

5567
STRUBE, W.
1974

C 1
Chemistry

Erfahrungen und Theorien über chemische Vorgänge in der Zeit von Thales bis Platon

WILHELM STRUBE

Vorgänge chemischer Natur wurden schon zu Zeiten ausgenutzt, aus denen nichts Schriftliches überliefert ist. Wenig bekannt ist z. B., was die ägyptischen und babylonischen Kulturen an Vorstellungen über die chemischen Prozesse kreiert haben, die sie auf den verschiedensten Gebieten meisterlich zu lenken wußten. Möglicherweise werden eines Tages in den Mythen rationelle Kerne entdeckt, möglicherweise gibt es in einer solchen Ideenwelt keine Frage nach der Ursache — wie dem auch sei, noch immer beginnt die Geschichte des theoretischen Denkens mit der griechischen Naturphilosophie¹.

Die wenigen Überlieferungen der vorsokratischen Zeit sind dem hier formulierten Thema besonders ungünstig. Sie stammen vorwiegend von Wissenschaftlern, die die Geschichte des Denkens als Ideengeschichte betrachteten und ihre Aufmerksamkeit demgemäß nicht auf solche Zusammenhänge lenkten, die einer materialistischen Betrachtung wichtig sind. Man kann aber aus der Anlage des Denkens bei Thales und anderen griechischen Naturphilosophen schließen, daß sich diese weit mehr, als aus den Quellen hervorgeht, an Erfahrungswerten der Praxis orientierten. Denn das Denken, so weit es nicht als Eingebung Gottes jeder Kritik enthoben ist, muß sich, zumindest in Richtung auf die Natur, an Gegenständlichem aufrichten; die Reflexion bezieht sich auf etwas objektiv Vorhandenes². Sobald aber diese Tätigkeit in Gang gekommen ist, interessiert insbesondere die Frage, wie sie sich entwickelt, das heißt in erster Linie: welche Denkmittel sie hervorbringt, um das Naturgeschehen — vorzüglich das vom Menschen gehandhabte — geistig in Besitz zu nehmen.

Damit finden sich die Menschen „vor den Widerspruch gestellt: einerseits das Weltsystem erschöpfend in seinem Gesamtzusammenhang zu erkennen, und andererseits, sowohl ihrer eigenen wie der Natur des Weltsystems nach, diese Aufgabe nie vollständig lösen zu können. Aber dieser Widerspruch liegt nicht nur in der Natur der beiden Faktoren: Welt und Menschen, sondern er ist auch der Haupthebel des gesamten intellektuellen Fortschritts und löst sich tagtäglich und fortwährend in der unendlichen progressiven Entwicklung der Menschheit ... Tatsächlich ist und bleibt jedes Gedankenabbild des Weltsystems objektiv durch die geschichtliche Lage, und subjektiv durch die Körper- und Geistesverfassung seines Urhebers beschränkt.“³

Die Denkmittel, die die griechischen Philosophen von Thales bis Platon hervor-

brachten, entstammen zu einem wesentlichen Teil der geistigen Verarbeitung von solchen Vorgängen in der Natur und in der Produktion, die chemischer Natur sind. Die Prozesse im vegetabilen oder animalischen Reich bieten dem philosophischen Verstand zahlreiche Ansatzpunkte, sich über die stofflichen Veränderungen zu wundern und nach ihren Ursachen zu fragen, wobei zwei Komplexe am erstaunlichsten sind: die Konstanz der Reproduktion ebenso wie die Konstanz der Metamorphosen. Diese aus einfacher Beobachtung zu gewinnenden Eindrücke erfuhren durch die Produktionspraxis eine erhebliche Vertiefung, indem der Mensch kraft der Kunst, der die „List der Vernunft“ zugrunde liegt, Stoffveränderungen erzwingt, die er im unbeeinflussten Naturgeschehen nicht beobachten konnte. Er wurde auf diese Weise, durch seine Arbeit, unendlich vertrauter, erfahrener mit der Natur der Stoffe und den Möglichkeiten ihrer Verwandlung, so in der Metallurgie, der Töpferei, Glasmacherei, Färberei, Wein-, Essig- und Bierbereitung, der Herstellung von Brot und anderen Speisen, der Gewinnung von Kosmetika und Pharmazeutika sowie erster spezifisch chemischer Produkte wie Soda, Pottasche, Alaun, Grünspan, Bleiglätte, Schwefel, „künstlicher“ Farber und Edelsteine. Aber nicht allein die Zahl der durch chemische Kunst gewonnenen Produkte weckte das Erstaunen über die Verwandlungsfähigkeit, vielmehr noch die chemischen Verfahren, die Kunst selbst, durch die Vorgänge angeregt werden in deren Verlauf aus dem süßen Traubensaft berauscher Wein, aus den weichen Kupfer und Zinn die harte Bronze oder aus Sand, Kalk und Soda Glas entstehen. Diese Praxis war in der historischen Periode der griechischen Polis und viel früher schon bei den Ägyptern, Indern und andern Völkern längst über den Stand der durch Zufall gewonnenen Kenntnisse hinausgewachsen; aus den Zeugnissen dieser Zeiträume, dem „Papyrus Ebers“, dem „Papyrus Brugsch“, dem „Alten Testament“, der „Ilias“, und „Odyssee“, dem „Timaios“, auch aus der „Historia naturalis“ des Plinius sowie der des Dioskorides: *Περὶ ὕλης ἰατρικῆς* — obgleich sie zu einer späteren Zeit erschienen — ist der Schluß zu ziehen, daß die Produktion auf der Grundlage zielgerichteten und systematischen Probierens betrieben wurde, nicht eines Probierens allerdings, das theoretische Fragen stellte wie es sich in der Renaissance mit der Experimentalphilosophie herausbildete sondern eines Probierens, das der Entwicklung von Rezepten gleichkommt, wie es sich in den überlieferten Schriften widerspiegelt, deren Charakter in den arabischen und mittelalterlichen Schriften weitgehend beibehalten wurde, bis die experimentalphilosophische Methode dann im 17. und 18. Jahrhundert auf die Produktion angewandt wurde. Die geschilderte Praxis bewirkte gegenüber der auf dem bloßen Zufall aufbauenden Praxis frühgeschichtlicher Zeiten eine wesentlich schnellere Entwicklung der Produktion, und wie die Entdeckung der Mineralsäuren, des Schießpulvers und der Alkoholdestillation zeigen, war jene Probieren als Hauptmethode der Empirie noch bis ins Mittelalter hinein fähig revolutionäre Veränderungen hervorzubringen. Nur im Vergleich zum Tempo der im 19. Jahrhundert einsetzenden Entwicklung der Produktion, das erst durch die Verbindung von Empirie und Theorie und durch die Anforderungen der kapitalistischen Produktionsweise möglich wurde, scheinen die über Jahrtausende

sich erstreckenden Fortschritte der bloßen Empirie unvorstellbar langsam vor sich gegangen zu sein.

Was aus der Anschauung chemischer Vorgänge in der Natur und der empirisch betriebenen Produktion an theoretischer Einsicht gewonnen werden konnte, das spiegelt sich in den naturphilosophischen Fragmenten der griechischen Denker auf verschiedene Weise wider. Daß diese Philosophen, ob Thales oder Platon, Vorgänge in der Natur ebenso wie Vorgänge in der Produktion beachteten, ist evident; ihre Vorstellungen unterscheiden sich weniger durch Merkmale guter oder mangelhafter Kenntnis der Praxis als vielmehr durch den Grad der geistigen Verarbeitung des Erfahrbaren und durch den theoretischen Ausgangspunkt in der Grundfrage der Philosophie. Dabei fällt auf, daß die griechischen Naturphilosophen stets versuchen, das Ganze zu erfassen, sich für das Detail weniger und nur dann interessieren, wenn es um den Nachweis der Richtigkeit der aus umfassenderer Sicht gewonnenen allgemeinen Auffassung geht. Wer diese Haltung aus dem mangelnden Interesse oder einer geringen Kenntnis der Natur und der Produktion abzuleiten versucht, dürfte indessen übersehen, daß zu jener Zeit, da den Mythen Theorien entgegengesetzt wurden, notwendigerweise zuerst Erklärungen für die allgemeinen Weltzusammenhänge zu entwickeln waren. Um Götter zu entthronen, genügt es nicht, einzelne Naturvorgänge natürlich zu erklären, dazu bedarf es der Anschauungen, die deren universelle Funktion ersetzen.

So beginnt der revolutionäre Umschwung der intellektuellen Entwicklung mit der Annahme, daß es „nur stoffliche Urgründe der Dinge gebe“⁴. Aristoteles hat diese Denkrichtung gut charakterisiert. Er hat erkannt, daß sich diese Philosophen in der Frage nach dem Urgrund, dem Urstoff, der Ursubstanz oder dem Element nicht unterscheiden, sondern nur durch die Benennung der Substanz und durch die Annahme einer Substanz oder mehrerer Substanzen. Einige erscheinen diese Philosophen auch in der Ansicht, daß die Substanz oder die Substanzen von ewiger Existenz sind — „daß weder etwas (aus dem Nichts) entstehe noch (in das Nichts) vergehe“ —, daß sie bestehenbleiben und nur in ihren Zuständen wechseln⁵. Diese Fragestellung war für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens von außerordentlicher Bedeutung, lenkte sie doch die Aufmerksamkeit sowohl auf den elementaren Charakter der Stoffe als auch auf deren Wandlungsfähigkeit.

Dafür war es nicht so wichtig, ob nun als Element ein konkreter Stoff wie Wasser (Thales) oder Luft (Anaximenes), Feuer (Hippasos) oder Erde oder einige davon oder alle oder ein völlig unbestimmtes Abstraktum wie die unendliche Substanz oder Materie (Anaximandros) gedacht wurden, sondern daß damit die Materialität der Welt, ihre Einheit und Vielheit, ihre Gleichartigkeit und Verschiedenheit Gegenstand des Denkens wurde. Der Anfang war gemacht, die Natur zu begreifen, sie sich durch den Begriff anzueignen, den Verstand selbst für diese Aneignung zu entwickeln. Schon aus dem, was von und über Anaximandros überliefert ist, geht hervor, daß mit der Frage nach dem Urgrund aller Dinge neue Fragen provoziert waren, deren Beantwortung wiederum zu neuen Fragen führte. Die Vielfältigkeit stofflicher Veränderungen ließ das einmal angeregte

Denken nicht mehr zur Ruhe kommen; die Naturprozesse zwangen den reflektierenden Verstand, neue Begriffe zu bilden und Anschauungsweisen zu entwickeln, in denen die Stoffe in ihren möglichen Daseinsformen gedacht wurden.

So finden sich bei Anaximandros der Begriff „Bewegung“, die als Ureigenschaft der unendlichen Substanz ewig vorstatten geht und das Entstehen und Vergehen bedingt, und der Begriff des Gegensatzes, demonstriert an den Grundeigenschaften warm, kalt, trocken, feucht⁶.

In seiner Vorstellung von der ewigen Wiederholbarkeit des Weltgeschehens — „Woraus aber die Dinge ihre Entstehung haben, darein finde auch ihr Untergang statt, gemäß der Schuldigkeit“ — tastet er sich an den Begriff Notwendigkeit und Gesetzmäßigkeit heran.

Die auf Thales und Anaximandros folgenden Philosophen vertieften die Fragen weiter, Anaximenes und Hippasos von Metapont, indem sie die Begriffe „Verdichtung“ (Dichtigkeit) und „Verdünnung“ (Dünne) einführten, durch die sie den Umwandlungsprozeß der Stoffe — natürlich nur nach äußeren Merkmalen — erklärten. So erscheint die Annahme anderer Stoffe als Urelement (Luft oder Feuer) nur formell als einfache Variation, sie zwang jedoch zur Deutung anderer Erscheinungsformen der Stoffe, die wiederum zu einer vertieften Erklärung der Umwandlung selbst führten wie bei Xenophanes, bei dem sich der Begriff des Teilchens als „Feuerteilchen“ findet. Hier war ein Ansatzpunkt für Empedokles und die Atomisten, die Struktur der Materie tiefer zu erfassen.

Dafür boten auch die älteren Pythagoreer, Herakleitos und die Eleaten neue Ideen an, besonders in der Hinsicht, daß sie den Sinn für die Größenverhältnisse und die Form entwickelten, daß sie die Lehre vom Gegensatz ausbauten und in den geometrischen Formen und in den Eigenschaften der Stoffe eben die Gegensätzlichkeiten als Prinzipien der Dinge (Alkmaion) auffaßten⁷. Sie schulten damit das abstrakte Denken, das Denken in Zahlen, Symbolen, das sich zugleich sinnlich wahrnehmbar machen ließ durch geometrische Figuren, und das in den Eigenschaften wie Weiß und Schwarz, Süß und Bitter, Groß und Klein erfahrbar war. Auch in anderer Hinsicht zeigte sich das Pythagoreische Denken fruchtbar; es lenkte die Aufmerksamkeit auf den Gegensatz als nicht allein etwas sich Ausschließendes, sondern zugleich auf die Einheit des Gegensätzlichen, das „Gleichgewicht der Kräfte“, wie in Alkmaions Theorie über die Gesundheit und Krankheit⁸. Eine Theorie, die in der Medizin der Renaissance, besonders von Paracelsus, auf der Grundlage neuer chemischer Kenntnisse vertieft und erweitert wurde. Die Vorstellung vom Gleichgewicht der Kräfte und Alkmaions Gedanken über die Wahrnehmung und das Denken, die Funktion der Sinne und des Gehirns, führten zur Vertiefung der Lehre vom Gegensatz (Herakleitos), öffneten den Blick für das Problem der stofflichen Bindung (Empedokles, Demokrit), regten erkenntnistheoretische Überlegungen (Herakleitos) an.

Herakleitos baute die Theorie des Gegensatzes aus, indem er das „Gleichgewicht der Kräfte“ als Einheit des Gegensätzlichen schärfer definierte, eine Einheit, die sowohl die Harmonie als auch den Widerspruch (Streit) einschloß⁹. Gleichzeitig vertiefte er damit das Verständnis für die Umwandlungsprozesse der Stoffe und

ihner Eigenschaften, die durch den Gegensatz bewirkt und ins (gegenätzliche) getrieben werden¹⁰. „Alles Geschehen erfolge infolge eines (Gegensatzes: „Das Kalte wird warm, Warmes kalt, Reuchtes trocken, Trockenes feucht.“ „Es lebt das Feuer der Erde Tod und die Luft lebt des Feuers Tod, das Wasser lebt der Luft Tod, die Erde den des Wassers.“¹¹ Diese Auffassung entwickelte das Verständnis für die Dialektik der Natur und für die Gesetzmäßigkeit der Veränderung der Naturscheinungen; und für die Chemie speziell bereitete sie den Begriff der Stoffverbindung vor¹². Herakleitos' Unterscheidung der „Sinneswahrnehmung und der Vernunft“ vermochte den Sinn des Naturforschers für das Verhältnis von Beobachtung und geistiger Verarbeitung zu wecken, woraus sich die Notwendigkeit ergab, die Erfahrung theoretisch zu durchdringen, das heißt auch, der Erfahrung nicht blindlings zu vertrauen, sondern sie dem (gedanken als einem schärferen Kriterium zu unterziehen¹³. Hier lag wiederum ein Ansatzpunkt für die Weiterentwicklung der Dialektik des Denkens, wie sie die Experimentalphilosophie dann seit der Renaissance ausbildete, der Vernunft beziehungsweise der Theorie die Praxis als Kriterium und Prüffeld beizunordnen.

Die Eleanten Parmenides und Zenon haben der Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens weniger gegeben. Die metaphysische Methode des Parmenides war dafür ebenso wenig geeignet wie die dialektisch unfunktionierte Metaphysik Zenons. Ihre Vorstellungen vermochten trotzdem zur Klärung einiger Probleme — wenn auch von negativen Ansätzen her — beizutragen. Zwar setzte Parmenides der Dialektik des Herakleitos die Metaphysik (als Methode) entgegen, erklärte das Werden, die Veränderung, die Erscheinung für „Nichtseind“ im Gegensatz zum „Sein“, dennoch erfuhr damit die Erkenntnislehre eine Ausdeutung, die alles auf die Vernunft oder das Denken, nichts jedoch auf die mit den Sinnen wahrnehmbaren und daher trügerischen Erscheinungen setzte. Der Widerspruch war mit diesem Extrem provoziert, und um diesem zu begegnen, sah sich Zenon gezwungen, die Metaphysik mit dialektischen Spitzfindigkeiten zu verteidigen, offensichtlich trotz aller Scharfsinnigkeiten wenig erfolgreich. Aus dieser Spiegellecherei sind uns neue Begriffe überliefert: Größe, Dicke, Masse und eine Diskussion über den Begriff Raum¹⁴. Weiterhin schärfte er den Verstand für das Problem der Vielheit und Teilung der Dinge, auch wenn er die Annahme einer Vielheit von Dingen bestritt. Und ebenso konzentrierte er wie Parmenides das Denken auf die abstrakte Wahrheit oder die Wesenheit der Dinge, die sogenannten ewigen Wahrheiten, die bei Platon als Ideen erscheinen werden.

Die Entwicklung der Naturphilosophie war mit den Eleanten in eine Tote- und Enge geraten, und nur aus einer umfassenderen Schau und auf einer höheren Stufe war ein Fortschritt möglich, der die Naturerkenntnis zu bereichern vermochte. Daß dieses einem Gelehrten gelang, der zugleich Arzt, Naturforscher und Philosoph war, scheint symptomatisch: bei Empedokles erreichte die Entwicklung der ersten Versuche zur geistigen Erfassung der Natur ihre erste Kulminationsphase, in der die wichtigsten Begriffe dialektisch aufgehoben und in einen tieferen Zusammenhang verarbeitet wurden.

Dafür genüge es nicht, die vorhandenen Anschauungen zusammenzufassen

und durch eigene Ideen zu bereichern, dafür mußten neue Erfahrungswerte eingebracht und geistig verarbeitet werden. Die Quellen offenbaren es; Empedokles erscheint nicht nur als ein scharfsinniger Beobachter der organischen und anorganischen Natur, sondern zugleich als ein Kenner der gewerblichen und pharmazeutischen Praxis, der mit großer Wahrscheinlichkeit Pharmazeutika selbst herzustellen verstand¹⁵. Indirekt bestätigen dieses seine Theorien, insbesondere die über den Luftdruck, über die Elemente und deren Mischung, über die Urteilen (Splitter, Teilchen) der Elemente, über die Verbindung der Stoffe (Porentheorie, Wahlverwandtschaft), über den Feuerstoff der Luft¹⁶. Sie verraten zugleich, daß Empedokles nicht nur zahlreiche Stoffe, sondern auch ihre Herstellungsverfahren kannte und diese selbst ausüben verstand. Daraus resultiert, daß Empedokles Theorien über Jahrtausende hinweg bis ins 18. Jahrhundert für die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens außerordentlich bedeutungsvoll waren.

Hinsichtlich der Element-Theorie unterscheidet sich Empedokles von seinen Vorgängern nicht nur durch die Annahme von vier ewig existierenden unveränderlichen Grundsubstanzen — Feuer, Wasser, Luft, Erde —, sondern durch die nähere Bestimmung dieser Elemente hinsichtlich ihrer Struktur und Eigenschaften und weiterhin durch eine Theorie der Bewegung und Mischung.

Die Annahme von vier Elementen als Grundstoffe bot dem Naturforscher ein umfassendes Prinzip für die Einteilung der Stoffe nach — modern gesagt — Aggregatzuständen, ein Prinzip, dem noch um 1750 Johann Juncker¹⁷ grundlegende Bedeutung für die Chemie zur Klassifikation der Stoffe beimaß. Dabei spielte die Verknüpfung dieser Elemente mit den Eigenschaften trocken, feucht, warm, kalt eine wichtige Rolle, wobei einschränkend gesagt werden muß, daß aus den Fragmenten nicht eindeutig hervorgeht, inwieweit Empedokles diese Verknüpfung schon, wie später Aristoteles, vorgenommen hatte, jedenfalls war hier ein Ansatzpunkt gegeben, den Elementen bestimmte Eigenschaften zuzuordnen: dem Feuer die Eigenschaften warm und trocken, dem Wasser die Eigenschaften feucht und kalt, der Luft die Eigenschaften feucht und warm, der Erde die Eigenschaften trocken und kalt.

Wichtiger aber als diese Zuordnung war die Annahme des Empedokles, „daß es von den vier Elementen kleinste Splitter“ gäbe, und zwar nicht nur deshalb weil sie — im Anschluß an Xenophanos' Feuertheilen — den Weg zur Atomistischen absteckte, sondern weil durch sie erstmals die Verbindung qualitativ unterschiedlicher Stoffe erklärbar wurde¹⁸. Allerdings zwang auch die Voraussetzung der Existenz verschiedener Elemente dazu, die „Mischung“ der Elemente beziehungsweise die Vielfalt der Stoffe auf neue Weise zu erklären. Setzte man nur ein Element voraus, dann waren alle Stoffe Modifikationen dieses einen und in Wesen einander gleich; es genügten zur Erklärung z. B. die Begriffe „Verdichtung und „Verdünnung“. Bei der Annahme von mehreren Elementen mußte eine Theorie der Mischung entwickelt werden, für die Empedokles die Begriffe „Vereinigung und „Trennung“ einführte, wonach sich die unterschiedlichen Stoffe durch verschiedene quantitative Ansammlungen von Element-Teilchen bilden²⁰.

Damit waren neue Existenzformen der Materie begriffbar gemacht: Vi

Elemente bilden die Grundlage sämtlicher Stoffe (auch der organischen), die Elemente bestehen aus winzigen, mit den Sinnen nicht wahrnehmbaren Teilchen, die Element-Teilchen bilden durch Mischungen in Form der Vereinigung und Trennung die ungeheure Vielfalt der Stoffe und Körper. Schon diese Konstruktion bedeutete gegenüber den vorhergegangenen einen qualitativen Fortschritt, den Empedokles noch dadurch ausbaute, daß er auch die Frage stellte, wie die Vereinigung und Trennung der Element-Teilchen vor sich geht. Damit verbessert er die Vorstellung über die Verbindung der Stoffe, die auch erkennen läßt, daß Empedokles in der Praxis selbst vielfältige Veränderungen der Stoffe erfahren hatte²¹.

Mit seiner Porentheorie und mit seinen Gedanken über die „Symmetrie“ und „Wahlverwandtschaft“ schuf Empedokles Modellvorstellungen über die gedachten unsichtbaren Bausteine sämtlicher Stoffe sowie über die Möglichkeiten ihrer Verbindung²². Seine Auffassung, daß die Element-Teilchen sich strukturell unterscheiden, Poren haben, in die andere Teilchen eindringen können, begünstigte eine mechanistische Richtung, während die Vorstellungen über die „Symmetrie“ und „Wahlverwandtschaft“, über „Abfluß“ oder „Ausfluß“, über wirkende und leidende Substanzen einer dynamischen Richtung der Naturphilosophie dienten²³. Die Fruchtbarkeit seiner Teilchen-Theorie zeigt sich auch darin, daß er, um die Durchsichtigkeit verschiedener Stoffe zu erklären, bestimmte Symmetrieverhältnisse bei der Lagerung oder Anordnung der Element-Splitter annahm²⁴.

Unter den Elementen des Empedokles spielte das Feuer eine besondere Rolle, was in dem Begriff „Feuerstoff“, der in der Luft enthalten sei, zum Ausdruck kommt²⁵. Dieser Begriff diente später zu einer immer tieferen Erfassung des für die Chemie so wichtigen Verbrennungsprozesses; er lebte in der arabischen und mittelalterlichen Chemie unter dem Synonym des „Schwefels“, danach als „brennbare Erde“ (J. J. Becher) und als *Phlogiston* (G. E. Stahl) fort, um schließlich als „Feuerluft“ von C. W. Scheele und J. Priestley Ende des 18. Jahrhunderts „entdeckt“ und von A. L. Lavoisier als Sauerstoff erkannt zu werden. Ein Rest dieses Begriffs blieb als „Wärmestoff“ noch einige Jahrzehnte in Gebrauch, bis die Ursache der Wärme in der Bewegung erkannt wurde.

Einen weiteren wichtigen Begriff, das Gegenstück der Notwendigkeit, benutzte Empedokles, um die Bewegung der Teilchen und die Mischungen als durch den Zufall verursacht zu charakterisieren. „Zufällig notgedrungen“ erfolge die Vermischung, charakterisiert es Platon, „daß es so seiner Natur nach geschieht“ Aristoteles²⁶. Daher kann angenommen werden, daß Empedokles eine Vorstellung von der Dialektik der Naturprozesse besaß. Dieses wird auch durch seine Ansicht unterstrichen, daß das Seiende Vieles und Eins zugleich sei — womit er außerdem die von Parmenides und Zenon aufgebrachte Haarspalterei galant erledigte — und daß Vereinigung Zerstörung, Zerstörung Vereinigung bedeute, Vieles aus Einem und Eins aus Vielem entstehe, so daß die Einzeldinge vergänglich, der Wechsel aber ewig wie die Ursubstanzen selbst sei²⁷.

Im Widerspruch zu der Ansicht, daß die Vermischung „zufällig notgedrungen“ erfolge, erscheint Empedokles' Theorie über „die Liebe und den Streit“, durch die „die Elemente dauernd umschichtig in Bewegung gesetzt werden“ müssen²⁸.

Liebe und Streit erscheinen als Prinzipien, die außerhalb der Dinge stehen und sich ausschließen. Sie können aber auch als Widerspruchspaar wie Eines und Vieles als das Seiende aufgefaßt werden, das den Dingen immanent ist²⁹. Jedemfalls stehen die Begriffe „Liebe“ und „Streit“ in einem engen Zusammenhang mit dem Begriff der „Symmetrie“ und dem der „Wahlverwandtschaft“, ohne die Konkretheit dieser und damit auch deren Wirksamkeit für die Naturwissenschaft zu erreichen.

Wertvoll für die Naturforschung war auch, daß Empedokles die Bedeutung der Sinnesorgane und ihre Funktion sowie die der Wahrnehmung, der Beobachtung und der konkreten Erfassung des einzelnen Dings unterstrich³⁰. Schließlich machte er auf die Grenzen der Erkenntnis aufmerksam und kritisierte jene, die vorgeben, die „ganze Wahrheit gefunden zu haben!“, während doch jeder nur geringe Hilfsquellen besäße und einen engen Kreis überblicke³¹.

Durch Anaxagoras erfuhr die Teilchen-Theorie des Empedokles eine Ausdeutung, die das Schwergewicht auf die Teilchen selbst legte. Für die Naturkunde wurde damit ein wichtiges Einteilungsprinzip aufgegeben, denn nun sollten alle qualitativ unterschiedlichen Substanzen durch entsprechend qualitativ unterschiedliche Ur-Teilchen gebildet werden. Allerdings kam damit ein neues Problem zur Sprache, das der Reinheit der Stoffe, denn nach Anaxagoras sind in jeder Substanz alle Teilchen (*ὁμοιόμειραι*) enthalten, die Qualität dieser Substanz aber durch die überwiegende Anzahl einer bestimmten Teilchenqualität bestimmt³².

Ursache der Bewegung, Veränderung und Ordnung der *ὁμοιόμειραι* war für Anaxagoras der Geist als objektive Realität, den er, worauf Aristoteles hinwies, als *deus ex machina* für alles das benutzte, wofür er keinen Grund anzugeben mußte³³. Der Naturforschung war damit kein Denkmittel gegeben, wohl aber mit dem Begriff der „Wirbelbewegung“, die — vom Geist erzeugt — den Stoffen eine Eigenbewegung zugesteht, die infolge ihrer „Wucht und Schnelligkeit“ herumkreisen und sich ausscheiden, wodurch die Körper entstehen³⁴. So erhielt der Geist bei Anaxagoras nur eine dominierende Rolle als Prinzip, denn die Mehrheit der Dinge ließ Anaxagoras sich „von selbst“ gestalten, so daß Platon bestürzt feststellte, daß jener von dem Geist keinerlei Gebrauch gemacht habe³⁵. Anaxagoras blieb auch in der Erkenntnislehre Materialist, denn „die sichtbaren Dinge bilden die Grundlage der Erkenntnis des Unsichtbaren“³⁶.

Die Auffassung des Anaxagoras von den Urteilen oder *homoiomérai* enthielt einen Widerspruch, indem er diese als bis ins Unendliche teilbar annahm — eine Auffassung letztlich, die die Substanz aus dem Bereich des Vorstellbaren rückte. Für die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens war es daher besonders wichtig, daß die Vorstellungen über die Teilchen konkretisiert wurden. Hier haben Leukippos und Demokrit mit der Kategorie des Atoms eine qualitativ höhere Stufe der Anschauung erreicht. Die Atomistik wurde auf neuer Grundlage im 16. und 17. Jahrhundert von Sennert, Jungius und Boyle weiterentwickelt und von Dalton und Berzelius Anfang des 19. Jahrhunderts zu einem erstrangigen theoretischen Instrument für die Chemie gemacht.

- Nicht nur der von Leukippos und Demokrit geprägte Begriff *átomos*, sondern die darauf aufbauende Theorie der Verbindung der Stoffe ermöglichte ein wesentlich tieferes Verständnis der Naturerscheinungen. Die Definition der Atome als kleinste, unteilbare Substanzen von gleicher Qualität führte zu der Frage, wie aus qualitativ gleichen Ursubstanzen qualitativ unterschiedliche Stoffe entstehen können³⁷.

Leukippos und Demokrit sahen zwei Möglichkeiten: erstens sollten die Atome von unterschiedlicher Größe und Gestalt sein, woraus sich schon eine Unmenge von Kombinationsmöglichkeiten ableiten ließ, und zweitens sollte sich diese Unmenge noch dadurch vermehren, daß die Anordnung und Lage der Atome unterschiedlich gedacht wurde³⁸. Die erste Möglichkeit spielte später in der Chemie des 17. Jahrhunderts bei Boyle und Lémery eine große Rolle; sie entsprach dem mechanistischen Weltbild und diente der Veranschaulichung chemischer Umsetzungen. Die zweite Möglichkeit der Kombination gewann erst mit der Atomhypothese Daltons an Bedeutung, weiterhin für die Erkenntnis der Isomerie und die Stereochemie (Wislicenus, Pasteur, van't Hoff) Ende des 19. Jahrhunderts.

Aus der atomistischen Auffassung ergab sich ein tieferes Verständnis für die Dialektik, besonders für den Umschlag von Quantität in Qualität. Jedoch mußte nun die Frage beantwortet werden, wodurch die Atome ihre Plätze wechseln. Im Gegensatz zu Anaxagoras nahmen Leukippos und Demokrit nicht eine außerhalb der Materie wirkende Kraft an, sondern schrieben den Atomen die Bewegung als immanente Eigenschaft zu, die als ewig oder als ihre Existenzweise aufzufassen war³⁹. Die Atome würden demzufolge gegeneinander stoßen, „die einen prallten voneinander ab, wie es sich gerade trüfe, andere dagegen verflochten sich miteinander infolge der Symmetrie ihrer Formen, Größe, Lage und Anordnung und blieben zusammen; auf diese Weise erfolgte die Entstehung der zusammengesetzten Körper“⁴⁰.

Damit war die Vorstellung von der Bewegung und Veränderung der Stoffe „konkretisiert“, wenn auch in sehr abstrakter Weise, und die Chemiker haben erst Anfang des 19. Jahrhunderts (Dalton, Berzelius) nach der Entdeckung der Gesetze der konstanten und multiplen Proportionen damit operieren können, und zwar nachdem die mechanistischen Vorstellungen durch dynamische überwunden wurden.

Auch die Theorie der Mischung der Stoffe erhielt mit der Atomistik durch den Begriff des zusammengesetzten Körpers eine schärfere Bestimmung⁴¹.

Dabei wurde ein neues Problem sichtbar: ob die „Mischung“ eine Veränderung der sie bedingenden Atome bewirkte, sie eine neue Qualität darstelle, oder ob die neue Qualität nur scheinbar sei, indem die Atome ihre eigene Natur in der Mischung bewahren, wie es Demokrit verstanden haben soll⁴². Diese mechanistische Auffassung vermochte den qualitativen Sprung der Veränderungen nicht zu erfassen, und gerade hier setzt auch Aristoteles' Kritik der Atomistik an. Trotzdem, es kommt nicht so sehr darauf an, ob ein Gedanke sich als richtig oder falsch erweist, für den intellektuellen Fortschritt ist bedeutungsvoll, daß er gedacht und möglichst so gedacht wurde, daß er weitergedacht werden konnte⁴³.

Bei Demokrit ging es zunächst darum, den Elementbegriff auf neue Weise zu verstehen, was durch die Vorstellung von einfachen und zusammengesetzten Körpern erreicht wurde. Dieses Problem wurde ausführlich von Aristoteles erörtert, aber erst durch die anwachsenden chemischen Befunde dann im 17. Jahrhundert von R. Boyle konkretisiert und schließlich von Lavoisier und der modernen Atomistik gelöst.

Ein weiterer Fortschritt, der sich aus der Definition des Atoms als das Volle und Seiende ergab, bestand in der Annahme des leeren Raumes und des Nichts als objektive Realität. Die Existenz des Leeren war für Leukippos und Demokrit Grundbedingung für die stofflichen Veränderungen überhaupt, denn die Atome könnten nur dadurch zusammen- oder auseinandertreten, indem sie das Leere vorfinden und sich in ihm bewegen und dabei die Anordnung und Lage wechseln⁴⁴. Damit war auch die Vorstellung vom Nichtseienden als eines leeren Raumes objektiviert und konkretisiert, der metaphysisch gesetzte Gegensatz der Auffassung vom Sein und Nichtsein, vom Vollen und Leeren dialektisch aufgehoben. Gedanklich natürlich, denn die Beweise — Fortbewegung, Verdichtung, Wachstum und das „Experiment“ mit der Asche — ließen sich widerlegen, wesentlich jedoch für die Naturwissenschaft war, daß mit der Vorstellung vom leeren Raum auch die Suche nach ihm angeregt war, die aber erst mit den Experimenten über das Gewicht der Luft, den Luftdruck und das Vakuum im 16. und 17. Jahrhundert zu praktischen Ergebnissen führte.

Leukippos und Demokrit konnten als Hauptvertreter der Atomistik jener Zeit gemeinsam vorgestellt werden; ihre Ansichten unterscheiden sich nur in einigen Fragen. In einem Kommentar zu Demokrit heißt es, daß die Atome „in Zwist miteinander“ wären oder sich anzögen, Gedanken, die die Vorstellung vom Widerspruch oder Gegensätzlichen der Atome von äußeren Merkmalen der Gestalt und Form zu einer inneren Sicht erweiterten⁴⁵. Es bedurfte aber noch zahlreicher Beobachtungen und Befunde sowie der Entwicklung der Elektrizitätslehre, bevor die Gedanken soweit ausreifen konnten, um in der Praxis nützlich zu werden. Sie erreichten ihren ersten Höhepunkt Anfang des 19. Jahrhunderts mit dem einige Jahrzehnte in der Chemie herrschenden dualistischen System der Chemie des schwedischen Chemikers Berzelius.

Ein anderer Gedanke, der auch erst im 19. Jahrhundert mit der Bestimmung der relativen Atomgewichte Gestalt erhielt und zu einem geistigen Instrument der Chemie ausgebaut werden konnte, war der von der Schwere der Atome⁴⁶ — nicht in dem Sinn, in dem ihn Demokrit und später Epikur gebrauchten, sondern in der Vorstellung, daß die Atome in ihrer Winzigkeit dennoch ein Gewicht (Masse) haben müßten. Wieder ein Beweis dafür, daß es nicht auf die zeitgemäße Interpretation einer Idee, eines Gedankens ankommt, sondern auf seinen Inhalt und die Möglichkeit seiner Konkretisierung.

Der Atomismus war dem naturwissenschaftlichen Denken durch seine materialistische Grundansicht besonders eng verbunden, und damit stimmt die Tatsache überein, daß er von der Renaissance an, in welcher Form auch immer und bis auf wenige Zeitabschnitte, mehr und mehr an Bedeutung gewann, und zwar

einmal als theoretisches Instrument für die Erklärung von Naturerscheinungen und zum anderen als ideologische Waffe gegen Mystizismus⁷. Der Atomismus übernahm die materialistischen Grundsätze der voraussetzungen Naturphilosophie, gab ihnen ein Fundament und baute sie aus, so daß er die Naturwissenschaft auch von der philosophischen Seite her förderte.

Allerdings sind die Überlieferungen nicht frei von Widersprüchen, die auch Auslegungsfragen sein können. So soll Demokrit der Ansicht gewesen sein, „daß nur die allein durch das Denken erfassbaren Dinge“, die Atome also, wirklich seien⁸. Andererseits findet sich sehr deutlich die Unterscheidung zwischen der Sinnes- und der Verstandeserkenntnis⁹. Besonders interessant aber ist, daß der Arzt Galen eine Auffassung Demokrits darlegt, die gegenüber den anderen Überlieferungen dem naturwissenschaftlichen Denken eng verbunden ist und die bereits vom Denken zur Erfahrung zurückkoppelt¹⁰. Denn obgleich Demokrit die Erkenntnis durch den Verstand höher zu bewerten schien, begriff er doch zugleich die Sinneserkenntnis als Basis der Verstandeserkenntnis und vielleicht sogar auch als Prüfstein derselben, nicht in dem Sinn, daß die Praxis das Kriterium der Wahrheit ist — bis zu dieser Erkenntnis war noch ein weiter Weg —, wohl aber in dem Sinn, daß der Verstand nur über die Sinne etwas erfährt und somit auch durch die Sinne denkt.

Die Entwicklung des naturphilosophischen Denkens erreichte mit den atomistischen Anschauungen einen Stand, der gedanklich nur noch durch eine Zusammenfassung und Verarbeitung der wertvollsten Überlegungen zu einem systematischen Ganzen auf eine neue Qualität entwickelt werden konnte. Der Ansatzpunkt, um über das Denken hinaus zur Praxis zu kommen, wodurch erst Naturwissenschaft im modernen Sinn möglich wurde, war unter den gesellschaftlichen Verhältnissen jener Zeit nicht gegeben. Für diese Revolution fehlte eine aus der Produktionspraxis kommende und mit ihr verbundene Intelligenz, wie sie das Bürgertum seit der Renaissance — die auf naturwissenschaftlichem Gebiet weniger eine Wiedergeburt als eine Neugeburt war — hervorgebracht hat.

So geriet das naturphilosophische Denken wenigstens in bezug auf die chemischen Vorgänge in eine Situation, die als krisenhaft bezeichnet werden kann — krisenhaft im doppelten Sinn: zwar erscheint noch eine auch qualitative Steigerung der Erkenntnis möglich — und bei Aristoteles wird sie wirklich —, zugleich aber werden doch schon endgültige Grenzen jener Situation deutlich sichtbar. Ein Ausbruch oder besser ein neuer Aufbruch zu neuen Ufern wurde notwendig, blieb aber zunächst verhaßt, nicht nur dadurch, daß die souveräne Polis, Basis des höchsten Standes bisheriger Erkenntnisentwicklung in ihre Existenzkrisis geriet, sondern darüber hinaus durch die Tatsache, daß die Grundsituation der Gesellschaft damit nicht geändert wurde, die gesamte Antike als solche nicht den Ausweg aus den gesetzten Grundprämissen der gesellschaftlichen Entwicklung fand.

Abgesehen davon, daß nummehr die Mehrzahl der Philosophen der Polis, besonders die Sophisten, sich wenig oder überhaupt nicht mehr mit naturphilosophischen Fragen beschäftigten, sondern von den menschlichen und gesellschaft-

lichen Problemen fasziniert wurden, diese für viel wichtiger und wirkliger ansehend, dabei wertvolles Neuland entdeckten und erschlossen, auch im Sinne des Denkens und der Denkmittel, die indirekt auch der Naturwissenschaft zugute kamen, abgesehen also von dieser zur herrschenden Richtung gelangenden philosophischen Strömung, erfuhr das naturwissenschaftliche Denken bis zu Aristoteles keine wesentlichen Impulse mehr.

Die jüngeren Pythagoreer — Philolaos von Kroton, Archytas von Tarent, Hiketas und Eliphanos von Syrakus und andere — bestellten an der Zahlentheorie herum, gelangten auch zu kühnen und gewagten Spekulationen, von denen die astronomischen auf Kopernikus gewirkt haben, aber für die Chemie waren sie nicht gedacht, und die Bedeutung der Zahlenverhältnisse hatten die alten Pythagoreer eindrucksvoller darzulegen gewußt. Platon dagegen wirkte stärker auf das Nachdenken über chemische Vorgänge. Er sah sich zum Unterschied von seinem Lehrer Sokrates veranlaßt, das Naturgeschehen wieder in die Philosophie einzubeziehen, vielleicht auch, um sein System abzurunden: jedenfalls brachte er neue Gedanken ein, die für Aristoteles wichtig wurden, einmal, um sich durch Kritik daran aufzurichten, zum anderen als Anregung für sein eigenes System.

Der Ausgangspunkt und der Kern der Platonischen Philosophie, die Ideenlehre, fand auch in den Naturbetrachtungen und in der Deutung der Naturerscheinungen ihren Niederschlag. Bei Platon war der Geist nicht nur, wie bei Anaxagoras, eine allgemeine Voraussetzung neben der Materie, sondern, als Idee, eine aktive Wesenheit und gestaltende Kraft, den flüchtigen Erscheinungen übergeordnet, Inkarnation der Wahrheit, die nur abstrakt in den Dingen, vor allem aber über den Dingen existiere. Denn die Erscheinungen sind nur die Schatten der durch den begnadeten Geist zu erfassenden Ideen.

Doch Platon war kein Ignorant der Erscheinungen, im „Timaios“ fallen dem Naturwissenschaftler mehr die Fülle an sorgfältigen Beobachtungen von Naturvorgängen und Produktionspraktiken als die Reflexionen darüber auf. Platon kannte die Praxis der Gewerbe vielleicht ebenso gut wie Aristoteles die Tierwelt, doch die Kenntnis einer Sache muß nicht gleichbedeutend sein mit dem Urteil darüber.

Platon suchte das Unvergängliche mit einer Leidenschaft, die aus seinem Wunsch und Willen entsprang, die Krise der Polis zu überwinden, ihre Verhältnisse archaisierend zu ordnen, die Entwicklung, die immer Neuerungen bringen mußte, ein für allemal aufzuhalten. Aus diesem tiefsten Irrtum heraus machte er einen großen Fortschritt in Richtung abstrahierenden Denkens, hin zu den unveränderlichen Abstrakta, und mit dieser Betrachtung orientierte er das Denken auf die Erfassung des Wesentlichen, Allgemeinen, Gesetzmäßigen, das sich zwar nicht direkt in Naturwissenschaft umsetzen konnte, wohl aber für den Gang der Naturforschung selbst, — von der Untersuchung des Einzelnen zur Erfassung des Wiederholbaren und des Naturgesetzes bis zur Aufstellung der Theorie — von anregender Bedeutung war. Das gilt im besonderen Maße für die Vorstufe experimenteller Naturwissenschaft, für das Sammeln und Klassifizieren, dem Aristoteles folgte und das in der Biologie bis Anfang des 19. Jahrhunderts den Wissenschaftsbetrieb charakterisierte.

In dieser Denkrichtung spielten die Erscheinungen eine untergeordnete Rolle, dennoch blieb ihnen eine bestimmte Selbständigkeit erhalten. Das betraf weniger die Ursubstanz als die Elemente und die ihnen zugrunde liegenden geometrischen Formen, durch die sie Platon unterschied. Die Annahme einer Ursubstanz war nichts Neues, ebenso wenig die Annahme von vier Elementen. Zum Unterschied von Empedokles jedoch sprach Platon nicht schlechthin von Elementarteilchen, sondern er suchte sie näher zu bestimmen⁶¹.

Der Schöpfungsakt, den Platon im „Timaios“ vollziehen ließ, indem er sich in den Geist „des Werkmeisters“ oder Weltschöpfers hineinphantasierte, interessiert hier nicht. Auf die Denkstile der Naturwissenschaft haben diese Fragen wenig Einfluß ausgeübt. Hier interessiert die Vorstellung von den Dingen selbst, und zwar insbesondere in bezug auf die Entwicklung der Denkmittel der Chemie, für die Platons Theorie der Verbindung der Elemente nützlich wurde. Gerade ihm gelang es zum Unterschied von Empedokles, wahrscheinlich unter Auswertung der Atomistik, die Mischung der Elemente sinnfällig zu machen, indem er ihnen bestimmte geometrische Formen zuschrieb, Dreiecke aus der Fällung des Quadrats und aus der Fällung des gleichseitigen Dreiecks. Diese Dreiecksteilchen oder Elementardreiecke unterschied Platon durch ihre Größe, sie wirkten ständig aufeinander ein, verbänden sich zu den verschiedensten Körpern, indem sie sich auf wechselnde Weise zusammenfügten, und sie würden sich wieder unter der gegenseitigen Einwirkung trennen.

Platon machte weiterhin klar, daß die Elemente nur reine Typen darstellen, daß also das Wasser z. B. sehr verschiedene Erscheinungsformen haben kann als Wein, Essig oder Öl. Damit erhöhte er den Typisierungswert der „Elemente“, öffnete diesen Begriff für die zahlreichen Modifikationen der festen, flüssigen, flüchtigen oder feuerähnlichen Stoffe. Zugleich ging aus seinen Darlegungen hervor, daß die Elemente in reiner Form nur ausnahmsweise vorkommen, daß sie vielmehr in Mischung vorliegen, die sinnlich wahrnehmbaren Stoffe somit in der Regel aus den verschiedenen Elementen zusammengesetzte Körper sind. Wasser z. B. verwandele sich unter Einwirkung der Feuer-Elemente in Luft, durch Hinnahme sämtlicher Feuer-Elemente in Hagel, Eis oder Schnee. Eisen wäre eine schwerflüssige Art des Wassers mit einer geringen Beimischung von Erd-Elementen, die sich allmählich als Rost herauslösen⁶². Diese Mischungs- und Entmischungslehre wurde von Aristoteles — unter Auswertung der Atomistik — qualitativ weiterentwickelt; sie spielte bis ins 18. Jahrhundert eine wichtige Rolle, die Ausscheidung als Verkalkung während des ganzen Zeitalters der Phlogistonchemie. Ihre besondere Bedeutung läßt sich dadurch verstehen, daß sie als Denkmittel den Umsetzungsprozeß chemischer Substanzen schärfer zu fassen und sinnfällig zu machen wußte. Die Ursachen dagegen, die Platon in die Dreiecksgebilde der Elementarteilchen verlegte, konnten dem späteren Chemiker kaum etwas sagen.

Insofern Platon die Stoffe aus der Mischung und Entmischung der Elementardreiecke entstehen ließ, blieb er dem Element-Begriff verbunden, doch in seiner Theorie war nur die Erde ein unveränderlicher Grundstoff; Feuer, Luft und Wasser

waren es jedoch nicht. „Wenn Erde mit Feuer zusammentrifft und durch dessen Spitzigkeit aufgelöst wird, so wird sie, sei es nun, daß sie im Feuer selbst oder in einer Ansammlung von Luft oder von Wasser aufgelöst ist, so lange umgetrieben, bis ihre Teile, sich wieder zusammenfindend und sich wieder miteinander verbindend, wieder zu Erde werden; denn sie kann niemals in eine andere Gattung übergehen. Wasser aber läßt, wenn es von Feuer oder auch von Luft zerteilt wird, einen Übergang in Feuer zu, dergestalt, daß es zu einem Feuerkörper und zu zwei Luftkörpern wird; und die Bruchteile der Luft können für je einen aufgelösten Teil zwei Feuerteile werden. Andererseits, wenn Feuer von Luft, Wasser oder Erde eingeschlossen ist, und zwar eine geringe Masse von einer großen, und, durch den Schwung derselben mit fortgeführt, im Kampfe mit ihnen unterliegt und zertümmert wird, dann bildet sich aus je zwei Feuerkörpern ein Luftkörper; und wird die Luft überwältigt und zerrissen, dann wird sich aus je zweieinhalb Luftkörpern ein Wasserkörper zusammenfügen.“⁶³

Die letzte Annahme könnte dazu verleiten, Platon die geniale Voraussicht zuzusprechen, Wasser als einen aus zwei Gasen bestehenden Stoff angesehen zu haben. Diese Entdeckung gelang Cavendish 1783 auf synthetischem und Lavoisier auf analytischem Wege, doch es ist wenig wahrscheinlich, daß sie dabei von Platons Annahme geleitet wurden, die unter ganz anderen Voraussetzungen entstand. Dennoch sollte man die Fernwirkung und indirekte Wirkung von Ideen nicht verkennen, war doch bis 1770 die Auffassung vorherrschend, daß sich Wasser in Erde verwandele; sie wurde erst durch die experimentellen Untersuchungen von Scheele und Lavoisier widerlegt. Jedenfalls wurde dadurch, daß Platon die Elemente sich ineinander umwandeln ließ, ein tieferes Verständnis der Mischung angebahnt, wenn auch unter der paradoxen Konstellation, daß drei Elemente keinen elementaren Charakter besitzen.

Andererseits wurde damit der Elementbegriff in Frage gestellt und die Vorstellung begünstigt, mittels chemischer Kunstgriffe die Elemente so zu mischen, daß sie in jeden gewünschten Stoff überführbar werden.

Dennoch sollte man darin nicht einfach die Anfänge der Transmutationslehren sehen, auch wenn sie darauf und natürlich besonders auf die von Aristoteles weiterentwickelten Vorstellungen zurückgeführt wurden. Denn für Platon und Aristoteles waren die Überlegungen rein theoretischer Natur. Erst als Praktiker der Chemie eine theoretische Begründung für die Herstellung gewünschter Substanzen wie Gold oder Lebenselixiere suchten, fanden sie diese in den Vorstellungen von Platon und Aristoteles. Von der Anlage her waren die atomistischen Vorstellungen dafür ebenfalls brauchbar, und sie wurden auch teilweise damit verbunden, doch waren Platons und Aristoteles' Theorien der Mischung entwickelter und durch die Annahme der Umwandelbarkeit der Elemente geeigneter.

Aus der Darlegung geht hervor, daß die Theorien der hier behandelten griechischen Philosophie, so weit sie unter dem Gesichtspunkt der modernen Chemie zu fassen sind, in zweierlei Hinsicht von besonderer Bedeutung waren. Erstens leisteten sie einen unmittelbaren Beitrag für die Entwicklung des Denkens, das zu einem ebenso wesentlichen Bestandteil der Naturwissenschaft gehört wie das

Experiment, denn Begriffe müssen geprägt, „abgeschliffen“ und „zugerichtet“ werden⁶⁴. Zweitens leisteten die Theorien einen mittelbaren Beitrag für die Naturwissenschaft, indem sie Begriffe schufen, die das Denkmögliche in Sachen Natur tief ausloteten und damit zu Jahrtausende wirkender Heuristik wurden.

Dabei erscheint es mir nicht so wichtig, ob die eine oder andere Auffassung dem, was heute sicher gewußt und gedacht wird, mehr oder weniger entspricht. Danach suchen nur Narren, die entweder glauben, die Leistungen früherer Epochen dadurch aufwerten zu müssen, daß sie moderne Erkenntnisse in die Vergangenheit hineindeuten, oder die glauben, die Dummheit früherer Epochen durch das Gegenteil beweisen zu müssen, was auch nicht schwerfallen dürfte.

Die griechische Naturphilosophie und die Wissenschaftsgeschichte haben beides nicht nötig. Denn Wissenschaftsgeschichte heißt nicht, irgendeinem Zeitalter einen Altar zu errichten. Der Maßstab für die Bewertung vergangener Entwicklungen ergibt sich für mich daraus, welchen Anteil — im dialektischen Sinne — diese Entwicklungen am Fortschritt der Gesellschaft hatten — an einem Fortschritt, der die Gesamtheit der Lebensbereiche umfaßt, der aber durchaus auch in nur einem Bereich angesiedelt sein kann. Denn die Gleichmäßigkeit der Entwicklung mag ein schöner Traum, selten aber wohl Wirklichkeit sein. Immerhin bedurfte es eines Zeitraums von fast zweitausend Jahren, bis die griechische Naturphilosophie mit jener Basis in Verbindung kam, die sie brauchte, um im Dienst der Praxis ein neues und anderes Leben zu beginnen⁶⁵.

IN HELLENISCHE POLEIS ✓

Anmerkungen

- 1 Vgl. F. Engels, Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft, Berlin 1948, 413f.
- 2 Ebenda 41.
- 3 Ebenda 43.
- 4 Vgl. Aristot. T. meth. t. phys. (= Prot. philos.) 1, 3, 983b 6ff. = 11 A 12 Diels-Kranz.
- 5 Ebenda S. 76.
- 6 12 A 9–11; 14; 15 Diels-Kranz.
- 7 24 A 3 Diels-Kranz.
- 8 24 B 4 Diels-Kranz.
- 9 22 A 1. 22; 22 B 8. 10 Diels-Kranz.
- 10 22 A 1; 5; 8; 16; 22 B 63–66 Diels-Kranz.
- 11 22 A 1; 22 B 126, 62. 76 Diels-Kranz.
- 12 22 A 1 Diels-Kranz: „Die Dinge seien durch ihr gegensätzliches Verhalten miteinander zusammengefügt“ (Diog. Laërt. 9, 7).
- 13 22 A 16 Diels-Kranz: „... die Vernunft dagegen betrachtet er“ (Herakleitos) „als Prüfstein der Wahrheit.“
- 14 29 A 24 Diels-Kranz.
- 15 31 B 115, 9–12: „... wie ein Schmied, der das Eisen umwandelt und aus dem Feuer in das Wasser taucht“. 31 B 111: „Kennenlernen wirst du alle Heilmittel ...“; vgl. auch 31 B 100 Diels-Kranz.
- 16 31 B 100 und 22, 91; 31 A 86 und 49, 53 Diels-Kranz. „... wie wenn jemand Rost und

Kupfererz und Zinkerz und Vitriolerz ganz fein zerriebe und zu Pulver machte und miteinander mischte ...“, 31 A 34 Diels-Kranz.

- 17 Vgl. Johann Juncker, *Conspectus Chemiae* ..., deutsch: *Vollständige Abhandlung der Chemie* ..., Bd. 1–3, Halle 1749–1753.
- 18 31 A 33 Diels-Kranz.
- 19 31 A 43; 31 B 9 Diels-Kranz.
- 20 31 A 44 Diels-Kranz.
- 21 „Wie wenn Maler bunte Gemälde als Weihgeschenke verfertigen, Männer, die in ihrer Kunst dank ihrer Klugheit wohlbewandert sind — wenn diese die vielfarbigen Gifte mit ihren Händen genommen und harmonisch gemischt haben, indem sie von einem mehr, vom anderen weniger nehmen, dann lassen sie daraus Gestalten entstehen, die allem möglichen gleichen.“ 31 B 23 Diels-Kranz.
- 22 31 A 34f.; 31 B 22, 91; 31 A 87; 92, 86; 89 Diels-Kranz.
- 23 31 A 87 Diels-Kranz.
- 24 Ebenda.
- 25 31 A 53 Diels-Kranz.
- 26 31 A 48; 31 B 30 Diels-Kranz.
- 27 31 A 29; 31 B 17 Diels-Kranz.
- 28 31 A 28 Diels-Kranz.
- 29 31 B 17; 22; 31 A 39 Diels-Kranz.
- 30 31 B 3 Diels-Kranz.
- 31 31 B 2; 4 Diels-Kranz.
- 32 59 A 53 Diels-Kranz: „In allem ist ein Teil von allem“ und „Wovon am meisten in eine Masse ist, das ist und war am sichtbarsten jedes einzelnen Dings.“ 59 A 41 = 59 B 1: Diels-Kranz.
- 33 59 A 47 Diels-Kranz.
- 34 59 B 9; 13 Diels-Kranz.
- 35 59 A 47 Diels-Kranz.
- 36 59 B 21a Diels-Kranz.
- 37 68 A 41 Diels-Kranz.
- 38 67 A 7; 9; 68 A 37 Diels-Kranz.
- 39 67 A 7; 8; 68 A 56 Diels-Kranz. (Demokrit wird widersprüchlich kommentiert. Einmal erscheinen bei ihm die Atome als unbewegt, die erst durch den Schlag bewegt würden andererseits erscheinen die Atome als von Ewigkeit bewegt. Vgl. auch 68 A 47; 50 Diels-Kranz).
- 40 67 A 14 Diels-Kranz (die Bewegung und Veränderung erscheinen bei Demokrit als notwendig, die Entstehung der Körper als zufällig.); vgl. 68 A 56; 68 A 29; 43 Diels-Kranz; — Zufall und Notwendigkeit werden auch z. T. unterschiedlich interpretiert vgl. 68 A 66; 70 Diels-Kranz.
- 41 68 A 64 Diels-Kranz.
- 42 Ebenda.
- 43 Die Frage, ob die Atome in der Verbindung ihre Natur bewahren oder in eine neue Qualität übergehen, konnte erst mit der Ionentheorie, der Entdeckung des Elektron und der Struktur des Atoms im 20. Jh. beantwortet werden.
- 44 64 A 19; 68 A 40; 56; 68 B 156 Diels-Kranz.
- 45 68 A 99a Diels-Kranz.
- 46 68 A 61 Diels-Kranz.
- 47 W. Strube, Die Bedeutung des antiken Atomismus für die Entwicklung der Experi