

## Ausgabe.

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. Druck- und Insertionskosten . . .       | 1460,00 M.            |
| 2. Für Schreibhilfe und Botendienste . . . | 900,00 „              |
| 3. Porto und Hebung der Beiträge . . .     | 200,00 „              |
| 4. Heizung und Beleuchtung:                |                       |
| a) des Museums . . .                       | 1260,00 M.            |
| b) des Vereinslokals . . .                 | 120,00 „              |
|  | <hr/>                 |
|  | 1380,00 „             |
| 5. Bibliothek und Sammlungen . . .         | 400,00 „              |
| 6. Miete für das Vereinslokal . . .        | 500,00 „              |
| 7. Inventar und Insgemein:                 |                       |
| a) Vorträge in Münster . . .               | 600,00 M.             |
| b) Verschiedenes . . .                     | 14 687,19 „           |
|  | <hr/>                 |
|  | 15 287,19 „           |
|  | <hr/>                 |
|  | zusammen 20 127,19 M. |

## Die Bedeutung des griechischen Altertums für die moderne Naturwissenschaft.

Vortrag gehalten am 2. März 1903 im Westfälischen Provinzial-Verein für Wissenschaft und Kunst von Gymnasialdirektor Professor Dr. Jansen.

Wir sind gewohnt, alles geschichtliche Werden als einen stetigen Entwicklungsprozess zu betrachten, bei dem die Ereignisse im wesentlichen nicht plötzlich und unvermittelt in die Erscheinung treten, sondern als die naturgemässen Folgen vorgegangener Begebenheiten und der dadurch geschaffenen sittlichen, kulturellen, sozialen und politischen Verhältnisse. Mehr noch als in der allgemeinen Weltgeschichte lässt sich dieser geräuschlose Werdegang in der Geschichte der Wissenschaften verfolgen. Nur die Naturwissenschaft scheint in gewissem Sinne eine Ausnahme zu machen.

Gleichwie im Frühlinge nach einem milden Regen plötzlich und unversehens die winterkahlen Äste sich mit schwellendem Laube bedecken, wie in einer Nacht auf dürrer Boden ungezählte Blüten ihre Köpfchen erheben, als hätten Feenhände sie dorthin gestreut, so überraschend, so mannigfaltig traten beim Beginne der neueren Zeit, d. h. mit dem Ende des 15. und dem Anfange des 16. Jahrhunderts die Ergebnisse einer bis dahin schlummernden Wissenschaft, die Ergebnisse der Naturwissenschaft ins Dasein. In rascher Folge mehrten sich während der nächsten vier Jahrhunderte und bis auf den

heutigen Tag die Entdeckungen und Erfindungen, von denen viele, sehr viele tief in das wirtschaftliche Leben eingriffen und dadurch die Aufmerksamkeit der weitesten Kreise auf dies nie gesehene Schauspiel wissenschaftlicher und technischer Entwicklung lenkten. Damit aber setzte sich bei vielen die Vorstellung fest, dass die Naturwissenschaft ausschliesslich ein Kind der Neuzeit sei, die sie aus sich selbst und durch sich selbst hervorgebracht habe, und dass mit einem Copernikus, einem Kepler, einem Galilei und den anderen hervorragenden Geistern der damaligen Zeit die Naturwissenschaft gleichsam vollständig gewappnet und gerüstet, wie Pallas Athene aus dem Haupte des Zeus, in die Erscheinung getreten sei. Nichts ist unrichtiger als dies; auch die Naturwissenschaft verdankt gleich den Sterblichen ihr Dasein den rückwärtsliegenden Geschlechtern, und ihr jetziger reicher Besitz rührt in seinem Stammkapitale zum nicht geringen Teile von dem Erbe her, das die Vorfahren ihr hinterlassen haben.

Diese Vorfahren haben wir allerdings nicht gerade in der unmittelbar vorangegangenen Zeit, d. h. nicht im Mittelalter zu suchen, dessen wissenschaftliche Interessen bekanntlich auf anderen Gebieten lagen. Die Bedeutung des Mittelalters für die Naturwissenschaft beschränkt sich darauf, dass die von ihm mit Vorliebe gepflegte Philosophie auch der nachfolgenden Zeit eine geistige Schulung und eine Allgemeinbildung hinterliess, die wie den übrigen geistigen Bestrebungen, so auch den Naturwissenschaften zu gute kam, dass ferner durch die Erhaltung des aus dem klassischen Altertume Überlieferten auch in naturwissenschaftlicher Hinsicht die Verbindung zwischen den Denkern des Altertums und denen der Neuzeit gewahrt wurde.

Ins Altertum, genauer gesprochen ins griechische Altertum, müssen wir zurückgehen, wenn wir die Naturwissenschaft bis zu ihren Quellen verfolgen wollen. Dort liegen die starken Wurzeln ihrer Kraft, dorthin müssen wir unsern Blick richten, wenn wir die Naturwissenschaft der Neuzeit historisch verstehen und würdigen wollen.

Die griechische Naturwissenschaft leidet unter dem üblen Rufe, als sei sie etwas recht kindlich Naives gewesen, mehr Phantasie als Wissenschaft, mehr Meinen als Denken, mehr planloses Tasten als zielbewusstes Suchen. Um das wahr zu halten, verweist man gerne auf die jonischen Naturphilosophen und deren nächste Nachfolger, und in der Tat unterscheidet sich deren Lehre von der heutigen Naturwissenschaft, wie eine armselige Eichel von dem majestätischen Eichbaume. Allein ist es nicht etwas unbillig, abgeklärte Wahrheiten aus dem Munde von Männern zu hören, die erst damit anfangen Philosophie und Naturwissenschaft zu treiben, und einwandfreie Systeme zu finden in einer Zeit, die mehr als 200 Jahre hinter Copernikus zurückliegt! Schilt man etwa das Samenkorn, dass es nicht schon ein Baum ist, oder den Keimling, dass er nicht schon Blüten und Früchte trägt? Wir werden übrigens sehen, wie so mancher Gedanke, der damals zum ersten Male ausgesprochen wurde, sich lebendig erhalten hat und heute noch einen Bestandteil der Naturwissenschaft ausmacht.

Des Weiteren wird Aristoteles mit seinen vielen wirklichen oder vermeintlichen Sonderbarkeiten ins Treffen geführt, um die Unzulänglichkeit der griechischen Naturforschung zu erhärten. Hier liegt die Sache schon wesentlich anders. Es ist bekannt, dass Aristoteles infolge seines umfassenden Wissens fast zwei Jahrtausende hindurch die unbestrittene Herrschaft über die Geister des Abendlandes geführt hat. Er ist der Mann, den Dante in seiner *Divina comedia* gewöhnlich kurzweg den „Philosophen“ nennt und den er mit den ehrenden Worten einführt:

„Nachdem ich mehr die Augen nun erhoben,  
Sah ich den Meister jener, die, durch Wissen  
Berühmt, im Kreis der Philosophen sitzen;  
Ihn, die Bewunderung, die Verehrung aller.“\*)

Auch in naturwissenschaftlichen Dingen stand des Aristoteles Ansehen während des Mittelalters so hoch, dass man in Zweifelsfällen nicht sowohl die Erscheinungen selbst zu Rate zog, als vielmehr fragte, was Aristoteles darüber geschrieben habe.

Die neuere Naturwissenschaft setzte nun mit einem ausgesprochenen und zweifellos durchaus berechtigten Gegensatz gegen solch starren, sicherlich auch nicht im Sinne des Aristoteles gehandhabten Autoritätsglauben ein. Der Eifer aber, mit dem von der einen Seite der alte Standpunkt verteidigt wurde, führte die Gegenpartei dazu, dem Stagiriten überhaupt jede wissenschaftliche Bedeutung abzusprechen. „Hätte ich die Macht dazu,“ sagt z. B. Roger Bacon, „so würde ich alle Bücher des Aristoteles verbrennen, da ihr Studium doch nur Zeitvergeudung, eine Quelle von Irrtümern und eine Vermehrung der Unwissenheit ist.“ Sollte die Geringschätzung, der man heutzutage hinsichtlich der aristotelischen Naturforschung begegnet, nicht wenigstens teilweise als ein Nachklang aus jener kampflustigen Zeit sich erklären?

Man muss ja zugeben, dass Aristoteles noch kein Naturforscher im heutigen Sinne des Wortes ist; zugeben, dass bei der Erörterung von physikalischen Fragen der Dialektiker bei ihm einen bedeutenden Vorsprung vor dem Naturbeobachter hat. Stellen wir jedoch auch ihn nicht ins 15. oder 16. Jahrhundert nach Chr., sondern, wie es billig und recht ist, in seine eigene Zeit, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass seine Gedankenarbeit einen ganz hervorragenden Fortschritt der Naturwissenschaft bedeutet, ja er darf es als sein Verdienst in Anspruch nehmen, mit einer wirklich wissenschaftlichen Naturforschung einen ersten Anfang gemacht zu haben. Dabei kommt es gar nicht so sehr darauf an, wieviel wissenschaftliches Material er verarbeitet und durchgearbeitet hat, als vielmehr inwieweit seine Ideen und die Ergebnisse seiner Forschungen sich für die Nachwelt als fruchtbar erwiesen haben, und in diesem Sinne werden wir dem Namen Aristoteles im weiteren Verlaufe unserer Darstellung noch oft genug begegnen. Allein auch nach der quantitativen Seite hin ist der Erfolg seiner Studien keineswegs

\*) *Inferno* IV, 130 ff.

gering; eine Aufzählung der Titel seiner 41 die verschiedensten naturwissenschaftlichen Gebiete behandelnden Bücher würde allein schon genügen, um wenigstens einen oberflächlichen Begriff nach dieser Richtung hin zu geben.

So bedeutungsvoll aber auch Aristoteles für die naturwissenschaftliche Entwicklung späterer Jahrhunderte gewesen sein mag, so wäre es doch unrecht, von ihm allein den Massstab für die Beurteilung der griechischen Naturwissenschaft zu entnehmen; denn weder war Aristoteles der einzige Naturforscher seiner Zeit, noch hat mit ihm die Naturwissenschaft des Altertums ihr Ende oder gar ihren Höhepunkt erreicht. Man erinnere sich, dass Eudoxos, ein Zeitgenosse des Aristoteles, es gewesen ist, der der Astronomie des Altertums ihre wissenschaftliche Unterlage gab; man denke daran, dass mit Archimedes die Naturwissenschaft bereits begann, sich von den Fesseln aristotelischer Verbaldefinitionen loszumachen; man würdige das Verdienst desselben Gelehrten, der in der Mathematik jenes überaus wichtige Hilfsmittel für naturwissenschaftliche Untersuchungen erkannte und als solches verwendete; man vergegenwärtige sich die Bedeutung der Tatsache, dass ein Aristarchos mit seinem scharfen Beobachtungssinne 18 Jahrhunderte vor Copernikus die Sonne als den Mittelpunkt des Planetensystems hinstellen konnte. Vor allem aber gedenke man der Glanzperiode antiker Naturforschung, der Alexandrinerzeit, in der Astronomie und Erdkunde ihren Hochflug beginnen, aber auch die übrigen Naturwissenschaften zu erstem Aufschwunge sich anschicken, einer Zeit, in der uns Namen begegnen, wie der eines Euklid, eines Eratosthenes, eines Hipparch, eines Hero, eines Ptolemäus und so vieler, vieler anderer bis herab zur schönen Hypatia, deren tragisches Ende auf den Untergang der antiken Kultur hinweist.

Neun Jahrhunderte lang brannte das heilige Feuer auf dem Herde der Athene, wiederholt in Gefahr gebracht durch politische und religiöse Wirren, aber erst erloschen, als im Jahre 642 unserer Zeitrechnung des Chalifen Omar feindliche Horden Alexandria zerstörten und dadurch der griechischen Bildung und mit ihr der griechischen Naturforschung ein jähes Ende bereiteten. Ungezählte literarische Schätze sind damals der ungezügelten Wut eines blinden Fanatismus anheimgefallen; aber was an Büchern und Schriften sich bis in die Gegenwart gerettet hat, zeigt in Bezug auf manche Gebiete naturwissenschaftlichen Erkennens eine solche Klarheit der Vorstellungen und eine solche Reife des Urteils, dass man bei ihrer Lektüre wähnen könnte, einen Schriftsteller der neueren Zeit vor sich zu haben. Ja man kann es als überaus wahrscheinlich hinstellen, dass, wenn nicht Ereignisse von so elementarer Gewalt, wie das Hervorbrechen des Islam und die Völkerwanderung den ganzen griechischen Kulturbestand fortgerissen und fortgeschwemmt hätten, die Naturwissenschaften in kurzer Zeit auf eine Höhe gebracht worden wären, die sie wegen der Ungunst der Verhältnisse tatsächlich erst ein volles Jahrtausend später erklimmen sollten.\*)

---

\*) Vgl. Heller, Geschichte der Physik I, 156 f.

Wenn, wie ich hoffe, diese flüchtig hingeworfene Skizze den Eindruck hinterlassen haben sollte, dass das griechische Altertum nach dem Stande seines Wissens und Könnens wohl in der Lage gewesen ist, der modernen Naturwissenschaft reichliches Material an die Hand zu geben, so bleibt doch noch die Frage zu erörtern, wieviel von diesem Material nun tatsächlich, sei es durch stetige Vererbung, sei es infolge der Wiedererschliessung der griechischen Literaturquellen zur Renaissancezeit in das Eigentum der modernen Naturforschung übergegangen ist. Da muss dann zunächst festgestellt werden, dass von den Schriften der vorplatonischen Zeit, d. h. von den Werken der jonischen Naturphilosophen, der Pythagoräer, der Eleaten und einiger anderer nichts Ursprüngliches sich erhalten hat; was geblieben ist, besteht in einer Anzahl von Auszügen und Citaten, die bei bekannten griechischen und römischen Schriftstellern, sowie bei einigen Kirchenvätern sich finden. Immerhin enthalten diese Stellen die grundlegenden Lehrmeinungen jener Denker, sodass, zumal bei dem damaligen Anfangsstadium der Naturwissenschaft, der Mangel einer näheren Ausführung kaum ins Gewicht fällt.

Die wichtigste und nie versiegte Quelle für die Vermittelung der Naturanschauungen des Altertums bildeten die Werke des Aristoteles. Allerdings war das, was unter dem Namen der aristotelischen Schriften zusammengefasst wurde, weder der ganze, noch der unverfälschte Aristoteles; denn Schicksale, die ans Romanhafte streifen, haben die Handschriften dieses Mannes über sich ergehen lassen müssen, ehe das Mittelalter sich ihres Besitzes, wenn auch zunächst nur in einer arabischen Übersetzung, erfreuen durfte. Allein trotz Moder und Würmerfrass, trotz mancher Untat der an den Schäden herumflickenden Gelehrten gab das Überlieferte doch ein so genügend klares Bild von Forschungsergebnissen des Stagiriten, dass namentlich bei der innigen Vertrautheit mit diesem Schriftsteller der wissenschaftliche Faden ungesucht und ungezwungen da wieder aufgenommen werden konnte, wo seine sterbende Hand ihn hatte fallen lassen müssen.

Schlimmer als den Schriften des Aristoteles ist es zahllosen Werken alexandrinischer Gelehrsamkeit ergangen; viele davon sind im Strudel der Weltbegebenheiten untergegangen und ein für allemal verschwunden; andere konnten erst in neuester Zeit wieder ans Licht gefördert werden; beide Arten sind daher für die Wiederbelebung der Naturwissenschaften ausser Ansatz zu bringen. So haben wir z. B. vom Stande der Physik zur Alexandrinerzeit auch heute noch ein ziemlich unvollkommenes Bild, und wenn bei dieser Sachlage die neuere Physik in vielen Dingen bis auf Aristoteles hat zurückgehen müssen, so war sie zweifellos auch genötigt, manche Arbeit von neuem zu tun, die von den Alexandrinern bereits erledigt war. Sehr viel günstiger stand die Sache bei denjenigen Gebieten, deren Pflege die Araber als die nächsten Erben der griechischen Hinterlassenschaft sich besonders hatten angelegen sein lassen; damit meine ich in erster Linie die Astronomie und die Erdbeschreibung, in zweiter die Chemie in ihrer Verbindung mit der Mineralogie. Diese Wissenschaften konnten also bei ihrer neuen Inangriffnahme an eine Zeit angeschlossen werden, die im Vergleich zur aristotelischen

um 7 bis 8 Jahrhunderte näher lag, und da von den genannten Wissenschaften die Astronomie und die Erdbeschreibung zur Alexandrinerzeit einen besonders hohen Grad der Entwicklung erreicht hatten, so wird es verständlich, warum gerade ein Columbus und ein Copernicus die Bannerträger der neueren Naturwissenschaft geworden sind, mit anderen Worten, warum die Entdeckung Amerikas (1492) und die Aufstellung des heliocentrischen Planetensystems (1543) die in die Augen springenden Ereignisse geworden sind, mit denen die neuere Naturwissenschaft einsetzt.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen möge das Einzelne etwas näher ins Auge gefasst werden.

Es ist selbstverständlich, dass ein so hochentwickeltes Kulturvolk, wie die Griechen es waren, für die mancherlei Bedürfnisse ihres vielgestaltigen Lebens eine Menge von Beobachtungen und Erfindungen gemacht hat, die in das naturwissenschaftliche Gebiet hineinschlagen. Wie wäre es, um nur dies Eine zu erwähnen, möglich gewesen, jene herrlichen Tempelbauten, die wie an das künstlerische, so doch auch an das physische Können nicht geringe Anforderungen stellten, zu errichten, ohne dass die Erbauer über eine Anzahl geeigneter mechanischer Vorrichtungen verfügten? In der Tat sind zahlreiche Mechanismen bekannt und zum Teil mit den Namen berühmter Männer verknüpft, deren wir uns heute noch bedienen.

Allein auf solche Einzelheiten kann es nicht ankommen, wenn wir von dem Einflusse reden, den das Griechentum auf die Entwicklung der modernen Naturwissenschaft ausgeübt hat; wir müssen unseren Blick auf Allgemeineres richten. Damit meine ich vor allem zusammenfassende Darstellungen von Beobachtungen, bei denen die Griechen den Versuch gemacht haben, ein leitendes Prinzip zu erkennen und vor Augen zu führen. Manchmal ist solcher Versuch gelungen und konnte später als Grundlage für weitere Arbeiten gebraucht werden: manchmal ist es beim Versuche geblieben, den die neuere Zeit zu berichtigen und zu vervollständigen hatte; manchmal handelt es sich auch bloss um eine glückliche Idee, deren Entwicklung und Ausgestaltung der Nachwelt vorbehalten blieb; manchmal gar nur um eine korrekte Fragestellung. Wenn z. B. Aristoteles den Fragen nach den Vorrichtungen der Organe, nach der Entwicklung der organischen Wesen, etwa des Hühnchens im Ei und anderen, eine wissenschaftliche Fassung gegeben, so ist das schon Verdienst genug. Auch ein Blick auf die wissenschaftliche Methode, deren sich die Alten bedient haben, ist nicht ohne Bedeutung. Selbst die Prägung von Wortwerten, von *terminis technicis*, gehört hierhin; findet in ihnen doch nicht selten eine Vorstellungsreihe ihren knappen und bestimmten Ausdruck.

Für das Letzte gleich ein Beispiel. Zu den gebräuchlichsten Ausdrücken im Sprachsatze des Naturforschers gehört das Wort „Element“. Der Ursprung des Wortes liegt auf griechischem Boden: *στοιχείον* hiess es da, in Verbindung „Stöchiometrie“ auch heute dem Chemiker noch recht geläufig.

Στοιχεῖα aber sind dem Griechen die Glieder einer Reihe, in Sonderheit die aufeinanderfolgenden Buchstaben des Alphabets. Zu Platons Zeit kam dann der Gedanke auf, mit den Buchstaben, die das Wort bilden, die Grundstoffe zu vergleichen, aus denen die Körper sich zusammensetzen. In diesem Sinne wendet schon Aristoteles das Wort häufig an, fühlt sich aber noch gedrungen, gewissermassen entschuldigend, Wendungen wie τὰ καλοῦμενα ὑπό τινων oder τὰ λεγόμενα στοιχεῖα, also „die von einigen so bezeichneten“ oder „die sogenannten“ στοιχεῖα zu gebrauchen. Daneben gewöhnte man sich auch, die grundlegenden Sätze der Mathematik als στοιχεῖα zu bezeichnen, ein Gebrauch, der durch Euklid festgelegt wurde. Beide Bedeutungen gelangten aus dem Griechischen ins Lateinische; da es aber dort an einem entsprechenden Ausdrucke fehlte, so prägten Lukrez und Cicero dafür das Wort „elementum“. Unverändert haben dann unsere Altvordern dieses Wort übernommen, das wir bei dem vermehrten Gebrauche um so weniger entbehren können, als sich ein für jeden Fall passendes deutsches Wort dafür bis jetzt nicht hat finden lassen. \*) Nebenbei sei noch bemerkt, dass der erste griechische Gelehrte, der den Grundstoffen der Körper seine Aufmerksamkeit schenkte, (Empedokles war es) die sprachliche Lücke durch das Wort ριζώματα (Wurzeln) auszufüllen suchte, ein Wort, das latinisiert und in etwas veränderter Bedeutung heute noch als „Radikal“ im Munde des Chemikers fortlebt.

In der Auswahl der Elemente haben sich die alten Philosophen bekanntlich geirrt; denn Erde, Wasser, Luft und Feuer können, wie jedes Kind weiss, als Elemente nicht standhalten. Allein ein gesunder Kern liegt, worauf Cauer\*\*) hingewiesen hat, unter dieser Hülle dennoch verborgen; denn unschwer erkennt man in der Erde, dem Wasser und der Luft die noch verschwommenen Begriffe der 3 Aggregatzustände, und unter dem Feuer, das bei den Stoikern eine ganz besondere Stellung über den drei anderen Elementen einnimmt, verbirgt sich die Kraft, die den Übergang aus dem einen in den anderen Zustand bewirkt.

Dem Worte „Element“ begrifflich nahestehend und ein ebenso wichtiger, wenn nicht noch wichtigerer lexikalischer Besitz des Naturforschers ist das Wort „Atom“. Es kann auf ein noch viel früheres Geburtsdatum zurückblicken; denn es entstammt einer Ideenverbindung des Philosophen Demokritos, der im 5. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung den Satz aufstellte, dass alle Naturkörper aus winzig kleinen, raumerfüllenden, aber ihrer Natur nach nicht weiter teilbaren Partikeln bestehen, und der diese kleinsten Teile dann mit dem Namen „Atome“ belegte. Mit Demokrit beginnt also auch der heute noch nicht beendete Streit um die Existenz oder Nichtexistenz dieser Kleinwesen, der für uns nur insofern von Bedeutung ist, als er zeigt, wie naturwissenschaftliche Grundanschauungen unserer Zeit im grauen Altertume ihre

\*) Vergl. Cauer, Palaestra vitae S. 12 f.; nach Stowasser, Lateinisch-deutsches Wörterbuch 1894 ist Elementum wahrscheinlich mit ἔλαν, ἔλα—ὑνειν = hervorbringen verwandt.

\*\*) A. a. O. S. 13.

Wurzeln haben. Ich rede also nicht von der Bedeutung, die die atomistische Lehre für die Philosophie des Altertums hatte, ich übergehe die ablehnende Stellung, welche Aristoteles und damit im grossen Ganzen das Mittelalter zu ihr einnahm. Doch muss ich hervorheben, dass im 9. Jahrhundert Rhabanus Maurus, obwohl sonst auf peripathetischem Boden stehend, nicht nur die demokritische Lehre ohne Rückhalt annimmt, sondern dabei noch den für unsere Zeit bemerkenswerten Zusatz macht, dass die Atome sich in unruhiger Bewegung befinden und gleich den Sonnenstäubchen durch den Raum gewirbelt werden. Wichtiger noch ist ein Hinweis auf Gassendi, der im 17. Jahrhundert die Atomtheorie aus verschiedenen alten Schriften wieder hervorsuchte und sie zum Fundamente der neueren Naturwissenschaft machte. Von Gassendi übernahmen diese Lehre u. a. Newton und Boyle, deren letzterer sie den Erklärungen der chemischen Erscheinungen zugrunde legte.

Zu den Grundlagen der Naturwissenschaft gehören ferner die Begriffe der Gesetzmässigkeit und der Zweckmässigkeit. Diese Begriffe erscheinen der Mehrzahl der Menschen so selbstverständlich, dass ich mich scheuen würde, für sie noch erst die Autorität des Altertums in Anspruch zu nehmen, wenn nicht zu verschiedenen Zeiten der Versuch gemacht worden wäre, die Gesetzmässigkeit durch den des Zufalles zu ersetzen. Der Anblick der Schönheit, der gesetzmässigen Ordnung und der Zweckmässigkeit in der Natur übt auf jeden unbefangenen Menschen einen unwiderstehlichen Reiz aus und bietet die nächste Veranlassung, sich mit den Naturerscheinungen forschend zu beschäftigen. Ja Plato geht noch weiter, indem er in der Bewunderung der Natur das charakteristische Merkmal der Philosophen und den Anfang aller Philosophie erblickt. Dem entspricht, dass schon im 6. Jahrh. v. Chr. bei Pythagoras und seinen Schülern uns der Gedanke entgegentritt, Zahl und Harmonie seien die Grundprinzipien des Weltalls, und dass wir aus ihrem Munde zum ersten Male das feinsinnige Wort Kosmos vernehmen, jenen bezeichnenden Ausdruck des nach Mass und Zahl harmonisch geordneten Weltganzen, den später Humboldt bekanntlich als Titel seines berühmtesten Werkes gewählt hat. Schärfer noch kommt der pythagoreische Gedanke bei Herakleitos zum Ausdruck, wenn er sagt, dass allem Geschehen eine strenge Gesetzmässigkeit zugrunde liege, der sich nichts entziehen könne.

Ein anderes ist es nun, eine Wahrheit zu lehren, ein anderes, ihr im Denken und Tun der Menschen Geltung zu verschaffen. Wie lange hat es z. B. noch gedauert, die wahre Bewegung der Planeten zu erkennen; konnte man sich ja trotz Heraklit von dem Wahne nicht losmachen, dass diese Himmelskörper (ihr Name deutet es an) nach Art lebender Wesen ganz willkürlich ihre Bahnen beschrieben. Wie trostlos sah es in Bezug auf das Causalitätsgesetz selbst noch in der Zeit der Renaissance und später aus, da man den Grund von allerlei Weh und Krankheiten im Teufelsspuk erblickte, und der Hexenwahn seine fürchterlichen Orgien feierte. Und steht unsere heutige Zeit so ganz auf der objektiven Höhe? Das abergläubische Treiben selbst in sonst gebildeten Kreisen spricht nicht sehr dafür. Der wissenschaftliche Angriff, den der Engländer Hume auf das Causalitätsgesetz ge-

macht hat, indem er es durch das Verhältniß der Zeitfolge ersetzen wollte, hat unter den Naturforschern keine Gefolgschaft gefunden; gibt er doch selbst, und im Widerspruche mit sich selbst zu, dass im Leben sowohl, wie in der Wissenschaft wir keinen Schritt tun können, ohne uns auf das Gesetz der Causalität zu beziehen.

Die Causalität ist noch nicht das höchste Prinzip in der Erscheinungen Flucht, sondern, um auch hier wieder mit einem der ältesten griechischen Philosophen, mit Anaxagoras, zu reden, wir finden die Endursache der Ordnung, des Wesens und der Gestaltung der Dinge in der überall zweckmässig wirkenden Vernunft. Ähnlich äussert sich Plato; nach ihm ist die Welt von einem guten Schöpfer auf Grund eines festen Planes ins Dasein gerufen, und der Zweck ist das eigentlich Göttliche in den Dingen. Auch hier begegnen wir wieder der Wurzel einer Streitfrage, deren Entwicklung sich bis in die neueste Zeit hineinzieht. Zu Anaxagoras tritt schon der 40 Jahre jüngere Demokritos in scharfen Gegensatz; er will alles auf rein mechanische Ursachen zurückführen, deren Wirkungen mit absoluter Notwendigkeit erfolgen. In des Demokritos Gefolge finden wir im Altertume die Epikuräer und Skeptiker, in neuerer Zeit die verschiedenen Schattierungen der Materialisten. Auch unter den Naturforschern huldigt bekanntlich eine grosse Zahl einer solchen Auffassung; nichtsdestoweniger hat auch hier die schärfere Beobachtung der Einzelheiten und sozusagen das praktische Bedürfnis bei vielen eine gewisse Annäherung an den Zweckmässigkeitsbegriff herbeigeführt, dem die Anatomie, die Physiologie und Biologie ganz überraschende Fortschritte verdanken.

Eine mächtige Triebkraft zur schnellen Förderung unserer modernen Naturwissenschaft ist in der strengen Anwendung jener Methode zu sehen, die man unter dem Namen der induktiven Methode als das besondere Merkmal der neuen Zeit zu feiern gewohnt ist. Im Gegensatze zu dem Bemühen, die Erscheinungen auf irgendwelche, wenn auch geistreich, so doch immerhin ziemlich willkürlich angenommene Grundvorstellungen zurückzuführen, sucht die induktive Methode umgekehrt aus den Einzelercheinungen das Allgemeine, d. h. die näheren oder entfernteren Ursachen zu ermitteln. Zu dem Zwecke ist sie darauf gerichtet, die gegebenen Vorgänge so scharf und so objektiv als möglich zu erfassen, oder durch selbsterbeigeführte Versuche die Natur zur Beantwortung bestimmungsgrenzter Fragen zu veranlassen. Das Besondere dieser Forschungsweise tritt um so deutlicher hervor, wenn man sich das vielfach anders geartete Verfahren der vergangenen Zeit dabei vergegenwärtigt. Das Mittelalter hatte, Ausnahmen vorbehalten, auf eine selbständige Naturforschung verzichtet nach dem Ausspruche des Albertus Magnus, dass, wie für die Lehren des Glaubens und der Sitte Augustinus, so für die Medizin Galenus und Hippokrates, für die Naturwissenschaft Aristoteles als die höchsten Autoritäten zu gelten hätten. Dieser Standpunkt war hinsichtlich der Naturwissenschaft um so unglücklicher, als Aristoteles in erster Linie Philosoph und erst in zweiter Naturforscher war, und als er daher auch rein naturwissenschaftliche Fragen recht oft als Material zu spitzfindigen

dialektischen Übungen benutzte. Trotzdem darf man nicht glauben, dass Aristoteles die Induktion nicht gekannt oder sich grundsätzlich von ihr abgewendet habe; unrichtig wäre es auch, wenn man annehmen wollte, dass sie von der späteren Naturforschung des Altertums nicht benutzt oder im Mittelalter gänzlich in Vergessenheit geraten sei, unrichtig also auch, dass die moderne Naturwissenschaft sie unvermittelt als ein besonderes Geschenk des Himmels empfangen habe. Wohl gilt Bacon v. Verulam als derjenige Mann, der an der Schwelle der neueren Zeit die induktive Methode gewissermaßen entdeckt habe und dadurch gleichsam der Vater der modernen Naturwissenschaft geworden sei; es ist auch nicht meine Absicht, die vielbestrittenen Verdienste Bacons hier in Zweifel zu ziehen. Aber man achte auf folgende zwei Aussprüche; der eine lautet, dass wir durch die Sinneseindrücke die Kenntnis des Einzelnen, durch Induktion die Kenntnis des Allgemeinen erhalten; der andere: „Wir dürfen ein allgemeines Prinzip nicht von der Logik allein annehmen, sondern müssen seine Anwendbarkeit bei jeder Tatsache prüfen; denn bei den Tatsachen müssen wir nach allgemeinen Prinzipien suchen, und diese müssen immer mit den Tatsachen übereinstimmen.“ Diese Sätze könnte Bacon geschrieben haben, in Wirklichkeit aber stehen sie bei unserem Altmeister Aristoteles. Und auch bei dieser Gelegenheit zeigt sich wieder der gewaltige Unterschied zwischen richtiger Erkenntnis und folgerichtigerem Tun. Wiederholt ist der aristotelische Gedanke von der grundlegenden Bedeutung der induktiven Forschung im Laufe der Jahrhunderte an die Oberfläche gekommen; so im 13. Jahrhundert bei Albertus Magnus, der in gewissem Gegensatze zu dem vorhin von ihm gehörten Aussprüche die Ansicht äussert, dass man bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen stets auf die Erfahrung und das Experiment zurückgreifen müsse; so ebenfalls im 13. Jahrhundert bei Roger Bacon, der unter seinen drei Erkenntnisquellen „Autorität, Vernunft und Erfahrung“ die letztere ganz besonders betont; so im Anfange des 15. Jahrhundert bei Nikolaus von Cues, dessen starker Drang nach den Ergebnissen der Erfahrung bereits das Herannahen der neuen Zeit verkündet; so am Ende desselben Jahrhunderts bei Leonardo da Vinci, der in einer ausführlichen Besprechung der Frage die Theorie als den Feldherrn, die Praxis aber als die Soldaten bezeichnet; so endlich um dieselbe Zeit bei Paracelsus, von dem Bacon v. Verulam sagt, dass er alles mit lautem Geschrei vor den Richterstuhl der Erfahrung hinberufe. An diese nun reiht sich am Ende des 16. Jahrhunderts Bacon v. Verulam selbst, der es mit jedem möglichen Nachdrucke in die Welt ruft, dass die Wissenschaft von Grund aus müsse erneuert werden. Aber wunderbar, während der alte Aristoteles seine theoretische Wertschätzung der Induktion auch in der Anwendung nicht selten glänzend betätigt, hat Bacon, wo er sich auf das praktische Gebiet begibt, keine glückliche Hand und gerät mit seiner Theorie in die unglaublichsten Widersprüche. Erst die Männer der Tat, wie Copernicus und andere, brachten, ohne viel darüber zu reden, den Samen der Induktion zu wirklicher Entfaltung.

Wenn ich nach diesen Erörterungen über die allgemeinen Voraussetzungen naturwissenschaftlichen Denkens auch den tatsächlichen Ergebnissen antiker Naturforschung, soweit sie der Neuzeit vorgearbeitet haben, näher zu treten versuche, so folge ich dabei dem Schema, in das man gewohnt ist, die Teile des grossen Naturganzen einzureihen. Ich beginne mit der „Naturgeschichte“.

Naturgeschichte! Schon das Wort, es sei wenigstens nebenbei bemerkt, ist griechischer Herkunft. Gewiss hat mancher sich schon gefragt, was denn Tiere, Pflanzen, Mineralien mit Geschichte zu tun haben. Nimmt man des Aristoteles Buch über die Tiere zur Hand, so findet man den Titel: „περὶ τῶν ζῴων ἰστορίαι“; das sind aber durchaus keine Tiergeschichten, sondern gemäss dem griechischen Sprachgebrauche Forschungen und Erörterungen über die Tiere. Aus dem Griechischen übernahmen die Römer das Wort *ιστορία* als Fremdwort, betonten es natürlich in ihrer Weise, verwendeten es aber allmählich mehr und mehr bloss auf geschichtliche Verhältnisse. So wurde das Wort *historia* zuletzt gleichbedeutend mit Geschichte. Dagegen betitelt noch Plinius, in offenbarer Anlehnung an Aristoteles, sein grosses naturwissenschaftliches Sammelwerk mit dem Namen „*Naturalis historia*“, und damit ist denn die „Naturgeschichte“ auch in den deutschen Sprachschatz gelangt und bis zum heutigen Tage darin verblieben.\*)

Aristoteles ist aber nun nicht bloss der Vater des Namens, sondern auch der Sache. Fünfhundert Tierformen der verschiedensten Gattungen hat Aristoteles beschrieben, und, was wichtiger ist, in ein wohldurchdachtes, der Natur abgelaushtes System gebracht. Eine Theorie der Pflanzen, die ebenfalls von Aristoteles verfasst wurde, möge hier ausser Betracht bleiben, da nur wenige Bruchstücke davon auf die Nachwelt gekommen sind. In diese Lücke tritt jedoch des Aristoteles Schüler Theophrastos, der die erste eingehende Beschreibung aller den Griechen bekannten Gewächse unter Berücksichtigung ihres Aufbaues und ihrer Lebensweise geliefert hat. Auch Plinius ist hier zu nennen, der wengleich Römer, doch aus griechischen Quellen schöpfte. Reicht er auch wissenschaftlich bei weitem nicht an Aristoteles und Theophrast heran, so ist sein umfangreiches Werk, das er aus etwa 2000 Schriften zusammenlas (man sieht, dass es an naturwissenschaftlichen Büchern nicht fehlte), für die Folgezeit doch insofern von Bedeutung, weil ohne seinen Bienenfleiss sehr vieles, was dem Altertume bekannt war, verloren gegangen wäre.

Die genannten Vorgänger nun waren es, an die das 13. Jahrhundert, insbesondere mit Albertus Magnus sich anschloss. Man stellte sich damals die Aufgabe, die von den Alten beschriebenen Tiere und Pflanzen wieder aufzufinden. An sich kein besonders glückliches Unternehmen, gab es doch den Anstoss, sich wieder mit der Natur selbst zu beschäftigen, statt nur darüber zu lesen. Auch regt sich das Bedürfnis nach eigenen praktischen Versuchen, was zur Anlage von botanischen Gärten führt. Im 16. Jahrhundert

\*) Vergl. Cauer a. a. O. S. 12.

folgen zahlreiche selbständige Schriften, auf botanischem Gebiete von Bock, Brunfels, Cäsalpin, auf zoologischem von Gessner und Aldrovandi. Schwill bald der Stoff ins Ungemessene, so wurde in Bezug auf die Systematik das aristotelische Vorbild doch zunächst noch nicht erreicht. Die Anordnung der Pflanzen in den Kräuterbüchern war meist die alphabetische; selbst die Tiere beschreibt Gessner in alphabetischer Reihenfolge. Erst mit Linné (um 1750) und Cuvier zu Beginn des 19. Jahrhunderts wird die Systematik wieder in ihre Rechte eingesetzt.

Aristoteles wirft aber auch schon Fragen auf, die weit über System-Schwierigkeiten hinausgehen. Die verwickelten Vorgänge im Innern des Tier- und Pflanzenkörpers, selbst die Entwicklung der Lebewesen zieht Aristoteles in den Kreis seiner Betrachtungen, und sein Verdienst, worauf ich schon anfangs hinwies, besteht darin, dass er diesen Fragen zum ersten Male eine wissenschaftliche Fassung gab, die späteren Generationen den Anlass zu weiteren Forschungen geboten hat.

Ich möchte von den beiden organischen Naturreichen nicht scheiden, ohne noch zweier Streitpunkte zu gedenken, die vielfach miteinander verwickelt, sich bis ins graue Altertum zurück verfolgen lassen; ich meine die Fragen, die man kurzweg mit den Namen „Urzeugung“ und „Entstehung der Arten“ bezeichnet. Unter Urzeugung versteht man die vermeintliche Tatsache, dass unter günstigen Umständen gewisse Lebewesen ohne natürliche Abstammung, sozusagen von selbst ins Dasein treten. Der erste, bei dem diese Lehre uns urkundlich entgegentritt, ist wieder Aristoteles, welcher sagt, dass jeder trockene Körper, wenn er feucht, und jeder feuchte Körper, wenn er trocken wird, Tiere erzeuge. Die Ansicht zog sich durch das Mittelalter bis tief in die Neuzeit hinein. Schriftsteller des 17. Jahrhunderts geben alles Ernstes noch Anweisung darüber, wie man Frösche aus dem Schlamm der Sümpfe, Aale aus dem Wasser der Flüsse oder Mäuse mit Hülfe von Mehl und schmutziger Wäsche hervorbringen könne. Als man anfangs, mit kaltem Blute zu prüfen, musste allerdings die Grundlosigkeit solcher Behauptungen hinsichtlich der genannten und anderer höher entwickelten Tiere zutage-treten; allein die Untersuchungen spielten sich auf das Gebiet der niederen Organismen hinüber, deren Entwicklungsgeschichte sich vorläufig in tiefstem Dunkel hüllte. Immer eifriger wurden die Beobachtungen, immer scharfsinniger die Methoden, immer vollkommener die Instrumente. Hin und her wogte der Kampf. Durch Swammerdam, Redi, Jungius zurückgedrängt, gewann die Lehre von der Urzeugung am Ende des 17. und im Anfang des 18. Jahrhunderts mit Hülfe des Mikroskops wieder neuen Boden. Buffon stellte sich auf ihre Seite, in Needham gewann sie einen geschickten Verteidiger. Erst im 19. Jahrhundert gelang es Schwann und Pasteur, ihr den Todesstoss zu geben. Zu beklagen braucht man ihre Zählebigkeit nicht; denn die Wissenschaft hat Nutzen genug aus der alten Streitfrage gezogen.

Parallel mit der Frage der Urzeugung läuft die Frage nach der Entstehung der Arten. Zweihundert Jahre vor Aristoteles spricht Heraklit den Gedanken aus, dass alle Dinge sich in einem ewigen Flusse befänden; ein

ewiges Werden bezeichne den Gang der Natur; aber das Werden vollziehe sich nicht widerstandslos, nicht ohne eine widerstrebende Gegenbewegung und der Krieg sei der Vater von allem, „πόλεμος πάντων πειτὴρ ἐστίν“.

Zweieinhalb Jahrtausende später hören wir fast dasselbe Wort, nur näher bestimmt und mit vielen Belägen versehen, daher auch viel klarer als aus dem Munde Heraklits, den seine Zeitgenossen schon den Dunkeln nannten. „Kampf ums Dasein“ lautete in unseren Tagen die Parole; in ihr sollte unter Mitbeteiligung der natürlichen Zuchtwahl die Entstehung der Tier- und Pflanzenarten ihre Erklärung finden. Der lange Zeitraum zwischen Darwin und Heraklit erscheint nun keineswegs ohne Zwischenglieder; ich nenne nur einige derselben. Im 4. Jahrhundert stellt sich der h. Augustinus ohne Vorbehalt auf entwicklungstheoretischen Boden; seine Meinung ist die, dass Gott zwar alles zu gleicher Zeit und auf einmal ins Dasein gerufen habe, jedoch nicht so, dass die einzelnen Dinge oder Wesen bereits in ihrer Individualität oder in ihrer gesonderten Existenz ins Dasein getreten seien, sondern indem er den Grundstoff aller Dinge schuf und in ihn jene Kräfte und Keime gleich verborgenem Samen hineinsenkte, hätten sich im Laufe der Zeiten und nach der grundgelegten Ordnung die einzelnen Gattungen und Arten und Wesen allmählich herausgebildet. Im 13. Jahrhundert kommen Thomas von Aquin, Bonaventura und Albertus Magnus auf die Sache zu sprechen, sie machen den Augustinischen Gedanken nicht zu dem ihrigen, versagen ihm jedoch ebensowenig eine gerechte Würdigung. Anders wieder stellt sich der grosse spanische Theologe Suarez im 16. bz. 17. Jahrhundert; nach ihm hat Gott nur das unmittelbar erschaffen, was ohne einen besonderen Schöpfungsakt nicht ins Dasein treten konnte; im übrigen hält er es der Erhabenheit des Schöpfers und der Vollkommenheit der von ihm geschaffenen Welt für angemessener, dass Gott überall da nicht eingreife, wo natürliche Ursachen (*causae secundae*) zur Abwicklung des Werdeprozesses ausreichen.\*)

Inzwischen ist seit Lamarck und Geoffroy Saint Hilaire, ganz besonders aber mit Darwin die Sache zu einer brennenden Tagesfrage geworden. Es ist hier nicht der Ort, auf die Einzelheiten, insbesondere auf die prinzipiellen Gegensätze zwischen den heutigen Darwinisten und ihren Vorläufern einzugehen; für uns genügt es, den Zusammenhang mit der Vergangenheit betont zu haben.

---

Was die Alten von mineralogischen Dingen wussten, das ist zum ersten Male von dem soeben schon genannten Theophrastos zusammengestellt worden. Dass dabei an ein wissenschaftliches System nicht zu denken ist, das ist bei dem besonderen Charakter der Mineralogie wohl selbstverständlich; es handelt sich vielmehr um Beobachtungen teils mineralogischer, teils chemischer Art (denn beides ist noch nicht getrennt), wie man sie in den griechischen

---

\*) Vergl. Knabenbauer, Stimmen aus Maria Laach 1877 S. 75 f.

Hüttenwerken gesammelt hatte. Alexandriner und Araber haben das Material ganz erheblich vermehrt, und als um den Beginn des 16. Jahrhunderts Basilius Valentinus und namentlich Georg Agricola damit begannen, die in den alten Schriftwerken verborgenen mineralogischen Schätze zu heben, war alsbald die Basis für die neuere Mineralogie gewonnen, deren weiterer Ausbau Männern wie Werner, Al. v. Humboldt und Leop. v. Buch vorbehalten blieb.

Mit der Mineralogie knüpft auch die Chemie bei den Alexandrinern und Arabern an; doch waren ihr schon aus ältester Griechenzeit gewisse Unterlagen gegeben. Ich will hier nur eine kleine Gedankenreihe anführen, die obwohl von Empedokles herrührend, auch heute noch den Anfang eines Lehrbuches der Chemie bilden könnte. Sie lautet: „1) Alle Dinge bestehen aus wenigen Grundstoffen; 2) Entstehen aus Nichts und Zurückkehren in Nichts gibt es in der sichtbaren Welt nicht, Entstehen und Vergehen ist nur eine Mischung und Entmischung der Dinge (Demokrit sagt statt dessen „eine Änderung in der Zusammensetzung der Dinge“); 3) Die Kräfte, welche die Mischung und Entmischung der Dinge bewirken, sind Liebe und Hass.“ Hass und Liebe gibt's freilich in der Chemie nicht mehr; wir sagten dafür chemische Verwandtschaft oder Wahlverwandtschaft. Auch diese Ausdrücke vermeidet man jetzt, wo man kann; aber ganz ohne bildlichen Ausdruck kommen wir doch nicht davon. Anziehung und Abstossung, also Liebe und Hass in etwas abgeblasster Form, leben heute in der Physik wenigstens noch munter fort.

Auf die Richtung der chemischen Forschung hat zur Alexandrinerzeit jene aristotelische Lehre einen ganz besonders starken Einfluss geübt, nach welcher die Körperwelt trotz der bekannten vier Elemente, in letzter Instanz auf nur einen einzigen Grundstoff zurückzuführen sei. Bei den hüttenmännischen Arbeiten hatte man die Beobachtung gemacht, dass durch Zusammenschmelzen von gewissen unedlen Metallen Legierungen erhalten wurden, die dem Golde oder Silber täuschend ähnlich sahen; es war ferner bekannt geworden, dass man durch geeignete Behandlung aus dem Rohbleie wirkliches Silber, aus dem Amalgame echtes Gold ausscheiden konnte. Im weiteren Verlaufe hatte sich gezeigt, dass durch verbesserte Methoden eine grössere Ausbeute an solchen Edelmetallen sich erzielen liess. Es war also ein entschuldbarer Fehler, wenn man bei dem Mangel jeder Einsicht in die hier sich abspielenden Prozesse zu der Meinung sich verleiten liess, dass eine wirkliche Stoffänderung vorliege, und es war konsequent, wenn auch eine Konsequenz des Irrtums, von einer stetigen Verbesserung der Methoden die Umwandlung des gesamten Rohmaterials in gleissendes Gold zu erhoffen. Das ist der Anfang und der Grundgedanke der Alchemie. Sie enthielt, trotzdem es sich um Geldeswert handelte, einen durchaus idealen Kern, nämlich eine Aufgabe von überaus wichtiger prinzipieller Bedeutung, um deren Lösung sich die Alexandriner und Araber in ihren bedeutendsten Vertretern mit dem edelsten wissenschaftlichen Eifer bemühten. Mochten auch im Mittelalter sich oft Eigennutz, Betrug und magische Klopffechtereien an ihre Fersen geleftet haben, so fehlte es doch auch damals nicht an würdigen Männern,

ich nenne Albertus Magnus, die sie in uneigennütziger Weise pflegten. Eine Menge chemischer Einzelkenntnisse sind durch sie ans Tageslicht gefördert worden, wertvolle Bausteine für die Chemie der Neuzeit. Der Gedanke aber von der möglichen Einheit der Materie ist ohne erhebliche Unterbrechung lebendig geblieben bis auf den heutigen Tag. Traten an die Stelle der vermeintlichen vier alten Elemente auch andere, die diesen Namen in dem ihnen heute beigelegten Sinne wirklich verdienen, und fügte auch die fortschreitende Forschung den bereits gefundenen Elementen noch immer neue hinzu, so blieb nichtsdestoweniger das Verlangen bestehen, sie alle auf ein einziges Urelement zurückzuführen. Den Wasserstoff nach dem Vorgange des Engländer Prout dafür in Anspruch zu nehmen, hat ja, trotzdem so Vieles dafür zu sprechen schien, auf die Dauer nicht standgehalten; vielleicht ist ein neuerer Versuch von besserem Erfolge gekrönt.

Wenn ich mich jetzt der Physik zuwende, so bin ich wegen der Fülle des Stoffes in noch grösserer Verlegenheit als bisher. Zwar darf ich Magnetismus und Elektrizität, die beiden Glanzpunkte der modernen Physik, hier ohne Bedenken ausschalten, da dem Altertume diese Gebiete sozusagen gänzlich fernlagen. Auch für die Wärmelehre sind theoretisch fruchtbare Ansätze nicht vorhanden. Immerhin ist es bemerkenswert, dass das Altertum bereits im Prinzip die Benutzung der Wärmewirkungen zur Erzeugung von Bewegungen und damit die Grundlage für die viele Jahrhunderte später sich vollziehende Ausbildung der Dampfmaschine kannte. Nachdem alexandrinische Gelehrte den Nachweis erbracht hatten, dass man mit Hülfe von Wasserdampf oder erwärmter Luft allerlei Apparate in Betrieb setzen könne, verschwand dieser Gedanke nicht mehr von der Bildfläche; das ganze Mittelalter hindurch entstehen kleine Mechanismen, die den Dampf, den Rauch, die heisse Luft als Triebkraft benutzen; später werden in getrennter Folge der abgesonderte Dampfkessel, der Cylinder mit dem Kolben, das Schwungrad, die selbsttätige Steuerung gefunden, bis endlich der vielgenannte James Watt, alles Bisherige zusammenfassend und vervollkommnend die Dampfmaschine der Gegenwart ins Dasein rief.

Theoretisch wertvollere Anregung als für die Wärmelehre haben die Griechen für die Optik hinterlassen; die Gesetze der Zurückwerfung des Lichtes waren festgestellt, die Frage der Lichtbrechung war nicht ohne einen gewissen Erfolg in Angriff genommen. Die Natur des Lichtes dachten sich die Griechen so, dass die Lichtstrahlen, aus dem Auge hervorschiessend, den zu sehenden Gegenstand gewissermassen tastend befühlen. Demgegenüber muss es als ein Zeugnis hervorragender Geistesgrösse bezeichnet werden, wenn Aristoteles ganz im Sinne der neuesten Optik zwischen dem Auge und dem Gegenstande ein Medium (wir nennens heute den Lichtäther) annimmt, welches ähnlich wie die Luft den Schall auf das Ohr überträgt, den Übergang der Lichtwirkung auf das Auge vermittelt.

Die Akustik der Alten bewegt sich fast ausschliesslich auf musikalischem Gebiete; dafür erscheint sie aber hier als ein durchaus gefestigtes System, das uns umsomehr interessiert, als dabei der Mathematik ein erheblicher Anteil zufiel, und das zu einer Zeit, wo man auf anderen Wissensgebieten an die Anwendung mathematischer Methoden noch nicht dachte. Über die Unterscheidung von ganzen, halben und sogar Vierteltönen, von diatonischen, chromatischen und enharmonischen Tonfolgen, von Konsonanzen und Dissonanzen war man bereits seit Pythagoras, d. h. 6. Jahrh. v. Chr. auf Grund von Versuchen mit dem Monochord einerseits, den einschlägigen Rechnungen andererseits so gründlich unterrichtet, dass die neuere Forschung nichts Wesentliches hat hinzuzufügen brauchen. An die Theorie lehnte sich bei den Griechen die praktische Ausübung der Musik, aus der dann die Musik des Mittelalters und in stetem Flusse die Musik der Neuzeit bis auf Richard Wagner und Richard Strauss geworden ist.

Ausgebiger noch, als in den bereits genannten Gebieten, waren die Vorarbeiten, die das Altertum zur wissenschaftlichen Mechanik hinterlassen hat. Ein abgerundetes System desjenigen Teiles, den man als die Lehre vom Gleichgewichte der Körper bezeichnet, hatte schon Archimedes aufgestellt; wichtiger ist, dass das Altertum auch den an sich weit schwierigeren Fragen der Bewegungslehre seine Aufmerksamkeit zugewendet und damit der Nachwelt manch harte Nuss zu beissen aufgegeben hat. Das auszuführen, würde mich zu sehr auf fachwissenschaftliches Gebiet drängen. Aber auf ein Beispiel möchte ich hier wenigstens mit einigen Strichen hinweisen.

Aristoteles stellt sich die Frage, warum ein geschleuderter Körper sich noch fortbewege, nachdem das Fortstossende aufgehört hat, denselben zu berühren. Wir alle kennen die Antwort; denn uns ist auf der Schule das Gesetz vom Beharrungsvermögen in seiner ganzen Abgeklärtheit vorgetragen worden, und wir haben es, trotzdem es zum Teil dem Augenscheine offenbar widerspricht, gerade so ruhig hingenommen, wie wir auch, ebenfalls allem Augenscheine entgegen, den Satz ruhig hinnehmen und allnählich sogar für selbstverständlich ansehen, dass die Erde sich um die Sonne drehe und nicht umgekehrt. Für Aristoteles aber lag hier eine überaus schwierige Frage vor, die er zunächst in der Art beantwortet, dass er meint, an sich strebe jeder Körper zu dem ihm eigentümlichen Orte hin, das Schwere und Erdige nach unten, das Feurige und Leichte nach oben. Wenn daher ein Körper in einer ihm fremden Richtung einen Anstoss erhalte, so müsse entweder die zwischen dem stossenden und gestossenen Körper befindliche und beim Stosse zusammengepresste Luft den Körper weiter treiben, oder es müsse (und das scheint ihm zunächst wahrscheinlicher) die beim Stosse zur Seite gedrängte Luft wieder heftig an ihre Stelle zurückkehren und dadurch dem Körper in der Bewegungsrichtung eine grössere Geschwindigkeit erteilen, als nach jeder anderen. Eine Stossbewegung im luftleeren Raume hält Aristoteles danach für unmöglich. Befriedigt wurde Aristoteles von seiner Erklärung nicht; denn er kommt noch bei anderen Gelegenheiten auf dieselbe Frage zurück, so namentlich Buch IV Kap. 8 seiner physikalischen Vorträge, wo er drauf

und dran ist, das Richtige zu treffen. Dort heisst es nämlich, Niemand könne wohl angeben, warum etwas, einmal in Bewegung gesetzt, irgendwo stille stehen sollte; denn warum mehr hier, als dort? Demnach müsse es entweder ruhen oder ins Unbegrenzte fortbewegt werden, falls nicht ein Stärkeres es hindert.

Später finden wir bei Plutarch die Frage: „Warum fällt der Mond nicht herab, wenn er ein schwerer Körper ist, wie unsere Erde?“ und er antwortet: „Den Mond sichert vor dem Falle seine eigene Bewegung und die reissende Geschwindigkeit seines Umlaufes, so wie das, was auf eine Schleuder aufgelegt wird, durch den raschen Umschwung gehindert wird, herabzufallen.“

Die Himmelsbewegungen sind es auch, die in neuerer Zeit Kepler veranlassen, der Frage näher zu treten. Er geht von der Tatsache aus, dass die Planeten um so langsamer sich bewegen, je weiter sie von der Sonne entfernt sind. Aber obwohl mit den Schriften des Altertums von früher Jugend an vertraut, blieb er — ein Beweis für die Schwierigkeit der Sache — mit seiner Erklärung hinter Aristoteles noch zurück. Nicht nur, dass er das Beharrungsvermögen ausschliesslich auf den Widerstand der Masse gegen jedwede Bewegung einschränkt, sondern er sucht auch den Grund für die Bewegung der Planeten in der Sonne, die, indem sie sich selbst um ihre Achse drehe, auch die Planeten mit sich herumreise.

Klarheit bringt erst 20 Jahre später Keplers Zeitgenosse Galilei. Im 3. Abschnitte (Tage) seines mechanischen Hauptwerkes (*Dialoghi delle nuove scienze*) behandelt er den freien Fall der Körper. Den Eingang bildet — ein neuer Beweis für den Zusammenhang zwischen alter und neuer Naturwissenschaft — eine kritische Besprechung der mechanischen Schriften des Altertums, insbesondere auch des Aristoteles. Dabei wird die unrichtige Ansicht des letzteren beseitigt, dass das Medium es sei, welches den geschleuderten Körper weiter treibe. Zum Schlusse gibt Galilei seine eigene Theorie des freien Falles und im folgenden Abschnitte auch die des Wurfes, ganz so, wie wir sie heute noch als richtig anerkennen. Damit ist die scharfe Scheidung gesetzt zwischen der Rolle, die der bewegte Körper vermöge seiner Masse zu spielen hat und derjenigen, die dem Medium als Bewegungshindernis zufällt; es klärt sich der Unterschied zwischen der gleichförmigen Bewegung, die zu ihrer Erhaltung keiner Kraft bedarf, und der gleichförmig beschleunigten, die eine konstant wirkende Kraft voraussetzt. Es wird endlich die Schwerkraft der Erde erkannt, von der dann Newton nachweisen konnte, dass sie nicht bloss der Erde angehöre, sondern auch die Bewegungen in den Himmelsräumen beherrsche.

Die theoretische Mechanik des Hellenentums findet ihren Abschluss in der Behandlung der auf einer geradlinigen oder kreisförmigen Bahn sich vollziehenden gleichförmigen Bewegung; ein Weiteres war durch den Stand der mathematischen Wissenschaft ausgeschlossen. Aber auch in dieser Beschränkung hat sie Grosses geleistet; denn sie gab damit der Astronomie eine ganz bestimmte Richtung, die in dem mit Recht bewunderten Werke

des ptolemäischen Weltsystemes ihren glänzenden Abschluss fand. War dieses System mit seiner komplizierten Kreisbewegung auch nicht das richtige, so war es doch für jene Zeit das einzig mögliche. Erst als durch die Erfindung der Infinitesimalrechnung die Möglichkeit geschaffen war, auch Bewegungen mit veränderlicher Geschwindigkeit mathematisch näher zu treten, war der Augenblick gekommen, die Astronomie von dem Gängelbände der Cyklen und Epicyklen zu befreien.\*)

Näher auf die astronomischen Errungenschaften des Altertums einzugehen, würde den verfügbaren Raum weit überschreiten; es genügt hier aber auch der Hinweis, dass auf dem astronomischen Gebiete mehr als auf allen anderen vorher besprochenen die Neuzeit sich als die unmittelbare Erbin und Nachfolgerin des Altertums darstellt. Die *Μεγαλή σύνταξις* des Ptolemaios bildet die selbstverständliche und von keiner Seite beanstandete Unterlage der Untersuchungen; topographische Aufnahmen des Fixsternhimmels, genaue Zeitbestimmungen, Vorhersagung astronomischer Erscheinungen auf wissenschaftlicher Grundlage, Aufsuchung des Grössenverhältnisses der Himmelskörper, alle diese Aufgaben, mit denen die Alexandriner sich bereits beschäftigt hatten, werden einfach wieder aufgenommen und mit denselben mathematischen und technischen Hilfsmitteln behandelt, deren sich auch die Alexandriner bedient hatten. Selbst der Gedanke, die Sonne in den Mittelpunkt des Planetensystems zu rücken, ist nicht ausschliesslich die Geistestat des Copernicus. Ganz abgesehen von der berühmten Stelle in Platons *Timaios*, wo die heliocentrische Vorstellung zum ersten Male, wenn auch noch undeutlich, geweckt wird, war dem Altertume in der Person des Aristarchos, worauf wir schon hinwiesen, sein Copernicus entstanden, und der wirkliche Copernicus legt unter Bezugnahme auf Cicero und Platarchos in der Vorrede seines Buches *De revolutionibus orbium coelestium* selbst Zeugnis dafür ab, dass die Umdrehung der Erde um die Sonne eine dem Altertume bekannte Vorstellung war.

Und nun aus den Himmelsräumen noch einmal zurück zur Erde! Unter den grossen Begebenheiten des ausgehenden Mittelalters mochte wohl keine den damaligen Bewohnern des Abendlandes das Frührot einer neuen Zeit nachdrücklicher zum Bewusstsein gebracht haben, als die Entdeckung einer neuen Welt durch Christoph Columbus. Dem Mittelalter war die Erde eine flache, vom Ozean rings umspülte Scheibe gewesen, die westlich bis zu den Säulen des Herkules, östlich bis nach Indien reichte, und deren Rand von fabelhaften Wesen bevölkert war. Die Geographie des Mittelalters war nämlich im Wesentlichen eine Anlehnung an das Römertum, dessen Welt Herrschaft zwar zu ausgedehnten Vermessungsarbeiten und damit auch zur Erwerbung zahlreicher Einzelkenntnisse geführt hatte, das sich aber zu einer Vorstellung von der eigentlichen Gestalt der Erde nicht hatte emporschwingen können. Dass im Mittelalter das geographische Wissen der Römer nicht einmal voll aufrecht erhalten wurde, dass das Weltbild der Römer sich bei

---

\*) Vergl. Heller a. a. O. S. 146.

ihm sogar noch verzerrte, das beweisen die mittelalterlichen Weltkarten und Kosmographien. Taucht hie und da, wie z. B. in Dantes Divina comedia (Inferno XXXIV, 107 ff.) die Kugelgestalt der Erde auf, so bedeckt das Festland nur die eine Hälfte derselben, während die andere ausschliesslich dem Ozean zugewiesen ist; den Gipfel und den Mittelpunkt des Festlandes aber bildet Jerusalem, vielleicht in Anlehnung an die Worte des Ezechiel: Ista est Jerusalem, in medio gentium posui eam et in circuitu eius terram (Das ist Jerusalem; in die Mitte der Völker habe ich es gesetzt und ringsherum die Erde).\*) Im allgemeinen wurde die Kugelgestalt der Erde als mit der h. Schrift im Widerspruch zurückgewiesen und die Lehre von den Antipoden als lächerlicher Unsinn verhöhnt.

Welche Umwälzungen in den Vorstellungen musste es nun hervorrufen, als Columbus kühn nach Westen steuernd nach langen bangen Wochen an der vermeintlichen Küste Indiens Anker warf, als kurz danach der ganze neue Erdteil von Magalhaes umsegelt und die Rückreise nach Europa durch den stillen Ozean gewonnen wurde! Und doch, die Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde, die erste Bedingung einer westlichen Meerfahrt, war schon einmal Gemeingut aller Gebildeten gewesen.\*\*\*) Schon Pythagoras soll den Gedanken von der Kugelgestalt der Erde ausgesprochen haben und von unseren heutigen Schulbeweisen dafür finden sich drei bei Aristoteles hübsch zusammengestellt, (auch einer der Beläge für das induktive Denken der Griechen). War aber die Erde eine Kugel, das verhehlten die Griechen sich nicht, so konnten die damals bekannten Länder nicht die ganze Erde ausmachen, und es war nicht ausgeschlossen, dass es auf der anderen Seite auch noch Länder und Menschen gäbe. Also eine frei im Weltenraume schwebende Kugel, bewohnt von Menschen, die unbekümmert um das gewöhnliche Oben und Unten ihre Füße alle dem Mittelpunkte der Erde zuwenden, fürwahr ein Gedanke so kühn, so überraschend, dass man sich mit Recht wundern darf, wie die Griechen, und nicht bloss einzelne derselben, ohne viel Aufhebens davon zu machen, ihn sich haben gefallen lassen können! Aber noch mehr; mit der Erkenntnis, dass die Erde eine Kugel sei, begannen alsbald die Versuche, dieselbe mathematisch zu erfassen. Die Erdpole, der Äquator, die Wendekreise, die geographischen Längen und Breiten werden die geläufigen Mittel der Ortsbestimmung, und man scheut trotz der Grösse der Aufgabe und der Unzulänglichkeit der Mittel selbst vor dem Versuche einer Grössenbestimmung des Erdumfanges nicht zurück. Konnte schon Aristoteles auf gewisse von mathematischer Seite gemachte Schätzungen hinweisen, so gelang dem Alexandriner Eratosthenes die erste wissenschaftlich durchgeführte Messung, die einwandfrei in ihren Grundzügen, ein so genaues

\*) Philaethes, Göttliche Comödie S. 294.

\*\*) Eine sehr hübsche Studie über diese Verhältnisse hat Prof. Ant. Elter in einer akademischen Festrede (Bonn 1902) unter dem Titel „Columbus und die Geographie der Griechen“ geliefert, der die folgenden Angaben der Hauptsache nach entnommen sind.

Ergebnis lieferte, wie man es nach Lage der Umstände nur immer erwarten konnte.

Schwieriger noch, als die Bestimmung des Erdumfanges war es, die Grösse, Gestaltung und Gliederung des bewohnten Teiles der Erde festzulegen. Das bisherige Kartenmaterial, ganz abgesehen von seiner sonstigen Unzuverlässigkeit, musste hier grundsätzlich versagen, da es auf der Vorstellung von einer planimetrischen Form der Erde aufgebaut war. Nur die astronomische Aufnahme möglichst vieler Orte auf der Erde konnte helfen. Zu dieser Aufgabe die wissenschaftlichen Grundlagen geliefert zu haben, ist das Verdienst von Eratosthenes grossem Nachfolger Hipparch, ein Verdienst, das um so höher anzuschlagen ist, als es sich um eine Arbeit handelte nicht für einen einzelnen Gelehrten, sondern für Jahrhunderte. Wenn man bedenkt, dass Hipparch in seinen Tabellen für jeden Breitengrad die Veränderungen der Himmelserscheinungen, die Polhöhe, die Auf- und Untergänge nebst den Culminationen der Sterne und Ähnliches ein für alle Male festlegte, dass er ferner alle Sonnen- und Mondfinsternisse für die nächsten 600 Jahre im voraus berechnete und die Zeit ihres Eintritts auf die Kalender aller damals bekannten Länder und Völker reduzierte, so gewinnt man ein ungefähres Bild von dem damaligen hohen Stande der geographischen Wissenschaft. Man wundert sich dann auch nicht mehr, dass der westliche Seeweg nach Indien auch im Altertume schon zu den diskutierbaren Fragen gehörte. „Da jeder Parallel ein Kreis ist,“ sagt Eratosthenes, „so würde man von Iberien (also von Spanien) nach Indien auf demselben Parallelkreise fahren können, wenn nicht die Grösse des atlantischen Ozeans Schwierigkeiten machte;“ dieser Schwierigkeit begegnet Strabo dadurch, dass er auf die neuen Erdteile hinweist, auf die man unterwegs möglicherweise stossen könne. Seneca ist so kühn, den Weg von der Westküste Spaniens bis nach Indien bei günstigem Winde auf wenige Tage (*paucissimorum dierum spatium*) zu schätzen. Sie sehen, für die Durchquerung des atlantischen Ozeans und damit für die Entdeckung Amerikas war die geistige Unterlage gegeben: „Zur frischen Tat,“ sagt Elter, „fehlte den Griechen der unmittelbare Ansporn, die *auri sacra fames*, die später die Spanier antrieb, einen kürzeren Weg nach den Gewürzländern Hinterasiens zu finden, als der der Portugiesen um Afrika herum war.“ Auch die alexandrinische Katastrophe trat hemmend dazwischen. Nichtsdestoweniger glimmte der griechische Funke unter der Asche fort, zunächst bei den Arabern und infolge von lateinischen Übersetzungen aus dem Arabischen auch im Mittelalter. Albertus Magnus, Dante, Roger Bacon, Vinzenz von Beauvais und andere reden wieder von der Kugelgestalt und Grösse der Erde, Albertus Magnus insbesondere auch von der verhältnismässig kurzen Meeresstrecke zwischen den Säulen des Herkules und den Bewohnern Indiens, und Bacon erörtert wieder die Frage nach noch unbekanntem Ländermassen. Als dann mit der übrigen griechischen Literatur auch die geographische in ihren Urquellen wieder erschlossen ward, als damit das Interesse um die Erdkunde wieder in hellen Flammen emporloderte, als alle Welt von dem grossen Ptolemaios sprach, von dem im

15. Jahrhundert nicht weniger als 40 verschiedene Ausgaben erschienen, da lag der westliche Seeweg nach Indien klar vor Aller Augen, und des Columbus kühner Wagemut konnte das Facit zu der Aufgabe ziehen, die das Hellenentum hart vor dem Abschlusse hatte abbrechen müssen.

Oktavianus Augustus hat einst das stolze Wort gesprochen, er habe Rom als einen Backsteinhaufen übernommen und als eine Stadt von Marmorpalästen hinterlassen. Ein ähnliches Zeugnis darf die moderne Naturwissenschaft sich ausstellen, ohne dass sie fürchten müsste, dem Vorwurf der Überhebung zu begegnen. Aber wenn auch die alten Backsteinbauten der hellenischen Naturwissenschaft oder ihre bei der Zerstörung losgerissenen Trümmer dem Auge heute nicht mehr unmittelbar entgegentreten, so sind sie dennoch erhalten geblieben. Es war mir heute die Ehre zuteil geworden, Sie aus dem Glanze der Prunkgemächer unserer Naturwissenschaft hinabgeleiten zu dürfen in das Halbdunkel der darunter liegenden Fundamente; dort brauchten wir nicht lange zu suchen, um eine Fülle von Bausteinen zu finden, die aus griechischem Tone geformt und mit griechischem Stempel gezeichnet sind — eine *Graecia subterranea* zwar, aber auch eine *Graecia aeterna*. Wie im Bereiche der Philosophie, der schönen Literatur und der darstellenden Künste, so gilt also auch für die Naturwissenschaft der Satz, dass der Ruhm der Neueren emporgestiegen ist an dem Ruhme der Alten.

---

## Neues aus Haltern.

Auszug aus dem am 17. November 1902 gehaltenen Vortrag des Herrn  
Prof. Dr. Friedrich Koeppe.\*)

Vor kaum zwei Jahren hatte ich die Ehre, im Saal des alten Ständehauses über die Ausgrabungen bei Haltern zu sprechen.\*\*) Nicht so bald würde ich es wagen, denselben Stoff wieder zum Gegenstand eines Vortrags zu machen, wenn nicht die Arbeit dieses Sommers und Herbstes ein wichtiges und einigermaßen abgerundetes neues Ergebnis gehabt hätte, und trotzdem nicht, wenn nicht diesmal das Wort zurücktreten sollte gegen das Bild.

---

\*) Der Vortrag, der bestimmt war, etwa zwanzig durch das Skioptikum vorgeführte Lichtbilder zu erläutern, eignete sich nicht zu wörtlichem Abdruck. Er wird hier wiedergegeben soweit zur Illustrierung die beigegebenen vier Abbildungen genügten. Ein ausführlicher reich mit Abbildungen versehener Bericht ist inzwischen im dritten Heft der Mitteilungen der Altertumskommission für Westfalen erschienen.

\*\*\*) Jahresbericht 1900/1901 S. XXXII—XLVIII.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresbericht des Westfälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst](#)

Jahr/Year: 1902-1903

Band/Volume: [31\\_1902-1903](#)

Autor(en)/Author(s): Jansen

Artikel/Article: [Die Bedeutung des griechischen Altertums für die moderne Naturwissenschaft. XXIX-XXXXIX](#)