

I.
Ältere und neuere Ansichten
über
Wesen und Gestaltung der Materie.

Wolffert und Richter

Wolffert und Richter

Ueber Wesen und Gestalt der Materie.

Das Wesen der Materie so wie die verschiedenartige Gestaltung, in welcher sie als fest oder flüssig zur Erscheinung kommt, ist ein Gegenstand, welcher von jeher das Nachdenken derer beschäftigt hat, die sich für die Erscheinungen der Natur bis zu ihren tieferliegenden Quellen interessiren. Nicht allein die Substanz der ganzen Körperwelt so wie den wesentlichen Unterschied in ihren physischen Formen begriffsmäßig zu bestimmen, genügt dem forschenden Verstande; es drängt ihn vielmehr zu weiterer Frage und Untersuchung, worin eine solche verschiedenartige Beschaffenheit der Körper ihren Grund haben möge; was namentlich die eigentliche Ursache der Festigkeit oder Flüssigkeit sei? Daß die Bedeutsamkeit dieses Gegenstandes zu aller Zeit sich dem Denker und Beobachter aufgedrängt und zu Versuchen der Erklärung veranlaßt habe, erkennen wir zur Genüge beim Durchgehen älterer physikalischer und naturphilosophischer Schriftsteller. Was sich auf diesem Wege ergiebt, werde hier—freilich nur in gedrängten Umrissen—zu bequemer Uebersicht in chronologischer Folge zusammengestellt und von einigen Bemerkungen begleitet, zu denen der gegenwärtige Standpunkt naturwissenschaftlicher Betrachtung von selbst auffordert.

Es ist begreiflich, daß die Frage nach dem Wesen der Materie wie nach dem Ursprunge des festen oder flüssigen Zustandes der Körper, da sie mit den entschiedenen Gegensätzen in den Principien der Naturbetrachtung aufs innigste zusammen-

hängt, stets sehr abweichende Beantwortungen gefunden hat, jenachdem die Erörterung sich auf unmittelbare Beobachtung oder auf bloße Speculation stützte. Der Physiker im engeren Sinne wird sich nicht leicht mit dem Naturphilosophen einverstanden erklären, welcher Fragen, die in das Wesen der Materie eingehen, nicht nach dem ungenügenden Zeugniß der Sinne, sondern vielmehr nur durch Begriffsentwicklung glaubt beantworten zu müssen und daher solche Fragen aus dem Bereiche der Physik in das der Metaphysik versetzt. Andere erkennen, wie wenig hier Empirie oder Speculation, jede für sich allein und unbekümmert um einander, zu leisten im Stande sind: aber sie vermögen so wenig, beide zu versöhnen und die Forderungen der Phantasie und des Verstandes zugleich zu befriedigen, daß sie mit ihren Erklärungen am Ende nicht glücklicher sind als die Verfechter jener extremen Ansichten. In dieser Hinsicht liefert denn allerdings die folgende Darstellung nur das Gemälde einer Reihe von Bestrebungen, die mehr von dem unermüdlischen Drange des menschlichen Geistes zeugen, in die Geheimnisse der Natur einzudringen, als daß sie im Stande wären, uns die gewünschte Befriedigung zu gewähren.

I.

Ansichten aus dem Alterthume.

Wenden wir uns zunächst zum griechischen Alterthume, so begegnen wir den frühesten Spuren der Naturphilosophie in den Aussprüchen der Orphiker, welche das Wasser ($\Upsilon\delta\omega\alpha$, $\Upsilon\sigma\sigma\alpha\nu\acute{o}\varsigma$, $\Upsilon\eta\theta\upsilon\varsigma$) als die primitive Materie, den Urstoff, aus welchem die Welt hervorgegangen, betrachten und daher mit diesem Worte wohl nur die anfängliche Mischung aller

Körperelemente im flüssigen Zustande — das Chaos — bezeichnen wollen. Eine die ganze Natur durchdringende Lebenskraft war ihnen die Ursache, welche das Feste vom Flüssigen ausschied. Und in der That darf man von der ersten Stufe philosophischer Naturbetrachtung kaum eine andere als die in solcher Unbestimmtheit gegebene Erklärung der Erscheinungen erwarten.

Eben so wenig giebt Thales von Milet (600 v. C.), der Begründer der Ionischen Schule, eine andere Auskunft, als daß das Wasser die uranfängliche Materie (ἀρχή) sei, wobei es ungewiß bleibt, ob dasselbe aus eigener Kraft Festes zu bilden vermöge oder dazu eines besondern Lebensprincips (νοῦς) bedürfe. Eine schon viel bestimmtere und von wirklicher Beobachtung geleitete Ansicht spricht dagegen Anaximander, der Genosse des Thales, aus, indem er in der uranfänglichen Materie, die er als das physisch-Unendliche (τὸ ἄπειρον) bezeichnet, zwei entgegengesetzte Kräfte annimmt, die Wärme und die Kälte, welche nach ihm durch Ausdehnung und Zusammenziehung Körper bilden. Ueber den Grund ihrer verschiedenartigen Beschaffenheit läßt er uns aber im Dunkel, da jene Kräfte ihm zur Körperbildung überhaupt nöthig erscheinen, und eben so macht es sein Schüler Anaximenes, dem die Luft (ἀήρ) als Urstoff der Welt gilt.

Hatten die Philosophen der Ionischen Schule Wasser oder Luft als das Princip der Körperwelt angenommen, so setzte Heraclit von Ephesus (500 v. C.) das Feuer an deren Stelle, und zwar ein Feuer reinsten und göttlicher Art, aus welchem das gewöhnliche ebensowohl als Luft, Wasser und Erde entstehen sollte, so wie es nach seiner Ansicht sich wiederum aus diesen vier Elementen im fortwährenden Flusse (ῥοή) von neuem erzeugte. Er schildert jenes Feuer als unkörperlich, zugleich aber als Urstoff alles Körperlichen und als Lebenskraft, und

hebt somit den Unterschied in den Begriffen von Kraft und Materie im Grunde auf. Wie er ausdrücklich über die Ursache der Festigkeit und Flüssigkeit gedacht, erfahren wir nicht, wenn er auch die Verdichtung und Verdünnung dem Feuer zugeschrieben haben soll. In seiner Ansicht von zwei einander widersprechenden Kräften (*ὁμολογία καὶ ἔξις*) begegnet er dem Anaximander.

Viel bestimmter als die bisher genannten Naturphilosophen spricht Empedokles von Agrigent (460 v. C.) seine physikalischen Grundansichten aus. Ihm gelten nämlich die vier Elemente — Wasser, Erde, Luft, Feuer — als Urstoffe, aus deren Mischung alle Körper hervorgehen sollen. In diesen Elementen nimmt er ferner zwei einander entgegengesetzte Kräfte an, die er als Freundschaft und Feindschaft (*φιλία καὶ νεῖκος*) bezeichnet, so daß er also im Ganzen sechs Principe der materiellen Welt aufstellt. Dabei unterscheidet er streng die Begriffe von Kraft und Stoff, wenn er auch zugiebt, daß beide nirgends vereinzelt gefunden werden mögen. Seine Vorstellungsweise nähert sich also in vielen Beziehungen denen der neueren Physiker, nur geht sie nicht sorgfältig genug auf die besonderen Erscheinungen der Körperwelt ein und läßt die Verschiedenheit des festen und flüssigen Zustandes völlig unerörtert.

Höchst unbestimmt lauten die Ansichten des Pythagoras (540 v. C.), des genialen Begründers der italischen Schule, der das Wesen der Dinge und somit auch der Materie in die Begriffe von Maß und Zahl setzte und behauptete, daß alles Körperliche aus dem Unendlichen entsiehe, wobei es im Unklaren bleibt ob er dieses als ein Materielles aufgefaßt. Das göttliche Feuer durchströmt nach ihm Alles belebend und gestaltend, ohne daß uns jedoch hieraus die Verschiedenheit der Gestaltung erklärbar würde. Schon befriedigender bezeichnet Anaxagoras von Klazomenae (450 v. C.) die Materie (*ἄν*) als eine Mischung aus ähnlichen an sich noch zusammengesetzten Theilchen

(ὁμοιομέρεια), aus deren mannigfacher Verbindung Körper entstehen sollen, während er unabhängig von aller Materie eine geistige alles erzeugende und belebende Kraft oder Weltseele (ψυχή τοῦ κόσμου) annimmt. Doch erscheinen auch diese Begriffe, gleich denen des Pythagoras, viel zu allgemein und unbestimmt, als daß man deutliche Vorstellungen mit ihnen verbinden könnte.

Ungleich größere Befriedigung gewähren die Aussprüche der sogenannten Atomistiker, die nach dem Zeugniß des Aristoteles die verschiedenen Zustände der Körperwelt auf bestimmte Ursachen zurückzuführen bemüht waren. Den eigentlichen Grund zu dieser durch alle Zeiten hindurchgehenden Lehre legte Leucippus (500 v. C.); vervollständigt ward sie durch Demokrit von Abdera. Denn während jener sich damit begnügte, zu lehren, daß Alles aus höchst kleinen Körpern von verschiedenster Gestalt bestehe von einer solchen Härte, daß sie weder theilbar noch veränderlich seien, weshalb er sie eben Atome (ἄτομοι) nennt, legt Demokrit denselben auch die Eigenschaften der Schwere, Undurchdringlichkeit und Unzerstörbarkeit bei. Als zweites Princip der Dinge nahmen diese Philosophen neben der Materie noch den leeren Raum an, dem sie als ein drittes noch die Bewegung hinzusetzen. Denn Demokrit schildert die Atome als unaufhörlich im Raume sich umher bewegend, einander stoßend und drängend und durch Nothwendigkeit (ἀνάγκη) alles Bestehende erzeugend oder umbildend. Die Entstehung und Zerstörung der Körper schreibt Leucippus der Verbindung oder Trennung (σύνζασις καὶ διάζασις) der Atome, ihre Umwandlung (ἀλλοίωσις) aber der Ordnung und Stellung (τάξις καὶ θέσις) derselben zu, wobei der eine Theil sich activ, der andere aber passiv verhalte. Die mannigfachen physikalischen Eigenschaften der Körper, wodurch sie unsre Sinne auf so verschiedenartige Weise afficiren, sollen in der Gestalt der Atome ihren

Grund haben; so z. B. die Wärme in der runden Form derselben. Die vorausgesetzte unendliche Mannigfaltigkeit der Atomformen eröffnete der Einbildungskraft für die Erklärung der Erscheinungen ein um so größeres Feld, als jene kleinsten Theile der Körper zufolge der Behauptung der Atomistiker sich aller sinnlichen Wahrnehmung entziehen.

Wie wenig indessen Hypothesen dieser Art der schärferen Kritik zu genügen vermögen, ergibt sich aus einer näheren Prüfung der Ansichten Epikur's (300 v. C.), der die Sätze des Leucippus und Demokrit zur Grundlage seines naturphilosophischen Systems nahm, um sie in diesem weiter auszuführen. Bekanntlich verdanken wir die genauere Kenntniß seiner Lehren dem trefflichen Lehrgedichte des L. Lucretius Carus von der Natur der Dinge, woraus hier dasjenige hervorgehoben werden mag, was den Gegenstand betrifft.

Dem römischen Dichter zufolge lehrt Epikur, alle Dinge seien aus höchst kleinen materiellen Theilchen zusammengesetzt, welche man nicht sehen, sondern nur mit dem Gedanken fassen könne. Diese festen, unverwüßlichen und untheilbaren Körperchen (Atome) bewegen sich nach ihm mit heftiger und nothwendiger Bewegung von Ewigkeit her im leeren Raume. Aus ihrem fortwährenden Zusammenstoß und ihrer Vermischung gehen die in unsre Sinne fallenden Körper hervor. Ist aber auch die Menge der Atome unendlich, so doch nicht in gleicher Weise die Mannigfaltigkeit ihrer Gestalten, worin Epikur der Ansicht Demokrits entgegentritt. Wenn jene Atome (der Dichter nennt sie bildlich und bedeutungsvoll *semina, primordia, genitalia rerum*) sich enger verbinden, erzeugen sie harte und dicke — wenn die Verbindung eine mehr lockere ist — weiche und dünne Körper; doch ist die Gestalt der Atome hiebei von wesentlichem Einfluß. Den festen Zustand schildert der Dichter mit den Worten:

Denique quae nobis durata ac spissa videntur,
 Haec magis hamalis inter sese esse necesse est
 Et quasi ramosis alte compacta teneri.

Den Grund der Flüssigkeit giebt er in den nachfolgenden
 Versen an:

Illam quidem debent ex laevibus atque rotundis
 Esse magis, fluido quae corpore liquida constant.
 Nec retinentur enim inter se glomeramina quaeque,
 Et prokursus item in proclive volubilis exstat.

Man kann nicht umhin, dieser atomistischen Lehre, welche sich zum Theil noch bis auf den heutigen Tag in ihrem Ansehen behauptet, eine große Consequenz zuzugestehen, wenn man sich auch durch die Fiction jener vollkommen festen, harten und untheilbaren Partikeln bei genauerer und unbefangener Prüfung nicht befriedigt fühlen wird. Denn daß die Atome in Folge ihrer unüberwindlichen Härte untheilbar seien, ist immerhin eine gewaltsame — wenn auch bei deren behaupteter Unwahrnehmbarkeit gar nicht zu widerlegende — Hypothese, da man hinsichtlich der Theilbarkeit nur das zugeben kann, daß die Natur bei den einzelnen Stoffen darin über eine gewisse Grenze vielleicht nicht hinauszugehen pflege. Auch würde jene unaufhörliche Bewegung, welche die Atome zur Erzeugung von bestimmten Körpern mit einander in Zusammenstoß und Vereinigung bringen soll, unserm Begriffe von allgemeinen, gesetzlich wirkenden Naturkräften aufs entschiedenste widerstreiten; es sei denn, daß man unter jener Nothwendigkeit (*ἀνάγκη*) eben die von uns geforderte Gesetzmäßigkeit verstehe. Soll damit aber nur das blinde Spiel des Zufalls bezeichnet werden, wie andere Stellen dies wahrscheinlich machen, so verstößt die atomistische Theorie zu sehr wider die Forderungen der Vernunft, wie gegen das Zeugniß der Naturbeobachtung, als daß sie irgend auf Billigung des unbefangenen Forschers Anspruch machen könnte. Selbst diejenige ihrer Be-

hauptungen, welche Manche am meisten geneigt sein könnten ihr zuzugeben, daß nämlich die Verschiedenheit im Zustande der Körper von der verschiedenartigen Gestaltung der unerkennbaren kleinsten Theilchen herrühre, bekämpft schon Aristoteles mit der Bemerkung, daß durch eine solche Fiction die Grenze menschlicher Erkenntniß geradezu überschritten werde. So lange man den Begriff der Kraft ausschließt, wird man durch die Hypothese eigenthümlicher Formen der verschiedenartigen Atome weder die Cohäsion noch die Festigkeit der Körper zu erklären im Stande sein. Wenn Epikur den Zustand der Flüssigkeit durch die Fiction kugelförmiger und daher höchst beweglicher Atome zu erklären sucht, so ist zunächst das dagegen zu erinnern, daß die Erscheinung der Wärme nach seiner Ansicht durch die nämliche Atomgestalt bedingt sein soll, da doch beiderlei Phänomene wesentlich verschiedenartige sind. Ein völlig unfruchtbares Geschäft würde es übrigens sein, sich mit der Atomistik in eine Bekämpfung der vorgeblichen Atomgestalten einzulassen, da sie in deren Erfindung die unbedingteste Freiheit hat und von Seiten der empirischen Naturforschung nicht zu widerlegen ist.

Wenden wir uns zu den naturphilosophischen Ansichten, welche uns von Plato (400 v. C.) überliefert sind, so finden wir im Ganzen nur wenig im Timaeus erwähnt, wo er die Körperbildung der Verdichtung jener unendlichen und gestaltlosen Materie zuschreibt, welche der unmittelbaren Schöpfung der Gottheit ihren Ursprung verdanke. Als Urstoffe bezeichnet er die vier Elemente, deren Verschiedenheit in der abweichenden Form ihrer Theile begründet sei. Den Partikeln des Erdenstoffs, als unbeweglichen Theilchen, schreibt er die Gestalt des Würfels zu, wodurch er die Erscheinung der Cohäsion zu erklären meint; den übrigen drei Elementen aber giebt er dreieckige Seitenflächen, den Partikeln des Feuers namentlich die Form von Tetraedern, wodurch es geschickt gemacht werden soll, als das flüchtigste aller

Elemente andere Körper mit Leichtigkeit zu durchdringen. Auch hier wird übrigens eine Kleinheit aller Elementarteilchen vorausgesetzt, die sie jeder sinnlichen Wahrnehmung entziehen.

Man erkennt leicht, wie wenig diese Ansichten im Grunde von denen der obengenannten Naturphilosophen abweichen und wie sehr sie da, wo sie auf speciellere Erscheinungen einzugehen unternehmen, sich namentlich den atomistischen Fiktionen zuneigen, wenn auch die von ihm angegebenen pyramidalen Gestalten mit denen Epikurs sich durchaus nicht vertragen. Sehr bemerkenswerth ist indessen, wie Plato die Veränderungen im Zustande der Körper dem Feuer und dem Wasser zuschreibt, da — wie er sich ausdrückt — die dichteren nur vom Feuer durchdrungen, die mehr lockern hingegen vom Wasser aufgelöst werden können. Dunkel sind dagegen andere Stellen, in denen er äußert, wie die Elemente durch Ueänderung und Mischung der Gestalten in einander übergehen und aus einander entstehen sollen, so daß man eine eigentliche Erklärung der Festigkeit und Flüssigkeit bei ihm vergeblich sucht.

Daß der größte Philosoph des Alterthums, Aristoteles, dessen umfassender Geist in allen Gebieten der Wissenschaft heimisch war, auch namentlich in die tiefsten Fragen der Physik eingegangen sei, läßt sich bei seinem Sinn für Naturforschung nicht anders erwarten. Die Aussprüche, in denen er seine Ansichten über das Wesen und die Formen der Materie äußert, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen.

Zur Entstehung der Körper ist vor Allem das Dasein einer allgemein verbreiteten Materie (*ὕλη*), eines Urstoffes, erforderlich, der indessen nicht etwas an sich, sondern nur die Grundlage des Seienden ist. Dieses erste Princip der Körperwelt ist nun aber mit zwei andern unzertrennlich verbunden, von denen es nicht anders als durch unser Denken geschieden werden kann, nämlich mit dem Princip der Gestaltung und dem der Auf-

hebung ($\epsilon\acute{\iota}\delta\omicron\varsigma$ $\kappa\alpha\iota$ $\sigma\tau\acute{\epsilon}\sigma\eta\sigma\iota\varsigma$). Die ziemlich dunklen Namen, welche Aristoteles hier wählt, lassen unstreitig keine andere als eine dynamische Deutung zu, da sie dem Begriff jener allverbreiteten passiven Materie als das Gestaltende und Gestaltaufhebende, Umbildende entgegengesetzt werden. Man kann unter ihnen sich nicht wohl etwas anderes, als eine bildende und wieder aufhebende Kraft denken, da sie zur Erzeugung bestimmter Körper aus dem allgemeinen Urstoff nothwendig sein sollen; eine Vorstellungsweise, welche mit neueren naturphilosophischen Ansichten nahe genug übereinstimmt.

Die Mannigfaltigkeit der Körperwelt läßt sich übrigens nach Aristoteles auf keine Weise durch die Annahme eines einzigen homogenen Urstoffs, sondern nur durch die Annahme verschiedenartiger Elemente erklären. In Uebereinstimmung mit Empedokles nimmt er als solche Feuer, Luft, Wasser und Erde an, aus denen allen (und nicht etwa nur aus einzelnen von ihnen) ein jeder wirkliche Körper bestehen soll. Neben diesen Grundstoffen sollen noch eben so viele Ursachen zur Erzeugung der Körper mitwirken: zwei passive — Trockenheit und Feuchtigkeit — und zwei active — Wärme und Kälte. Die Trockenheit rührt nach Aristoteles von einer überwiegenden Beimischung des erdigen Elements, die Feuchtigkeit von dem Vorherrschenden des wässerigen her; gerade hier liege der Grund der harten oder weichen Beschaffenheit der Körper, also des festen oder flüssigen Zustandes derselben. Die Veränderungen der Materie aber schreibt Aristoteles lediglich den beiden activen Principien, der Wärme und Kälte, zu, durch welche nach seiner Ansicht alle Körper allein bestehen. Und zwar sei ihre Einwirkung sich nicht immer gleich, sondern eine andere je nach der Beschaffenheit jedes einzelnen Körpers, also nach der Mischung seiner Elemente. Verdichtung könne einerseits Folge der Kälte sein, welche die Wärme verjage, andererseits aber auch der

Wärme, wenn diese die Feuchtigkeit austreibe. Was erkaltend sich verdichtet, könne nur durch ein Uebermaß von Wärme aufgelöst und flüssig gemacht werden. Die Schwierigkeit, die passiven mit den activen Ursachen der Körpergestaltung zu verbinden, sucht er dadurch zu lösen, daß er die Austrocknung der Wärme oder Kälte zuschreibt und beide als stets in der Feuchtigkeit anwesend voraussetzt. Nach seiner Vorstellung von der Wärme strömt diese aber der Erde von den Gestirnen zu, und wird durch die ungeheure Geschwindigkeit jener Himmelskörper erzeugt. Die mit Hestigkeit von der Sonne durchschnitene und abwärts gedrängte Luft soll auf der Erdoberfläche die Wärme hervorbringen. Mag eine solche Wärmethorie von der heutigen auch noch so sehr abweichen, so geht doch wenigstens das aus ihr hervor, daß Aristoteles in der Wärme vielmehr eine Kraft, als einen Stoff erblickt. Ebendaher stellt er auch, wo er von der Bildung der Körper redet, die Wärme als actives Princip dem passiven, der Feuchtigkeit, entgegen. Und so reduciren sich bei näherer Untersuchung jene vier Principien, welche der Urmaterie beigelegt werden, im Grunde auf diese zwei, von denen Kälte und Trockenheit nur die Gegensätze bilden. Für den festen Zustand der Körper finden wir also eine materielle, für den flüssigen eine dynamische Ursache angegeben, ohne daß indessen die Art ihrer Wirkung oder der Grund des Uebergangs aus einem Zustande in den andern näher bezeichnet wäre.

Zum Schluß verdient hier von Philosophen des Alterthums nur noch L. Annaeus Seneca erwähnt zu werden, außer L. L. Carus, von dessen trefflichem Lehrgedicht oben die Rede war, der einzige römische Schriftsteller, der in seinen Naturbetrachtungen ausdrücklich auf die Principien der Physik näher eingeht. Doch trifft man bei ihm neben manchen selbstständigen Ansichten oft nur eine Wiederholung dessen, was die Griechen

längst vor ihm ausgesprochen. So scheidet auch er die Materie in vier Elemente, welche in den verschiedenen Körpern verbunden vorkommen sollen, ohne jedoch mit den Atomistikern verschiedene Gestalten der kleinsten Theilchen, noch den leeren Raum anzunehmen. Das Flüssige (Wasser und Luft) gilt ihm — und in der That ist diese Ansicht beachtungswerth — als eine eng verbundene Masse durchaus ungetrennter Theile, während die festen (erdigen) Körper von flüssigen durchdrungen werden. An einem andern Orte spricht Seneca aus, daß die Wärme die Körper verdünne, die Kälte sie zusammenziehe und das Feuer sie verändere, ohne sich jedoch über die Art und Weise auszulassen, wie dies geschehe. Nach dem Vorgange Plato's, dem er auch in der Annahme einer das Weltall durchdringenden Lebenskraft beipflichtet, faßt er Kälte und Feuchtigkeit als Gegensatz des Feuers zusammen, indem er diesem und dem Wasser die Herrschaft über die irdische Körperwelt zuerkennt, — ein Ausspruch, der — wie so manche andre dieses Philosophen — durch die späteren Entdeckungen der Wissenschaft eine ungeahnte Bestätigung gefunden. Keiner hat, gleich ihm, die Dürftigkeit in der Naturkenntniß seiner Zeit so deutlich erkannt und ausgesprochen, Keiner so entschieden auf die überraschenden Fortschritte späterer Generationen hingewiesen, denen offen vor Augen liegen werde, was ihm und seinen Zeitgenossen noch in Dunkel gehüllt sei.

II.

Ansichten aus neuerer Zeit.

Wie wenig in jenen Zeiten, wo die kriegerische Gewalt des Mitterthums mit der berechnenden Klugheit der päpstlichen Hierarchie um die Herrschaft stritt, eine ruhige und sinnige Naturbetrachtung Eingang und Pflege finden konnte, wird einem Jeden sehr bald deutlich werden, der den Character des Mittelalters aus dessen eigenen litterarischen Zeugnissen kennen zu lernen sucht. Wo — wie in den Zellen der Klöster — der Forschungsgeist einzelner Denker Muße fand, richtete er sich auf theologische und metaphysische Speculationen: die Natur erschien als ein der Betrachtung und Forschung viel zu unwürdiger Gegenstand. Ja, der durch die mönchische Asketik immer weiter getriebene Zwiespalt und Gegensatz zwischen der sinnlichen und übersinnlichen Welt, der Erde und dem Himmel, führte in seiner äußersten Consequenz endlich dahin, jene, d. h. die Materie mit den ihr innewohnenden Kräften, dem bösen Geiste als Eigenthum zuzuweisen. Nachdem solche Vorstellungen einmal Wurzel geschlagen, gehörte in der That nicht allein ein sehr entschiedener innerer Trieb sondern zugleich ein nicht ungewöhnlicher Muth dazu, Sinn und Geist einer so gefährlichen und verrufenen Beschäftigung zuzuwenden, die nach dem herrschenden Volksglauben unvermeidlich zur Gemeinschaft mit dem Teufel führte. Bei Erwägung dieser Umstände muß man die naturwissenschaftlichen Bestrebungen eines Albertus Magnus, Roger Baco, Peter von Albano und einiger Anderer, die von den Zeitgenossen der Hexerei beschuldigt wurden, als höchst verdienstlich auch dann anerkennen, wenn sie in ihrer Unklarheit dem eigentlichen Verständniß auch wenige oder gar keine Befriedigung gewähren können.

Ueber das Wesen der Materie und ihre Formen finden wir in späterer Zeit die ersten ausdrücklichen Betrachtungen bei dem Italiener *Telesius* (1508—1588 n. C.), einem ausgezeichneten philosophischen Kopfe, der seinen ganzen Fleiß auf Erforschung der Natur wandte. Wärme und Kälte sind ihm die unkörperlichen, activen Principe, die Materie dagegen die passive, substantielle Grundlage alles Körperlichen. Die Wärme, ihrer Natur nach das Bewegliche, dehnt nach ihm die Körper aus, während die Kälte, das Unbewegliche, sie zusammenzieht und verdichtet. Er betrachtet die Expansion und Contraction der Materie als Grundeigenschaften derselben und jede Formänderung als eine Folge des Wechsels der Wärme, deren Wesen sich aber freilich nicht weiter erläutern lasse. Die vier Elemente der Alten verwirft er und hält sich an den Gegensatz von Erde und Himmel, aus denen — man erfährt freilich nicht, wie — die Existenz aller einzelnen irdischen Körper hervorgehen soll.

Sein Anhänger *Thomas Campanella* (1568—1639), der mehr auf andern Gebieten als auf dem der Naturforschung sich einen bedeutenden Namen erworben, betrachtet Wärme und Kälte nicht als unkörperliche, sondern als substantielle Wesen. Daß er Grade der Wärme hinstellt, ist ein sehr wesentlicher Fortschritt in seinen Ansichten: beim sechsten jener Grade soll der Körper in den tropfbar flüssigen, beim siebenten in den dampfförmigen Zustand übergehen, beim achten endlich sich seiner Dünnhcit wegen aller sinnlichen Wahrnehmung entziehen.

Bei beiden Philosophen bemerken wir jenen Irrthum, dessen man sich noch viel später nicht zu entschlagen wußte, daß nämlich die Kälte etwas der Wärme entgegenstehendes Reales sei; ein Irrthum, der die Einsicht in die Gründe der Formänderung der Körper nothwendig sehr trüben und verwirren mußte. Diese Auffassung der Kälte verleitete *Telesius* zu der ungereimten Hypothese, ihr Wesen liege in der Unbeweglichkeit,

wie das der Wärme in der Beweglichkeit. Wenn Campanella meint, beider Einwirkung auf die Körperwelt besser aus ihrer substanziellen Beschaffenheit erklären zu können, so hält er sich in Wahrheit doch nur an die Erscheinung, ohne auf den eigentlichen Grund derselben einzugehen und eine wirkliche Erklärung der Phänomene der Cohäsion, Schmelzung, Auflösung und Verflüchtigung zu versuchen.

Bei Fr. Baco von Verulam (1561—1626), der im Gegensatz einer bloß metaphysischen Speculation zuerst mit aller Entschiedenheit den Weg der Erfahrung, der sinnlichen Beobachtung, als denjenigen bezeichnete, von welchem allein die Naturwissenschaft Förderung zu erwarten habe, finden wir eine augenfällige Hineigung zur Demokritischen Atomlehre. Er findet wenigstens den Begriff kleinster, untheilbarer Körpertheilchen sehr bequem zur Erklärung der Naturerscheinungen, wenn er auch die anderweitigen Annahmen der Atomistiker von einer zufälligen oder gezwungenen Bewegung, von dem Widerstreit und der Freundschaft der Atome verwirft. Dagegen schreibt er der Materie Triebe und Neigungen (*appetitus, inclinationes sive passiones*) zu, womit am Ende doch nur andere bildliche Ausdrücke für Kräfte gesetzt sind. Er behauptet eine allgemeine Bewegung alles Körperlichen, das weder im Ganzen noch in seinen Theilen in Ruhe sein könne. Freilich beharre das Feste, verglichen mit dem Flüssigen, immer Beweglichen in anscheinender Ruhe: aber die Schwere treibe beide abwärts und die Theilchen der festen Körper würden ebenfalls diesem Zuge folgen, wenn sie nicht von dem Triebe nach Zusammenhang oder der Scheu vor Trennung (*appetitu continuitatis sive separationis fuga*) zusammengehalten und zurückgezogen würden. Derselbe Trieb, wenn auch in schwächerem Grade, sei nicht minder in tropfbaren Flüssigkeiten enthalten, wie die runde Form der Wassertropfen dies beweise. Was ihn aber eigentlich fördere oder schwäche,

werde dem Forscher nicht klar. Er meint, daß Körper bei der Berührung eines befreundeten oder ähnlichen Körpers sich auflösen, bei der eines abweichenden hingegen sich zusammenziehen und um so dichter oder fester werden. Da er bei jener Assimilation, die dem Begriff der chemischen Mischung und Auflösung entspricht, das Flüssigwerden der Aufnahme befreundeter Körper so wie auch der Wärme zuschreibt, kommt er in der That den Vorstellungen der gegenwärtigen Physik nahe genug, wie mangelhaft er sich auch hinsichtlich der wirkenden Kräfte ausdrückt.

Auf einem völlig abweichenden Wege der Naturbetrachtung finden wir René Descartes oder Cartesius (1596—1650), der von seinem Gange zur Speculation sich hinreißen ließ, ein fingirtes aber mathematisch so consequentes Natursystem aufzustellen, daß dasselbe bei seinen Zeitgenossen Bewunderung und die glänzendste Aufnahme fand. Die Materie, welche nach ihm in der Ausdehnung besteht, soll in drei Arten von Elementen zerfallen. Die erste Art derselben, von unendlicher Kleinheit, bildet den Stoff der Fixsterne. Die zweite von runder Gestalt, und wenn auch sehr klein doch von einer bestimmten Größe, erfüllt in der höchst flüssigen Form des Aethers die Räume zwischen den Himmelskörpern; die Elemente der dritten Art endlich bilden die Erde nebst den andern Planeten und ihre Atmosphären. Aus diesen an Gestalt und Größe von einander abweichenden Partikeln bestehen nach Cartesius alle irdischen Körper, während jene Elemente der zweiten Art die feinen Zwischenräume derselben durchdringen und erfüllen. Jede Veränderung der Materie aber oder Verschiedenheit ihrer Gestalten schreibt er der Bewegung zu. Die Erscheinung, daß flüssige Körper der Bewegung so leicht Folge leisten, während die Theile der festen nicht ohne eine die Cohäsion überwiegende Kraft von einander getrennt werden können, glaubt er in folgender Weise erklären zu können. Es sei kein Hinderniß vorhanden, daß da,

wo Alles in Bewegung sich befinde, jede verlassene Stelle sogleich von anderer Materie ausgefüllt werde, wogegen das einnal Ruhende nicht ohne eine bestimmte Gewalt aus seiner Stelle vertrieben werden könne. Die Flüssigkeit der Körper deute also auf viele nach allen Richtungen bewegte Theilchen, die Festigkeit auf deren ruhiges Beharren neben einander.

Im weitem Verfolg der von ihm angenommenen allgemeinen Bewegung der Materie erklärt Cartesius die Wärme — welcher augenscheinlich die Veränderung der Körper zuzuschreiben sei, — für einen vom Sonnenlicht ausgehenden bewegteren Zustand der irdischen Elemente. Das Licht beruht nämlich nach ihm in der Gewalt, mit welcher die aus den Elementen der ersten Art bestehende Materie von dem Centrum der Sonne zurückzuweichen gezwungen wird. Durch die Einwirkung der Wärme werde die Lage der Theilchen in den Körpern geändert und die Bewegung derselben beschleunigt, wodurch die Verdünnung entstehe; durch Kälte dagegen werde die Bewegung vermindert und der Körper verdichtet. Ein Gegner der atomistischen Lehre tadelt er die Annahme eines leeren Raumes und behauptet, es müsse alle Bewegung der Elemente nothwendig eine kreisförmige sein, weil nur auf diese Weise der Raum stets von Materie vollständig erfüllt werden könne. In Beziehung auf die verschiedenartige Beschaffenheit der Körper äußert er, das Feste bestehe aus gar ungleichen Theilchen, das Tropfbar-Flüssige aus nadelförmigen und das Luftförmige aus federartigen Partikeln, die bei rascherem Umschwunge sich weiter ausdehnen sollen.

Das System des Cartesius bietet, wie man leicht erkennt, der Kritik dieselben Blößen, wie die von ihm angefochtene Lehre der Atomistiker. Beide bewegen sich in Erfindungen der Einbildungskraft und behaupten als unwidersprechliche Wahrheit, was durch Erfahrung weder erkannt noch widerlegt werden

kann. Doch läßt sich den Hypothesen des Cartesius ein ungemainer Scharfsinn durchaus nicht absprechen und namentlich seine Annahme eines raumerfüllenden und körperdurchdringenden Aethers hat in der Undulationstheorie der Lichterscheinungen heutigen Tags eine auffallende Stütze gefunden. Sehr ungenügend erscheint dagegen seine oben erwähnte Erklärung von der physischen Formverschiedenheit der Materie. Die Begriffe von Ruhe und Bewegung reichen sicher nicht aus, den Unterschied in der Cohäsion fester und flüssiger Körper begreiflich zu machen. Der flüssige Zustand verlangt eine Beweglichkeit, nicht aber eine wirkliche Bewegung der Theilchen, der feste hingegen ihren mehr oder weniger gewaltsamen Zusammenhang, welcher aus einer bloßen Ruhe derselben nicht erklärlich wird.

Unbefriedigt von dem physikalischen System des Cartesius wandte sich Peter Gassendi (1592—1655), sein Zeitgenosse und Landsmann, wieder dem der Atomistiker zu, das er für allein der Natur entsprechend hielt. Als Bestandtheile der Flüssigkeit nimmt er daher höchst kleine Kügelchen an, völlig getrennt und beweglich um einander ohne die mindeste Cohärenz, während er die Festigkeit der sehr unregelmäßigen, hakenförmig eingreifenden Gestalt der Atome zuschreibt. Auch den Wärmeatomen legt er die runde, denen der Kälte aber die tetraedrische Form bei. Diese Atome von ganz besonderer Natur sollen eine Aenderung in den Körpern hervorbringen, indem sie in deren feinste Poren eingehen und sich mit ihren kleinsten Theilchen vermischen. Nach seinem Vorgeben ist es nämlich die nothwendige Wirkung der Atomformen, daß die sphärischen die Körper auflösen und schmelzen, die pyramidenartigen dagegen sie zusammenziehen und zum Erfarren bringen sollen. In dieser ganzen Vorstellungsweise, welche nicht allein an dem Gegensatz verschiedener Atome der Wärme und Kälte festhält, sondern auch die Zusammenziehung der Körper durch ein Eindringen der Kälteatome er-

klärt, kann man in Vergleich zu Cartesius Ansichten nur einen entschiedenen Rückschritt erkennen.

Den Beschluß in der Reihe der großen Denker des 17. Jahrhunderts, welche in die Natur einzudringen und die Gestaltung der Materie begrifflich darzulegen bemühet waren, möge G. W. Leibniz (1646 — 1716) machen; der in seinen physikalischen Grundansichten einen höchst eigenthümlichen Standpunkt, gleich entfernt von den Atomisikern wie den Dynamisten einnimmt. Er construirt die Materie aus Monaden oder substanzialen Einheiten, an sich ohne Gestalt und Theile, aber mit Perception begabt. Diese sollen sich in unermesslicher Menge um eine Centralmonade (bei den Thieren um die Seele) sammeln und bestimmte Körper bilden, wobei freilich die Art und Weise solcher Bildung unerörtert bleibt. In einem andern Orte (in seiner Schrift: *Hypothesis nova physica*) stößt man auf einen Erklärungsversuch, der sich mehr in rein physikalischen Vorstellungen bewegt, aber freilich eben so ungenügend erscheint.

Uranfänglich — behauptet Leibniz hier — seien durch Erhitzung und Schmelzung vermöge der Wärme und des Lichtes unzählige Blasen, verschieden an Größe und Dicke, entstanden. In ihnen erblickt er die Grundlage aller Verschiedenheiten, die wir in der Körperwelt wahrnehmen und nennt sie daher deren Keime (*semina rerum*). Er unterscheidet dabei natürliche oder gewöhnliche und gewaltsame oder außergewöhnliche, unter denen er wegen ihrer großen elastischen Kraft die Dämpfe versteht. Beide Arten von Blasen zerfallen ihm wieder in dicke und dünne, oder wässerige und erdige (glasige). Unter Flüssigem versteht er eine bewegliche und bildsame Anhäufung jener wässerigen Blasen, die Cohäsion in festen Körpern erklärt er aus einem gegenseitigen Druck ihrer Theilchen. Er fügt hinzu, daß diese Erscheinung ebensowohl als die Härte der Körper auf einem unerklärbaren Mechanismus, durch eine innere Bewegung der

Theile hervorgebracht, beruhe. Und diese innere Bewegung betrachtet er als eine Wirkung des Lichts, dessen Gewalt stark genug sein soll, um die Himmelskörper in ihren Bahnen um die Sonne zu führen.

Wie unbefriedigend, ja verworren und unzusammenhängend die Ansichten, welche Leibniz an verschiedenen Orten über die Materie und ihre Zustände ausspricht, uns auch erscheinen mögen: es geht wenigstens dies klar aus ihnen hervor, daß weder die Fiktionen der Atomistiker noch die Wirbel des Cartesius ihn befriedigten, sondern daß er nach andern und tiefergehenden Gründen der Erscheinungen suchte. Newton, sein großer Zeitgenos, war zu scharfsichtig, als daß er nicht das Bedenkliche von Erklärungen und Begriffsbestimmungen durchblickt haben sollte, welche nur zu leicht zu augenscheinlichen Widersprüchen führen und dabei keiner directen Bestätigung fähig sind. Aus diesem Grunde verzichtete er denn gänzlich darauf und sprach von Kräften der Natur überhaupt nur wie von rein mathematischen Hypothesen.

Erst seit dem Beginn des achtzehnten Jahrhunderts sehen wir die Naturwissenschaften den schon längst von Baco von Verulam ihnen vorgezeichneten Weg der experimentellen Forschung mit Entschiedenheit verfolgen, welcher sie zu immer reicheren Entdeckungen geführt hat und noch weiter führen wird. Die vereinzeltten Zweige des physikalischen Wissens, die Lehren der Statik und Mechanik, die Erfahrungen über Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus werden allmählig zusammengestellt, in ein leidlich geordnetes System gebracht, und geschickte Experimentatoren dröcken durch den augenscheinlichen Beweis ihrer Versuche den erstaunten Zuhörern die verborgenen Geheimnisse der Natur auf. Es sei statt vieler Anderer hier nur des Abbé Nollet gedacht, der nicht allein die Pariser vornehme Welt durch seine eleganten physikalischen Apparate belehrt, sondern uns auch in seinen *Leçons de physique expérimentale* ein noch immer

schätzbare Werk hinterlassen hat, welches uns von dem Zustande, in welchem die Physik vor hundert Jahren sich befand, das deutlichste Bild liefert.

Die darin von ihm ausgesprochenen Ansichten über Wesen und Gestalt der Materie wiederholen sich in den meisten physikalischen Schriften jener Zeit. Sie schließen sich, wie man nicht anders erwarten wird, möglichst genau an die Beobachtung, können aber freilich der Speculation nicht ganz entzathen, wie sehr sie sich auch von derselben frei zu erhalten suchen. Die Materie als das Raumerfüllende, Undurchdringliche (*le solide*), besteht aus kleinsten Theilen (*molécules*), die indessen nicht als absolut untheilbar, d. h. als eigentliche Atome angesehen werden dürfen, und ihrer Beschaffenheit nach in verschiedenartige Elemente zerfallen. Aus ihnen, als den durch die Hand des Schöpfers gegebenen Urstoffen, bildet sich in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit die uns umgebende Körperwelt, deren Veränderungen auf wechselnden Trennungen und Verbindungen jener Elemente beruhen. Dichter zusammengedrängt geben die *s. g.* Moleküle die festen, im mehr getrennten und gelöckerten Zustande dagegen die flüssigen Körper. Ganz dieselbe Vorstellung finden wir auch bei dem berühmten holländischen Physiker *Musschenbroek*, dem die Flüssigkeit als Anhäufung von festen oder harten Körperchen gilt, die nur ihrer Kleinheit wegen von den menschlichen Sinnen nicht wahrgenommen werden können. Er leugnet es geradezu, daß ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Festen und Flüssigen Statt finde, indem er sich auf die allmählichen Uebergänge dieser Zustände in weichen und zähflüssigen Körpern beruft.

Nicht ohne Interesse ist es übrigens, daß *Newton*, wo er vom Fest- oder Flüssigwerden der Körper spricht, zu dem Aether seine Zuflucht nimmt, dessen nothwendige Existenz der geniale *Huyghens*, namentlich durch seine unübertrefflichen optischen

Untersuchungen, darzuthun versucht, und welchen der holländische Physiker Hartsoeker als erstes Element der Materie eingeführt hatte. Dieser (von Nollet als *air subtil* bezeichnete) Aether soll durch seinen Druck von außen und von innen, durch das Mehr oder Weniger der dadurch erzeugten Trennung der soliden Theilchen des Körpers, dessen festen oder flüssigen Zustand und den Wechsel beider herbeiführen, obwohl er auch zum Theil die Wärme (*le feu*) als Ursache der Erscheinung bezeichnet. Zu einer solchen Betrachtungsweise scheint Malbranche durch seine Behauptung, daß der Druck einer ätherischen Alles durchdringenden Flüssigkeit zur Erklärung der verschiedenen Körperzustände erforderlich sei, Veranlassung gegeben zu haben; eine Ansicht, welche ebenfalls von Jacob Bernoulli mit großer Gelehrsamkeit versucht und nach seiner Meinung durch die mannigfachsten Erfahrungen bewiesen wird.

Der großen Zahl jener Physiker gegenüber, welche — wesentlich in Uebereinstimmung mit den vorstehenden Ansichten — alles Körperliche aus festen, bald nahe zusammengedrängten bald weit zerstreuten Moleculen bestehen lassen, macht sich indessen zu gleicher Zeit bei Andern eine mehr dynamische Ansicht von der Materie und ihren Formen geltend. In den Elementen der Physik von s' Gravesande, einem Zeitgenossen Nollet's, werden die Erscheinungen auf die Begriffe anziehender und abstoßender Kräfte zurückgeführt, welche von der gegenseitigen Entfernung der materiellen Theilchen abhängen. Durch Ueberwiegen der Attraction wird der feste, durch Vorherrschen der Repulsion der flüssige Zustand der Körper bedingt. Nimmt die letztgenannte Kraft — gewöhnlich nur in Folge einer Erhöhung der Wärme — überhand, so findet nicht nur Schmelzung, sondern sogar Verflüchtigung des Körpers Statt. — Hand eine solche, durch Newton's Gravitationstheorie wohl zunächst veranlaßte Betrachtungsweise, welche an die

Stelle der gewöhnlichen materiellen eine dynamische Erklärung der physischen Formen setzte, auch wenig Anklang bei den damaligen Empirikern, so gelangte sie doch später zu weitverbreiteter Geltung, als sie von Kant philosophisch begründet und ausgeführt wurde.

Dieser durch seinen Scharfsinn so berühmte Philosoph, unbefriedigt durch die Atome des Epikur, wie die Wirbel des Cartesius und Leibnizens einfache Substanzen, spricht sich nämlich dahin aus, daß die Materie nicht durch ihr bloßes Dasein, sondern durch eine ursprüngliche Kraft den Raum erfülle, welcher eine andere Kraft entgegenwirken müsse, wenn Beschränkung auf einen bestimmten Raum die Folge sein sollte. Die Attraction wirkt nach Kant von einem materiellen Theilchen auf alle umliegenden, noch in bestimmter Entfernung, die Repulsion dagegen nur an der Oberfläche der unmittelbar berührenden Theile. Die Cohäsion gilt ihm als eine secundäre, lediglich in der Berührung wirkende Anziehungskraft. Den Charakter des Flüssigen setzt er in die Beweglichkeit der Theilchen, wie groß die Cohäsion auch sei; des Festen dagegen in die Unbeweglichkeit derselben, welche zu ihrer Verschiebung eine Kraftanstrengung erfordere, während in einer Flüssigkeit der Widerstand, welchen die Theilchen einer solcher Verschiebung entgegensetzen, stets null sei. Wie aber in manchen Körpern, obgleich die Cohäsion ihrer Theile nicht beträchtlich sein möge, diese einer solchen Verschiebung einen Widerstand entgegensetzen, der nur durch eine vollständige Flächentrennung überwunden werden könne: wie mit andern Worten feste Körper möglich seien, gesteht Kant nicht erklären zu können.

Von den späteren Philosophen, welche die Naturwissenschaften in den Kreis ihrer Speculationen gezogen, möge nur Schelling hier ausdrücklich erwähnt werden, der mit Kant die Materie ebenfalls aus Kräften construirt, aber die Körper

als ihre aus der Erfahrung nur erkennbare, zufällige Begrenzung betrachtet. Diese Begrenzung ist nach ihm eine Folge der Cohäsion, die er als dynamische, mechanische, chemische und organische unterscheidet. Die chemische Cohäsion, ein Ergebnis der Vereinigung zwei verschiedener Substanzen zu einer dritten, schreibt Schelling dem Zustande der Flüssigkeit zu, der sich durch völlige Continuität im Gegensatz einer bloßen Nebeneinanderlagerung der Theile von dem Zustande der Festigkeit auf das Bestimmteste unterscheidet. Dieser sei vielmehr die Wirkung der mechanischen Cohäsion, die auf der Gestalt der kleinsten Theilchen und deren Reibung beruhe, aber selten allein, sondern mehr oder weniger mit der chemischen Cohäsion verbunden vorkomme.

Die hier in gedrängten Umrissen gezeichneten Ansichten der beiden deutschen Philosophen, mit denen die früher erwähnten des Telelius, und selbst die des Aristoteles eine bemerkenswerthe Ähnlichkeit zeigen, wenn man sich den Sinn ihrer zum Theil dunkeln Ausdrücke klar zu machen sucht, gewähren dem Denker in manchem Betracht unstreitig eine viel größere Befriedigung, als die entgegenstehenden der Atomistiker. Dies gilt namentlich von dem entschiedenen und begriffsmäßigen Gegensatz des festen und flüssigen Zustandes der hier nicht etwa auf eine bloße Formverschiedenheit oder nähere und weitere Entfernung der Theilchen zurückgeführt wird, so wie von der Aufnahme des Begriffs ursprünglicher Kräfte in den der Materie. Da die Cohäsion durch diese Grundkräfte aber unerklärt gelassen und als ein unabhängiges drittes hinzugefügt wird, das sich nach zufälligen Bestimmungen verschieden zeigt, so bleibt immer noch die Frage nach dem Grunde dieser weiteren Verschiedenheit unbeantwortet. Am wenigsten aber befriedigt Kants endlicher Ausspruch, daß man sich von der Ursache der Festigkeit durchaus keine klare Vorstellung bilden

könne, so daß man es dem Empiriker kaum verargen wird, wenn er sich von solchen „unfruchtbaren Speculationen“ gleichgültig abwendet.

Die auf sorgfältige Beobachtung gegründete Naturforschung der neueren Zeit schien in der That von den Behauptungen der genannten Philosophen weit abzuführen. Namentlich war es der als ausgezeichnete Mineralog bekannte französische Physiker *Gauy*, der durch seine Erklärung der verschiedenen Krystallformen aus der geometrischen Gestalt der Elementarteilchen (*molécules intégrantes*) der atomistischen Grundansicht großen Vorschub leistete, die noch von manchen andern ältern Physikern des Jahrhunderts festgehalten war. Ich will von diesen nur beispielsweise *Boscovich* anführen, der ganz nach Weise der Alten sich Atome von allerlei Gestalten erdichtet, wie sie gerade für seinen Zweck passen, und dieselben mit solchen attractiven und repulsiven Kräften ausstattet, wie er sie für seine Erklärungen nur wünschen mag. Von einem freilich noch viel bedeutenderen Einfluß auf die Erhaltung jener ältern Ansichten mußte der große *Euler* sein, der in seiner Abhandlung: *Sur la nature des moindres parties de la matière* ebenfalls den Grundvorstellungen der atomistischen Theorie huldigt, wenn er auch den Ausdruck *Molécule* für *Atome* gebraucht.

So darf es uns denn nicht befremden, wenn wir am Ende des achtzehnten Jahrhunderts in den Lehrbüchern der Physik über Wesen und Gestaltung der Materie Ansichten entwickelt finden, welche zwischen den einander bekämpfenden Systemen, von welchen vorhin die Rede gewesen, gewissermaßen die Mitte einnehmen, indem sie die Materie allerdings als die ursprünglich gegebene Substanz alles Körperlichen, aber den Begriff einer innewohnenden Kraft zugleich als ihr wesentlich angehörig betrachten. Hier stoßen wir nun allerdings sogleich auf eine Verschiedenheit, indem die Einen nur eine Grundkraft,

die Attraction, wollen gelten lassen, da die Wärme ihnen als genügende Gegenkraft derselben gilt, während Andere, unabhängig von derselben noch eine ursprüngliche Repulsivkraft der kleinsten Theilchen annehmen zu müssen glauben. Jene Meinung vertritt u. A. Biot, indem er sich auf die allbekannten Erfahrungen über die Wirkungen der Wärme beruft, welche die Materie aus dem festen in den tropfbar- und aus diesem bei weiterer Steigerung in den luftförmig-elastischen Zustand versetzt. Er hält sich hiernach zu dem Schlusse berechtigt, daß die Formverschiedenheit der Materie lediglich in dem Zustande der Cohäsion, und dieser wiederum in dem Verhältniß ihrer ursprünglichen Attraction zur Repulsion der Wärme liege und daher durch die einfache Formel $a - r = x$ bezeichnet werden könne, wo die Annahme $a > r$ dem festen, $a = r$ dem tropfbar-, und $a < r$ dem gasförmigen Zustande der Materie entspreche.

Dem Einwurfe, daß nach dieser Erörterung der tropfbarflüssige Zustand nur ein momentaner sein könne und bei dem geringsten Uebergewicht der Repulsivkraft ein fester Körper sich plötzlich in einen gasförmigen verwandeln müsse, sucht Lavoisier durch Hinweisung auf den — die Verflüchtigung hindernden — Druck der atmosphärischen Luft zu begegnen; die Beseitigung des Bedenkens aber, daß Biot's Behauptung keineswegs von allen Körpern gelte, übernimmt der berühmte Laplace, indem er (in seiner Exposition du système du monde) hervorhebt, wie es nur einer Annäherung der Erde zur Sonne bedürfen würde, um durch angemessene Erhitzung die festesten Körper in den tropfbar- und gasförmigen Zustand zu versetzen, oder einer weiteren Entfernung, um andere Körper aus diesen Zuständen in den festen überzuführen.

Aber wie sehr sich diese Ansichten der französischen Naturforscher (im Grunde nur eine Wiederholung der von s'Gravesande aufgestellten) auch durch ihre große Einfachheit und

Allgemeinheit empfehlen mögen, lassen sie bei näherer Betrachtung doch immer noch das Problem ungelöst, welches der große Königsberger Philosoph nicht bewältigen zu können gestand: die Festigkeit der Körper bleibt damit im Grunde unerklärt, wenn man nicht (aller Erfahrung entgegen) annehmen will, daß die Masse fester Körper durchgängig wie die der flüssigen, ein Continuum bilde. Ist es doch gerade die eigenthümliche Lagerung und Gruppierung der kleinsten Theilchen, was jene von diesen hauptsächlich zu unterscheiden scheint; eine Eigenthümlichkeit, welche besonders an den regelmäßigsten derselben, den Krystallen, in augenfälligster Weise hervortritt.

Wie schon ein Physiker früherer Zeit — der (durch seine Beobachtungen eines auf glühendem Metall rollenden Wassertropfens) bekannte Leidenfrost — bemerkt, findet dann ein Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand Statt, wenn verschiedenartige dünne Schichten der Flüssigkeit sich lamellenartig über einander legen, wie dies z. B. bei der Bildung einer Seifenblase geschieht. Dieser Gedanke ist am gründlichsten von Linné verfolgt und ausgebildet worden, dessen Ansichten sich etwa folgendergestalt kurz zusammenfassen lassen.

Nicht die feste, sondern die flüssige Form ist die der Materie ursprüngliche; denn nur in dieser zeigt sich die größte Gleichartigkeit und überall das vollkommenste Gleichgewicht aller ihrer Theile. Der feste Körper hingegen, wie gleichartig er auch dem Auge erscheinen möge, zeigt sich demselben unter dem Mikroskop als ein Aggregat getrennter Lamellen oder Fasern, welche sich beim Uebergange aus dem Flüssigen in den festen Zustand gebildet haben. Mit Hinweisung auf die bekannte Thatsache, daß die Trennung der Theile nicht mit derselben Leichtigkeit an der Oberfläche wie im Innern einer Flüssigkeit vor sich geht, weil dort eine einseitige Anziehung derselben Statt findet, glaubt nun Linné die Lösung des Räthfels

der Festigkeit gefunden zu haben. Denn denke man sich den festen Körper aus einer großen Anzahl sehr dünner Oberflächen gebildet, so müsse der Widerstand, den die Flüssigkeit der Trennung der Theile an ihrer Oberfläche entgegensetzt, hier sich eben so oft wiederholen, als sich die Dicke jener Schicht in der des Körpers wiederhole. Dieser bestehe demnach aus einer sehr großen Anzahl Lamellen oder Fasern, in denen sich Alles wie in der Schicht, welche die Oberfläche einer Flüssigkeit bildet, verhalten werde, und von der Zahl solcher Schichten hänge die Härte und Sprödigkeit des festen Körpers ab.

Die hier geschilderte Ansicht läßt mehrfache Einwürfe zu. Daß ein fester Körper sich aus dünnen Lagen zusammensetzt, welche entstehen, indem die Theilchen sich parallel nach bestimmten Flächenrichtungen gruppiren, kann uns keineswegs zu der Schlußfolge drängen, daß jene Flüssigkeits-Oberflächen seien, da ja dann Flüssiges unter ihnen vorhanden sein müßte. Ganz abgesehen davon erscheint aber auch Liné's Erklärungsweise schon aus dem Grunde unzureichend, weil er — gestützt auf die Beobachtung krystallisirender Körper — auf andere Entstehungsarten (z. B. Erstarrung geschmolzener Massen) nicht die gebührende Rücksicht nimmt. Jedenfalls bleibt damit die Festigkeit einer compacten, dem Auge als continuirlich erscheinenden Masse (z. B. von Glas, Harz, Metall) unerklärt, obgleich Biot uns gern vom Gegentheil überzeugen möchte, indem er in diesem Falle nur eine veränderte Lagerung der Molecüle annimmt. Es scheint, daß wir — statt auf eine generelle Erklärung der Festigkeit auszugehen — vielmehr spezifische Verschiedenheiten ihres Grundes aufzusehen haben, da in der Beschaffenheit des Zusammenhanges fester Körper eine so wesentliche Abweichung gefunden wird, wie sie der tropfbar flüssige Zustand nicht darbietet. Aber diesen seiner Einfachheit wegen als den primitiven Zustand der Materie anzunehmen, ist immer-

hin eine reine Willkür, da man ja ebensowohl — zumal aus kosmologischen Gründen — den gasförmigen Zustand als solchen betrachten könnte.

Es würde überflüssig sein, die im Vorstehenden gegebene Skizze von Ansichten über das vorgelegte Thema durch Bezugnahme auf physikalische Werke der neuesten Zeit noch erweitern zu wollen; denn was diese in solcher Absicht darbieten, schließt sich im Wesentlichen an die hier geschilderten Auffassungsarten, wenn auch vielleicht mit einigen Modificationen des Ausdrucks. Noch immer, wenn auch zuweilen verhüllt, herrscht der alte Widerstreit dynamischer und atomistischer Abstractionen auf diesem Felde der Naturbetrachtung, und wenn ein Theil der Physiker die Gegensätze beider zu vermitteln scheint, so ist diese Vermittlung bei näherer Prüfung doch mehr eine scheinbare als wirkliche.

Anmerkungen.

Die vorstehende Darstellung gründet sich in ihrem ersten Theile vorzugsweise auf zwei Abhandlungen Bousterweks in den Comment. der Göttinger Societät d. W. nämlich:

- 1) De primis philosophorum decretis physicis (v. J. 1811).
- 2) De originibus rationis physicae quae a nostratibus dynamica appellatur, apud veteres philosophos investigandis (v. J. 1814).

Nähere Beweisstellen sind für die angeführten Ansichten von: den Dyrhikern: Stobaeus Ecl. phys. cap. XI. (Ed. Heeren, P. I. pag. 279.)

Thales: Ebend. pag. 291. Diog. Laërtius L. 1. C. 1. VI.

Anaximander: Diog. Laërt. L. 2. C. 1, II. Aristoteles Phys. I, 4. III, 4. 7. — De coelo III, 8.

Anaximenes: Diog. Laërt. L. 2. C. 2, I.

Heraclit: Ebend. L. 9. C. 1, VI. Arist. Met. I, 3, 7. — De anima I, 2.

Empedokles: Arist. Metaph. I, 4. De gen. et corr. I, 1, 8. II, 6.

Pythagoras: Diog. Laërt. L. 8. C. 1, XIX u. XXVII. Arist. Phys. III. 5. — De coelo II. 13.

Anaxagoras: Diog. Laërt. L. 2. C. 3, IV. Arist. phys. I, 4. VIII,

1. De coelo III, 3, 4. De gen. et corr. I, 1. Met. I, 3.
T. Lucretius C. de rerum natura V. 830—878.
- Leucippus: Diog. Laërt. L. 9. C. 6. Arist. phys. III, 4. VIII, 1.
De gen. et corr. I, 7.
- Demokrit: Diog. Laërt. L. 9. C. 7. XII. Arist. de gen. et corr.
I, 2. 7. De coelo III, 4. 8. De anima I, 2.
- Epikur: Diog. Laërt. L. 10. Lucretius de rer. nat. L. II. v. 444
seq. Arist. de coelo III, 8.
- Plato: Einzelne Aeußerungen im Timäus.
- Aristoteles: Phys. I, 7. 8. 9. De gen. et corr. I, 6. II, 1. 2. 3. 7.
De coelo I, 3. III, 5. IV, 5. Meteor. IV, 1. 4 — 8.
Vgl. Bouterweks oben erwähnte Abhdlg. v. J. 1814.
- Seneca: Quaest. nat. II, 2. 6. 7. 9. III, 10. 12. 13. 15. 28.
- Teleseus: De natura juxta propria principia. Lib. 1—4.
- Campanella: Philosophia realis. P. I (De rerum nat.).
- Baco de Verulam: Cogitationes de rerum natura C. 1. 3. 4.
- Cartesius: Principia philos. P. II, 23. 54. 55. P. III, 33. 46. 48.
49. 52. 54. 56. 57. 86. Meteor. I, 3. 9. IV, 31. 46.
Dioptr. I, 3, 7.
- Gassendi: Physica. III, C. 8. V, C. 9. VI, C. 6. 7.
- Leibniz: Opera (Ed. Dutens) T. II. P. II, pag. 4. 6. 7. 22. 29.
32. 38. 42. 206. 320. 322.
- Hartsoeker: Principes de phys. (1696) Pag. 1. 2. Hugonii Opp-
relia. T. I, Pag. 97.
- Rollet: Leçons de physique expérimentale (1745); T. I. pag.
6—14. Malebranche recherche de la vérité L. VI. Ch. 9.
— Iac. Bernoulli Op. T. I. pag. 53. De gravitate aetheris.
- s'Gravesande: Phys. elem. math. (1742); pag. 18. 662.
- Musschenbroek: Physica experimentalis C. 1.
- Boscovich: Theoria philos. naturalis. §§ 236. 450. 451. 452.
- Euler: Opuscula varii argumenti; T. I, pag. 287.
- Kant: Metaph. Anfangsgründe der Naturw. Dynamik.
- Schelling: Ideen zu einer Philosophie der Natur. 2. Buch, Cap. 4,
5, 6. Von der Weltseele pag. 43, 50.
- Biot: Traité de phys. expér. T. I. ch. 1. Laplace Système du
monde (4^o) pag. 132. La voisier Traité élément. de chimie.
T. I, pag. 7.
- Link: Ueber Naturphilosophie. pag. 175.