TUSCULUM-BÜCHEREI

Herausgeber: Karl Bayer, Hans Färber, Max Faltner

ANTIKE ATOMPHYSIK

Texte zur antiken Atomlehre und zu ihrer Wiederaufnahme in der Neuzeit

griechisch/lateinisch/italienisch/deutsch

zusammengestellt, übersetzt und erläutert
von Alfred Stückelberger

HEIMERAN VERLAG

Titelvignette:
Griechisches 10-Drachmen-Stück von 1976 mit einem Bildnis Demokrits und einem Atommodell.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Antike Atomphysik
Texte zur antiken Atomlehre u. ihrer Wiederaufnahme in der Neuzeit; griech.; lat.; ital.; dt. / zsgest., übers. u. erl. von Alfred Stückelberger.
— München : Heimeran, 1979.
(Tusculum-Bücherei)
ISBN 3-7765-2182-1
NE: Stückelberger, Alfred [Hrsg.]

1. Auflage 1979
© Heimeran Verlag, München, 1979
Alle Rechte vorbehalten
einschließlich die der fotomechanischen Wiedergabe.
Archiv 610 ISBN 3 7765 2182 1
Satz: Maschinensetzerei Hans Janß, Pfungstadt
Druck: Laupp & Göbel, Tübingen
Bindung: Heinrich Koch, Tübingen

INHALTSVERZEICHNIS

EINFÜHRUNG 7
TEXTSTELLEN UND ÜBERSETZUNG 64

I. Die Begründung der Atomistik
1. Leukipp (Nr. 1—3) 64
2. Demokrit (Nr. 4—21) 74

II. Mathematischer Atomismus in der pythagoreischen und platonischen Schule
1. Philolaos aus Kroton (Nr. 22—23) . . . 130
2. Ekphantos aus Syrakus (Nr. 24—25) . . . 132
3. Platon (Nr. 26) 134

III. Übernahme der Atomistik in der griechischen Medizin
1. Erasistratos aus Keos (Nr. 27—28) . . . 150
2. Asklepiades von Bithynien (Nr. 29—31) . 154

IV. Übernahme der Atomistik in der epikureischen Schule
1. Epikur (Nr. 32—38) 162
2. Lukrez (Nr. 39—46) 192

V. Spuren der Atomistik in der Spätantike
1. Spuren in der Profanliteratur der silbernen Latinität (Nr. 47—48) 234
2. Auseinandersetzung mit der Atomistik im frühen Christentum (Nr. 49—51) 236
3. Artikel aus spätantiken Lexika (Nr. 52—53) 242

VI. Wiederaufnahme der antiken Atomistik in der Renaissance und der Aufklärung
1. Wegbereiter in der Renaissance (Nr. 54 bis 57) 246
2. Galilei und sein Kreis (Nr. 58—61) . . . 252
3. Daniel Sennert (Nr. 62—63) 258
4. Joh. Chrysostomus Magnien (Nr. 64—66) 280
5. Isaak Newton (Nr. 67—69) 286

ANHANG 291
Erläuterungen zu einzelnen Stellen 292
Synopsis der wichtigsten Begriffe zur Atomistik 311
Literaturhinweise 327
Stellenindex 331

NACHWORT 335

Einführung in die antike Atomphysik

1. Die Begründung der Atomistik

a) Voraussetzungen

Die Frage, wie im griechischen Denken des 5. Jh. v. Chr. die heiß umstrittene, bald sorgsam begründete, bald vehement bekämpfte, für viele Jahrhunderte dann zurückgedrängte und schließlich in der Renaissance wieder aufgegriffene Vorstellung einer aus Atomen aufgebauten Materie aufkommen konnte, ist eng verknüpft mit der Entwicklung der vorangegangenen griechischen Naturphilosophie, ist doch auch die Atomistik zunächst nur ein Versuch gewesen, freilich ein Versuch von ungeahnter Tragweite, die ganze Natur zu erfassen und zu erklären.

Die ionische Naturphilosophie, wie sie uns im 6. Jh. v. Chr. entgegentritt, unterscheidet sich — soweit wir sehen können — von allem Anfang an in grundsätzlicher Weise von jeder früheren außergriechischen Naturbetrachtung und Naturbeobachtung, nämlich im unermüdlichen Streben, frei von jeder zweckgerichteten Schranke den Dingen an sich auf den Grund zu gehen, die ἀρχαί, die Ursprünge aufzuzeigen und die ganze Fülle der Erscheinungen zu erfassen und nach einem Grundprinzip zu erklären. Damit verbunden ist ein ausgeprägter Wille zur Systematisierung und Abstrahierung von den äußerlich erkennbaren Phänomenen dieser Welt. Unter diesem Gesichtspunkt muß der Versuch eines Thales von Milet gewertet werden, die ganze Vielfalt der bestehenden Dinge

auf einen Urstoff, das Wasser, zurückzuführen[1]). Ihm verwandt sind die Ansätze eines Anaximenes von Milet, in der Luft[2]), oder eines Heraklit von Ephesos, im Feuer den Urgrund aller Dinge zu erblicken[3]), eine zunächst fremdartige Vorstellung, die aber plötzlich aktuell wird, wenn man etwa mit Werner Heisenberg für 'Feuer' das Wort 'Energie' einsetzt[4]).

Freilich, die Schwierigkeiten, die sich ergaben, mit einem Urstoff alles erklären zu wollen, schienen unlösbar. So kam Heraklit unter dem erschütternden Eindruck der Veränderlichkeit aller Dinge, die nichts absolut Beständiges, Sicheres erkennen ließ, sondern die beängstigende Ahnung erwecken mußte, daß „alles in der Art eines Stromes im Flusse"[5]), d. h. in ständigem Werden und Vergehen begriffen ist, zum Schluß, daß das Wesen der Dinge gerade im Widerspruch liege. Treffend charakteri-

1) Thales, Fr. A 1, 27 (bei Diog. Laërt. 1, 27); A 13 u. a. m. (alle Fragmente der Vorsokratiker werden hier zitiert nach der Ausgabe von Hermann Diels — Walther Kranz, 3 Bde., 6. Aufl. Berlin 1951/52, in photomechan. Verfahren mehrmals später aufgelegt).
2) Anaximenes, Fr. A 1; A 5; A 6 u. a. St. m.
3) Heraklit, Fr. A 5; A 10, cf. B 30f. — Bei all diesen 'Grundelementen' der ionischen Naturphilosophie ist zu berücksichtigen, daß sie noch nicht diesen materiellen Charakter haben, den ihnen unser moderner Sprachgebrauch zuschreibt.
4) W. Heisenberg, Physik und Philosophie, Stuttgart 1959, 47: „Wir können an dieser Stelle einfügen, daß die moderne Physik in einer gewissen Weise der Lehre des Heraklit außerordentlich nahe kommt. Wenn man das Wort 'Feuer' durch das Wort 'Energie' ersetzt, so kann man Heraklits Aussagen fast Wort für Wort als Ausdruck moderner Auffassung ansehen."
5) Heraklit Fr. A 1 (vgl. B 12. 91): so wird man wohl das oft zitierte und gerne mißgedeutete πάντα ῥεῖ verstehen dürfen.

siert Karl Reinhardt seine Lehre: „Auf ihre kürzeste Formel gebracht, besagt die Lehre Heraklits: alles in der Welt ist Gegensatz, aber die Gegensätze bedingen einander; das ist das große Geheimnis, das vor aller Augen liegt und doch allen verborgen bleibt, daß Widerstrebung Einheit ist und alles miteinander harmoniert, indem es sich widerstreitet; folglich ist der Gegensatz das Wesen aller Dinge, und die Welt der Gegensätze ist die einzig wahre Welt." [6])

Die Reaktion auf diese letztlich erschütternde Einsicht konnte nicht ausbleiben [7]): Auf der Suche nach einer neuen, verläßlichen Grundlage fand Parmenides von Elea (ca. 515— ca. 445 v. Chr.) das ὄν, das Seiende, das, all diesem Wechselspiel der sichtbaren materiellen Welt entrückt, „Eines", „ein Ganzes", „zusammenhängend", „unerschütterlich", „unbeweglich", „begrenzt, einer Kugel gleich" ist [8]). Er stellt so Heraklits Philosophie des Werdens eine Philosophie des Seins gegenüber, freilich um den Preis, daß für ihn die ganze materielle Welt letztlich nur eine Scheinwelt wird, von der uns die Sinnesorgane nur ein Trugbild (δόξα) vermitteln [9]). In der parmenideischen Schau des Seins hat die Suche frühgriechischer Denker nach einem einheitlichen, unerschütterlichen Grundprinzip ihren Höhepunkt erreicht; dieses ist freilich so weit von allem Vorstellbaren entfernt, daß sich über das ὄν des Parmenides kaum mehr eine Aussage machen und eine Brücke zur gegenständlichen Welt bauen läßt. Dennoch ist es für die spätere Entwicklung der Geistes-

6) Karl Reinhardt, Parmenides und die Geschichte der griech. Philosophie, Frankfurt a. M. 1959², 208.
7) Ich halte mich hier an die Überlieferung, die Parmenides auf Heraklit folgen läßt, gegen Reinhardt a. O. 220.
8) Vgl. Parmenides Fr. B 8, 2ff. 13f. 26ff. 43.
9) Fr. B 8, 40ff.

geschichte zu einem sehr entscheidenden Begriff geworden: von ihm führt ein Weg mit neuer, positiver Umschreibung zum platonischen ὄν und zur Welt der absoluten, von der Materie losgelösten, mit dieser aber doch in Beziehung stehenden Ideen; der andere Weg, da sich das parmenideische ὄν wieder mit Materie gefüllt hat, weist unter Beibehaltung der Wesensbestimmungen der Einheit, Ganzheit, Unerschütterlichkeit zum Atom-Begriff von Leukipp und Demokrit.

Doch vorerst noch ein Wort zu zwei unmittelbaren Vorläufern der eigentlichen Atomisten: Empedokles aus Agrigent (ca. 500—ca. 430 v. Chr.) mit seinem ausgeprägten Interesse an Naturvorgängen einerseits — so beschäftigt ihn etwa die Frage, warum sich Wein mit Wasser, nicht aber mit Öl mischen läßt[10]) oder wie Hunde eine Fährte aufspüren[11]) —, und seinem scharfsinnigen Verstand andererseits, mit welchem er die eigenen Sinneswahrnehmungen kritisch prüft[12]) und, was die Sinne verschließen, denkerisch ergründet, ist zum wichtigsten Wegbereiter der Atomistik geworden. Die empedokleische Lehre von den vier Grundbaustoffen der Welt, die allem zugrunde liegen, den vier 'Elementen' (στοιχεῖα)[13]), ist über Platon und, mit der Ergänzung der Quinta Essentia,

10) Emp. Fr. B 91.
11) Emp. Fr. B 101; vgl. Fr. B 92, wo von der Zinn-Kupfer-Mischung die Rede ist, od. Fr. B 100, wo ein Versuch mit der Klespydra (Wasserheber) beschrieben ist, der schon sehr nahe an ein eigentliches Experiment herankommt: s. dazu O. Regenbogen, Eine Forschungsmethode antiker Naturwissenschaft, in: Kl. Schriften, München 1961, 141 bis 194: bes. 168.
12) Emped. Fr. B 2.
13) Emped. Fr. B 6 und B 17, 18: „Vier Wurzeln aller Dinge, ... Feuer, Wasser, Erde und der Luft unendliche Höhe." Der in der Doxographie verwendete Ausdruck στοιχεῖον ist in den wörtl. Fragmenten von Empedokles noch nicht

über Aristoteles für an die zweitausend Jahre zur allgemein verbreiteten Auffassung von der Materie geworden. Von Empedokles stammen die zwei für die Atomistik grundlegenden Begriffe der Mischung (μίξις/χρῆσις) und Trennung (διάλλαξις)[14]) zur Erklärung der Vielfalt der Veränderungen im stofflichen Bereich, die den zwei kosmischen Triebkräften, der 'Philotes' und dem 'Neikos' (Liebe und Streit), gehorchen: „Und dieser beständige Tauschwechsel hört nimmer auf: bald vereinigt sich alles durch Liebe zu Einem, bald auch trennen sich wieder die einzelnen Stoffe im Hasse des Streites" (Fr. B 17, 6ff.). Bei ihm findet sich ferner die Vorstellung der Ausströmungen (ἀπορροαί)[15]), die von allen Dingen ausgehen und die Sinneswahrnehmungen hervorrufen, eine Erklärung, die von den Atomisten wieder aufgegriffen und weitergeführt wird. Und schließlich sind bei Empedokles — wenn man antiken Doxographen glauben darf[16]) — bereits schon

belegt; er verwendet dafür den Ausdruck ῥίζωμα (Wurzel).

14) Emped. Fr. B 8; B 21.

15) Emped. Fr. B 89. Zum ganzen Verhältnis des Empedokles zur Atomistik vgl. Walther Kranz, Die Entstehung des Atomismus, in: Convivium, Festschrift für Konrat Ziegler, Stuttgart 1954, 14—40; bes. 15ff.

16) Die spätere doxographische Überlieferung etwa bei Galen und Aëtius hat die Tendenz, Empedokles in sehr nahe Beziehung zu den eigentlichen Atomisten zu bringen; so zählt Aëtius 1, 24, 2 (Emped. Fr. A 44) als Vertreter einer Korpuskulartheorie in einem Atemzug Empedokles, Anaxagoras, Demokrit und Epikur auf. Bedeutend zurückhaltender drückt sich Aristoteles de gen. et corr. 334 a 26 (Fr. A 43) über die Mixis-Vorstellung aus; er spricht lediglich von στοιχεῖα κατὰ μικρὰ παρ' ἄλληλα συγκείμενα. In den doch verhältnismäßig zahlreich erhaltenen Fragmenten über die Mixis belegt keine Stelle eindeutig die Vorstellung von kleinsten Materieteilchen; der Begriff μέρος etwa in Fr. B 22, 1 hat eine andere Bedeutung.

Ansätze für die Vorstellung von winzigen Materieteilchen vorgebildet, die σμικρὰ μόρια, die λεπτομερῆ σώματα[17]) oder ὄγκοι (Massenteilchen), die — so berichtet Aëtius — gewissermaßen die στοιχεῖα στοιχείων, die Elemente der Elemente, darstellen (Fr. A 43).

Der zweite unmittelbare Vorläufer und Zeitgenosse[18]) von Leukipp ist Anaxagoras von Klazomenai (ca. 500—428 v. Chr.), der mit seinem oft zitierten Satz ὄψις γὰρ τῶν ἀδήλων τὰ φαινόμενα („die Erkenntnis des Unsichtbaren liegt im Sichtbaren": Fr. B 21a) zum ersten Mal den Analogieschluß als Weg des Denkens formuliert[19]) und damit für die Methodik in der ganzen späteren Entwicklung einen entscheidenden Schritt getan hat[20]). In der Vorstellung von der Materie geht er zunächst von der Mischungstheorie des Empedokles aus, führt sie aber in einem wesentlichen Punkt weiter durch die Erklärung, was denn das Wesen eines jeden Stoffes bestimme: „Alles ist in allem vorhanden, aber jede (Mischung) ist durch den vorherrschenden Stoff charakterisiert (χαρακτηριζόμενον)" (Fr. B 1). An die Stelle der vier empedokleischen Elemente tritt bei Anaxagoras eine unbegrenzte Zahl von Stoffen, die sich aus 'Keimteilchen' (σπέρματα) zusammensetzen: „Man muß annehmen, daß in allen Stoffverbindungen vieles und vielfältiges enthalten ist und

17) Emped. Fr. A 34 (Galen), A 44 (Aëtius); vgl. Fr. B 101, 1 den Begr. κέρματα.

18) Da die Lebens- und Wirkungszeit der Vorsokratiker meist nur sehr ungefähr überliefert ist, ist es schwierig, die gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnisse zu rekonstruieren; jedenfalls darf man für die Mitte des 5. Jh. schon mit Wechselbeziehungen zwischen Empedokles, Anaxagoras und Leukipp rechnen.

19) Dazu Regenbogen a. O. (o. Anm. 11) 158.

20) An der zitierten Stelle nimmt Demokrit ausdrücklich in positivem Sinn Stellung zum erwähnten Anaxagorassatz: vgl. Demokr. Fr. A 111.

Keime von allen Dingen, die vielfältige Formen und Farben und Lustwirkungen haben" (Fr. B 4). Diese Spermata, oder ὁμοιομερῆ σώματα (gleichteilige Stoffteilchen), wie sie andernorts heißen[21]), sind ausdrücklich „in bezug auf ihre Zahl und Kleinheit unbegrenzt"[22]), womit der letzte Schritt zum kleinsten Unteilbaren, dem eigentlichen Atom, noch offenbleibt. — Sein besonderes Gepräge aber erhält die anaxagoreische Weltanschauung dadurch, daß er versucht, den unvereinbar erscheinenden Gegensatz von Geist und Materie zu überbrücken: nicht mehr ein kosmischer Urwirbel[23]), sondern der Geist, der νοῦς, eine außerhalb und über der Materie stehende Größe, ist die gestaltende und ordnende, alles beherrschende und mit einem Sinn erfüllende Kraft in allem Weltgeschehen. Daß diesem Versuch, sich vom materialistischen Denken früherer Philosophen zu lösen und allen materiellen-physikalischen Ursachen eine geistige Ursache überzuordnen, verschiedene Inkonsequenzen anhaften mochten, über die sich etwa Platon lustig macht[24]), schmälert nicht die Bedeutung des Unterfangens.

b) Leukipp und Demokrit

Angesichts der bahnbrechenden Bedeutung des neuen Schrittes in der Geschichte des Materiebegriffes, der von den tastenden Versuchen bei Empedokles und Anaxagoras zur voll ausgeprägten Hypothese einer aus kleinsten, festen, unveränderlichen Bausteinen aufgebauten Materie

21) Anax. Fr. B 5.
22) Anax. Fr. B 1 ἄπειρα καὶ πλῆθος καὶ σμικρότητα.
23) So die δίνη bei Empedokles Fr. B 35, 4, aus welcher die verschiedenen Stoffmischungen hervorgehen.
24) Plato, Phaidon 97 bff.

führte, wird man es doppelt schmerzhaft empfinden, daß von der ältesten Generation der Atomisten, von Leukipp aus Milet (Anf. 5. Jh. v. Chr.) und Demokrit von Abdera (ca. 460—ca. 400 v. Chr.) kaum Fragmente im ursprünglichen Wortlaut erhalten sind, die sich direkt auf die Atomlehre beziehen[25]). Immerhin gibt es neben zahlreichen zerstreuten Einzelaussagen einige recht eingehende Berichte aus der Antike über die Atomistik, die — abgesehen von Auszügen in antiken Philosophiehandbüchern eines Aëtius (etwa 1. Jh. v. Chr.: Nr. 3/20) und Diogenes Laërtios (3. Jh. n. Chr.: Nr. 1/5) — im wesentlichen auf drei Wegen auf uns gekommen sind: durch die Auseinandersetzung mit der Atomistik im Peripatos (Nr. 2; 6—16) und in der griechischen Medizin (Nr. 20), sowie durch die Übernahme und Erweiterung in der epikureischen Schule (Nr. 3/17; Nr. 32—46).

In der doxographischen Überlieferung werden Leukipp und Demokrit fast regelmäßig zusammen genannt, so daß es ein müßiges Unterfangen wäre, heute ihr Gedankengut im einzelnen auseinanderhalten zu wollen[26]). Immerhin scheint es, daß Leukipp noch näher dem parmenideischen ὄν ist und sich vor allem mit der Kosmogonie, der Entstehung der Welt aus unteilbaren Bausteinen befaßt hat, von denen er noch kaum nähere Bestimmungen angibt, während Demokrit sehr viel ausführlicher allen Fragen der Stoffveränderungen, den verschiedenen Atomformen und ihren primären und sekundären Eigenschaften

25) Eine wichtige Ausnahme ist das Demokrit-Fragment B 125 (dazu gleich unten); vgl. noch Fr. B 141; B 167.

26) So sind wir denn auch in der Anordnung der Textstellen so verfahren, daß wir alles, was nicht ausdrücklich für Leukipp allein bezeugt ist, unter Demokrit eingereiht haben, ohne damit Leukipp eine Mitbeteiligung absprechen zu wollen. Vgl. dazu Diels-Kranz, Vors. 2, 80 Anm. 2.

nachgegangen ist und damit die Atomtheorie zu einem ausgereiften, geschlossenen System geführt hat. Aufgrund der genannten Quellen ergibt sich davon etwa folgendes Bild[27]):

Materie und Raum sind die zwei Grundkomponenten des Kosmos (Nr. 1). Die Materie selbst besteht aus kleinsten, 'unteilbaren', unveränderlichen Urteilchen, „die so winzig sind, daß sie sich unseren Sinnesorganen entziehen" (Nr. 12) und darum nur „mit dem Verstand erkennbar" sind[28]). Allen mathematisch-logischen Überlegungen zum Trotz, die oft genug dagegen vorgebracht worden sind (vgl. Nr. 10), „ist hier also zum ersten Male in der Geschichte der Gedanke ausgesprochen worden, daß es unteilbare kleinste Bausteine gebe, aus denen alles Stoffliche zusammengesetzt sei, die Atome", rühmt Heisenberg[29]). Der Begriff ἄτομος[30]), zunächst meist als Adjektiv zu σῶμα, οὐσία oder ἰδέα verwendet, ist als Bezeichnung für die 'Unteilbarkeit' eines physikalischen Körpers aller Wahrscheinlichkeit nach von Leukipp geprägt worden[31]), in einem vielerorts bezeugten wörtlich erhaltenen Fragment des Demokrit (Fr. B 125 = Nr. 4) zum ersten Male belegt; er hat von da an seinen Weg durch die Geschichte der Naturwissenschaften gemacht und ist selbst im Zeit-

27) Die einschlägige Literatur zum ganzen Thema Atomistik ist in der Bibliographie u. S. 327 zusammengestellt.

28) σώματα λόγῳ θεωρητά: Demokr. Fr. A 102/A 124; vgl. u. Nr. 27/28.

29) W. Heisenberg, Die Physik der Atomkerne, Die Wissenschaft Bd. 100, Braunschweig 1947², 3.

30) Zum Begriff ἄτομος s.: V. E. Alfieri, Atomos idea, L'origine del concetto dell'atomo nel pensiero greco, Firenze 1953, 52f.

31) Der Begriff ist im Auszug über den *Megas Diakosmos* des Leukipp genannt: s. Nr. 3. — Hier wie im folgenden vgl. auch unten die 'Synopsis der wichtigsten Begriffe zur Atomistik' 2.1ff.

alter der 'Atomspaltungen' nicht aufgegeben worden. Neben dem Wort 'Atom' finden sich in der ersten Generation der Atomisten als Synonyme gleich noch drei weitere Begriffe, die Eingang in die Geschichte der Naturwissenschaft gefunden haben und heute dort zum unentbehrlichen Vokabularium gehören: von σῶμα führt der Weg über *corpus/corpusculum* zu den 'Korpuskeln'[32]), die ὄγκοι sind über *moles/moleculae* zu den 'Molekülen' geworden[33]), während die 'Teilchen' *particulae* in den μόρια vorgeprägt sind[34]).

Wenn hier von 'Atomen' als kleinsten, unveränderlichen Bestandteilen der Materie die Rede ist, muß freilich im Hinblick auf die moderne Terminologie festgehalten werden, daß in der Antike die Voraussetzungen fehlten, chemische Elemente von beständigen chemischen Verbindungen wie Wasser oder von homogen erscheinenden Mischungen wie Luft zu unterscheiden, daß somit das *atomon* bald mehr dem Atom, bald mehr dem Molekül entspricht[35]) und schließlich etwa in Äußerungen von Lukrez über das korpuskulare Wesen des Lichtes[36]) eher dem Begriff 'Elementarteilchen' zuzuordnen ist.

32) *corpuscula* in diesem Sinne etwa Lucr. 2, 153.
33) Die ὄγκοι etwa Nr. 2 (Arist. gen. et corr. 325 a 30); die *moleculae* sind im Altertum nicht belegt (vgl. ThLL); das Wort kommt im 17. Jh. auf: eine der wohl ältesten Belegstellen findet sich bei Petrus Gassendi, *Philosophiae Epicuri syntagma* (1659), pars II, cap. 6: *sunt moleculae sive mavis concretiunculae quaedam perexiles* (vgl. u. Nr. 2 Anm. 3).
34) *particulae* etwa bei Lucr. 2, 833; 4, 260 u. a. St. m.; zu μόριον s. etwa Demokr. Fr. A 41 (Arist. phys. 203 b 1).
35) Die Unterscheidung ist sachlich erst bei Dalton, begrifflich sogar noch später aufgekommen: Dalton (Vorlesung vom 30. Jan. 1810) spricht noch von 'einfachen' und 'zusammengesetzten' Atomen.
36) Vgl. Lucr. 2, 388/90: s. u. Nr. 43.

Diese Atome nun unterscheiden sich lediglich durch ihre Form (σχῆμα/μορφή), ihre Lage (θέσις) und innerhalb von Stoffverbindungen durch die verschiedenartige Anordnung (τάξις)[37]), die gerne mit der Anordnung von Buchstaben innerhalb eines Wortes verglichen wird (Nr. 7/9/14/45). Die Vorstellung eines Atomgewichtes, die bei Demokrit belegt ist[38]), wird später von Epikur in einer ähnlichen Aufzählung von Grundeigenschaften des Atoms als dritte Bestimmung der Atomform und Atomgröße an die Seite gestellt (Nr. 33). Es ist nun wohl einer der kühnsten und fruchtbarsten Ansätze der Atomistik gewesen, die ganze Fülle der Erscheinungen, alle verschiedenen Stoffe mit ihren verschiedenen von den Sinnesorganen subjektiv empfundenen Eigenschaften auf ganz wenige, objektivierbare Faktoren zurückzuführen: „Nur der Meinung nach gibt es süß, nur der Meinung nach bitter, warm, kalt, nur der Meinung nach Farbe, in Wahrheit gibt es nur Atome und leeren Raum" (Nr. 4), lautet der oft zitierte Grundsatz Demokrits. Somit gibt es eine

37) Die Begriffe σχῆμα, θέσις, τάξις sind später gebräuchlich geworden; Demokrit hatte dafür die drei Wörter ῥυσμός, τροπή, διαθιγή verwendet (Nr. 7/13), worin sich schön sein Ringen um den sprachlichen Ausdruck zeigt, das bald neue Wörter prägt (διαθιγή), bald vorhandene mit neuem Inhalt füllt (ῥυσμός, τροπή): s. dazu Kurt v. Fritz, Philosophie und sprachlicher Ausdruck bei Demokrit, Plato und Aristoteles, Leipzig 1938 (Darmstadt 1963), 25ff.

38) Plut. placit. philos. 1, 3 p. 285 D. (= Demokr. Fr. A 47; Epicur. Fr. 275 Us.) schreibt die Vorstellung des Atomgewichtes lediglich Epikur zu; demgegenüber setzt Demokr. Fr. A 60 (Arist. de gen. et corr. 326 a 9/de caelo 309 a 1) den Begriff eines Atomgewichtes voraus: s. dazu Ingeborg Hammer-Jensen, Demokrit und Platon: Archiv für Gesch. der Philosophie 23, 1910, S. 222; J. M. Rist, Epicurus, Cambridge 1971, 167f.

riesige Menge verschiedener Atomformen[39]), welche die Verantwortung für alle sekundären Eigenschaften der Stoffe tragen, wobei der Versuch, den einzelnen Atomformen bestimmte Geschmacks- oder Geruchsempfindungen oder Farbwirkungen zuzuordnen (Nr. 16/20/21), im einzelnen etwas naiv aussehen mag: so wird etwa süß mit runden, sauer mit eckigen, bitter mit gehäkelten Formen erklärt (Nr. 16).

Die zum Teil recht bizarren, eckigen, mit Haken, Höckern, Buchtungen, Verzahnungen u. dgl. versehenen Atomformen haben noch eine weitere Funktion: sie sind für die Kohäsion der Stoffe verantwortlich, die je nachdem hart, weich, flüssig, klebrig usw. erscheinen (Nr. 16, 62). Es handelt sich um einen recht unzulänglichen, auf rein mechanischer Ebene liegenden Erklärungsversuch für eine Frage, die freilich bis ins 19. Jh. hinein ungelöst blieb und erst mit der Entdeckung zwischenatomarer und innermolekularer Kräfte eine Antwort gefunden hat[40]).

Das Gegenstück zum Atom, dem absolut 'Vollen' (πλῆρες), ist der zweite Grundbegriff der Atomisten, das κενόν, das Vakuum, der unbegrenzte, absolut leere Raum (Nr. 4/5/12), dessen Existenz Parmenides seinerzeit abgelehnt hatte. Die Vorstellung eines solchen sich in alle Richtungen erstreckenden leeren Raumes, die später von

39) Daß es unter den demokriteischen Atomen solche von unbeschränkter Größe gegeben haben soll (so Dem. Fr. A 43; A 47), ist ein Mißverständnis späterer Kritiker, welche Demokrits These von der unbeschränkten Vielfalt der Atomformen in dieser Richtung deuteten: nach Simplic. in Arist. de caelo CAG 7, 294 (= Nr. 12) bleiben die Atome immer unter der Grenze der Wahrnehmbarkeit; vgl. dazu auch Rist, l.c. 44f.

40) Im 16. Jh. hat man bald den Äther, bald das Vakuum, nach Newton die Schwerkraft für das Zusammenhalten der Materie verantwortlich gemacht.

Aristoteles mit allen Mitteln seines Scharfsinnes bekämpft wurde[41]) und der man über Jahrhunderte mit dem sprichwörtlich gewordenen *horror vacui* begegnete, nimmt letztlich die Konzeption des newtonschen Raumes vorweg. In diesem unbegrenzten leeren Raum schweben die zahlenmäßig unbegrenzten Atome nach unabdingbarem Gesetz der 'Notwendigkeit' (ἀνάγκη) in ständiger ungeordneter Bewegung — so wird man wohl den demokriteischen Wirbel (δῖνος/δίνη) verstehen dürfen, den er der ἀνάγκη gleichsetzt[42]) —, treffen dabei aufeinander und prallen wieder ab oder verflechten, verketten oder verzahnen sich miteinander und bilden so die einzelnen Stoffverbindungen (Nr. 1/2/5/9/11/12). Alles Werden und Vergehen, alle Veränderung im stofflichen Bereich wird somit auf Verbindung (σύγκρισις) und Trennung (διάκρισις) von Atomen zurückgeführt (Nr. 9). Besonders kühn ist dabei die Annahme, daß sich diese Atome nicht nur in gasförmigen oder flüssigen Stoffen dauernd in Bewegung befinden, sondern — so lehrt Epikur später (Nr. 32, § 43) — selbst in festen Körpern eine Art Schwingung am Ort (παλμός) ausführen. In einem später von Lukrez wieder aufgenommenen Bild vom Sonnenstrahl, der in ein dunkles Zimmer fällt und in welchem sich unablässig kleine Stäubchen bewegen, sucht Demokrit diese Bewegung der Atome zu veranschaulichen[43]), die in erstaun-

41) Arist. de caelo 303 a 17ff. (Nr. 6); phys. 203 b 30ff. und 213 a 8ff.

42) Nr. 5, 45; vgl. Nr. 1; Fr. A 66; B 167; vgl. auch I. Hammer-Jensen a. O. S. 217.

43) Arist. de anima 404 a 1ff. (= Leukipp Fr. A 28); die Echtheit der Stelle wird von Madvig und Diels in Frage gestellt, doch deutet der Umstand, daß Lukrez 2, 114ff. den Vergleich wieder aufnimmt, der ihn kaum von Epikur hat, doch darauf hin, daß er letztlich auf Demokrit zurückgeht, selbst wenn es sich im Kontext an der Aristotelesstelle um ein Glossem handelt.

lichem Maße der von Robert Brown im Jahre 1827 nachgewiesenen Molekularbewegung entspricht.

Die unerbittliche Kompromißlosigkeit, mit der Demokrit alles auf Atome und Raum zurückführt, zwingt ihn freilich dazu — und hier spüren wir die Grenzen eines konsequenten Atomismus — selbst alle Erscheinungen im geistig-seelischen Bereich materialistisch, d. h. mit Atomen zu erklären: So besteht nach ihm auch die Psyche aus Atomen (Nr. 5), eine Anschauung, die von Lukrez im 3. Buch, unter ausdrücklicher Bezugnahme auf Demokrit[44]), in aller Ausführlichkeit dargelegt wird.

Von besonderem Interesse ist die Frage, welche Anhaltspunkte in jenem 5. Jh. v. Chr. überhaupt zu einer solchen Vorstellung einer atomar aufgebauten Materie führen konnten, war man doch in der ganzen Antike weit davon entfernt, die Existenz von Atomen experimentell nachweisen zu können[45]). Handelt es sich hier um eine kühne, wenn nicht sogar aufgrund der damaligen Kenntnisse unzulässige Spekulation oder spielen auch physikalische Beobachtungen und Erkenntnisse eine Rolle? Gerade in dieser Frage ist die Lückenhaftigkeit der Überlieferung besonders empfindlich spürbar: die noch recht zahlreichen Berichte über die Atomistik richten ihr Augenmerk mehr auf das Resultat der Lehre und kümmern sich recht wenig um die Methode, die dazu geführt hat. Immerhin läßt sich folgendes erkennen:

Ein Weg jedenfalls, wie er bei Aristoteles *De generatione et corruptione* 316 a 13ff. (= Nr. 10) dargelegt

44) Lucr. 3, 371.

45) In der ganzen Geschichte der Atomphysik ist die Theorie der experimentellen Erfahrung meist recht weit vorausgeeilt. Die eindrücklichsten Beweise für die Existenz von Atomen sind erst in unserem Jahrhundert erbracht worden: vgl. C. F. von Weizsäcker, Zum Weltbild der Physik, 7. Aufl. Stuttgart 1958, 33ff.

wird, führt auf theoretisch-spekulativer Ebene mittels der Überlegung, daß eine Teilung ins Unendliche zum Nichts führen müßte, zum Ergebnis, daß es letzte, unteilbare physikalische Größen geben müsse, welche über alle Zeiten für die Beständigkeit der Materie garantierten[46]). Es ist dieselbe Überlegung, die später Lukrez 1, 234/37[47]) und — etwas prägnanter formuliert — Newton in seiner Optik (Nr. 69) anführen.

Daß sich aber in dem spärlich erhaltenen Material neben spekulativen Überlegungen auch Belege für empirische Ansätze in der antiken Atomphysik finden, erregt unsere besondere Aufmerksamkeit[48]). Wegweisend ist zunächst eine Stelle bei Aristoteles in der genannten Schrift 316 a 12ff. (Nr. 10): er hebt dort sehr zutreffend das mehr spekulative Vorgehen Platons, nach welchem dieser im Timaios nach rein denkerischen Gesichtspunkten (λογικῶς) die Materie auf geometrische Figuren zurückführt (Nr. 26), scharf von der Methode Demokrits ab, „der sich auf fachgerechte und der Naturwissenschaft entsprechende Überlegungen (οἰκείοις καὶ φυσικοῖς λόγοις) stützt". Zu dieser Charakterisierung paßt, daß von Demokrit Experimente bezeugt sind — sie gehören zu den ältesten überhaupt bekannten Experimenten —, welche, haben sie auch nur indirekt mit der Atomistik zu tun, doch den

46) Dazu Jürgen Mau, Studien zur erkenntnistheoretischen Grundlage der Atomlehre im Altertum: Wiss. Zschr. d. Humboldt-Univ. zu Berlin 2, 1952/53, Heft 3, bes. S. 11f.

47) Lucr. 1, 234/37: „Wenn aber die Dinge über diesen Zeitraum verflossener Zeit Bestand gehabt haben, aus welchen dies ganze All besteht, müssen sie bestimmt von unvergänglicher Beschaffenheit sein und können daher nicht zu nichts werden." Vgl. auch l.c. 1, 551—64: Nr. 40.

48) Zum ganzen Thema: A. Stückelberger, Empirische Ansätze in der antiken Atomphysik: Archiv für Kulturgeschichte 56, 1974, 123—140.

empirischen Weg als eine von Demokrit angewandte Methode bestätigen: so sucht er zu erklären, warum feine Metallplättchen auf dem Wasser schwimmen, während leichtere, aber runde Gegenstände absinken[49]), oder versucht das Leere in der Materie mit einem mit Asche gefüllten Gefäß nachzuweisen, welches (fast) gleichviel Wasser faßt wie ein leeres[50]). Und schließlich passen zu diesem Bild zahlreiche überlieferte Titel demokriteischer Schriften 'Über die Säfte', 'Über Farben', 'Über Verschiedenheit der Atomformen' u. a. m.[51])

Deutlicheren Einblick in die Arbeitsweise des Demokrit gibt zahlreiches Material, das in der medizinischen Literatur und später besonders bei Lukrez erhalten ist und das sich zu einem guten Stück auf die erste Generation der Atomisten zurückführen läßt[52]). Jedenfalls gesichert für Demokrit ist die bereits von Empedokles begründete Vorstellung der ἀπορροή, der beständigen Ausströmung von Materieteilchen, die zur Erklärung der Sinneswahrnehmungen herangezogen wird (Nr. 16, 74), zu welcher in der späteren Geschichte der Atomistik zahlreiche weitere Beispiele gesammelt werden: so werden etwa unsichtbare Verflüchtigungen von Substanzen nachgewiesen (Nr. 28), Gerüche, die an unsere Nase dringen (Lucr. 1, 298ff. =

49) Arist. de caelo 313 a 14ff.; diese Beobachtung hat freilich in der späteren Geschichte der Naturwissenschaft eine ungeahnte Bedeutung erhalten, hat doch Galilei 1612 in einer seiner frühesten Schriften, im *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'aqua, o che in quella si muovono* gerade dieses Experiment aufgegriffen und Demokrit gegen Aristoteles verteidigt und damit die ganze Lawine der Auseinandersetzung mit Aristoteles ins Rollen gebracht.

50) Arist. phys. 213 b 21 (= Leuk. Fr. A 19), wohl von Aristoteles sehr ungenau wiedergegeben.

51) S. Diog. Laërtios 9, 46.

52) Vgl. Stückelberger a. O. 127ff.

Nr. 39), Kleider, die, an der brandenden Küste aufgehängt, Meeresfeuchtigkeit aufnehmen (Lucr. 1, 305—310), alles unsichtbare, aber zweifellos materielle Vorgänge. War es so unzulässig, diese durch kleinste, unsichtbare, nur mit dem Verstand erschließbare[53]) Bestandteile zu erklären, welche noch alle Eigenschaften des betreffenden riechenden oder befeuchtenden Stoffes haben und die unmerklich durch die Lüfte getragen werden?

Wenn nicht alles trügt, geht auch ein ganz besonders eindrückliches Experiment zum Erweis von Atomen auf Demokrit zurück, nämlich die Dialyse des Salzwassers: Aristoteles berichtet in seiner *Historia animalium* 8, 2 590 a 22ff.: „Daß im Meerwasser Süßwasser enthalten ist und dieses durchfiltriert werden kann, ist offensichtlich. Diese Tatsache kann man folgendermaßen experimentell erproben: Formt man ein feines Gefäß aus Wachs und läßt man es leer an einer Schnur ins Meer hinunter, so nimmt es während eines Tages und einer Nacht eine Menge Wasser in sich auf, und dies Wasser ist trinkbar“ [54]). Nun führt Aelian, hist. anim. 9, 64, der die Beschreibung dieses Experimentes von Aristoteles übernimmt, als Gewährsmann für die Tatsache, daß Fische von dem im Meerwasser beigemischten Süßwasser leben, was das Experiment beweisen sollte, neben Aristoteles und Theophrast noch Demokrit an. Dazu kommt, daß nach dem

53) Vgl. o. Anm. 28.

54) Das Experiment, das übrigens schon eine recht anspruchsvolle Versuchsanordnung voraussetzt, wird auch bei Arist. meteor. 2, 3, 358 b 35, Alexander Aphrodisiensis comment. in Arist. meteor. l.c. CAG 87, 25, Aelian, hist. anim. 9, 64 und — etwas verkürzt — Plin. nat. hist. 31, 37 berichtet. — Der Chemiker bestätigt heute, daß eine Dialyse einer Salzlösung durch eine Wachsfolie unter erhöhtem Druck (darum mußte das Gefäß an einer Schnur tief ins Meer versenkt werden) möglich ist.

Hibeh-Papyrus 16 aus dem Anfang des 3. Jh. v. Chr. Demokrit sich ausdrücklich mit dem Salzgehalt des Meerwassers (ἁλμυρότης) befaßt hat und dort das Salzige aus großen und eckigen Atomen bestehen läßt[55]), womit die Möglichkeit, Salzwasser zu Süßwasser zu filtrieren, aufs einfachste erklärt wäre. Wenn auch an den angeführten Stellen das Experiment mit dem Wachsgefäß nicht mehr unmittelbar mit der Frage der Atome zusammenhängt, so ist dies doch beim Parallelexperiment bei Lukrez, das zweifellos derselben Quelle entsprungen ist, noch eindeutig der Fall, das berichtet, daß Salzwasser, durch Erde hindurchfiltriert, zu Süßwasser werde, eben weil die rauheren Atome stecken blieben (Lucr. 2, 471ff.: Nr. 43), eine Beobachtung, die wohl zu den eindrücklichsten Beweisen der Antike für das Vorhandensein kleinster unzerstörbarer Bausteine der Materie gehört.

55) Hibeh-Papyrus 16, p. 62f. ed. B. P. Grenfell-A. S. Hunt, 1, London 1906 (= Demokr. Fr. A 99 a), um 280—240 v. Chr., vermutlich ein Fragment aus Theophrast *peri physeos*, ergänzt von Diels: τὸ ἁλμυρὸν ἐγ μεγάλων καὶ γωνιοειδῶν ⟨σχημάτων⟩; cf. Theophr. de sensu 66 (Nr. 16). Für den heutigen Chemiker ist freilich die Erklärung dieses Dialyseeffektes nicht ganz so einfach, da die Na^+-Ionen und die Cl^--Ionen des Kochsalzes keineswegs größer sind als die Wassermoleküle; möglich ist — so lasse ich mir sagen (hier wie an verschiedenen anderen Orten verwende ich dankbar Angaben, die mir mein Kollege von der Chemie, Willy Stadelmann, zur Verfügung gestellt hat) —, daß diese Ionen mit den Wassermolekülen zusammen in sog. Aquakomplexen gewissermaßen 'größere Teilchen' bilden oder daß Ionenaustauschphänomene mit eine Rolle spielen.

2. Mathematischer Atomismus in der pythagoreischen und platonischen Schule

Das neuartige und einmalige Konzept vom Aufbau der Materie, das Platon (427—348 v. Chr.) in seinem Spätwerk, dem Timaios, entwirft, könnte man als 'mathematischen' Atomismus vom mehr physikalisch verstandenen Demokrits abheben.[56]) Wir meinen damit eine nach den Prinzipien insbesondere der Geometrie und Stereometrie auf rein deduktivem Weg gefundene Gesetzmäßigkeit, die auf die Materie übertragen wird.

Als der schon beinahe siebzigjährige Platon im Jahre 360 v. Chr. von seiner dritten Sizilienreise nach Athen zurückgekehrt war, verfaßte er den *Timaios*, jene vieldiskutierte Schrift, die zusammen mit weiteren geplanten und zum Teil nicht ausgeführten Dialogen[57]) von neuer Warte aus nochmals die Gesamtheit seines Denkens umfassen sollte. Mit dem Timaios selber beabsichtigte er, eine umfassende Kosmologie zu entwerfen und dabei in der seit Beginn der ionischen Naturphilosophie zur Diskussion stehenden Frage nach den ἀρχαί, den Ursprüngen, die unter Demokrit eine eindeutig materialistische Richtung eingeschlagen hatte, eine 'geisterfüllte', echt platonische Antwort entgegenzustellen, die er dem Pythagoreer Timaios in den Mund legt. Ohne Zweifel hatte Platon dazu gerade in Sizilien Anregungen von der jüngeren pythagoreischen Schule erhalten, die damals ein neues Aufblühen erlebte:

Ein solcher Vertreter der pythagoreischen Schule war

56) Vgl. die Unterscheidung λογικῶς und φυσικῶς bei Aristoteles, de gen. et corr. 316 a 11 (dazu o. S. 21).
57) Vgl. U. v. Wilamowitz-Moellendorff, Platon, Berlin 1920², 2, 255ff.

Philolaos von Kroton (2. Hälfte 5. Jh. v. Chr.), den Platon im Phaidon erwähnt[58]) und von welchem er, wie Diogenes Laërtios berichtet[59]), über Dion von Syrakus „pythagoreische Schriften" erworben haben soll. Er ist dadurch berühmt geworden, daß er als erster am geozentrischen Weltbild rüttelte, die Erde aus dem Mittelpunkt verbannte und sie um ein Zentralfeuer kreisen ließ[60]), eine Ansicht, die — neben Herakleides Pontikos — die Pythagoreer Hiketas und Ekphantos wieder aufgegriffen und weitergeführt haben[61]). Wenn es auch im einzelnen schwierig ist, unter dem vielen Material, das die spätere Doxographie dem Philolaos zugeschrieben hat, die echten Bruchstücke auszusondern[62]), so steht doch fest, daß er ein ausgesprochenes Interesse an kosmologischen Fragen hatte. Sehr umstritten ist die Echtheit des Fragmentes B 12 (Nr. 22), nach welchem er den Kosmos aus fünf Grundkörpern aufbaut, aus der alles umfassenden (Erd-)Kugel und den in ihr enthaltenen vier empedokleischen Elementen[63]). Ebenso mag das Fragment A 15 (Nr. 23), in welchem bereits die platonischen fünf regelmäßigen

58) Plat. Phaid. 61 e, wonach Kebes mit Philolaos in Berührung gekommen ist.
59) Diog. Laërt. 3, 9 u. 8, 83.
60) Philolaos Fr. A 17; 21.
61) Vgl. Hiketas (VS 50) Fr. 1 (= Cic. acad. pr. 2, 123) und Ekphantos (VS 51) Fr. 5 (= Plut. placit. philos. 3, 13, 3 896 a); auf diese zwei Stellen beruft sich übrigens Nic. Copernicus in seiner Vorrede ad P. Paulum III seiner Schrift *De revolutionibus orbium coelestium* (um 1533; 1548 ed. princ.).
62) Vgl. dazu Walter Burkert, Weisheit und Wissenschaft, Studien zu Pythagoras, Philolaos und Platon, Nürnberg 1962, bes. 203ff.; Kurt v. Fritz, Philolaos, RE Suppl. 13, 1973, bes. 456ff.
63) Burkert a. O. 255 (Anm. 206) lehnt die Echtheit ab, mit dem Hinweis auf die unsichere Bedeutung von ὁλκάς.

Körper genannt und den Elementen zugeordnet werden, in dieser Form durch Platon beeinflußt sein[64]). Immerhin wäre es schwer verständlich, wie Speusipp, der erste Scholarch der Akademie nach Platon, einen ausführlichen, leider nur indirekt erhaltenen Bericht hätte verfassen können, in welchem er — zweifellos vermengt mit platonischem Gedankengut — des Philolaos Zahlenspekulation, seine Konstruktion von Dreiecken, Polygonen und stereometrischen Körpern, die bestimmten Elementen zugeordnet werden, darlegt[65]), wenn nicht in jener Generation der Pythagoreer tatsächlich solche Überlegungen angestellt worden wären[66]).

Was bei Philolaos nur in Umrissen spürbar ist, wird beim Pythagoreer Ekphantos von Syrakus (Ende 5./Anf. 4. Jh.) deutlicher faßbar: Es geht zweifellos auf eine Auseinandersetzung mit Demokrit zurück, wenn bei ihm nach dem Bericht des Kirchenvaters Hippolytos ein klar formulierter Atomismus zutage tritt (Nr. 24)[67]): die Welt besteht nach ihm aus unteilbaren Urkörperchen (πρῶτα ἀδιαίρετα σώματα) die — ähnlich wie bei Demokrit (Nr. 7/13/14) — sich nach drei Unterscheidungsmerkmalen voneinander abheben, nach Größe, Form und — so fügt er neu hinzu — nach Energie (Kraft/δύναμις). Von

64) Nach E. Sachs, Die fünf platonischen Körper, Berlin 1917, 76 ff. haben die Pythagoreer nur Pyramide, Würfel und Dodekaeder behandelt; auch W. Burkert a. O. 62f. lehnt die Echtheit ab, der in Fr. A 15 den Einfluß des Speusipp erkennt.

65) Philolaos Fr. A 13 (aus der Theologia arithmetica des Nicomachos).

66) Vgl. dazu noch Simpl. ad Arist. de anima 410 a 1 p. 68, 5 H., wonach es als ausdrücklich pythagoreische Auffassung bezeichnet wird, daß der Kubus der Erde gleichgesetzt wird.

67) Dazu W. Kranz a. a. O. (o. Anm. 15) 26ff.

ihm geprägt worden ist auch der neue Begriff für diese letzte physikalische Einheit, die Monade (Nr. 25), die — möglicherweise über Giordano Bruno[68]) — ihren Weg zur Monadenlehre von Leibniz gemacht hat. In scharfem Widerspruch zu Demokrit jedoch steht seine Ablehnung des ἄπειρον, des Unbegrenzten: die Zahl seiner Atome ist ausdrücklich begrenzt — eine klare Kampfansage an Demokrit —, und diese werden gemäß pythagoreischer Weltanschauung nicht von der ἀνάγκη, dem blinden Kausalitätsprinzip der Atomisten[69]), sondern von einer göttlichen Kraft, der θεία δύναμις, bewegt.

Diese Denkansätze im damaligen Pythagoreismus machen es verständlich, daß Platon seinen groß angelegten Entwurf einer Kosmologie einem Pythagoreer, dem Timaios, in den Mund legt. In einem ersten Teil des gleichnamigen Dialoges (27e—47e), der 69a—92 seine Fortsetzung findet, wird eine ganze Weltschöpfung, gefolgt von einer Anthropologie, in einem mythischen Bild entfaltet, nach welchem der δημιουργός, der Schöpfergott — selbst die mythische Gestalt der Idee des Guten — die Welt und alles, was darinnen ist, nach dem Maßstab der Vollkommenheit erschafft. Die ganze Darstellung ist erfüllt von der Sinnhaftigkeit des Kosmos, „der tatsächlich als vernunftbegabter und beseelter Organismus (ζῷον ἔμψυχον ἔννουν) durch die Vorsehung Gottes entstanden ist (Tim. 30b)". Mit zahlreichen Beispielen, die mitunter in recht ironischem Tone vorgetragen werden und keineswegs immer im streng wissenschaftlichen Sinne verstanden sein wollen, wird diese Teleologie im einzelnen veranschaulicht: so haben etwa die Götter dem Kopf den Leib hinzugegeben, damit er nicht allein über alle Un-

68) Vgl. W. Kranz, l.c. 28f.
69) S. o. S. 19.

ebenheiten der Erde hinwegrollen müsse (44d), oder haben die Lunge wie ein Kissen um das Herz gelegt, damit bei den Aufwallungen des Zornes die pulsierenden Herzschläge gedämpft würden (70d).

In diese Ausführungen eingeschoben ist ein Teil (48a bis 68d: s. Nr. 26)[70]), der sich zunächst wie ein Fremdkörper ausnimmt, in welchem Platon den Boden der Teleologie und der Pronoia verläßt und unter einem neuen Gesichtspunkt eine Theorie von der Materie entwirft, nämlich eine eigene Atomphysik, die der ἀνάγκη, der unabdingbaren Gesetzmäßigkeit der Natur gehorcht (48a). Hierin zeigt sich deutlich der Einfluß Demokrits[71]), dessen Namen er sorgfältig meidet, auf dessen Lehre etwa von den unbegrenzt vielen Welten er aber mit bissiger Polemik Bezug nimmt (55c/d). Platon geht nun von zwei rechtwinkligen Grunddreiecken — gelegentlich als στοιχεῖα (Buchstaben/Elemente) bezeichnet[72]) — aus, dem rechtwinklig-gleichschenkligen und dem halbierten gleichseitigen. „den schönsten von allen Dreiecken", und bildet aus ihnen nach rein mathematischen Überlegungen „die vier schönsten" — wir sehen hier die Teleologie durchschimmern (53e) — regelmäßigen stereometrischen Körper: aus dem gleichseitigen Dreieck, das auf komplizierte Art aus dem 30°—60°—90°-Dreieck zusammengesetzt wird[73]), bildet er aus je vier Flächen das Tetraeder, aus je acht das

70) Zur ganzen Stelle s. Paul Friedländer, Platon, Bd. 1, Berlin 1964³, Platon als Atomphysiker, 260—275 (Neubearbeitung des Aufsatzes: Structure and Destruction of the Atom according to Plato's Timaeus, Univ. of Calif. Publ. in Philos. 16, 11, 1949); Walter Kranz, Die Entstehung des Atomismus, a. a. O. (o. Anm. 15), 26ff.

71) S. o. S. 19.

72) Tim. 56 c (vgl. 48 b, wo die empedokleischen Elemente so bezeichnet werden).

73) Tim. 54 d: s. dazu die Erläuterungen Nr. 26, Anm. 8.

Oktaeder und aus je zwanzig das Ikosaeder; aus dem rechtwinklig-gleichschenkligen Dreieck, zu einem Quadrat verdoppelt, formt er den Kubus. Einen fünften regelmäßigen Körper, das Dodekaeder, dessen fünfeckige Grundflächen sich nicht auf rechtwinklige Dreiecke zurückführen ließen, „den Gott für das All verwendet hat, um es mit Figuren auszustatten (55d)", verweist er in den kosmischen Raum.

Die gewagte Spekulation Platons, deren Fragwürdigkeit er mit dem wiederholt eingestreuten „aller Wahrscheinlichkeit nach" (κατὰ τὸν εἰκότα λόγον: 53d/56b/57d) andeutet, besteht nun darin, daß er diese vier mathematischen Körper den vier empedokleischen Stoffelementen, deren Gültigkeit er als selbstverständlich voraussetzt (53c), aufgrund recht äußerlicher Anzeichen zuordnet und sie zu Grundbausteinen der Materie macht: das Feuer ist aus den kleinsten und spitzesten, den Pyramiden, die Luft aus Oktaedern, das Wasser aus Ikosaedern, die Erde schließlich aus den standfestesten Körpern, den Kuben geschaffen (56af.). Ähnlich wie Demokrits Atome sind auch diese Urkörper so klein, daß man sie nicht sehen kann (56c), wobei er geflissentlich den Ausdruck 'Atom' meidet, der ihm andernorts geläufig ist[74]). Es sind ja auch keine eigentlichen Atome, denn sie lassen sich jederzeit in ihre planimetrischen Bestandteile, die Urdreiecke, zerlegen, so daß sich Feuer, Luft und Wasser, welche aus denselben Urdreiecken geschaffen sind, unter Wahrung ganz bestimmter Zahlenverhältnisse — man ist versucht, an stoichiometrische Proportionen zu denken — ineinander verwandeln können (56dff.): So können etwa aus einem Wasserteil (20 Flächen) ein Feuerkörper (4 Flächen)

74) Im logischen Bereich Plat. Sophist. 229 d belegt; vgl. Phaedr. 277 b ἄτμητος.

und zwei Luftkörper (2 × 8 Flächen) entstehen, oder es verbinden sich zwei Feuerkörper (2 × 4 Flächen) zu einem Luftkörper (8 Flächen), während die Erde, deren Körper aus einem anderen Dreieck gebaut ist, folgerichtig nicht in diesen Austauschprozeß miteinbezogen werden kann.

Das Ganze erscheint zunächst als eine naive Spekulation, die in der modernen Naturwissenschaft nur Kopfschütteln und Spott über das so um jeden Sachverhalt unbekümmerte Vorgehen Platons hervorrufen konnte[75]). In der Tat ist es schwierig, durch die bald mit spielerischer Ironie, bald mit mythologischer Verkleidung verhüllten Gedankengänge zum Grundanliegen vorzustoßen: Offenbar geht es Platon darum, zwei an sich grundverschiedene und unvereinbar erscheinende Weltanschauungen miteinander zu verbinden und der streng wissenschaftlichen, nach der absoluten Gesetzmäßigkeit forschenden Betrachtungsweise ihren Platz innerhalb des nach dem Prinzip der Sinnhaftigkeit und des Geistes aufgebauten Kosmos anzuweisen. So betont er wiederholt, daß diese zahlenmäßig erfaßbare Gesetzmäßigkeit ein συναίτιον, eine Mitursache sei, deren sich Gott, in welchem die letzte Ursache (αἴτιον) ruhe, bei seiner Schöpfung bedient habe (46c/vgl. 68e). Er betont also damit eine Betrachtungsweise, welche heute ihrer kaum lösbaren Problematik wegen gerne mit Stillschweigen übergangen wird, ist doch in das ganze Gefüge der von der modernen Naturwissenschaft entdeckten Formeln und Gesetze das Geheimnis von der in der lebenden wie in der toten Materie augenfällig zutage tretenden Zweckmäßigkeit kaum einzuordnen.

Der Timaios hat zwar in der Antike und im Mittelalter

75) Beispiele solch ablehnender Wertungen in der modernen Naturwissenschaft bei P. Friedländer a. a. O. 260f.

ein großes Echo gefunden: Poseidonios hat Erklärungen dazu verfaßt[76]), Cicero hat Teile ins Latein übersetzt; von vielen späteren Kommentarwerken sind zwei erhalten: die für das Mittelalter wichtige, mit Erklärungen versehene lateinische Übersetzung des Calcidius aus Cordoba (um 400), eines christlichen Platonikers, sowie der Kommentar des letzten Schulvorstehers der Akademie in Athen, des Proklos (um 470). Die Lehre von den platonischen Körpern im besonderen taucht dann im 12./13. Jahrhundert wieder auf, etwa bei Hugo von St. Victor, Roger Bacon, Averroës[77]). Dennoch steht Platons Entwurf in der Geistesgeschichte einsam da und hat, im Gegensatz zur demokriteischen Atomlehre[78]), kaum einen Einfluß auf die Entwicklung der Naturwissenschaften ausgeübt.

Der Grungedanke jedoch der platonischen Atomphysik, die Überzeugung nämlich, daß der Materie klare, mathematisch erfaßbare Strukturen zugrunde liegen, hat in neuester Zeit ungeahnte Aktualität erhalten: Zunächst haben die Kristalle das Geheimnis ihres regelmäßigen Baues, der durch ganz bestimmte regelmäßige Anordnung der Atome verursacht wird, preisgegeben[79]); ferner sind etwa Tetraeder oder Oktaeder zur Veranschaulichung bestimmter Atom-, Molekül- oder Salz-Modelle von verschiedenen Stoffen herangezogen worden[80]). Schließlich

76) Sext. Emp. adv. math. 7, 93.
77) s. Friedländer a. a. O. 272f.
78) Dazu u. S. 52ff.
79) S. dazu P. Niggli, Geometrische Kristallographie des Diskontinuums, Berlin 1919.
80) Der Kubus, so teilt mir W. Stadelmann mit (s. o. Anm. 55), wird etwa zur Darstellung von NaCl (Kochsalz) oder CsCl (Cäsiumchlorid) gebraucht, das Tetraeder für CH_4 (Methan), das Oktaeder für Ag (Silber) oder SF_6 (Hexafluorschwefel), das Ikosaeder für elementares Bor: vgl. Hollemann-Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, Berlin 1971 (71.—80. Aufl.), 106/547.

ist, nachdem auch das Atommodell Rutherfords wieder fragwürdig geworden ist, da die Elementarteilchen je nachdem auch als Wellen in Erscheinung treten, und sich die Materie immer mehr unserem Vorstellungsvermögen zu entziehen droht, Platons Gedanke, die Materie auf eine mathematische Formel zu bringen, besonders zeitnah geworden. So bekennt denn auch W. Heisenberg, ein Naturwissenschaftler, der immer Sinn für große Zusammenhänge gezeigt hat: „Ich versuchte, irgendwelche Denkansätze zu finden, von denen aus mir die Spekulationen Platons verständlich werden könnten. Aber ich wußte nichts zu entdecken, was auch nur von ferne den Weg dahin gewiesen hätte. Dabei ging für mich von der Vorstellung, daß man bei den kleinsten Teilen der Materie schließlich auf mathematische Formen stoßen sollte, eine gewissen Faszination aus. Ein Verständnis des fast unentwirrbaren und unübersehbaren Gewebes der Naturerscheinungen war wohl doch nur möglich, wenn man mathematische Formen entdecken konnte.“ [81])

3. Übernahme der Atomistik in der griechischen Medizin

Die Tatsache, daß die verheißungsvollen Ansätze Demokrits in der Antike kaum weiterentwickelt, sondern bald in den Hintergrund gedrängt wurden und dann in der Spätantike fast ganz in Vergessenheit gerieten, so daß sie über ein Jahrtausend auf ihre Wiederentdeckung warten mußten, mag erstaunen. Sie hängt damit zusammen, daß sich Aristoteles und seine Schule und damit die ganze

81) W. Heisenberg, Der Teil und das Ganze, München 1969, 22.

das Feld der Naturwissenschaften beherrschende Richtung der Philosophie klar von der Atomistik distanziert hatte. Das stark teleologisch-spekulativ geprägte Denken des Peripatos mit seiner grundsätzlichen Zurückhaltung der Empirie und dem Experiment gegenüber[82]) ließ sich nicht mit Demokrits Lehre vereinigen, trug aber wesentlich dazu bei, daß sich von der Naturphilosophie immer deutlicher eine eigentliche Naturwissenschaft abtrennte. Da es aber noch keinen Berufsstand gab, der etwa dem eines Chemikers oder Physikers verglichen werden könnte[83]), lag die ganze Beschäftigung mit den Naturwissenschaften, soweit sie einigermaßen wissenschaftliches Niveau hatte, in den Händen der Mediziner, die nun allerdings durch Sezieren und Experimentieren weit über den Rahmen der Humanmedizin hinaus in der Biologie und Pharmakologie beachtliche Erfolge erzielten. Somit war es gegeben, daß sich die Mediziner mit der Atomtheorie beschäftigten, was freilich zur Folge hatte, daß diese sich gleich am komplexesten Gegenstand, nämlich an der lebenden Materie zu bewähren hatte, wobei sich verständlicherweise sogleich die allergrößten Schwierigkeiten ergeben mußten; war doch dem Phänomen der Empfindung, des Denkens, des Lebens überhaupt mit einer reinen Korpuskular-

82) Vgl. etwa Arist. phys. 213 a 25; dazu O. Regenbogen, Eine Forschungsmethode antiker Naturwissenschaft: Kl. Schr., München 1961, 160ff. Daß sich bei Aristoteles besonders in biologischer Richtung eine Fülle wertvollen Beobachtungsmateriales und sogar Experimente finden, braucht nicht hervorgehoben zu werden; die Spekulation hat jedoch bei ihm gegenüber der Empirie den Vorrang behalten.

83) Dies ist im wesentlichen noch bis ins 17. Jh. hinein so geblieben; sind doch auch Sennert, Basso, Magnien von Haus aus Ärzte gewesen (s. u.); Robert Boyle (1627 bis 1691) ist wohl einer der ersten berufsmäßigen Chemiker gewesen.