

Altertum, 1959

zu
Zubov

Wohl aber erscheint sie zwischen zwei Welten: der heranwachsenden, organisierenden Wissenschaft und der urklassischen, stets vorhandenen Weisheit. Die tragische Ironie wird auf das Gebiet des Denkens projiziert.

Mit seinen Trauerspielen stellt Sophokles den Sophisten, ja den Philosophen ernste Fragen. Das Formulieren seiner Katastrophen, der Schluß jedes seiner Stücke, bedeutet soviel als: „Ihr Weisen, legt ihr uns einmal aus, wie dies möglich sein kann.“ Und daß solche Fragen noch heute auf eine Antwort warten, gerade das macht das Geheimnis des unvergänglichen Wertes des Sophokles aus.

Daß er dazu noch diese unerschöpfliche Problematik in ein so prächtiges Gewand gekleidet hat, daß sie sich mit der Dichtkunst so unvergeßlich vereinigen konnte, mag erklären, warum wir noch heutzutage durch die Zauberkraft des antiken Wortes entzückt bleiben, und wir wiederholen in unserem Herzen, mit dem Chor der „Antigone“:

Zubov V. P., *Beobachtung und Experiment in der antiken Wissenschaft*: Altertum V 1959 223-232. | Si l'antiquité n'a pas eu de laboratoires d'expériences, elle a cependant bien connu les principes de l'expérimentation et les a appliqués dans de nombreux cas, dont des exemples sont fournis ici.

2791
Zubov?
1959

Beobachtung und Experiment in der antiken Wissenschaft

Von VASSILI P. ZUBOV

Der Initiator einer neuen experimentellen Naturwissenschaft FRANCIS BACON schätzte die Experimentierkunst der Griechen sehr gering ein, indem er die Auffassung vertrat, daß „in einem Zeitraum von so vielen Jahren kaum ein Versuch beigebracht werden kann, der sich auf die Erleichterung und Verbesserung des Zustandes der Menschen bezieht und mit Recht auf die Betrachtungen und Lehrsätze der Philosophie zurückgeführt werden kann“ (Novum Organum I, 73). Verständlicherweise wird auch heute niemand wagen, dem antiken Griechenland und Rom eine entwickelte Experimentierkunst zuzuerkennen. Jedoch haben die Griechen, wie in vieler Hinsicht, auch hier den Grundstein für das gelegt, was in späteren Zeiten seine weitere Entwicklung erfuhr.

Es genügt, an die allgemein bekannte Legende zu erinnern, die Boëthius, De institutione musica I, 10f. überliefert: Als Pythagoras einmal an einer Schmiede vorüberging, hörte er, daß die Schläge der Hämmer „aus verschiedenen Tönen in gewisser Weise eine Harmonie“ entstehen ließen. Um die Ursache für einen solchen Zusammenklang zu ergründen, bat er die Schmiede, die Hämmer auszutauschen. Dabei stellte sich heraus, daß die Ursache ebensowenig in den Muskeln der Leute wie in der Kraft ihres Schlages begründet lag. Nachdem Pythagoras das Gewicht der Hämmer bestimmt hatte, konnte er feststellen, daß das Gewichtsverhältnis der Hämmer einfachen, ganzzahligen Verhältnissen entsprach. Hier finden sich schon alle charakteristischen Merkmale eines Experiments, wenn es sich auch nur um einen Austausch der Schmiedehämmer handelt.

Die Erzählung des Boëthius enthält aber auch weitere Hinweise auf ein systematisches Experimentieren: Pythagoras hängte Gewichte an Saiten, maß die Abstände zwischen den Löchern in der Hirtenflöte, füllte Gefäße mit Flüssigkeiten und schlug sie mit einem kupfernen oder eisernen Stab an. Wir lassen hierbei die Frage nach der historischen Glaubwürdigkeit der Legende außer acht und ebenso den Umstand, daß die Tonhöhe der Saite nicht der Schwere des angehängten Gewichtes proportional ist, sondern der Quadratwurzel aus dieser Größe. Allein die Tatsache, daß eine solche Legende in der Antike aufkam, zeugt von dem Verständnis des Wesens des Experimentes als einer rationalen Untersuchung der Wirklichkeit.

Der Charakter jener Untersuchung wird durch einige andere Beispiele deutlich. „Schon die Seher der Hammurapizeit hatten bei der Ölwaarsagung gefunden, daß, wenn sie Öl in eine Trinkschale mit Wasser gossen, hinter der die Sonne aufgegangen war, sich ein, zwei, drei bis sieben farbige Ringe bilden konnten, aber nicht mehr, und daß am Rande des Gefäßes die Ölschicht schwarz, der äußere Rand des ersten hellen Ringes rot und der dritte helle Ring grün erscheine“ (B. MEISSNER, Babylonien und Assyrien, 2, Heidelberg 1925, 382). Die sogenannten „Farben dünner Blättchen“ wurden erst zu Newtons Zeiten erklärt. Die Beobachtungen der Babylonier gingen über die Grenzen einer reinen Empirie nicht hinaus. — Plinius bezeugt, daß die Etrusker elf Blitzarten unterschieden, die sie mit neun verschiedenen Göttern in Verbindung brachten (*Historia naturalis* 2, 52, 138). Diese Beobachtungen der Priester blieben ebenfalls für die Wissenschaft belanglos, dergleichen die Untersuchungen der Eingeweide von Tieren bei den Haruspices.

Wenn auch die Gedanken, mit denen die Griechen und Römer die Natur der Blitze erklärten, kindlich-unausgereift anmuten und die Pythagoreer geirrt haben, als sie eine einfache proportionale Verbindung zwischen der Höhe des Tones und der Größe des Gewichtes herstellten, das an eine Saite gehängt wurde, so unterscheiden sich diese wissenschaftlichen Erklärungen doch grundlegend von der reinen Empirie der Babylonier und Etrusker.

Wir führen noch ein Beispiel an: Schon vor Eratosthenes wußte man, daß in Syene am Tag der Sommersonnenwende die Sonnenstrahlen senkrecht bis auf den Boden der tiefsten Brunnen dringen. Jedoch erst der Scharfsinn eines Eratosthenes konnte diese empirische Beobachtung zum Ausgangspunkt für die Messung des Erdumfangs machen. Wir möchten dazu bemerken, daß er bei seinen Berechnungen Angaben über Entfernungen zwischen Städten verwendete, die schon früher von ägyptischen Landmessern gemacht wurden und, was besonders wichtig ist, eine übermäßige Genauigkeit in diesem Fall nur Verwirrung angerichtet hätte. Eratosthenes ging nämlich von der Annahme aus, daß Syene, Meroë und Alexandria sich auf einem Meridian befänden. Das stimmt nicht ganz. Jedoch auch wenn Eratosthenes dieser Umstand bekannt gewesen wäre, hätte er sich sehr wahrscheinlich im Recht geglaubt, den verhältnismäßig geringen Unterschied außer acht lassen zu können, um nicht den Haupt Gesichtspunkt seiner wissenschaftlichen Aufgabe aus den Augen zu verlieren.

Die Entwicklung der Beobachtungsfähigkeit konnte nicht getrennt von dem Fortschritt philosophischer Ideen weitergehen. Die Anschauungen der ionischen Naturphilosophen erscheinen dem modernen Menschen primitiv und archaisch. Jedoch vom historischen Standpunkt aus stellen sie einen enormen Fortschritt im Bereiche der wissenschaftlichen Abstraktion dar. Das Wasser des Thales, das Unbegrenzte-Grenzenlose des Anaximander, die Luft des Anaximenes eröffneten die erste Möglichkeit für eine einheitliche Auffassung des Weltalls.

Die Darstellung, wie Substanzen ineinander übergehen, findet sich am deutlichsten in den Beschreibungen des Anaximenes ausgeprägt, wonach die Luft, wenn sie sich verdünnt, in Feuer übergeht, und wenn sie sich verdichtet, in Wind, Wolken, Wasser, Erde und schließlich in Steine verwandelt wird. Hagel ist gefrorenes Wasser, das sich aus den Wolken gelöst hat. Schnee sind gefrorene Wolken.

Die Himmelserscheinungen werden von den Vorsokratikern in voller Übereinstimmung mit den Erscheinungen auf der Erde interpretiert. So besteht für Xenophanes die Sonne aus in Brand geratenen Wolken, aus Anhäufungen kleiner Funken. Die anderen Gestirne erlöschen und entzündet sich tagtäglich, wie „Kohlestückchen“. Das klingt kühn, nicht nur gegenüber den viel älteren Vorstellungen vom Himmel als dem Wohnsitz der Götter, sondern auch im Vergleich zu späteren Ansichten über einen qualitativen Unterschied zwischen der himmlischen und der irdischen Materie.

Den Gegensatz zwischen einer rein beobachtenden und einer theoretischen Richtung kann man unschwer in den verschiedenen Schriften des sogenannten Hippokratischen Corpus verfolgen, in dem bekanntlich unter Hippokrates' Namen Werke verschiedener Autoren vereinigt sind. Der Verfasser der Schrift „Über die alte Medizin“ war ein Gegner philosophierender Ärzte (*De prisca medicina* 20). Nach seiner Meinung irren die, welche versuchen, über Medizin zu sprechen oder zu schreiben, und dabei zur Grundlage ihrer Ausführungen die Hypothese vom Warmen oder Kalten, Feuchten oder Trockenen oder, je nach Belieben, von noch etwas anderem machen (ebd. 1). Der Autor des Werkes „Über die Diät bei akuten Krankheiten“ griff wiederum die Empiriker der Schule von Knidos an, wobei er darauf hinwies, daß diese Ärzte — rein deskriptiv verfahren, ohne tiefer in das Wesen der Dinge einzudringen — ein und dieselbe Krankheit für zwei Krankheiten hielten (*De diaeta in acutis* 1).

Einen ähnlichen Gegensatz findet man in den Ansichten über den Ursprung technischer Erfindungen. Als die Vorstellung, sie seien eine übernatürliche Gabe der Götter, schwand, kamen zwei andere grundsätzliche Anschauungen auf. Nach der einen sind Erfindung und Entdeckung das Resultat eines Zufalls (der jeder reinen Empirie eigen ist). Auf diese Weise wurde nach Vitruv 2, 1, 1 das Feuer entdeckt. Auf gleicher Ebene liegen die Berichte des Plinius über die Erfindung des Glases (*Hist. nat.* 36, 26, 191) und die Entdeckung der Eigenschaften des Magneteisens (ebd. 36, 16, 127).

Nach einer anderen Konzeption erfolgt die Erfindung nützlicher Künste aus der Nachahmung der Natur. So war Demokrit gemäß dem Zeugnis Plutarchs

der Meinung: „Die Menschen sind in den wichtigsten Dingen Schüler der Tiere geworden: der Spinne im Weben und Stopfen, der Schwalbe im Hausbau und der Singvögel, des Schwans und der Nachtigall, im Gesang, und zwar auf dem Wege der Nachahmung“ (H. DIELS u. W. KRANZ, Die Fragmente der Vorsokratiker, 2, 7. Auflage Berlin 1954, B 154).

In diesem Zusammenhang ist eine Begebenheit aus der frühbyzantinischen Zeit interessant, die die antiken Vorstellungen von der Technik als bewußter Nachahmung der Natur, das heißt als bewußter Anwendung allgemeiner natürlicher Gesetzmäßigkeiten, widerspiegelt. In seiner „Geschichte“ (5, 6f.) erzählt Agathias folgende Episode aus dem Leben des berühmten Anthemios, des Erbauers der Kirche der Hagia Sophia in Konstantinopel: Zwischen Anthemios und seinem Nachbarn, dem Rhetor Zenon, war ein Streit entstanden. Anthemios konnte sich in der Redekunst natürlich nicht mit dem Berufsdredner Zenon messen. Da bediente er sich eines anderen Mittels. Er baute unter dem Haus des Zenon ein Röhrensystem, in dem heißes Wasser und Wasserdämpfe zirkulierten. Der Dampfdruck brachte das Haus zum Erzittern, so daß der erschreckte Zenon an ein Erdbeben dachte.

Der Streit zwischen Anthemios und Zenon wurde darauf zum Anlaß wissenschaftlicher Debatten über die Natur von Erdbeben. Hierbei nahmen die Anhänger des Aristoteles die eben geschilderte Begebenheit als Beweis dafür, daß ihr Lehrer mit seiner Theorie von den Dämpfen, die im Erdinneren keinen Ausweg finden, recht hatte. Anthemios hatte mit seiner Kunst die Natur nachgeahmt, worin die Aristoteliker die Quelle für seinen Erfolg sahen.

Um richtig handeln zu können, darf man sich nicht auf Beobachtungen beschränken, sondern muß den gesetzmäßigen Gang der natürlichen Erscheinungen genau erfassen. Daraus ergibt sich die Frage, auf welche Weise solche allgemeinen natürlichen Gesetzmäßigkeiten erkannt werden. Soll man der Natur sozusagen ihre Geheimnisse ablauschen oder künstliche Bedingungen schaffen, die allein eine Antwort auf unsere Fragen ermöglichen? Insbesondere die Schule des Aristoteles war von der Notwendigkeit überzeugt, die Naturerscheinungen unter normalen Bedingungen zu beobachten. Das deckt sich etwa mit dem Gedanken, den später Goethe äußerte:

Geheimnisvoll am lichten Tag
läßt sich Natur des Schleiers nicht berauben,
und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,
das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben.

In dem „Hippokratischen Corpus“ begegnet jedoch eine andere Ansicht: Wenn die Natur bestimmte Anzeichen nicht freiwillig von sich geben will, so hat die Medizin Mittel und Wege gefunden, durch die die Natur gezwungen wird, sich vollkommen zu offenbaren. Dadurch wird den Menschen, die sich auf die Kunst verstehen, klar, was weiter zu tun ist (De arte 12). Und wenn der Schüler des Aristoteles, Theophrast, ähnlich seinem Lehrer, dem Experiment mehr als zurückhaltend gegenüberstand, wandte sein Nachfolger Straton bewußt die Prin-

zipien des Experiments an. Vom Standpunkt Stratons aus war es für die Erkenntnis physikalischer Gesetzmäßigkeiten nicht weniger wichtig, die Prozesse zu erforschen, die unter künstlich geschaffenen Bedingungen verlaufen, als die Erscheinungen, die „entsprechend der Natur“ (κατὰ φύσιν) auftreten, zu untersuchen. So bildete für Straton ein in Gefäßen künstlich geschaffenes Vakuum den Ausgangspunkt für physikalisch-philosophische Betrachtungen über die Leere.

Wir wollen noch kurz einige Experimente erwähnen, die in einzelnen Werken des „Hippokratischen Corpus“ beschrieben sind. Ein Forscher der Gegenwart bemerkte treffend, daß einige Experimente einen gemeinsamen Zug haben: Sie sind alle ganz korrekt, aber sie beweisen nicht, was der Autor beweisen will (L. BOURGEX, Observation et expérience chez les médecins de la collection hippocratique, Paris 1953, 182).

Als Beispiel führen wir eine Beschreibung an, die das Werk „Über die Natur des Kindes“ enthält: „Wenn man eine kleine Röhre an eine Blase anbindet und durch das Röhren in die Blase Erde, Sand und kleine Stückchen Blei wirft und dann, nachdem man Wasser dazugegossen hat, durch das Röhren bläst, wird sich zuerst alles mit dem Wasser vermischen. Einige Zeit danach wird jedoch infolge des Hineinblasens das Blei zum Blei gehen, der Sand zum Sand und die Erde zur Erde; und wenn man dann alles trocknen läßt und die Blase öffnet und ihren Inhalt betrachtet, wird man finden, daß sich das Gleiche zum Gleichen gesellt hat“ (De natura pueri 17). Welche Schlußfolgerungen zog aber der Verfasser daraus? Das Experiment diente ihm als Zeugnis, daß sich auf gleichem Wege auch „der Samen und das Fleisch voneinander absondern“.

Noch künstlicher ist der Zusammenhang zwischen dem Versuch und der Erscheinung, die man erklären wollte, im folgenden Fall. Der Autor beschreibt ein Experiment mit kommunizierenden Gefäßen. Drei oder mehr Kessel seien „auf einem sehr ebenen Platz“ „in günstigster Weise“ angeordnet und durch Röhren miteinander verbunden. Gießt man jetzt langsam Wasser in einen der Kessel, dann fließt es aus einem Kessel in den anderen, bis sie alle gefüllt sind, und, umgekehrt, wenn alle Kessel voll sind und jemand aus einem das Wasser ablaufen läßt, fließt das Wasser der anderen Kessel in diesen Kessel, und so leeren sie sich genauso, wie sie sich gefüllt haben (De morbis 4, 8/39). Die Deutung dieses Vorgangs muß noch mehr als im ersten Fall verwundern: Genau das gleiche geschehe, wenn man Speisen und Getränke zu sich nimmt. Der Autor setzt sich dabei offensichtlich über die zuvor genannten Bedingungen hinweg, daß die Kessel „auf einem sehr ebenen Platz“ aufgestellt und „in günstigster Weise“ angeordnet sein sollten, was bei der Nahrungsaufnahme nicht zutrifft. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, sei hervorgehoben, wie überaus künstlich das Experiment mit Essen und Trinken zusammengebracht wurde.

So führten die Experimente in den erwähnten Fällen nicht so sehr zur Entdeckung neuer Wahrheiten, sondern versuchten vielmehr, bereits vorher aufgestellte Thesen zu veranschaulichen. Das gilt auch für den Versuch des Empedokles, die Erscheinungen der Atmung und des Blutkreislaufs durch die Vorgänge

beim Füllen und Entleeren der Klepsydra bildhaft zu machen. Hier bedeutet Klepsydra nicht Wasseruhr, sondern eine Art Gießkanne, ein Gefäß mit kleinen Öffnungen im Boden und einer größeren oben, die man mit dem Finger verschließen bzw. öffnen konnte.

Dieses Experiment war nicht ad hoc erdacht. Es diente ebenso zur Veranschaulichung einer vorher bekannten Theorie wie der Versuch mit der Gurke, die unter einem umgestülpten Glas wächst, wobei sie sich den Wänden des Glases anpaßt und seine Form annimmt. In gleicher Weise geschehe es mit dem Embryo des Menschen: „Wenn er beim Wachsen viel Platz hat, wird er größer, hat er wenig Platz, wird er kleiner“ (De natura pueri 9).

Es ist möglich, daß auch der folgende Versuch (De morbis 4, 26/57) nicht ad hoc von einem antiken Mediziner erdacht war, sondern einem physikalischen Werk entnommen wurde (vgl. G. SENN, Die Entwicklung der biologischen Forschungsmethode in der Antike und ihre grundsätzliche Förderung durch Theophrastos von Eresos, Aarau 1933, 62f.):

Wenn man ein großes enghalsiges Gefäß, das mit Wasser gefüllt ist, schnell umstürzt und dann den Pfropfen entfernt, fließt das Wasser nicht heraus. Wenn man das Gefäß aber vorsichtig neigt oder in den Boden eine Öffnung macht, dringt Luft in das Gefäß, und gleichzeitig fließt das Wasser heraus. (Das Experiment wird vom Verfasser zur Erklärung von Erscheinungen bei der Wassersucht herangezogen.)

Einen anderen Charakter trägt folgender Versuch, dessen Beschreibung sich im Traktat „Über das Herz“, einem der spätesten Werke des „Hippokratischen Corpus“, findet. Der Autor bemüht sich zu beweisen, daß ein Teil der flüssigen Nahrung in den Kehlkopf geht: Wenn man Wasser blau oder rot färbt, es einem Tier zu trinken gibt (am besten einem Schwein, das von Natur aus nicht wälerisch ist) und ihm, während es trinkt, die Kehle aufschneidet, dann ist sie vom Getränk gefärbt (De corde 2). Obgleich das Experiment nicht beweist, was der Verfasser wollte, da Kehldedeckel und Schlundmuskeln beim Durchschneiden der Kehle wohl schwerlich normal funktionieren können, haben wir hier doch ein echtes Vivisektionsexperiment vor uns, eine direkte Fragestellung mit direkter Antwort.

In derselben Schrift (8) wird noch ein anderes Vivisektionsexperiment erwähnt: „Man sieht, daß das Herz als ganzes schlägt, während die Ohren einzeln aufgeblasen werden und erschlaffen.“ (Unter den „Ohren“ versteht man die Vorkammern.)

Mit der Tradition Straton's ist die Tätigkeit der alexandrinischen Ärzte Herophilos (ca. 330—250 v. u. Z.) und Erasistratos (ca. 305—240 v. u. Z.) verbunden. Die Behauptung des Celsus (De medicina 1, prooem.), daß Herophilos nicht nur Sektionen von Leichen, sondern auch Vivisektionen an Verbrechern vornahm, entbehrt nicht der Wahrscheinlichkeit.

Über Herophilos ist bekannt, daß er die Frequenz des Pulses mit einer Wasseruhr gemessen hat; er führte also das quantitative Moment in die medizinischen

Beobachtungen ein. Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Versuch des Erasistratos, überliefert vom sogenannten Londoner Papyrus (einer Kompilation des 2. Jahrhunderts v. u. Z.). Der anonyme Verfasser spricht hier über die Theorie der „unsichtbaren Ausdünstungen“, indem er sich auf Erasistratos bezieht: „Nimmt man ein Tier, z. B. einen Vogel oder dergleichen, setzt ihn in ein metallenes Gefäß und läßt ihn eine Zeitlang hungern, so wird man, wenn man das Tier mit den sichtbaren Exkrementen auf die Waage bringt, finden, daß es nunmehr viel weniger wiegt als vorher, weil offenbar auf unsichtbarem Wege eine starke Ausdünstung stattgefunden hat“ (H. DIELS, Über das physikalische System des Straton, in: Sitzungsberichte der Kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1893, 1. Halbband, 109).

Als frühere Parallelen zu solchen quantitativen Experimenten könnte man Versuche aus dem „Hippokratischen Corpus“ anführen. De aere aquis locis 8 geht es um das gefrierende Wasser, aus dem beim Gefrieren alles „Helle, Leichte und Süße“ ausgeschieden wird. Der Autor will seine Ansicht durch Abwiegen erhärten: Wenn man im Winter ein Gefäß mit Wasser gefrieren läßt und es am anderen Tag an einen warmen Platz bringt, dann findet man, nachdem das Eis geschmolzen ist, das Wasser in geringerer Menge vor.

Ein anderer Versuch besteht im Folgenden: „Gesetzt den Fall, es würde jemand zwei Tage und zwei Nächte lang über Wasser oder auch über einer feuchten Stelle gereinigte Wolle und ein reines Gewand von dichtem Gewebe und der Wolle genau entsprechendem Gewicht anbringen, so wird er, wenn er das wegnimmt und abwägt, finden, daß die Wolle viel schwerer ist als das Gewand. Das geschieht aber, weil vom Wasser, das sich in einem Gefäß mit weiter Öffnung befindet, immer etwas nach oben steigt und die Wolle, da sie ja locker und weich ist, mehr von dem Wegziehenden aufnimmt, das Gewand hingegen, da es voll und dicht gewebt ist, sich füllt, ohne sonderlich viel von dem Wegziehenden in sich aufzunehmen“ (De morbis mulierum 1).

Nach einer Vermutung WELLMANN'S wurde das Werk von dem knidischen Arzt Aëthlios geschrieben, dem Lehrer des jüngeren Chrysippos, der seinerseits der Lehrer des Erasistratos war (siehe M. WELLMANN, Spuren Demokrits von Abdera im Corpus Hippocraticum, Archeion 11, 1929, 329).

Wenn man an diese quantitativen Experimente mit dem Kriterium Bacons herangeht, mit der Forderung der Nützlichkeit, erscheint die unmittelbare Bedeutung der Ergebnisse gering. Die Beurteilung fällt aber anders aus, wenn man die Versuche vom Standpunkt der Methodologie betrachtet, vom Standpunkt der Entwicklung der experimentellen Methode.

Es ist kein Zufall, daß in der Renaissance Nikolaus von Kusa in seinem Traktat „De staticis experimentis“ (Nicolaus de Cusa, ed. L. BAUR, 5, Leipzig 1937, 119—139) denselben Weg weitorging und gleichzeitig die Traditionen des Archimedes wiederaufnahm, der mit Hilfe des spezifischen Gewichts den Betrug des Meisters aufdeckte, der die Krone Hierons angefertigt hatte. Nach den Worten des Nikolaus kann man über die Unterschiede im Gewicht zuverlässiger als durch andere Verfahren in die „Geheimnisse der Dinge“ eindringen.

So z. B. gestattet das Gewicht zweier gleicher Wasservolumina, die aus zwei verschiedenen Quellen geschöpft wurden, über den Charakter ihrer Natur zu urteilen. Die Bestimmung der spezifischen Gewichte erlaubt es ferner, die Zusammensetzung von Metallen festzustellen. Das ist nützlich, um bei Münzen zu erkennen, wie groß die Beimischung von Kupfer zu Gold und Silber ist usw.

Das von Nikolaus beschriebene Hygrometer geht direkt auf den Versuch aus dem „Hippokratischen Corpus“ zurück: „Man nehme ein Stück Wolle, die die Feuchtigkeit der Luft aufsaugt und in Abhängigkeit von dieser Feuchtigkeit bald schwerer, bald leichter ist.“ Ebenso war auch der paduanische Arzt Sanktorius mit den antiken Traditionen verbunden, da er den Versuch des Erasistratos in seinem Werk „De statica medicina“ (1614) wiederholte und variierte.

Wir erinnern noch an ein Experiment, das in dem bereits erwähnten Traktat „Von der Natur des Kindes“ beschrieben wird: „Wenn man zwei oder mehr Hühnern zwanzig oder mehr Eier zum Brüten unterlegt und jeden Tag, vom zweiten bis zum letzten, an dem das Küken ausschlüpft, ein Ei herausnimmt, es zerschlägt und betrachtet, so wird man finden, daß alles so vor sich geht, wie ich sagte“ (De natura pueri 20).

Aristoteles, Coiter (1572), Aldrovandi (1600), Fabricius (1621), Parisanus (1621), Harvey (1651), Highmore (1651), Malpighi (1673), Haller (1758), K. Fr. Wolf (1759, 1768), Baer (1828) und viele andere wiederholten den Versuch, der von dem unbekannten antiken Arzt im 4. Jahrhundert v. u. Z. zuerst vorgeschlagen wurde (vgl. A. E. ГАЙСНОВИТСКИЙ, Исторические корни сравнительной эмбриологии до Гарвея [Die historischen Wurzeln der vergleichenden Embryologie bis zu Harvey], Moskau u. Leningrad 1948, 539 [Труды Института истории естествознания Академии Наук СССР, 2] [Arbeiten des Instituts für Geschichte der Naturwissenschaften der Akademie der Wissenschaften der UdSSR]).

Somit wird das blinde „Nachahmen“ der Natur und die reine empirische Beobachtung durch ein zielstrebiges Befragen der Natur ersetzt. Bei aller Gleichgültigkeit gegenüber dem Experiment als solchem unterstrich Aristoteles dieses bewußte Verhältnis zur Wirklichkeit im ersten Kapitel seiner „Metaphysik“ (I,1). Die Wissenschaft und die Kunst entstehen auf der Grundlage der Erfahrung (*ἐμπειρία*). Menschen, die mit Erfahrung wirken, erreichen mehr als diejenigen, die nur den allgemeinen Begriff (*λόγος*) und keine Erfahrung haben. Doch hält man die *τεχνίται* für weiser als die *ἐμπειροί*; denn die einen kennen die Ursache (*τῆς αἰτίας*), die anderen aber nicht.

F. Bacon kämpfte gegen das rein verbale Wissen der Scholastik und schloß sich offensichtlich an die antiken Konzeptionen von der Entstehung der Technik aus der „Nachahmung der Natur“ an. Aus dieser Position schrieb er: „Es war deshalb kein Wunder, daß es bei den Ägyptern, die den Entdeckern göttliche Ehren erwiesen, mehr Bilder von vernunftlosen Tieren als von Menschen gab; denn die vernunftlosen Tiere haben mit ihrem natürlichen Instinkt viele Entdeckungen gemacht, wo die Menschen durch Reden und Vernunftschlüsse wenig oder nichts hervorbrachten“ (Novum Organum I, 73).

Es versteht sich, daß Bacon im Feuer der polemischen Begeisterung der antiken Wissenschaft im ganzen nicht gerecht wurde. Aber es verdient, angemerkt zu werden, daß er in der allgemeinen Beurteilung des reinen Empirismus mit Aristoteles, den er kritisierte, zusammenging. Dabei genügt es, an seine Gegenüberstellung der chaotischen und systematischen „Empiriker“, der Ameisen und der Bienen, zu erinnern.

Natürlich konnten die begrenzten Entwicklungsmöglichkeiten der Technik unter den Bedingungen der Sklavenhaltergesellschaft und die Notwendigkeit, dem Sklaven nur die primitivsten und oft unhandlichsten Werkzeuge in die Hände zu geben, die Entwicklung von systematischen Experimenten nicht begünstigen. Kriegsschleudermaschinen aus hellenistisch-römischer Zeit zum Beispiel machten indessen mathematische Berechnungen erforderlich, wobei sich neue mathematische Probleme ergaben. Demgegenüber blieben viele von Heron beschriebene Geräte auf einer niederen Entwicklungsstufe stehen. Sie wurden zudem in der Praxis nicht verwendet und glichen Spielautomaten, ohne zur Quelle umfassender Schlußfolgerungen zu werden. Erinnern wir daran, daß Heron die bewegende Kraft des Dampfes bekannt war! Bei seiner „Äolipile“ handelt es sich um eine Eisenkugel, die durch den Rückstoß des aus zwei gebogenen Röhrchen ausströmenden Dampfes in Drehung versetzt wurde. Zahlreiche Ratschläge, die Varro und Columella in ihren Werken über die Landwirtschaft gaben, fanden ebenfalls keine Berücksichtigung.

Nichtsdestoweniger stößt man in den letzten Jahrhunderten der Antike neben dem Experimentieren im oben beschriebenen Sinne, das ohne spezielle Geräte vor sich ging, auch auf Spezialapparate, die zur Messung dienten. So beschreibt Ptolemäus (2. Jahrhundert) in der „Optik“ ein Gerät zur Bestimmung der Größe von Brechungswinkeln.

Um die Wende vom 4. zum 5. Jahrhundert begegnet in einem Brief des Synesios von Kyrene ein Aräometer, das für ihn angefertigt wurde und das er, offenbar während einer Krankheit, zur Untersuchung der Dichte von Flüssigkeiten benutzte. Das Gerät bestand aus einem Zylinder mit aufgetragener Teilung; am unteren Ende war ein Konus befestigt. Wenn man es in eine Flüssigkeit eintauchte, schwamm es in vertikaler Lage, und der Teilstrich, bis zu dem es eintauchte, zeigte die Dichte der Flüssigkeit an.

Schließlich muß man noch auf eine Gruppe von Experimenten eingehen, die als „Gedankenexperimente“ bezeichnet werden. Auch in diesen Fällen ist es historisch wichtig, nicht nur und nicht so sehr den Inhalt der Experimente als vielmehr das Prinzip an sich zu betrachten. Zu den Gedankenexperimenten gehört z. B. der richtige Schluß, den Aristoteles in seiner „Physik“ zog: Im luftleeren Raum würden alle Körper mit gleicher Geschwindigkeit fallen (4, 8, 216a). Aristoteles benutzte übrigens diese Schlußfolgerung nur als Mittel, um den Gesichtspunkt der Atomisten ad absurdum zu führen.

Auch das Argument des Ptolemäus, das er gegen die Bewegung der Erde vorbrachte, trägt den Charakter eines Gedankenexperimentes: Setzt man die Drehung der Erde voraus, was wird dann mit den Vögeln, Wolken, mit den Steinen und

Pfeilen, die aus Schlenderwaffen abgeschossen werden, wenn sie sich in der gleichen Richtung bewegen wie die Erde oder, umgekehrt, in der entgegengesetzten Richtung? Werden sie von der Luft mitgerissen oder nicht, werden sie sich schneller oder langsamer bewegen? (Ptolemäus, *Μαθηματικὴ σύνταξις* 1,7). Die Schlußfolgerungen des Ptolemäus erscheinen für unsere Fragestellung nicht so wichtig wie das Prinzip des methodisch-gedanklichen Experimentierens an sich, des Berechnens aller Möglichkeiten und Fälle.

Ein klassisches Beispiel für ein antikes Gedankenexperiment stellt die Schlußfolge beim hydrostatischen Gesetz des Archimedes, das seinen Namen trägt, im Traktat „Über die schwimmenden Körper“ dar. Er ging von der Voraussetzung aus, daß die Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit sphärisch ist, da sie einen Teil der Erdoberfläche bildet. Dann berücksichtigte Archimedes die Volumina von Körpern in der Flüssigkeit und betrachtete folgerichtig die Fälle, in denen das Gewicht dieser Körper schwerer oder leichter als das Gewicht der entsprechenden Wassermenge oder gleich ist, um die Bedingungen des Gleichgewichtes zu erforschen.

Die Stärke der wissenschaftlichen Abstraktion und die dadurch bedingte Freiheit, sich von den Zufälligkeiten des Experiments zu lösen und sich auf das Hauptsächliche und Wesentliche zu beschränken — diese Züge kennzeichnen die höchsten Errungenschaften der griechischen Wissenschaft. Wir kehren zu unserem Ausgangspunkt zurück: Abstraktion und Beobachtung ergänzen einander. Wenn die Gelehrten der Alten Welt sich nicht über die Grenzen der einzelnen Sinnesdata hinausgewagt hätten, wären sie vermutlich nicht zur Idee einer kugelförmigen Erde gelangt, zum Begriff der Antipoden, und Leukippos und Demokrit hätten nicht ihre genialen Gedanken über die Atome niedergeschrieben. Das Altertum kannte keine speziellen Experimentierlaboratorien, aber die Prinzipien des Experimentierens waren wohlbekannt. Auch in diesem Zusammenhang ist es angebracht, an die Worte von F. ENGELS zu erinnern, „daß in den mannigfachen Formen der griechischen Philosophie sich fast alle späteren Anschauungsweisen bereits im Keim, im Entstehen vorfinden. Die theoretische Naturwissenschaft ist daher ebenfalls gezwungen, will sie die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte ihrer heutigen allgemeinen Sätze verfolgen, zurückzugehen auf die Griechen“ (Alte Vorrede zum „Anti-Dühring“ — Über die Dialektik, in: Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft, 11. Auflage Berlin 1958, 414).