessenkreises sind zu nennen Ibn Esra, Abraham Bar Chija und der polyhistorisch weitaus hervorragendste Maimonides. Das Buch „Weltfundament“, das Isaak 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0097-2 DFG

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 Bälde 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 Hexaëmeron des Alten Testamentes 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 Spekulationen hereingezogen.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0098-8 DFG

Die einzelnen Väter verhielten sich den obschwebenden 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0099-5 DFG

Berg, den die Sonne umkreist, so die Erscheinungen von Auf- und Untergang hervorbringend. Jenseits des Himmelszeltes 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 Sechstagewerke 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 Weltschöpfungsplan 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 exzerpierte gerade diejenigen alten Autoren, von denen sachlich nur wenig, um so mehr aber dem Sensationsbedürfnis des Zeitalters Entsprechendes zu erlernen war — einen Plinius, Solinus, Orosius usw.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0100-1 DFG

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 Wiesel durch das Maul trächtig 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 geistesdürrste Zeit war das siebente Jahrhundert, denn schon im achten bemerkt man mit Genugtuung 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 ungescheut 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0101-7 DFG

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 Kompendiums, 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 Aelfred I. von England (gest. 901). Er selbst fertigte eine angelsächsische Übersetzung der geographischen Teile im Werke des Orosius (S. 57) an und verwebte in sie genaue Berichte über die in seine Zeit gefallenen Entdeckungsreisen 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0102-3 DFG

tinent 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. Hrabanus 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 Kostnitz. 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.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0103-9 DFG

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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0104-4 DFG

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 Petrarcha (1314 bis 1375), der in seiner ohne jeden praktischen Beweggrund unternommenen Besteigung des Mont Ventoux einen damals seltenen Natursinn bekundete. 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.

Kaum 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 episodenartig auftretenden Vorkommnisse an den Anfang

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0105-0 DFG

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, Atelhart 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 herstammende Methode der Schiffsrechnung (später „Marteloio" 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 Porena eine gewisse Realität dieses Mannes, der vielleicht der Bussole 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 Adsigerius aufzeigen wollen, den es jedoch niemals gegeben hat. Entstanden ist die Fabel

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0106-6 DFG

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 Fontancourt aus Unteritalien einen Brief schrieb („Epistola Petri ad Sygerum"; daher jene Namenbildung), worin er die Zurichtung einer Bussole 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 Explosivsubstanz 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0107-2 DFG

Gläser zu einem Doppelaugenglase verband, steht dahin. Die Optik stand gerade zu jener Zeit im Vordergrunde des Interesses. Vitellion, der sich einen „Thuringopolonus" nennt und eigentlich ein Deutscher Witelo 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 Wyk 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 angebendem Werke zustande. Die erste so zu

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0108-8 DFG

nennende astronomische Uhr stellte 1485 Bernhard Walther 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. E. 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 wohltuende 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, Ruysbroek, 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 diktierte. Den scharfen Beobachter kennzeichnet unter anderem die Erwähnung der Tatsache, daß in größeren Höhen Wasser rascher ins Sieden gerät (thermometrische Höhenmessung).

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0109-6 DFG

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, Himmelsräume 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0110-7 DFG

dem berühmten Odardus (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 averroistisch-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 Donaustädtchen 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0111-3 DFG

Folianten war riesenhaft, und es ist leicht einzusehen, daß Studienfrüchte und exegetische 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 Visitator 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, Fellner, 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 Kenntnis 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0112-8 DFG

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 Megenberg „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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0113-4 DFG

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 seemännischen Projekte ausüben sollte.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0114-0 DFG

Schon aus dem bisher Gesagten erhellt, daß im vierzehnten und großenteils 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, Cöln 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 Curtze dem Staube der Bibliotheken entrissen 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; Enea Silvio Piccolomini, der spätere Papst Pius II., suchte in seinen kosmographischen Werken stets auf eine Durchdringung

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0115-6 DFG

von Literaturstudium und Selbsterfahrung hinzuarbeiten. Auch die sich auf eigene Füße stellende Medizin half dazu; Alderotto, 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 Translatoren — 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;

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0116-2 DFG

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; Chrypffs 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 Zeitsitte 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 Gmünd (gest. 1442) für diese Wissenschaft den Boden trefflich bereitet hatte, als junge Magister Georg Peurbach (1423 bis

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0117-8 DFG

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. Peurbach, der in seiner oft gedruckten „Planetentheorik" 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 rationellen Kometenbeobachtungen (1472) mit dem verbesserten Jakobstabe (S. 71) — geleistet, läßt ihn mit gutem Rechte als einen der Bannerträger einer neuen Zeit

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0118-4 DFG

erscheinen. Nur darin geht man irre, daß man ihn hier und da als Vorcoppernicaner 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 Hirngespinst 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0119-2 DFG

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 Schiffsbussole; man studierte Wellen und Meeresströmungen, über welch letztere nach den ältesten Schiffstagebüchern schon frühzeitig Erfahrungen gesammelt wurden. Gleichwohl kam man über sechzig Jahre lang nicht von der ängstlich dem Rande des Festlandes folgenden Küstenschiffahrt ab; großenteils 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 hinwegzusegeln. 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 höchsten 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 phantasievoller 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), Enea Silvio (S. 89), D'Ailly (S. 88) u. a. ein System konstruiert, dessen Richtigkeit er unentwegt gegen die ihm gemachten Einwände verteidigte, indem er in anerkennenswerter 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 gerichtetes, den gleichen Gedanken entwickelndes Schreiben zugute. Doch vermochten seine Anregungen in Lissabon nicht durchzudringen, und so wandte er sich nach Spa-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0121-8 DFG

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 Schulrektor 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 Monddistanzen 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. Wolkenhauer nachwies, schon früher im fünfzehnten Jahrhundert Kompasse mit Berücksichtigung dieser Ablenkung bekannt waren. Die sonst als „Conquistadores“ herübergekommenen Spanier blieben Fragen gegenüber, die auf Gelderwerb keinen unmittelbaren Bezug hatten, sehr gleichgültig, obschon 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0122-4 DFG

Naturbild der Neuen Welt zu zeichnen imstande war, dem A. 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 hervorragendste, dem ganzen Zeitalter die sprechendste Signatur aufdrückende 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 Prinzipes war noch nicht in Angriff genommen. Der Mann, der sich dieser Riesenaufgabe unterzog, lebte bereits, aber die Wissenschaft, die durch Peurbach und Regio-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0123-0 DFG

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 Pflichtarbeiten zum hohen Vorteile gereichen müsse. Vom fünfzehnten zum sechzehnten Jahrhundert ziehen sich die Arbeiten klarsehender Künstler über die Begründung der als Zweig der Optik aufgefaßten Perspektive. Leo Alberti, Pomponius Gauricus, Lucas Paciuolo 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0124-6 DFG

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 Schiffahrtskurve 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, Vögelin, 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 Prüfstein allermodernster Theorien gewordene Tatsache fest, daß die Kometenschweife sich regelmäßig von der Sonne ab-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0125-2 DFG

kehren. Unter Peters Schülern war der bedeutendste sein Sohn Philipp Apian (1524—1589), der die jahrhundertelang 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 Peutinger (S. 57), Bild u. a. wohnten, fällt gebieterisch Nürnberg in unser Auge, wo Walther (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 Koppernigk (1473—1543 s. Tafel IV), der seinen Namen selbst in Coppernicus umlatinisierte 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 Weltsystemes 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) sehnsuchtsvoll 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, „Revolutiones orbium coelestium“ genannt, die Summe seiner Lebenstätig-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0127-4 DFG

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.

Coppernicus 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 Kalkul 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0128-0 DFG

zwar beruht es auf völliger Verkennung der Verhältnisse, wenn man für die Langsamkeit, mit welcher die coppernicanische 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 Melanchthon (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 Coppernicus in die Wagschale warf.

In Fachkreisen hielt man es nicht eben ohne Ursache für die allerdringlichste Aufgabe, die praktische Himmelsbeobachtung zu vervollkommnen. In diesem Sinne leistete Bedeutendes Landgraf Wilhelm IV. von Hessen-Kassel (1532—1592), der in seiner Residenz eine mustergültig 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 Zodiakallichtes verdankt, und den aus Toggenburg stammenden Mechaniker Justus Bürgi (1552—1632), der ohne Zweifel die erste Pendeluhr konstruiert hat. Kassels stilles Ver-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0129-7 DFG

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 ungescheut 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 Limbusteilung 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 Weltsystemes, des sogenannten Tychonischen, das er, persönlich ein warmer Bewunderer des Coppernicus, dessen Systeme entgegenzustellen sich verpflichtet erachtete.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0130-8 DFG

Vielleicht im Hinblick auf das Aegyptische System (S. 56) legte sich Brahe die Dinge folgendermaßen zurecht. 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 Reimer Ursus, Christian Ljongberg (Longomontanus) 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 Anticoppernicaner 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0131-4 DFG

fänglichen Literatur über den Stern von 1572 ein Schriftchen beigesteuert, welches Brahe mit hohem Lobe bedachte, und so stand er denn auch dem Neuerer Coppernicus, 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 Tychos nach Prag berufen wurde. Ein Jahrzehnt lang wirkte er erfolgreich in der ihm 1601 übertragenen Stellung des „Hofmathematikus", allein später zwangen ihm 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 Coppernicus 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-

zogene Fahrstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume; alle Planeten bewegen sich in einer Ellipse, deren einen Brennpunkt die Sonne einnimmt; die Quadrate der Umlaufszeiten 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 gelang, was er früher als „Geheimnis des Weltbaus" bezeichnet 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0133-6 DFG

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" versetzt 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0134-2 DFG

relative Höhe meßbar ist; Sternnebel lassen sich in Aggregate von Einzelsternen auflösen; Juppiter 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 coppernicanischen Weltordnung. Was die Juppitertrabanten 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 Fackeln 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0135-8 DFG

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

Als überzeugter Coppernicaner ließ Galilei, obschon ihm wohl bewußt war, daß kirchliche Eiferer längst schon ihm wegen seines Freimutes zürnten, 1632 eine von tiefem Nachdenken ausgebreiteter Gelehrsamkeit und glänzendem Stile gleichmäßig Zeugnis ablegende Schrift „Dialog über die beiden wichtigsten Weltsysteme" 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 berüchtigte Inquisitionsprozeß zustande, der am 22. Juni des genannten Jahres damit endete, daß der Angeklagte „die ketzerische 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0136-4 DFG

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,

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0137-9 DFG

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 Lionardo Da Vinci (S. 98) eher Kenntnis 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 Schwerpunkttheorem (1641) gab eine fruchtbare Methode für Quadraturen und Kubaturen an die Hand. Der Marchese Guidobaldo Del Monte (1545—1607) schrieb eine gelehrte Monogra-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0138-5 DFG

phie der Wasserschraube 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 Schiffslampen und Schiffskompasse 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). Weitaus der selbständigste Statiker des Zeitalters war unstreitig Simon Stevin aus Brügge (1548—1620), der sich zuerst des anscheinend so nahe liegenden Auskunftsmittels 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 Wurfkurve. Der gelehrte Niccolò Tartaglia (1501—1559) ließ zwar

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0139-3 DFG

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 Lieblingsschüler V. Viviani, auch sonst kein ganz zuverlässiger Zeuge, so berichtet. Die 1609 niedergeschriebene Abhandlung „De' corpi gravi naturalmente mossi et de' projetti", worin die Wurfkurve mit der Parabel identifiziert wird, blieb unpubliziert.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0140-4 DFG

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 Stoße, 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 Zerbrechlichkeit der sogenannten Bologneser Fläschchen 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0141-0 DFG

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 Lehrsatze gipfelte: Die Ausflußgeschwindigkeit 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0142-6 DFG

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 Breslauers J. Fleischer zutreffendere Analyse der im Regenbogen sich darstellenden Spiegelungs- und

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0143-2 DFG

Brechungsvorgänge und 1575 Maurolicos (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 verständig 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 Gewerbsmanne um 1600 erfunden, und von den drei Konkurrenten Zacharias Jansen, Jakob Metius und Hans Lippershey dürften dem Letztgenannten die bestgeglaubigten 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0144-8 DFG

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, welch letzterer ihm die auch jetzt noch übliche Form erteilte: Dividiert man mit dem Sinus des Einfalls- 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 Nautiker 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0145-3 DFG

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 Riesenmagneten 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 Tatsachenschatzes 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 Ferngespräches 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, haken 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0147-5 DFG

Worte „Bombast“ — rhetorischer Phrasenschwall — zu tun hat. Von Einsiedeln in der Schweiz leitet sich, als von seinem Geburtsorte, ein zweiter Beiname Eremita her. Paracelsus hat jahrzehntelang ein unstetes 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 schärfst akzentuierten Originales. 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0148-1 DFG

ganz der Vergessenheit anheim. Die neueste Zeit hat uns, nachdem Locher, R. Wolf, Kerschensteiner, Schubert 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. Fügers angeeignet; auch die Schriften des vielgelehrten Abtes J. Tritbemius (1462—1516) gibt er an, mit Nutzen gelesen zu haben. Er erwuchs zum abgesagten 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 Netzhammer sagt mit Fug, seine Beschreibung führe uns ganz deutlich die Einrichtung einer chemischen Küche vor vierhundert Jahren vor Augen. Alembike (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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0149-9 DFG

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 mustergültig eingerichteten Altdorfer Universitätsinstitutes genannt, die um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts Moritz 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 Primordialkörpern 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0150-0 DFG

deutung gelten läßt. Er studierte die Gasentwicklung als Begleiterscheinung gewisser Prozesse; er gab Mittel an zur Unterscheidung von Alaun 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 kärtnerischen Stadt Villach zueignete, ist mit einer klaren Charakteristik der Bleivergiftung ein Grundstein zur wissenschaftlichen Toxikologie gelegt worden. Hier darf erwähnt werden, daß jenem sagenhaften 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 umfängliche 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 hodegetisch von großem Werte. Paracelsus und van Helmont sind die Väter der Jatrochemie, die neben pflanzlichen und vom Tiere

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0151-6 DFG

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

12. Die Erhebung der naturhistorischen Fächer zu selbständigen Wissenschaften.

Wenn erwähntermaßen schon die Chemie in einem vielfach vorteilhaften, einem Durchdringen 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 Versteinerungen, 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 Probierkunst 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 Geßner aus Zürich (1516—1565). Seine Holzschnittsammlung feierte in den Schriften eines anderen, wenn schon nicht gleich hochstehenden Polyhistors, 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 Geßner auf sie hinwies. Dies ist umso

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0153-7 DFG

höher zu veranschlagen, als noch der wirklich geniale Italiener Cäsalpinus, Linnés „primus verus systematicus“, von einer immer wiederkehrenden Grundform der Mineralien nichts wissen wollte. An Geßner schlossen sich in der Hauptsache an Johannes Kenntmann und Boetius (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-geologischen 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. Immerhin 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0154-3 DFG

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), K. Geßner (S. 127),, R. Dodonäus (1517—1587), Ch. Clusius (De l'Ecluse, 1526 bis 1609), M. Lobelius (L'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 Ingolstadt erklärte die Kuratelbehörde besondere Gärten „zum Zügeln ausländischer Pflanzen“ noch um 1700 für überflüssig. Aber neben diesen Anlagen, die zunächst freilich

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0155-9 DFG

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 Naturselbstdruckes lassen sich in den Schriften des vielseitigen Jenaer Naturhistorikers Kentmann (S. 128) erkennen.

Auch hatte man, was übrigens schon Theophrast (S. 33) wußte, 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 Geßner 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 — Azimutalwinkel zum Zwecke der Panoramenzeichnung zu messen hatte.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0156-5 DFG

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 nebensächlichen 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-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0157-1 DFG

punkte herauszufinden, was freilich, da die Bedeutung der Blätter für jene Zeit noch transzendent war, nicht recht gelingen konnte. Alle diese löblichen Bestrebungen krankten 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 Cäsalpin 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 aegyptischen 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

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0158-7 DFG

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, Longolinus, 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 antiastrologischer Schriftsteller unter dem

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0159-5 DFG

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. Casserio (1561—1616) studierte die Sinnesorgane des Menschen und mehrerer Tiere. Auch für die Tierarzneikunde wurde in Neapel durch Ingressias (1510—1580) und Jasolini 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 K. 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 E. Wotton (1492—1555) und U. Aldrovandi (1522—1605), ein Schüler Rondelets. Ersterer hält sich zwar vorwiegend in den von der gräkorömischen Systematik gezogenen Grenzen, erkennt

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-89759-p0160-6 DFG