Das Verhältniss des älteren Atombegriffes zu dem der modernen Naturwissenschaft.

Die Thatsache, dass sich uns die Welt der Erscheinungen von so mannigfachen Seiten darstellt, führte dahin, die Natur auch von verschiedenen Gesichtspunkten aus zu betrachten. Hierin hat die Theilung der Naturwissenschaften in Naturbeschreibung und Naturlehre ihren Grund. Jene hat es mit solchen Naturwesen zu thun, die sich in eigenen charakteristischen und in dieser Art sich wiederholenden Gestalten und Lebensformen darstellen; diese mit allen den Erscheinungen, deren Träger die Gesammtheit der sinnlich wahrnehmbaren Dinge ist. Naturlehre und Naturbeschreibung halten sich streng in den Grenzen einer reinen Erfahrungswissenschaft, und die Methode, welche sie anzuwenden haben, ist die inductive. Da ihre Untersuchungen nur das Verstehen der Naturerscheinungen bezwecken, so überlassen sie es der Philosophie, die letzten Gründe des Seins, die ausser dem Bereiche ihrer Erfahrungen liegen, aufzusuchen. Freilich bleibt es der Philosophie überlassen, den durch Beobachtung und Versuch errungenen Besitz nach ihrer Weise zu verarbeiten; auch muss ihr insofern eine Einwirkung auf die Resultate der Naturwissenschaft gestattet werden, als sie die Erfahrungsbegriffe nicht nur zu prüfen, sondern auch zu berichtigen hat. Eine Betrachtungsweise, welche die Gesetzmässigkeit des gesammten Naturlebens von allgemeinsten Principien aus begreifen will, kann aber den empirischen Naturwissenschaften nur indirect nützen. Deshalb darf es auch nicht Wunder nehmen, dass die Naturbetrachtung des gesammten Alterthums, weil sich seine ganze geistige Kraft meist auf die abstracte Philosophie warf, für die spätere experimentelle Naturwissenschaft fast nutzlos blieb. Wenn auch Aristoteles darauf hinweist, dass man zuerst Thatsachen und die Dinge, an welchen sie sich kundgeben, kennen lernen müsse, um aus ihnen allgemeine Folgerungen abzuleiten, so wurde doch

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

auf diesen Fundamentalsatz aller wahren Naturwissenschaft wenig Gewicht gelegt, sowohl im Alterthum als im Mittelalter bis zur Zeit der Reformation. Erst die moderne Naturwissenschaft liess die Forderung des aristotelischen Satzes zu ihrem Rechte kommen und gab ihm durch die stete Anwendung des Experiments eine sichere Grundlage. Weitergehend fordert aber die moderne Naturwissenschaft, dass das Experiment auch zu einem geistigen Ausdruck der Erscheinungen führe. Sie will hiermit sagen, dass den Act des Experimentirens selbst eine die Denkgesetze richtig anwendende Combinationsgabe begleite. Denn eine solche kann aus dem empirisch Erkannten das Gemeinsame herausfinden, und hierauf eine theoretische Ansicht bauen, welche, an und für sich ein Product der schliessenden Vernunft, doch im Experimente ihren Ausgangspunkt hat und durch das Experiment ihre Bestätigung finden muss. Von solchen Ansichten können aber weitere Sätze abgeleitet werden, welche als allgemeinere und umfassendere Gesichtspunkte gelten, doch aber nur so lange ihre Anwendbarkeit auf den Kreis sämmtlicher Beobachtungen erweisen, als ihnen die Erfahrung selbst nicht widerspricht. Gerade die Aufstellung solcher allgemeinen Theorien mit ihrer experimentellen Begründung bedingt die grossen Fortschritte unserer heutigen naturwissenschaftlichen Erkenntniss, so dass man wohl sagen kann, die Höhe einer naturwissenschaftlichen Disciplin sei abhängig von der Ausbildung der sie beherrschenden Theorien.

Da sich die Naturerscheinungen in Raum und Zeit darstellen, so ist ihre Auffassung nach Mass und Zahl d. h. die mathematische Methode unumgänglich nothwendig. Diese Methode drückt die Resultate der Naturforschung in einer Formel aus, welche ihrerseits immer in einer Erscheinung wieder gegeben und so auf ihre Wahrheit geprüft werden muss. — Man muss zugeben, dass es erst unser Jahrhundert war, welches die erwähnten Grundsätze aller wahren Naturwissenschaft zu allseitiger Geltung brachte. — Dass die Naturbetrachtung der Alten nur spekulativ verfuhr, ist erwähnt. — Bekannt ist, wie im Mittelalter wieder der Katholicismus alle wesentlichen Momente des geistigen Lebens gefangen hielt. Erst mit dem Protestantismus konnte der Trieb die Natur zu durchforschen eine selbstständigere Gestaltung gewinnen. Allein der der Natur zugewandte Geist zeigte auch hier nicht das rege Interesse der späteren Zeit, die Erscheinungen durch alle ihre Verhältnisse an der Hand des Experimentes zu verfolgen. Er erfasste vielmehr willkührlich das zufällig sich Darbietende und suchte von allgemein gültigen Principien aus den Zusammenhang der Naturerscheinungen zu erkennen. Wenngleich Baco von Verulam auf die Induction als die Grundlage aller erfolgreichen Naturbetrachtung hinwies, so war er doch selbst fern davon in jener Weise zu verfahren. Die Unstetigkeit seines Experimentirens, die von ihm verkannte Bedeutung des Experimentes, sowie der Mangel aller mathematischen Betrachtungsweise liessen ihn nichts Bedeutendes auf dem Gebiete der Naturforschung leisten. Die Geringschätzung der Mathematik führte ihn sogar dahin, die grossen die mathematische Methode in die Naturwissenschaft einführenden Entdeckungen seiner Zeitgenossen gering zu schätzen. Diese erst verbanden ihre im richtigen Sinne angestellten Beobachtungen mit einer quantitativen Auffassung der Erscheinungen; sie erstrebten die empirisch mathematische Methode der modernen Naturwissenschaft, welche Methode dann die letzte Hälfte des vorigen, insonderheit dieses Jahrhundert zur allein herrschenden erhob. Freilich nahm zuerst ein Theil der Naturwissenschaft, die Chemie, keinen Theil an solcher Entwicklung. Zur Zeit des scholastischen Studiums war sie von der Physik

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

getrennt und vereinte sich erst mit dieser, als das Experiment die Grundlage aller physikalischen Forschung wurde. Als jedoch in die Physik die quantitative Untersuchungsweise eindrang, während die chemische Forschung ihr Ziel immer noch in die Erklärung der qualitativen Erscheinungen setzte, da musste die Vereinigung als eine gezwungene erscheinen. Die raschen Fortschritte der Chemie, welche das Ende des Zeitalters der phlogistischen Theorie begleiten, hoben jene gezwungene Verschmelzung auf, und die Einführung der quantitativen Untersuchungsweise stellte die Chemie als selbstständige Wissenschaft der Physik ebenbürtig zur Seite.

Das Substrat aller naturwissenschaftlichen Beobachtung bildet die Materie, der sinnlich wahrnehmbare, im Raume ausgedehnte Stoff. Sofern der empirischen Naturwissenschaft der Stoff unmittelbar gegeben ist, hat sie nur die Frage nach der Beschaffenheit dieses Stoffes zu erörtern. Da aber nur die Physik und Chemie sich mit dem Stoffe als solchem beschäftigen, die eigentliche Naturbeschreibung mit ihm als einem modifizirten, welcher eine wiederkehrende Form angenommen, so kann auch die Erledigung der obigen Frage nur in das Gebiet der beiden ersten Disciplinen fallen. Bei der Beantwortung dieser Frage geht die Naturlehre von der Annahme aus, dass die Materie aus discreten nicht weiter theilbaren Massentheilchen bestehe, mithin von dem Atombegriffe, mit dessen Hülfe sie alle Erscheinungen zu erklären sucht. Allein der Atombegriff ist nicht ausschliessliches Eigenthum der Naturwissenschaft, denn die alte Philosophie hat ihn bereits in einigen ihrer Systeme entwickelt und in ihrer Weise angewandt. Wie sehr nun bei aller Gleichheit vieler wesentlichen Merkmale des Begriffes selbst seine Bedeutung und Anwendung hier und dort eine ganz andere sein muss, kann man schon von vorn herein annehmen, und diese Annahme wird auch in dem Folgenden ihre Bestätigung finden. Gewissermassen als Vermittler des älteren Atombegriffes mit dem der modernen Naturwissenschaft können wir jene Naturphilosophen ansehen, welche wie Baco und Andere den älteren Atombegriff zwar aufnahmen, ihn auch wohl weiter ausbildeten, jedoch in der Art seiner Anwendung sich von den Grundsätzen der modernen Naturwissenschaft wesentlich entfernten.

Der ältere Atombegriff.

Es ist bekannt, wie die alten ionischen Philosophen in der Verdichtung und Verdünnung ihres Urstoffes, mithin in einer Anordnung seiner Qualität den Grund der Erscheinungswelt fanden. Dieser Annahme trat zuerst Anaxagoras entgegen, welcher ein Werden im strengen Sinne des Wortes leugnet, ohne doch der Lehre vom einigen Sein anheimzufallen. Er hält es für unmöglich, dass aus Nichtseiendem etwas entstehe und das Seiende vergehe, da sich die Summe der Dinge immer gleich bleibe. Er führt mithin alles Werden auf Mischen und Entmischen letzter unveränderlicher Stofftheilchen zurück, welchen er die Bewegung nicht als inhärirend zuschreibt, sondern in dualistischer Weise einen

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Geist als bewegende Kraft zur Seite setzt. Durch eine Scheidung der ordnungslos zusammen seienden Urbestandtheile und durch das Zusammentreten der gleichartigen Stoffe wird die Entstehung des jetzigen Weltzustandes und die Mannigfaltigkeit der Dinge herbeigeführt. Die Urstoffe nennt er einfach, unendlich klein, nicht wahrnehmbar, an Gestalt, Farbe, Beschaffenheit, kurz an äusserer und innerer Eigenthümlichkeit von einander verschieden. — Obgleich Anaxagoras ganz wie die eigentlichen Atomiker unendlich viele Urbestandtheile annahm und aus ihrem Zusammentreten die Dinge entstehen liess, so unterscheidet er sich doch wesentlich von jenen dadurch, dass er die Urbestandtheile qualitativ verschieden setzt, noch mehr dadurch, dass er durch Leugnung des leeren Raumes die Urbestandtheile nicht an und für sich, sondern nur in ihrem Verhältniss zu der als Einheit gefassten und als solche der Bewegung entbehrenden Natur für real halten konnte. Die Lehre des Anaxagoras kann also im strengen Sinne keine atomistische genannt werden. Erst das philosophische System des Leukipp und Demokrit bildet dem Atombegriff consequent aus. Dadurch, dass es dem Dualismus der Anaxagoräischen Philosophie, in welcher die Macht des Geistes und die unveränderliche Beschaffenheit der materiellen Urbestandtheile sich gegenüberstehen, überwindet und zu einer rein mechanischen Naturerklärung fortschreitet, kann es als nothwendige Ergänzung des vorhergehenden Systems angesehen werden.

Um die unendliche Mannigfaltigkeit der Erscheinungen abzuleiten, setzten Leukipp und Demokrit eine unendliche Menge Grundstoffe voraus. Da nur Gleiches auf Gleiches einzuwirken vermöge, so schliessen sie von ihren Grundstoffen alle qualitativen Unterschiede aus und eignen ihnen nur eine quantitative Bestimmtheit in Hinsicht ihrer Form und ihrer Grösse zu. Jene Stoffe nennen sie das Seiende, oder das Volle, und die Nothwendigkeit ihrer Annahme folgern sie aus dem Satze, dass eine unendliche Theilbarkeit der Körper alles Daseiende auf Nichts reduciren würde. Mithin müsse es eine Grenze der Theilbarkeit, müsse es Atome geben, welche selbst nicht weiter theilbar seien. Die Atome des Leukipp und Demokrit besitzen Ausdehnung. Da sie absolut einfach sind und untheilbar, durchaus erfüllt und alle leeren Zwischenräume von sich ausschliessen, so sind sie auch unveränderliche, ewige und daher nicht geschaffene Grundstoffe. Obgleich die Atome wegen ihrer Kleinheit nicht sinnlich wahrnehmbar sind, haben sie nichtsdestoweniger verschiedene Grösse und verschiedene, ja unzählbare Formen, da sich kein vernünftiger Grund für die Annahme einer beschränkten Anzahl Formen denken lasse. Aus der unendlichen Anzahl der Atome folgern sie endlich, dass niemals ein Mangel an Stoff eintreten könne. — Es bleibt fraglich, ob Leukipp und Demokrit den Atomen eine ihrer Grösse entsprechende Schwere beilegten, oder ob dies erst, was wahrscheinlicher ist, Epikur that. Denn mit der Annahme der Schwere wird zugleich eine den Atomen ursprünglich und ewig inwohnende Bewegung gesetzt und diese zur nothwendigen Bedingung aller Veränderung gemacht. — Die Atome als das Volle und Seiende stehen gegenüber dem Leeren oder Nichtseienden, dessen Wirklichkeit jene beiden Philosophen behaupten, um die Mannigfaltigkeit der Dinge erklären zu können. Das Leere trennt die Körper und ist die Bedingung ihrer Bewegung, ebenso der Grund der ungleichen Vertheilung des Körperlichen und der verschiedenen Dichtigkeitsverhältnisse. Da sie den leeren Raum nicht nur unter der Form leerer Zwischenräume, sondern auch in der Form des die Atome Umgebenden auffassen, so legen sie ihm das Prädicat der Unendlichkeit bei. — Alle qualitative

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Verschiedenheit der Dinge konnte sonach nur resultiren aus der Form, der Ordnung und Lage der zu einem Atomcomplexe zusammentretenden Atome. Bildung und Auflösung dieser Atomcomplexe bedingte das sogenannte Entstehen und Vergehen, der Wechsel in der Lage und der Ordnung nur die Veränderung der Dinge. Der erste Anstoss zur Aneinanderlagerung der Atome geht von einer in der Naturnothwendigkeit gegründeten Bewegung aus. Nach Demokrit ist sie die allen Atomen gemeinsam zukommende Bewegung, von welcher er noch eine jedem einzelnen Atome zukommende besondere Bewegung unterscheidet. Vielleicht stellt jene ein Fallen der Körper in senkrechter Linie, die letztere aber eine Ablenkung von der ursprünglichen Bahn vor, wodurch ein gegenseitiger Anstoss der Atome und ihre eigentliche Aneinanderlegung bedingt wird. —

Eine weitere Ausbildung des Atombegriffes finden wir in der epikuräischen Philosophie, vorzüglich in der Form, in welcher sie in dem Lehrgedichte des Lucretius „über die Natur“ enthalten ist. —

Epicur geht von einer gleichen Annahme einfacher Körperchen und des Leeren aus. Der Fundamentalsatz seiner Philosophie ist der, dass Nichts jemals aus Nichts entstehen könne; denn gäbe man diesen Satz zu, so habe auch der Satz, nach welchem Alles aus Allem hervorgehen könne, eine gleiche Berechtigung. Eine solche Schrankenlosigkeit der Entstehungsweise werde aber, so folgert Epicur, alle bleibenden und stetig wiederkehrenden Formen des Naturlebens zerstören. Ein weiterer Hauptsatz der epicuräischen Philosophie sagt aus, dass auch Nichts wirklich untergeht, denn ebenso wie sich Theile aneinanderlegen, wenn etwas entsteht, ebenso zerstreuen sich die Theile wieder, wenn etwas zu vergehen scheint. Diese bei allem Werden und Vergehen hinzukommenden oder sich zerstreuenden, sinnlich nicht wahrnehmbaren Theile sind die Atome. Sie sind wie Demokrits Atome nicht weiter theilbar, absolut einfach und ewig, durchaus compact und unzerstörbar. Ihre Annahme ist nothwendig, um den Körper bei fortgesetzter Theilung nicht verschwinden zu lassen, ebenso wie der leere Raum nothwendig ist, weil sonst die Möglichkeit der Bewegung, welcher eine absolute Raumerfüllung widerspreche, ausgeschlossen sei. Ausser den Atomen und dem leeren Raume giebt es Nichts. Wie die Zahl der Atome unendlich ist, so ist auch das Leere unbegrenzt; denn wenn die Zahl der Atome, so lautet die Beweisführung, eine begrenzte, der Raum dagegen ein unbegrenzter wäre, so würden sich jene unserem Gesichtskreise entziehen; in einem begrenzten Raume wiederum würde eine unbegrenzte Anzahl der Körper keinen Raum haben. — Die Atome sind ferner mannigfach der Form nach; allein die Zahl der verschiedenen Formen ist begrenzt; von jeder Form aber giebt es unendlich viele. Dadurch wird eine so grosse Mannigfaltigkeit der Körper möglich gemacht, dass sich verschiedene Atome in wechselnden Verhältnissen mit einander verbinden können. Die verschiedenen Formen der Atome würden an und für sich nicht eine solche Mannigfaltigkeit hervorbringen können. Die Realität der Eigenschaften leugnet Epicur ebenso wie Demokrit. Auch er sucht die Qualitäten aus den quantitativen Verschiedenheiten der Atome abzuleiten und geht hier noch weiter als Demokrit, indem er selbst die Empfindung, durch welche wir die Qualitäten wahrnehmen, aus Atomen bestehen lässt. Das Entstehen und Vergehen der Dinge, welches nach Epicur auch nichts weiter als Mischen und Entmischen letzter Bestandtheile ist, geht von einer Bewegung aus, welche den Atomen innewohnt. Diese Bewegung leitet nun aber Epicur nicht wie Demokrit aus einer Nothwendigkeit ab, sondern lässt sie aus dem Gewichte der Atome resultiren. Durch das Gesetz der Schwere, sagt er, werden

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

alle Körper auf senkrechtem Wege durch das Universum geschleudert; sie fallen — weil in leerem Raume — mit gleicher Schnelligkeit. Um daher eine Vereinigung der Atome zu ermöglichen, greift Epicur zu dem Mittel der Annahme einer Ablenkung von ihrer ursprünglichen Bahn; hierdurch wird nun die wechselseitige Annäherung der Atome herbeigeführt, und die besonderen Bewegungen eingeleitet, welche das Entstehen und Vergehen der Dinge bestimmen. Die Atomenlehre des Epicur stimmt somit im Wesentlichen mit der Demokritischen überein. Bemerkenswerth ist daher nur, dass Epicur den Atomen ein Gewicht zuschreibt, denn die Idee der individuellen Selbstbestimmung, welche sich in der willkührlichen Abweichung der Atome von der ursprünglich gesetzten Falllinie zeigt, war doch in der Demokritischen Lehre von der dem einzelnen Atome zukommenden besonderen Bewegung deutlich vorgebildet.

Der Atombegriff der modernen Naturwissenschaft.

Das Archimedische Gesetz vom hydrostatischen Druck kann als erster Ausdruck einer Atomentheorie im physikalischen Sinne aufgefasst werden, insofern dies Gesetz die Annahme kleinster das Wasser zusammensetzender Massentheilchen einschliesst. Aber erst die vergleichende Beobachtung der Pendelschwingungen und der hierdurch geführte Nachweis molekularer Anziehung, sowie der folgende mathematische Nachweis der Richtigkeit solcher Beobachtungen und Consequenzen konnte der Physik eine sichere Grundlage für die Aufstellung einer Atomentheorie gewähren. — Nach der physikalischen Anschauung ist alle wägbare Materie räumlich in discrete, nicht weiter theilbare Theilchen geschieden. Diese letzten Theilchen sind umgeben von einer unwägbaren Substanz, dem Aether; welcher ebenfalls in räumlich discrete Theile gesondert zu denken ist. Ob zwischen den Aethertheilchen etwas Raumerfüllendes lagert, oder ob hier ein leerer Raum anzunehmen ist, diese Frage kann die Physik deshalb unbeantwortet lassen, weil sie bis jetzt eine Wirkung des etwa Zwischenlagernden noch nicht nachzuweisen vermochte. Die letzten unsichtbaren Theilchen sowohl des Wägbaren als des Unwägbaren sind nun unzerstörbar, und zwar muss ihnen dieses Prädicat zugeschrieben werden entweder an und für sich, oder deshalb, weil die Physik selbst keine Mittel hat, die Atome zu zerstören. Von der Gestalt der Atome weiss die Physik nichts auszusagen, und ebensowenig stellt sie Sätze auf, welche die absoluten Dimensionen der Atome bestimmen. Sie vermag nicht einmal auszusagen, ob die Atome überhaupt angebbare Dimensionen haben. Die Atome wirken aufeinander nie durch die Kräfte der Anziehung und der Abstossung und unterliegen so den allgemeinsten Sätzen des Gleichgewichts und der Bewegung. Das Maass der Einwirkung der Atome aufeinander wird bedingt durch das Verhältniss ihrer gegenseitigen Abstände. Die Grössen der Abstände entziehen sich freilich der mathematischen Bestimmung, müssen aber dennoch im Vergleich zur Grösse der Atome als sehr bedeutende angesehen werden. Bei den wägbaren Atomen herrscht nach der Ansicht der Physiker die Anziehungskraft vor,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

während sich die Aetheratome abstossen, auf der anderen Seite aber sich wieder die wägbaren Atome und die Aetheratome anziehen. Eine Gestalt schreibt die Physik nur den Molecülen zu, welche durch eine Aneinanderlagerung der Atome entstehend bald einfachere Atomcomplexe umfassen, bald durch weiteres Zusammentreffen solch einfacher Atomcomplexe zusammengesetztere Atomgruppen darstellen. Die Molecüle sind zerstörbar, insofern man sie in ihre näheren Bestandtheile bis herab zu den letzten Atomen zerlegen kann. Die Molecüle eines Körpers lagern in grösseren Zwischenräumen von einander, als ihre näheren Bestandtheile, die Atome. Da die Physik nur solche Erscheinungen beobachtet, welche keine stoffliche Veränderung des Körpers, keine Umänderung in der Zahl, dem Abstande und der Gruppirung der Atome in dem Molecüle zur Folge haben, so bruacht sie streng genommen über den Molecularbegriff gar nicht hinauszugehen. Sofern aber das Molecül selbst ein Secundäres ist und sich durch Aneinanderlagerung der nicht weiter veränderlichen Grundatome aufbaut, hat sie sich auch über deren Wesen und Wirkungsweise Rechenschaft zu geben. — Die Frage, ob den Atomen oder Molecülen bestimmte Qualitäten zuzuschreiben seien, kann die Physik auch unbeachtet lassen, weil sie nur die äusseren Beziehungen der Körper im Auge hat. Die Frage nach den qualitativen Unterschieden muss jedoch für die physikalische Forschung eine weittragende Bedeutung gewinnen, wenn die Ansicht vieler Physiker, welche solche Unterschiede aus der Form und dem gegenseitigen Abstande der Molecüle zu begreifen suchen, experimentelle Bestätigung finden kann. —

Die Chemie handelt von den Kräften und Gesetzen, nach welchen durchaus gleichartige Körper in ungleichartige zerlegt und aus diesen wieder zusammengesetzt werden können. Solche Körper, welche keiner Zersetzung in heterogene Theile mehr fähig sind, nennt die Chemie Elemente. — Es ist ein unumstössliches Merkmal einer chemischen Verbindung, dass ihre Bestandtheile nur in einem bestimmten Verhältnisse zur Bildung eben dieser Verbindung zusammentreten können. Berücksichtigt nun die Chemie die Thatsache, dass zwei Körper ihre Bestandtheile so austauschen können, dass der ausgetauschte Bestandtheil gerade hinreicht, sich mit dem Reste der anderen Verbindung vollständig zu vereinigen, so muss sie folgern, dass die Gewichtsmengen der sich verbindenden Körper in gewissen Zahlenverhältnissen stehen. Diese Zahlen dürfen natürlich nicht als absolute Grössen gelten, sondern sie sollen nur die durch die genauesten Versuche gefundenen Verhältnisse andeuten, in welchen sich die Körper ihrem Gewichte nach verbinden. Viele Elemente vereinigen sich nun nicht in einem einzigen Verhältnisse mit anderen Elementen, aber die Verhältnisszahl des vermehrten Elementes ist stets ein Vielfaches von dem angegebenen einfachen Verhältnisse. Und was von den Elementen gilt, dieses gilt auch von den zusammengesetzten Körpern. Das bisher Gesagte ist der reine Ausdruck der Erfahrungen und stützt sich auf unbestrittene, völlig erwiesene Thatsachen. Hierbei konnte jedoch der forschende Geist nicht stehen bleiben. Er versuchte jenen unumstösslichen Thatsachen eine theoretische Grundlage zu geben und setzte diese Grundlage in die endliche Theilbarkeit der Materie, in das Vorhandensein letzter Theilchen, der Atome. Dalton stellte zuerst behufs Erklärung der chemischen Proportionen und ihrer Multipla die atomistische Theorie auf; und ihre Herrschaft war bald gesichert, da sich alle chemischen Erscheinungen auf so überraschende Weise mit ihr in Einklang bringen liessen. —

Die Chemie geht mithin ebenso wie die Physik von der Vorstellung aus, dass die Materie aus discreten Theilchen, den Atomen bestehe. Die Chemie nimmt aber so viel verschiedene Arten

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Atome an, als es heterogene einfache Stoffe, sogenannte chemische Elemente giebt. Die Zahl der chemischen Elemente ist eine beschränkte. Als Atom gilt der Chemie dann die kleinste Quantität eines Elementes, welche sich an der Bildung eines zusammengesetzten Körpers betheiligt. Die Chemie schreibt den Atomen Ausdehnung und Gewicht zu und will durch letztere Bestimmung das Verhältniss veranschaulichen, in welchem sich chemische Stoffe gegenseitig ersetzen können. Von dem Atom unterscheiden die Chemiker das Molecül, als die kleinste Menge eines Körpers, welche in chemische Wirkung treten, mithin in freiem Zustande existiren kann. Das Molecül entsteht, wenn sich chemische Atome in verschiedener Zahl und Art zu Gruppen zusammenlagern. Hieraus folgt, dass die Molecüle zusammengesetzter Körper mindestens aus zwei qualitativ verschiedenen Atomen bestehen müssen. Auch die Molecüle einfacher Körper müssen gleicherweise mehrere Atome befassen, sofern eine chemische Wirkung jener durch mindestens zwei, überhaupt durch eine paarige Anzahl Elementaratome bedingt ist. Als die Kraft, welche die Atome in dem Molecüle zusammenhält, gilt die Affinität, während die Cohäsionskraft die Molecüle zu Körpern vereint. Ebenso wie den Atomen ist auch den Molecülen eine gewisse Ausdehnung und ein bestimmtes Gewicht zuzuschreiben. Von einer bestimmten Form des Atoms weiss die Chemie nichts auszusagen, und nur in der Krystallgestalt der Körper glaubt sie einen Anknüpfungspunkt zu haben, welcher wenigstens auf die Form der den Körper zusammensetzenden Molecüle schliessen lässt. — Die Molecüle einer chemischen Verbindung werden durch die Kräfte der Anziehung und Abstossung in gewissen Entfernungen von einander gehalten, und man kann daher jeden stabilen chemischen Körper als einen im Gleichgewicht befindlichen molecularen Ausbau betrachten.

Der Nachweis der Verbindung derselben Elementaratome und die Entdeckung, dass ein Element oft an die Stelle eines anderen treten, gewissermassen seine Rolle übernehmen könne, ohne dass sich der Charakter der chemischen Verbindung im Wesentlichen ändere, liess die bisherige Ansicht, die chemische Affinität aus der den Elementen innewohnenden Electricität herzuleiten, gänzlich fallen und leitete zu der Ansicht über, dass man vor Allem die Stellung der Atome und die Art ihrer gegenseitigen Bindung als mitsetzenden Grund aller qualitativen Verschiedenheit ansehen müsse.

Wesentlich wird diese Ansicht, welche in der Typentheorie ihren Ausdruck findet, durch die Lehre von der Atomigkeit oder Werthigkeit getragen. Die Atomigkeit drückt das Maximum der Sättigungscapacität eines Körpers aus, und da sie einen absoluten unveränderlichen Werth giebt, kann sie recht eigentlich als Ausdruck der qualitativen Verschiedenheit der Elementaratome dienen. So giebt es einwerthige Atome, welche nur mit einwerthigen Atomen zu einem Molecüle zusammentreten können; zweiwerthige, welche zwei einwerthige binden; und mehrwerthige, deren Valenz immer bestimmt wird durch die grösste Anzahl univalenter Atome, mit welchem jenes vielwerthige Atom in directe Verbindung treten kann. — Die Unveränderlichkeit der den Elementen zukommenden Atomigkeit giebt auch Aufschluss über jene Atomencomplexe, welche die Rolle eines einfachen Atoms übernehmen, über die Radicale. Denn diese kann man als ungesättigte Molecüle ansehen, das heisst als solche, welche noch durch eine oder mehrere freie Affinitätseinheiten oder Werthigkeiten zu wirken vermögen. — Da die typische Anschauung nichts weiter als ein Vergleich der verschiedenen Verbindungen rücksichtlich ihrer Zusammensetzung ist, mithin nicht eine wirkliche Theorie, welche uns die Zusammensetzung selbst

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

kennen lehrt, so konnte die chemische Forschung, wenn sie überhaupt die innere Structur der Molecüle feststellen wollte, bei solcher nur die Analogie der Verbindungen darlegenden Anschauungsweise nicht stehen bleiben. — Die jetzige chemische Forschung will hervorheben, wie die Atome eines und desselben Elementes in derselben chemischen Verbindung sich ganz verschieden von einander verhalten, gewissermassen wie ganz differente Stoffe erscheinen können. Hieraus muss sie dann den Schluss ziehen, dass es für die Rolle, welche ein Elementaratom bei der Theilnahme an einer chemischen Verbindung übernimmt, ebensowohl auf die Natur dieses Elementaratoms, als auf seine Stellung in der Verbindung ankommt. — Sie hat für den chemischen Charakter eines Körpers zunächst die Qualität und die Quantität der ihn bildenden Elemente als wesentlich zu erachten, unbedingt aber auch auf die Anordnung der einzelnen Elementaratome, auf die Art und Weise ihrer gegenseitigen Bindung das grösste Gewicht zu legen.

Bei genauerer Betrachtung dessen, was die moderne Naturwissenschaft über das Atom aussagt, fällt es sofort in die Augen, dass zwischen dem Atombegriffe der Physik und dem der Chemie manche, wenn auch nicht wesentliche Unterschiede bestehen. Es musste auch die Verschiedenheit der Erscheinungen, zu deren Erklärung jene beiden Disciplinen bei sonst gleicher wissenschaftlicher Methode sich des Atombegriffes bedienen, von selbst dazu führen, dass die eine Disciplin in der Begriffsbestimmung des Atoms Momente hervorhob, welche die andere Disciplin gar nicht in Betracht zu ziehen brauchte.

Berücksichtigen wir zunächst den Atombegriff, wie er der heutigen physikalischen Forschung zu Grunde liegt, so wird es sich sofort herausstellen, wie die Atome der Physik sich mit den Atomen der alten griechischen Philosophen in vielen Beziehungen decken. Man kann wenigstens behaupten, dass die Ansicht der Physiker von den Atomen als solchen nicht wesentlich über den demokritischen Standpunkt hinausgeht. Beiden, den Physikern und den alten Atomikern, besteht die Materie aus discreten Massentheilchen, welche Ausdehnung besitzen, aber mit den Sinnen nicht wahrgenommen werden können. Beide legen dem Atome das Prädicat der Unzerstörbarkeit bei. Nach der älteren Ansicht sind freilich die Atome an und für sich unzerstörbar, während die Physik ihnen dies Prädicat nur zuschreibt, weil sie sich nicht im Besitze eines die Atome vernichtenden Mittels weiss. Der ältere Atombegriff setzt die Atome als das Seiende dem leeren Raume als dem Nichtseienden gegenüber, dem sie in gleicher Weise Realität zuschreibt. Auch der physikalische Atombegriff statuirt, wenn auch nicht die Wirklichkeit, so doch die Möglichkeit eines leeren Raumes zwischen den letzten Theilchen. Die Physik konnte ja die Frage nach dem, was die letzten Theilchen trennt, als gar nicht in ihr Gebiet gehörig ansehen, so lange sie keinen Einfluss dieses Trennenden auf die physikalischen Erscheinungen beobachtete. Dadurch aber, dass sie neben den wägbaren Massentheilchen noch discrete Aetheratome annimmt, über die sie von ihrem Standpunkte aus nicht hinausgehen kann, die aber doch nicht ohne ein Trennendes, Umgebendes gedacht werden können, dadurch kommt sie formell wenigstens dem Begriffe des leeren Raumes ziemlich nahe. Mit vielen Physikern von einer Erfüllung der letzten Zwischenräume zu sprechen in der Weise, wie man etwa von Kräften sagt, dass sie mit ihrer Wirksamkeit den Raum erfüllen, geht schon darum nicht an, weil man sich jede wirkende Kraft als eine von einem besonderen discreten Centrum aus wirkende denken muss, jene Raumerfüllung

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

mithin bloss den formalen Begriff der Beziehung zwischen einem wirkenden Centrum und einem die Wirkung empfangenden Objecte ausdrückt. — Während die griechischen Philosophen den Atomen verschiedene Grösse und verschiedene, ja unzählbare Formen zuschrieben, lässt die Physik diese Frage unbeantwortet, da sie das Wesen des Atoms in seinem isolirten Zustande eigentlich gar nicht nachzuweisen vermag. Eine Gestalt schreibt sie daher nur den Molecülen zu, jenen durch Aneinanderlagerung der letzten Partikel entstehenden Atomcomplexen. Den Begriff des Molecüls finden wir freilich auch bei den alten Atomikern, aber als einen ganz äusserlich gefassten, als blosse Summe vieler Atome. Die Bedeutung und Selbstständigkeit, welche der Molecularbegriff in den modernen Naturwissenschaften vorzüglich in der Physik gewonnen hat, konnte er schon deshalb im Alterthum nicht gewinnen, weil er vor dem Begriffe des isolirten Atoms ganz zurücktrat. Die Frage, ob den Atomen oder Molecülen bestimmte Qualitäten zuzuschreiben sind, gehört im eigentlichen Sinne, wie auch schon erwähnt, nicht in den Bereich der Physik. Und so ist denn bis jetzt auch noch keine Ansicht aufgestellt, oder wenigstens consequent durchgeführt, welche vielleicht aus der Form und dem gegenseitigen Abstande der Molecüle alle qualitativen Unterschiede nachzuweisen sucht.

Wesentlich ergänzte auf der anderen Seite die Physik den älteren Atombegriff durch die von ihrem Standpunkte aus nothwendige Annahme der Imponderabilien, welche sie sich ebenso wie die wägbare Materie in discrete Theilchen gesondert dachte. Vor allen ging aber die Physik über den älteren Atombegriff insofern hinaus, als sie alle Atome den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung unterwarf und sie durch die Kräfte der Anziehung und Abstossung aufeinander einwirken liess. Hierdurch aber und durch den Versuch, das Maass solcher gegenseitigen Einwirkung mathematisch zu bestimmen, entkleidete sie den älteren Atombegriff aller Zufälligkeit und Willkür. —

Eine in mancher Beziehung wesentlich andere Stellung zum älteren Atombegriff nimmt die moderne Chemie ein. Sie stimmt mit der älteren Ansicht überein, dass die Atome auch hier letzte, nicht weiter theilbare Körperchen sind. Ob diesen Theilchen wirklich absolute Untheilbarkeit zukomme, diese Frage lässt sie wie die Physik unbeantwortet, sieht sich aber zur Annahme der Untheilbarkeit berechtigt, sofern sie bis jetzt keine Mittel hat, die Atome noch weiter zu theilen. Sie erklärt die Atome auch für unsichtbar und unzerstörbar und glaubt von einer bestimmten Form derselben nichts statuiren zu können. Sie sagt endlich nicht, dass die Atome an Gestalt verschieden seien, und macht die Verschiedenheit der Einwirkung nicht von der Verschiedenheit der Form abhängig. Die Atome und Molecüle wirken nicht durch ihre ausgedehnten Massen direct auf einander ein, sondern alle Wirkung wird vermittelt durch die von ihnen ausgehenden Kräfte, deren gesetzmässige Wirkung auch die Chemie experimentell nachweist und mathematisch zu bestimmen sucht. Durch solche Beweisführung tritt sie in gleicher Weise wie die Physik in den offenbarsten Gegensatz zu der alten Auffassung der Atome. Denn diese regierte nicht einmal die Nothwendigkeit, worin doch noch ein Abbild eines Gesetzes wäre, sondern lediglich der Zufall. An jene Vorstellung der Griechen, nach welcher durch Zusammentreten der Atome die Körperwelt entsteht, lehnt sich die Chemie wieder insofern an, als sie auch aus der innigen Aneinanderlagerung der kleinsten Theile eine chemische Verbindung entstehen lässt und auf die Ordnung und Lage der zu einem Molecüle zusammentretenden Atome grosses Gewicht legt. Aber jenem Satze der alten Atomistik, welcher eine gleiche materielle

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Beschaffenheit aller Atome annahm, letztere mithin aus einem und demselben Stoffe bestehend dachte, setzt die Chemie die Annahme einer qualitativen Verschiedenheit der Atome gegenüber. Den Atomen Qualitäten zuzuschreiben, dazu war die Chemie durch rein empirische Forschung gedrängt, wie dies schon bei Erörterung ihres Atombegriffes auseinandergesetzt wurde. Die ältere Atomistik trennte die Körper von den ihnen zukommenden Qualitäten. Da sie alle qualitativen Unterschiede auf quantitative Verhältnisse zurückführte, fasst sie die Qualität nur als ein Abgeleitetes, welches aus ursprünglicher quantitativer Bestimmtheit resultirt. Und wenn auch die in bestimmter Ordnung und Stellung aneinander gelagerten Mengen durchaus gleicher Atome qualitative Gegensätze zeigen, so wird doch die qualitätslose Reinheit immer wieder so hervorgehoben, dass die Unterschiede endlich der blossen subjectiven Wahrnehmung zugeschrieben werden, womit natürlich jede Spur einer Realität dieser Gegensätze verloren geht. Die Chemie muss dagegen nach den Resultaten ihrer Forschung die qualitativen Unterschiede als im Wesen der Körper selbst begründet ansehen. Sie zerlegt complicirtere chemische Verbindungen in einfachere mit anderen Eigenschaften und setzt diese Theilung fort, bis sie endlich zu einfachen Substanzen kommt, deren Theilung nicht in der Weise möglich ist, dass die erhaltenen Theile wieder verschiedene Eigenschaften zeigen. Diese einfachen Substanzen sind nun qualitativ bestimmt, mithin auch die Atome, aus denen sie zusammengesetzt sind, und durch die sie wirken. Das Atom eines Elementes ist also das Element selbst, und was von diesem als solchem ausgesagt wird, gilt ohne Weiteres vom Atome. So drückt die Werthigkeit der Elemente nur das Verhältniss der Sättigungscapacität der Atome aus, und die bestimmten empirisch gefundenen Verhältnisse, in welchen sich die Elemente verbinden, sind Ausdrücke der Gewichte der eine Verbindung eingehenden Atome dieser Elemente. Dass die Chemie die Frage nach dem leeren Raume, jene nothwendige Behauptung des älteren Atombegriffes, ganz ausser Acht lassen kann, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

Aus dem Gesagten ergiebt sich zur Genüge die grosse Verschiedenheit der begrifflichen Bestimmung, welche die alten Philosophen und die heutigen Chemiker dem Atom als solchem geben. Mag sich auch der Atombegriff der Physik in vielen Beziehungen an den alten Atombegriff anlehnen, in Betreff der Bedeutung, welche die Physik dem Atome beilegt, steht sie ebenso wie die Chemie in geradem Gegensatze zu den Aussprüchen der alten Philosophie. Bei den Alten war das Atom der letzte Grund alles Seins und Geschehens; es war ein ontologischer Begriff. Die moderne Naturforschung bedient sich des Atoms zur Erklärung der Erscheinungen und sieht ganz davon ab, ob die Atome schon die letzten Elemente alles Seins sind, oder nicht. Den Alten ist das Atom das allein Wahre, das Absolute, während die moderne Naturwissenschaft nur die Möglichkeit seiner Wahrheit statuiren kann. Seine Annahme ist gleichbedeutend mit der, dass die Naturforschung, wie weit sie auch ihr Gebiet ausdehnen möge, es immer mit discreten Grössen zu thun haben werde. Da sich eine solche Annahme als sehr dienlich zur Erklärung der Erscheinungen erwies, so wurde ihr durch weitere Schlüsse aus den Resultaten experimenteller Nachweise noch eine breitere theoretische Grundlage gegeben. So entstand die Atomentheorie, welche nur so lange Geltung beansprucht, als die Richtigkeit oder Wahrscheinlichkeit der theoretischen Betrachtung in der Erfahrung ihre Bestätigung findet. Hiermit ist zugleich der Weg angegeben, welchen die empirische Naturwissenschaft einschlug, um zur Aufstellung einer solchen Theorie zu gelangen. Es war der Weg der Induction. Auf ganz andere Weise gelang-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ten die alten Atomiker zur Aufstellung des Atombegriffes. Sie waren Naturphilosophen. Alle Philosophie wendet aber die deductive Methode an, und ihr Charakter ist der der Speculation. Und so suchten auch jene Naturphilosophen auf deductivem Wege — von letzten Principien aus — nach einer reinen des Zusammenhanges mit diesen Principien sich bewussten Erkenntniss der Naturerscheinungen. Die Sätze, dass Nichts aus dem Nichts entstehe, dass Nichts wirklich untergehe, werden ohne Weiteres aller wissenschaftlichen Erfahrung als oberstes und unantastbares Princip zu Grunde gelegt. Hieraus folgt sofort, dass die Theile der vergehenden Dinge sich zerstreuen, und dass sich die Theile sammeln, wenn etwas entsteht. Der Atombegriff fordert wieder den Begriff des leeren Raumes. Die Wahrheit dieser Sätze erweisen jedoch nur aprioristische Gründe. So wird der Satz, dass Nichts aus dem Nichts entstehe, dadurch bewiesen, dass bei Annahme des Gegentheils Alles aus Allem entstehen würde, und die Realität des leeren Raumes wird als eine nothwendige gefordert, weil bei absoluter Raumerfüllung die Bewegung unmöglich wäre. Erst nachdem mit aprioristischen Gründen die Annahme letzter Theilchen und die Möglichkeit ihrer Aneinanderlagerung und ihre Zerstreuung gerechtfertigt ist, folgen die eigentlichen Beobachtungsgründe. Wenn somit der ältere Atombegriff rein philosophischer Natur war, so musste ihm auch unbestrittene Wahrheit zukommen. Diese seine Bedeutung jedoch allseitig zur Geltung zu bringen, war den alten Atomikern nicht möglich. — Es ist zuzugeben, dass sie die Gruppirung der gleichen Atome im Grunde als nothwendig eintretenden Erfolg einer nach Gesetzen wirkenden Bewegung auffassten und diese Ansicht mit aller Consequenz behufs Erklärung der entstehenden Dinge durchführten. Allein der Fundamentalbegriff der qualitätslosen Reinheit der Atome, welcher jener — so zu sagen versuchten mathematischen — Construction zu Grunde lag, wird sofort zu einem illusorischen, wenn eine die Atome nothwendig bewegende Kraft feinere und gröbere Atome scheidet, die feineren nach oben rafft und durch den Umschwung glühend macht, die dichtesten auf die Erde herabsinken lässt. Hier setzt sich der Gegensatz von Dicht und Dünn sofort in die qualitative Differenz des Feurigen und Erdigen um, wobei natürlich das Feuer als edlerer Stoff, aus welchem die Gestirne und die menschliche Seele bestehen, dem Erdigen oder Niederen dualistisch entgegengesetzt wird. So weiss denn schliesslich die alte Atomistik, um die qualitätslose Reinheit der Atome nicht aufzugeben, keinen anderen Ausweg, als die qualitativen Gegensätze den menschlichen Sinnen zuzuschreiben. Hierbei konnte sie nun immer noch die Unterschiede des Leichten und Schweren, des Lockern und Dichten, des Weichen und Harten als unabhängig von uns den Dingen selbst innewohnende Gegensätze bezeichnen, aber Wärme und Kälte, Licht und Finsterniss musste sie der blossen subjectiven Wahrnehmung überweisen. Wenn es aber nicht ersichtlich wird, wie aus dem Wesen des Atoms alle und jede Erscheinung begriffen werden kann, so darf das Atom im strengen Sinne nicht mehr als letzter Grund alles Seins und Geschehens gelten. Die ältere Atomistik war daher vielfach gezwungen sich mit den nur möglichen Erklärungsgründen der Dinge genügen zu lassen, eine Richtung, welche wieder einer klaren methodischen Betrachtung der Dinge Eintrag that und alle rege Forschung lähmte.

Endlich dürfen wir auch nicht unbeachtet lassen, wie die Naturlehre, wenigstens die des Epicur, in den Dienst der Ethik trat. Aller Trieb des Forschens musste somit aufhören, sobald der ethische Zweck, den Geist von Furcht und Unruhe zu befreien, erreicht war. Kurz, wie oft auch die alten Ato-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

miker den Versuch machen durch strenge Anwendung der inductiven Methode die Erscheinungen zu erklären, immer wieder werden sie in naturphilosophischem oder ethischem Interesse dieser Methode untreu. —

Die Zurückführung der entstehenden fassbaren Körper auf eine Aneinanderlagerung der Atome und die Erklärung ihrer Qualität aus Lage und Ordnung gleicher Atome hatte noch eine gewisse Berechtigung, wie sehr auch die versuchte Zurückführung mancher Qualitäten z. B. der verschiedenen Farben auf quantitative Verhältnisse nur durch eine sehr willkührliche Speculation möglich war. Der Willkühr wird aber Thor und Thür geöffnet, wenn die Alten den Atombegriff zur Erklärung des Geistigen anwenden. Da sie den Atomen alle Realität zuschreiben, ausser den Atomen und dem leeren Raume aber nichts existirt, so müssen sie das Geistige und seine Zustände ebenso wie das Sinnenfällige aus Atomen bestehen lassen. So soll die Seele einen vernunftlosen Theil haben, dessen Atome hauchartig sind, und einen vernünftigen, der seinen Sitz in der Brust hat, und dessen Atome die feinsten und leichtesten sind. Das Denken ist ein Anschauen körperlicher Bilder, welche durch die Poren des Leibes bis zur Seele gelangen. — Die Sinneswahrnehmungen erklären sie so, dass sich von dem wahrgenommenen Gegenstande feine Theile ablösen, und bis zur Seele dringen; die Gesichtsanschauungen endlich werden dadurch möglich, dass sich äusserst zarte Bilder unaufhörlich von den Oberflächen der Körper ablösen und bis auf eine gewisse Entfernung dieselbe Lage und Stellung der Bestandtheile beibehalten, dann aber sie ändern. Darum sieht etwas in der Nähe anders aus als in der Ferne. —

Wie frei von jeder Willkühr verfährt dagegen die moderne Naturwissenschaft, wenn sie die Erscheinungen mit Hülfe der Atomentheorie zu erklären sucht. — Die Physik war gezwungen eine wägbare und eine unwägbare Substanz anzunehmen; sie leitet aus der Anziehung der wägbaren Atome die Cohäsion, aus der Anziehung der Molecüle die Schwere ab, aus den Abständen der letzteren die Erscheinungen der Zusammendrückbarkeit und der Porosität. Dass es eine unwägbare Substanz giebt, schliesst die Physik vorzugsweise aus den Erscheinungen des Lichts. Während die Physiker früher von einer eigenthümlichen Lichtmaterie sprechen, lassen sie jetzt das Licht in der Fortpflanzung oscillatorischer Bewegungen der Aethertheilchen bestehen. Es waren die Erscheinungen der Dispersion und Polarisation des Lichtes, welche nicht mit der Vibrationstheorie im Einklang zu bringen waren, wenn man den Aether nicht aus discreten Theilchen bestehend dachte. Es wurde nämlich nachgewiesen, dass die Farbenzerstreuung nicht nur ihre Erklärung findet, sondern sogar gefordert wird, wenn der Abstand der Aethertheilchen gross genug ist, um gegen die Breite einer Lichtwelle nicht vernachlässigt werden zu können. — Die Polarisation des Lichtes kann auch nur unter der Voraussetzung mit obiger Theorie vereinbart werden, dass die auf dem Wege des Lichtstrahls liegenden Aethertheilchen in einer Ebene schwingen, und dass diese Schwingungen rechtwinklig zur Richtung des Lichtstrahls liegen. Wollte man dagegen die Aethertheilchen nicht discret setzen, so würden schon in einiger Entfernung vom Ausgangspunkte des Lichtes gar keine transversalen Schwingungen mehr stattfinden können. —

Von den chemischen Erscheinungen, welche nur in der Annahme der Atomentheorie eine vernünftige Erklärung finden und so deren Richtigkeit nachweisen, sind vorzüglich die Erscheinungen der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Isomerie hervorzuheben. Es können nämlich Körper von gleicher procentischer Zusammensetzung, deren Molecüle gleiche Grösse besitzen, dessen ungeachtet ihren Eigenschaften nach verschieden sein. Solche Isomerie kann nur, wie die Chemie nachweist, auf einem Unterschiede in der chemischen Structur in der Reihenfolge der chemischen Bindung der Atome beruhen; denn unterwirft man zwei isomere Körper einer Reaction, so wird immer der eine Körper andere Zersetzungen erleiden, als der andere ihm isomere. —

Wenn der Versuch lehrte, dass ein und dasselbe Element in Verbindung mit verschiedenen anderen Elementen ein verschiedenes chemisches Verhalten äusserte, so liess sich der Schluss ziehen, dass ein gleicher Unterschied auch in den complicirteren Körper stattfinden müsse, sofern aequivalente Radicale oder Reste und elementare Atome einander vertreten können. — Im Holzgeist, dem ersten der einatomigen Alkohole, ist der ungesättigte Kohlenwasserstoff CH_3 mit einem Wasserreste OH vereinigt. Das Verhalten des Wasserstoffs in dem Wasserreste muss sonach verschieden sein von dem Verhalten des Wasserstoffs in dem Kohlenwasserstoff. Und in der That reagiren drei in dem Alkohol befindliche Wasserstoffatome wie die im Sumpfgas direct mit dem Kohlenstoff verbundenen Wasserstoffatome, während das vierte wie ein Wasserstoffatom des Wassers reagirt. Wenn Chlorphosphor auf Wasser einwirkt, so tritt das Chlor an die Stelle des Wasserrestes; in gleicher Weise wird unter dem Einfluss desselben Reagenz der Wasserrest des Methylalkohols durch Chlor substituirt. Auch die Alkalimetalle, welche den Wasserstoff des Sumpfgases nicht ersetzen, wohl aber den Wasserstoff des Wassers, können an Stelle eines aus dem Methylalkohol ausgeschiedenen Wasserstoffatoms ins Molecül eintreten. Diese Reactionen werden nur begreiflich, wenn in dem Methylalkohol das Radical CH_3 mit dem Wasserrest OH zusammengetreten ist. Dort hängen die drei Wasserstoffatome direct mit dem Kohlenstoff zusammen; hier ist das Wasserstoffatom mit dem Sauerstoff verbunden. — Das Molecül einwerthiger Elemente musste aus zwei gleichartigen Atomen bestehen. Wenn aber gleichartige einwerthige Atome sich verbinden, so werden dies auch mehrwerthige Atome zu thun vermögen, welche nun wieder verschiedener Natur oder identisch sein können. Und so sind vornehmlich unter den Verbindungen des Kohlenstoffs viele Körper bekannt, deren Entstehungsweise darauf hinweist, dass die Kohlenstoffatome in dem Molecüle mit einander verbunden sind. Nun sind aber im einfachsten Falle zur Vereinigung zweier vierwerthiger Kohlenstoffatome zwei Affinitätseinheiten erforderlich; mithin muss die Gruppe $\left\{\begin{matrix} C \\ | \\ C \end{matrix}\right.$ bei solcher Bindung der Kohlenstoffatome behufs Bildung eines gesättigten Molecüls noch sechs einwerthige Wasserstoffatome, die Gruppe $\left\{\begin{matrix} C \\ | \\ C \\ | \\ C \end{matrix}\right.$ noch 8, kurz n Kohlenstoffatome $2n+2$ einwerthige Atome binden, und je weniger Atome jene Gruppen mit sich vereinigen, um so mehr werden sie sich von ihrem Sättigungspunkte entfernen.

Der Kohlenwasserstoff C_2H_6 ist ein gesättigtes Molecül und seine chemische Structur kann nur diese sein $\begin{matrix} C \equiv H_3 \\ | \\ C \equiv H_3 \end{matrix}$. Soll demnach in den Kohlenwasserstoffen C_2H_4 und C_2H_2 eine gleiche Bindung

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

der Kohlenstoffatome stattfinden, so muss der eine noch zwei, der andere noch vier freie Affinitäten besitzen. Und in der That können sie durch Anlagerung von zwei und vier Wasseratomen in gesättigte Molecüle übergehen. Nun giebt es aber auch Kohlenwasserstoffe, die einen sehr geringen Wasserstoffgehalt haben, wie z. B. das Benzol = C_6H_6; Toluol = C_7H_8 u. s. w. Diese Kohlenwasserstoffe besitzen, obgleich die Anzahl ihrer Wasserstoffatome bei weitem nicht zureicht die Verwandtschaftseinheiten ihrer Kohlenstoffatome zu binden, keine freien Affinitäten mehr; sie sind gesättigte Molecüle. Aus diesem Verhalten lässt sich mit Sicherheit schliessen, dass ihre Kohlenstoffatome mit mehr als einer Verwandtschaftseinheit zusammengekettet sind. Wenn, wie wahrscheinlich, im Benzol an jedes Kohlenstoffatom ein Wasserstoffatom angelagert ist, so sind die einzelnen Kohlenstoffatome mit je drei Verwandtschaftseinheiten unter einander verbunden. Der Wasserstoff kann natürlich durch ein- und mehrwerthige Elemente, Radicale oder Reste ersetzt werden. Tritt eine Substitution durch mehrwerthige Elemente ein, so wird ein Atom dieses Elementes mit nur einer Verwandtschaftseinheit gebunden, weil nach der Stellung der Kohlenstoffatome im Benzol ein Ersetzen mehrerer Wasserstoffatome durch ein Atom eines anderen Körpers gar nicht möglich ist. Die freigebliebenen Affinitäten des mehrwerthigen Elementes werden anderweitig gesättigt. Vertritt ein Atom des vierwerthigen Kohlenstoffs ein Atom Wasserstoff im Benzol, so behält es drei Affinitäten frei. Werden diese durch Wasserstoff gesättigt, so erscheint der Wasserstoff des Benzols durch das Radical CH_3 (Methyl) ersetzt, und man erhält die methylirten Benzole, je nachdem ein oder mehrere Kohlenstoffatome in das Benzol eintreten, d. i. je nachdem ein oder mehrere Atome Wasserstoff durch die Methylgruppe ersetzt werden, z. B. $C_6H_5\ (CH_3)$; $C_6H_4\ (CH_3)_2$ u. s. w. Verbindungen ganz anderen Charakters werden natürlich resultiren, wenn die Substitution des Wasserstoffs nicht im Benzole selbst, sondern in seinen angelagerten Radicalen erfolgt. Diese Radicale werden den Benzolrest in alle ihre Ableitungen mit überführen. Gehen wir von dem Methylbenzol, dem sogenannten Tolnol $C_6H_5 \{ CH_3$ aus, und nehmen an, ein Atom Chlor träte in sein Molecül, so kann doch ein Wasserstoffatom des Benzolrestes C_6H_5, oder ein Wasserstoffatom des Radicals CH_3 substituirt werden. Im ersteren Falle wird ein gechlortes Tolnol entstehen von der Form $C_6H_4 \left\{ \begin{matrix} Cl \\ CH_3 \end{matrix} \right.$, im zweiten Falle werden aber die Elementaratome in folgender Weise gebunden werden: $C_6H_5 \{ CH_2Cl$. In der That sind zwei solche ein Atom Chlor enthaltende Toluole dargestellt, und die verschiedene Lage des Chloratoms in den Molecülen wird dadurch ersichtlich, dass sich das Chlor aus der Verbindung $C_6H_5 \{ CH_2Cl$ leicht abscheiden, in der anderen Verbindung aber durch die gewöhnlichen Reagentien nicht einmal nachweisen lässt.

Ein weiteres Beispiel solcher Körper, in welchen bei gleicher Zahl der Bestandtheile die Reihenfolge der chemischen Bindung der Atome eine verschiedene ist, bieten die Nitrile und die Cyanüre der Alkoholradicale, die sogenannten Formonitrile. — Geht man nämlich von der Blausäure aus, so ist eine solche Lagerung der Elementaratome möglich, dass das vierwerthige Kohlenstoffatom zugleich das mehrwerthige Stickstoffatom und das einwerthige Wasserstoffatom bindet. Tritt nun an die Stelle des Wasserstoffatoms z. B. der Atomcomplex $C_2H_5 = \begin{matrix} | \\ C = H_2, \\ | \\ C = H_3 \end{matrix}$ welcher noch mit einer freien Kohlen-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

stoffaffinität wirkt, so muss doch der Kohlenstoff des Cyans mit dem Kohlenstoff der Kohlenwasserstoffgruppe direct zusammenhängen:

$$\begin{array}{c} N \\ \equiv \\ C \\ | \\ H \end{array} \text{ Blausäure, } + \begin{array}{c} | \\ C = H_2 \\ | \\ C \equiv H_3 \end{array} = \begin{array}{c} N \\ \equiv \\ C \\ | \\ CH_2\ (CH_3) \end{array} = \text{Propionitril.}$$

Solche Lagerung der Atome zeigen die Nitrile, denn unter der Einwirkung des Wassers werden sie übergeführt in Ammoniak und eine Fettsäure, in welcher die zwei Kohlenstoffatome noch direct aneinander gebunden sind:

$$\begin{array}{c} N \\ \equiv \\ C \\ | \\ CH_2\ (CH_3) \end{array} + 2\ (H_2O) = \begin{cases} NH_3 = \text{Ammoniak.} \\ \begin{array}{c} CO.\ OH \\ | \\ CH_2. \end{array} (CH_3) = \text{Propionsäure.} \end{cases}$$

Andererseits kann im Typus der Blausäure das fünfwerthige Stickstoffatom das vierwerthige Kohlenstoffatom und das einwerthige Wasserstoffatom — oder einen dafür substituirten Kohlenwasserstoff — binden:

$$\begin{array}{c} C \\ \equiv \\ N \\ | \\ H \end{array} + \begin{array}{c} | \\ C = H_2 \\ | \\ C \equiv H_3 \end{array} = \begin{array}{c} C \\ \equiv \\ N \\ | \\ CH_2\ (CH_3) \end{array} = \text{Formopropionitril.}$$

Dass die Atome in diesem Cyanüre wirklich so lagern, erhellt daraus, dass aus dem Formopropionitril das Atom Stickstoff nicht in der Form des Ammoniaks aus dem Molecüle tritt unter gleichzeitiger Bildung der Aethylameisensäure (Propionsäure). Es entsteht vielmehr Aethylamin und Ameisensäure:

$$\begin{array}{c} C \\ \equiv \\ N \\ | \\ CH_2\ (CH_3) \end{array} + 2\ (H_2O) = \begin{cases} \begin{array}{c} H. \\ CO.\ OH \end{array} \text{ Ameisensäure.} \\ \begin{array}{c} NH_2 \\ | \\ CH_2\ (CH_3) \end{array} \text{ Aethylamin.} \end{cases}$$

Schliesslich mag noch der isomeren einatomigen Alkohole Erwähnung geschehen. Sie sind gesättigte Kohlenwasserstoffe, in denen ein Wasserstoffatom durch einen Wasserrest substituirt ist. Trennt man aus der Formel des Alkohols den Wasserrest ab, so erhält man das Alkoholradical. Es kann somit die Isomerie der Alkohole nur durch die Verschiedenheit der chemischen Structur ihrer Radicale bedingt werden. Zu den Formeln dieser Radicale gelangen wir dadurch, dass wir von dem einfachsten Radicale $\begin{array}{c} | \\ C \equiv H_3 \end{array}$ (Methyl) ausgehn und die Summe seiner Wasserstoffatome — oder nur einen Theil derselben — durch dasselbe Radical Methyl, dessen Wasserstoff aber wieder durch die Gruppe CH_3 vertreten lassen. Hierdurch muss offenbar eine Verschiedenheit in der Bindung der Kohlenstoffatome und des direct mit dem Kohlenstoff zusammenhängenden Wasserrestes herbeigeführt

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

werden. Der Wasserrest kann nämlich an ein Kohlenstoffatom gebunden sein, welches nur durch eine Verwandtschaftseinheit mit einem anderen Kohlenstoffatom zusammenhängt, mithin noch zwei Atome Wasserstoff bindet:

$$\begin{array}{l} CH_2\ (CH_2.\ CH_3) \\ | \\ C = H_2 \\ | \\ OH \end{array} \quad = \text{Primärer Butylalkohol.}$$

Der Wasserrest kann aber auch an ein Kohlenstoffatom angelagert sein, welches mit zwei anderen Kohlenstoffatomen zusammenhängt, und daher nur noch ein Atom Wasserstoff bindet:

$$CH_2\ (CH_3) - \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C - H \\ | \\ OH \end{array} = \text{Secundärer Butylalkohol.}$$

Endlich kann der Wasserrest mit einem Kohlenstoffatome vereinigt sein, welches mit drei anderen Kohlenstoffatomen zusammenhängt:

$$CH_3 - \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C \\ | \\ OH \end{array} - CH_3 = \text{Tertiärer Butylalkohol.}$$

Die Radicale Methyl (CH_3) und Aethyl $\left(\begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}\right)$ können natürlich nur die Alkohole $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ OH \end{array}$ und $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ OH \end{array}$ bilden; das Propyl (C_3H_7) kann schon zwei Alkohole liefern:

$$\begin{array}{l} CH_2\ (CH_3) \\ | \\ C = H_2 \\ | \\ OH \end{array} \text{ und } CH_3 - \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C - H \\ | \\ OH \end{array} \text{; das Butyl } (C_4H_9) \text{ vier.}$$

Denn neben den drei Betylalkoholen, deren Constitution durch obige Structurformeln veranschaulicht wird, kann offenbar noch ein vierter existiren, welcher gleich dem primären die Gruppe $\begin{array}{l} | \\ C = H_2 \\ | \\ OH \end{array}$ enthält, aber als weiteren Bestandtheil nicht ein aethylirtes Methyl $CH_2\ (CH_2.\ CH_3) = CH_2\ (C_2H_5)$, sondern ein dimethylirtes Methyl $CH \left\{ \begin{array}{l} CH_3 \\ CH_3 \end{array} \right.$ befasst, d. h. das Radical Methyl, in welchem zwei Wasserstoffatome durch Methyl ersetzt sind:

$$CH_3 - \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C - H \\ | \\ C = H_2 \\ | \\ OH \end{array} \quad \text{Primärer Pseudobetylalkohol.}$$

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

In der That sind alle diese Isomere bekannt und nach der Art ihrer Bildung und der Constitution und dem Verhalten ihrer Umsetzungsproducte können wir mit Gewissheit auf solche oben dargelegte Bindungsweise ihrer Elementaratome schliessen.

Bei schwacher Oxydation gehen die primären Alkohole durch den Austritt zweier Wasserstoffatome in jene unvollständigen Säuremolecüle über, welche anstatt des Wasserrestes ein an den Kohlenstoffkern gebundenes Wasserstoffatom enthalten und den Namen Aldehyde führen:

$$\begin{matrix} CH_2\ (CH_3) \\ \left\{\begin{matrix} CH_2 \\ OH \end{matrix}\right. \\ \text{Propylalkohol} \end{matrix} \quad - 2H \quad = \quad \begin{matrix} CH_2\ (CH_3) \\ \left\{\begin{matrix} CO \\ H \end{matrix}\right. \\ \text{Propylaldehyd} \end{matrix}$$

Das Aldehydmolecül zeichnet sich durch eine grosse Beweglichkeit des in der Gruppe COH enthaltenen Wasserstoffatoms aus, welches bei weiterer Oxydation — beim Uebergang in die Säure — durch einen Wasserrest vertreten wird:

$$\begin{matrix} \left\{\begin{matrix} CH_2\ (CH_3) \\ CO\ H \end{matrix}\right. \\ \text{Propylaldehyd} \end{matrix} + O = \begin{matrix} \left\{\begin{matrix} CH_2\ (CH_3) \\ CO.\ OH \end{matrix}\right. \\ \text{Propionsäure} \end{matrix}$$

Jedem primären Alkohole entpricht sonach eine Säure von gleichem Kohlenstoffgehalt, es sind die zwei Atome Wasserstoff, welche mit dem den Wasserrest bindenden Kohlenstoff vereinigt waren, einer Substitution durch Sauerstoff fähig, [die Gruppe CH_2 OH geht in die Gruppe CO. OH über]. Die secundären Alkohole können allerdings auch zwei Atome Wasserstoff verlieren, geben aber Ketone, jene gesättigten Verbindungen, in welchen die freien Verwandtschaftseinheiten zweier Molecüle eines einatomigen Alkoholradicals durch einen Kohlensäurerest (CO = Carbonylgruppe) gebunden erscheinen:

$$\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH.\ OH \\ | \\ CH_3 \\ \text{Pseudopropylalkohol} \end{matrix} \quad - 2H \quad = \quad \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \\ \text{Dimethylketon di. Aceton} \end{matrix}$$

Die Ketone kann man sonach als Aldehyde ansehen, in denen ein Wasserstoffatom durch ein Alkoholradical ersetzt ist. Ebenso kann man die secundären — Ketone bildenden — Alkohole von den primären — Aldehyde gebenden — dadurch unterscheiden, dass sie ein gleiches Alkoholradical an Stelle eines Wasserstoffatoms der Gruppe CH_2 enthalten.

Aldehyde und Ketone werden durch nascirenden Wasserstoff in die correspondirenden Alkohole zurückverwandelt. — Dass in dem Ketonmolecüle wirklich zwei Alkoholradicale durch einen Kohlensäurerest gebunden sind, geht auch aus der synthetischen Entstehungsweise der Ketone hervor:

$$\begin{matrix} 2\left\{\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CO.\ Cl \end{matrix}\right. \\ \text{Chloracetyl} \end{matrix} + \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ Zn \\ | \\ CH_3 \\ + \text{Zinkmethyl} \end{matrix} = \begin{matrix} 2\left\{\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{matrix}\right. + Zn\ Cl_2 \\ = \text{Aceton} + \text{Chlorzink.} \end{matrix}$$

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Bei fortgesetzter Oxydation spalten sich die Ketonmolecüle und zerfallen in Säuren mit geringerem Kohlenstoffgehalte, ebenso wie die tertiären Alkohole, welche der Bindungsweise ihrer Elementaratome nach ohne sofort eintretende Zersetzung weder Wasserstoff ausscheiden, noch Sauerstoff aufnehmen können.

Eine weitere erfolgreiche Begründung erhielt die Atomentheorie durch die Entdeckungen, welche die Gesetzmässigkeiten der Verbindungsverhältnisse gasförmiger Körper, die Beziehungen zwischen Wärmecapacität und Atomgewicht, dann auch den Zusammenhang zwischen Krystallform und chemischer Zusammensetzung nachwiesen.

So zeigte die Vergleichung des älteren Atombegriffes mit dem der modernen Naturwissenschaften, dass zwar beide Begriffe in Betreff der Definition des Atomes Vieles gemein hatten, dass aber auch hier schon die Fassung der Atome als qualitativ verschiedener Körper, wie sie aus dem chemischen Nachweise einer begrenzten Anzahl Elemente resultirte, einen durchgreifenden Unterschied beider Begriffsbestimmungen aussprach. Berücksichtigen wir dagegen die Gründe, welche die Philosophie und die moderne Naturwissenschaft zur Aufstellung des Atombegriffes führten, den Grad der Gültigkeit, welchen sie beide diesem Begriffe zuschrieben, und endlich die Art der Anwendung, welche sie von ihm machten, so konnten doch nur wenige Punkte gefunden werden, welche eine Verknüpfung der beiderseitigen Atombegriffe zuliessen. Die hier hervortretenden Gegensätze erwiesen sich im Allgemeinen als die Gegensätze der Naturphilosophie und der reinen empirischen Wissenschaft. Ist dies aber der Fall, so kann es nicht Wunder nehmen, dass die beiden Fundamentalsätze der heutigen Naturwissenschaft, der Satz von der Constanz des Stoffes, welcher sich auf den Nachweis unveränderlicher Elemente gründet, und der Satz von der Erhaltung der Kraft, welcher sich aus der Ueberführung einer jeden Naturkraft in eine andere ergiebt, einen formellen Ausdruck finden in jenem Ausspruche der älteren Atomistik: „Aus Nichts wird Nichts“ und „Etwas kann nicht vernichtet werden.“ Aber hier ist dieser Satz ein philosophisches Princip von absoluter Gültigkeit., dort ist er ein Erfahrungssatz von nur relativer Gültigkeit.

Man könnte fragen, ob es nicht gerechtfertigt sei, auch den Atombegriff der mittelalterlichen Naturphilosophie, etwa das Atom des Baco und Gassendi, vielleicht auch die Leibnitz'sche Monade in den Bereich dieser Betrachtung zu ziehen. Freilich näherte sich Baco den alten Atomikern dadurch, dass er es unbestimmt liess, ob Zwecke in der Natur walteten, und dass er den Grund der Qualitäten in die verschiedene Ordnung und Lage der letzten Theilchen legte; aber er ging doch wesentlich über den älteren Atombegriff hinaus, indem er verschiedene Bewegungen als die Eigenschaften mitsetzend annahm. Er war der Erste, welcher die physikalischen Eigenschaften im Sinne der modernen Physik auf die Bewegung kleinster Theilchen zurückführte und dies in Betreff der Wärmeerscheinungen deutlich aussprach. Aber er steht doch nur an der Grenze der modernen Naturwissenschaft, schon deshalb, weil er alle mathematische Beweisform verschmäht.

Auch Gassendi schliesst sich den alten Atomikern an, indem er sagt, die Atome seien unzerstörbar, und kein Körper kann aus Nichts entstehen. Er nimmt auch einen leeren Raum an, da ohne dies Trennende die Selbstständigkeit der Atome, ihr „für sich sein“ aufgehoben werde. Wenn er aber von der Schwere der Atome — als ihrer natürlichen Fähigkeit sich zu bewegen — redet und

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

diese Bewegung den Atomen von Gott angeschaffen ist, so kann er doch, streng genommen, von den Atomen als nur secundären Ursachen der Erscheinungen sprechen. — So entfernt er sich von den alten Atomikern, welchen das Atom das Absolute ist, und von der Ansicht der modernen Naturwissenschaft, welche erfahrungsmässig bei der Annahme des Atomes stehen bleiben muss. Wenn Gassendi endlich den Atomen die Anfänge der Empfindung zuschreibt, um aus ihrer Zusammenstellung das empfindende Subject zu gewinnen, so nähert er sich einer Ansicht, welche Leibnitz in seiner Monadenlehre ausspricht. Die Monade hat aber nur das mit dem Atome gemein, dass beiden absolute Selbstständigkeit zukommt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf