

Ueber die Annahmen in Bezug auf die Beschaffenheit und die Bewegungen der kleinsten Theile der Körper.

Von Dr. Oskar Friedrich, Konrektor und Professor am Gymnasium zu Zittau.

Die außerordentlich zahlreichen Entdeckungen der Physik und Chemie, die verfeinerten Beobachtungsmittel dieser Wissenschaften und die große Vertiefung der mathematischen Behandlung physikalischer Fragen haben mit der Zeit auch den Annahmen in Bezug auf die Beschaffenheit und die Bewegungen der kleinsten Theile, aus denen nach der jetzt ganz allgemeinen Annahme der Physiker alle Körper bestehen, einen immer mehr ins Einzelne eingehenden Charakter gegeben. Die Physik und die physikalische Chemie der Gegenwart gehen darauf aus, alle Hauptklassen der Naturerscheinungen aus der gegenseitigen Lage und den Bewegungen der kleinsten Theile oder Moleküle der Körper zu erklären und die verschiedene Beschaffenheit dieser Massenthailchen wiederum auf deren verschiedene Zusammensetzung aus den letzten physisch gleichen und untheilbaren Theilchen des Stoffes, den Atomen zurückzuführen.

Wenn nun die dahin zielenden Forschungen mit der Zeit allen Gebildeten die Grundlagen zu einer weit klareren Einsicht in das natürliche Geschehen zu geben geeignet sind, so dürfte eine kurze Uebersicht über die Annahmen in Bezug auf die Beschaffenheit und die Bewegungen der kleinsten Theile der Körper auch für unsere Leser nicht ganz ohne Interesse sein.

Schon Anaxagoras (500—428 v. Chr.) erklärt die Veränderungen der Dinge durch ein Verbinden und Trennen kleiner Theile der Materie, die er als die unvergänglichen und unveränderlichen Urstoffe ansieht, ihrer Qualität nach aber als mannigfaltig verschieden annimmt und die nach ihm durch ein geistiges Prinzip geordnet worden sind, wogegen Empedokles (492—432 v. Chr.) sich auf die vier Elementarstoffe, Feuer, Wasser, Luft und Erde, beschränkt, welche durch gegenseitige Anziehung und Abstoßung bewegt und umgebildet werden. Die eigentlichen Begründer der atomistischen Auffassung des Naturgeschehens sind Leukipp (um 500) und Demokrit (460—370 v. Chr.), nach welchen die Welt nur aus dem leeren Raum und unendlich vielen, untheilbaren, unsichtbar kleinen Körperchen, den Atomen, besteht, welche letztere nicht qualitativ, sondern nur durch Gestalt, Lage und Ordnung unter sich verschieden sind und durch ihr Verbinden und Trennen die Entstehung

und Umwandlung der Massen verursachen. Demokrit nimmt an, daß die Atome in ewiger Fallbewegung durch den unendlichen Raum begriffen seien, wobei durch ihr gegenseitiges Aneinanderprallen Wirbel entstünden, die die Anfänge der Weltbildung seien. Der eben angedeuteten atomistischen, später durch die epikuräische Philosophenschule vertretene Erklärung der Naturphänomene trat bald die Lehre Aristoteles (384—322 v. Chr.) entgegen, nach welcher der Raum stetig mit Materie erfüllt angenommen und die Existenz der Atome geleugnet wurde. Alles natürliche Geschehen wurde auf das Zusammenwirken von vier Elementarqualitäten der Materie zurückgeführt. In den späteren Zeiten des Alterthums standen sich die beiden Annahmen über den Urgrund des natürlichen Geschehens, die atomistische des Demokrit und die dynamistische des Aristoteles noch ziemlich ebenbürtig gegenüber, während im Mittelalter die Lehren des Aristoteles allmählich zur alleinigen Herrschaft gelangten.

Durch das Studium platonischer und neuplatonischer Schriften kam man im fünfzehnten und sechzehnten Jahrhundert zuerst wieder zu Abweichungen von der Aristotelischen Lehre der vollständigen Einheit der Materie, aus der sich die Vielheit des Geschehens nicht natürlich erklären ließ. Man nahm an, daß die Körperwelt durch immer neue Entfaltung des materiellen Punktes entstehe und zwar unter dem Einflusse eines allbelebenden Prinzips, der Weltseele [Nicolaus Cusanus (1401—1464) und Agrippa von Nettesheim 1486—1535)]. Von Basilius Valentinus und Paracelsus (1493—1541) wurden allerlei den Vorgängen in der organischen Welt entnommenen Vorstellungen, wie das Wachsthum und die „Faulung“, verallgemeinert auf die unorganische Natur übertragen und so mit Zuhilfenahme dreier Grundsubstanzen, Mercurius, Sulphur und Sal als Repräsentanten der flüchtigen, flüssigen und festen Substanzen das phantastische Lehrgebäude der Alchemie errichtet. Im übrigen wurden die Naturerscheinungen durch das Walten einer großen Zahl von Naturkräften erklärt, die zu ihrer Wirksamkeit der stofflichen Elemente bedürften. Doch hat Paracelsus wenigstens das Verdienst, zuerst das Dogma von der Einfachheit der vier aristotelischen Elemente verworfen zu haben.

Indem man sich aber in dem geistig so regsamem sechzehnten Jahrhundert allmählich der Wissenschaft der Alten wieder ganz bemächtigt hatte und durch bedeutende Entdeckungen und Erfindungen, sowie namentlich durch die Einführung des Experiments und der Anfänge der Beobachtungsfunkst in die Naturwissenschaft von dem starren Festhalten an den Lehren des Aristoteles und der sich an ihn lehrenden Scholastik frei geworden war, vollzog sich gegen das Ende des gedachten Zeitraumes zugleich die Scheidung zwischen der Naturphilosophie und der nunmehr von dieser sich sondernden Physik. Der Begründer der letzteren war Galilei (1564 bis 1642), ein Vorläufer desselben war William Gilbert (1540—1603), der erste Begründer der Electricitätslehre.

Es mehren sich gegen das Ende des sechzehnten und zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts die Erfindungen und Entdeckungen im

Gebiete der Physik und der Astronomie, der Mechanik und der Mathematik und indem man, namentlich auf letztere gestützt, die Fundamente einer auf Beobachtungen und Experimente gegründeten exakten Naturforschung legt, verliert man das Suchen nach den letzten materiellen Bestandtheilen der Naturdinge eine Zeit lang aus den Augen.

Die durch Baco von Verulam (1561—1626) und Andre eingeführte inductive Methode der Naturforschung (*Novum organon* 1620) schafft jedoch schnell hinreichendes Material für die bald wieder aufgenommene philosophische Betrachtung der Naturphänomene.

Nachdem bereits Giordano Bruno (1550—1600), van Helmont (1577—1644), Baco und Andere die philosophischen Einwände gegen die atomistische Erklärung der Grundursachen der Naturerscheinungen bekämpft hatten, wurde diese Erklärungsweise um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts durch Gassendi (1592—1655) im Anschlusse an Demokrit und Epikur neu begründet.

Die Atome Gassendi's sind absolut voll, hart, qualitätslos, der Substanz nach identisch, nur der Größe und Form nach verschieden und bewegen sich nach allen Richtungen durch den leeren Raum, ganz ähnlich wie Demokrit und die gegenwärtige kinetische Gastheorie es annehmen. Gassendi's Ansichten fanden großen Anklang bei den Physikern seiner Zeit und wenn sich auch Descartes (1596—1650) aus metaphysischen Gründen gegen eine bis in's Unendliche theilbare Materie erklärte, so stützte er sich doch in der Praxis bei physikalischen Untersuchungen auf atomistische Prinzipien und erklärte viele Naturerscheinungen durch Bewegungen der letzten Bestandtheile der im Uebrigen einheitlichen Materie, wogegen er die Bewegung der Himmelskörper auf Strömungen (Wirbel) des den Weltraum erfüllenden Aethers zurückzuführen versuchte.

Gegen Descartes wendet sich Borelli (1608—1679) und spricht sich für eine entschiedene Atomistik aus, ebenso Boyle (1627—1691). Beide sind die bedeutendsten Vertreter der sogenannten Corpusculartheorie. Sie weichen von Gassendi insofern bedeutend ab, als sie den Atomen eine Menge von besonderen Eigenschaften beilegen, um so aus der Beschaffenheit der Theilchen die Eigenschaften der Körper zu erklären. Die Atome erscheinen bei Borelli bald als elastische Fäden, bald als kleine hohle Röhrchen oder dünne Plättchen, bald, wie bei dem Wasser, als umgeben von einem Flaum von biegsamen, elastischen Fäden mit Häkchen zum Anklammern an die Gefäßwände u. s. w., bei Boyle bald einfach rund, wie bei den Flüssigkeiten, bald in verschiedenen anderen Gestalten, wie bei der Luft und dem Feuer, bald in einander verflochten wie bei den festen Körpern, bald dicht und hart, bald porös u. s. w. Während aber Borelli diese zum Theil recht wunderlichen Qualitäten seiner Corpuskeln oder Atome als wirkliche Eigenschaften derselben ansieht, erblickt Boyle als praktischer Physiker in jenen Qualitäten nur Hilfsannahmen zur Leitung des Ganges der experimentellen Untersuchung einer Classe von physikalischen Erscheinungen.

Diese letzte Auffassung der physikalischen Hypothesen ist nun von Boyle an bis fast zur Mitte des neunzehnten Jahrhunderts die vorherrschende gewesen. Unstreitig hat diese Art Hypothesenbildung die Naturforschung außerordentlich gefördert, weil man dabei vielen Streitigkeiten fern blieb, welche naturphilosophisch begründete Hypothesen mit sich gebracht und welche der experimentellen Forschung kostbare Kräfte entzogen hätten.

So kam es z. B., daß Newton (1642—1727) bei seinen zur dynamistischen Naturerklärung sich hinneigenden Ansichten doch durch atomistische Hilfsannahmen zu seinen großen Entdeckungen in der Physik und der Astronomie gelangen konnte. Er nahm behufs der Berechnung an, daß die Atome der Massen sich aus der Ferne anzögen und ließ dabei die Frage, wie solche Anziehung ohne materielle Vermittelung möglich sei, außer Betracht. Die Rechnung stimmte und so mußte die gemachte Annahme wenigstens zum Theil auf Wahrheit beruhen. Dagegen sah Newton das Licht als ein zusammenhängendes Fluidum an und konnte auch auf Grund dieser Annahme die zu seiner Zeit bekannten Lichterscheinungen erklären.

Einzelne Zeitgenossen Newtons, darunter vor allen Huyghens (1629—1695) suchten wohl die Erscheinungen durch die Annahme der Bewegungen der kleinsten Theile der Körper zu erklären; sie konnten aber gegen die Autorität Newtons nicht aufkommen. Schon Huyghens lehrte, daß das Licht durch Vibrationen der Theile einer feinen Materie zwischen den Körpern und Körpertheilen, des Aethers, entstehe; ebenso nahm er an, daß die allgemeine Massenanziehung der Himmelskörper, die Gravitation, durch eine feine überall zwischen den Massen verbreitete Materie vermittelt werde, daß die Aggregatzustände durch den mehr oder weniger heftigen Stoß der Atome gegen einander verursacht würden u. s. w. Es fehlte aber damals ebensowohl noch an den experimentellen, als an den mathematischen Hilfsmitteln, um dergleichen Ansichten genügend zu prüfen und zu beweisen. So erklärt sich, daß man in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts trotz der in dieser Zeit erfolgten Begründung der wissenschaftlichen Chemie von der atomistischen Erklärung der physikalischen Erscheinungen fast ganz abgekommen war. Man sprach zwar von den kleinsten Theilen der Materie, faßte aber die letztere im ganzen als ein Continuum auf.

Erst der vollständige Sieg der durch Young und Fresnel im ersten Viertel des gegenwärtigen Jahrhunderts begründeten Wellentheorie des Lichtes über die Newton'sche Emissionstheorie leitete die Physik dahin zurück, auch andere Erscheinungsklassen lediglich durch die gegenseitige Stellung und durch die Bewegung der Atome zu erklären. Ferner konnten die ungeahnten Entdeckungen der Chemie nicht anders erklärt werden, als daß man sich die Atome in den Theilen der untersuchten Stoffe und Stoffverbindungen in bestimmter Weise gruppiert dachte. Die folgenreichen Entdeckungen im Gebiete der Electricität und des Magnetismus führten

ebenfalls zu der Idee, daß diese Agentien durch eigenthümliche Schwingungen der Theilchen des Aethers und vielleicht auch der Theilchen der sogenannten wägbaren Stoffe, der festen, flüssigen und luftförmigen Massen entstehen möchten. Besonders waren es aber die Entdeckungen im Gebiete der Wärmelehre, und die großen Erfolge der von Rumford (1798) vermutheten, von Mayer (1842) begründeten und von Clausius (1850), Joule (1851), Krönig (1856), Neumann, Zeuner und zahlreichen anderen Physikern weiter ausgebildeten mechanischen Wärmetheorie, welche die heutige Physik zu der Annahme führten, daß alle physikalischen und chemischen Eigenschaften der Körper und die an und zwischen ihnen wahrzunehmenden Erscheinungen auf die gegenseitige Stellung und Gruppierung der Atome und auf deren Bewegungen zurückzuführen seien. Dazu führten auch die zahlreichen Entdeckungen von Wechselwirkungen zwischen Wärme, Licht und Elektrizität, die Beziehungen zwischen den übrigen physikalischen Eigenschaften, der Krystallform und der chemischen Zusammensetzung und Anderes hin.

So ist es leicht erklärlich, daß seit drei Jahrzehnten der Ausbau der Molecularphysik eines der hervorragenden Ziele der bedeutendsten Physiker und Mathematiker geworden ist, daß man gegenwärtig von vielen Seiten darauf ausgeht, die letzten dem menschlichen Erkennen zugänglichen Ursachen des natürlichen Geschehens zu erforschen.

Es ist natürlich, daß bei diesem Streben die Ansichten der Forscher bedeutend auseinander gehen und daß hierbei der alte Streit zwischen der dynamistischen und der atomistischen Hypothese wieder hervortritt. Doch ist die Kluft zwischen diesen beiden Auffassungsweisen der letzten materiellen Ursachen des Wirkens der Naturkräfte jetzt nicht mehr so groß, wie in früheren Zeiten, da man jedenfalls beiderseits an dem gemeinsamen Fundamente des durch Beobachtung und Rechnung thatsächlich Erwiesenen festhalten muß.

Wir wollen nun von den hauptsächlichsten gegenwärtig aufgestellten Hypothesen über die Beschaffenheit und die Bewegungen der kleinsten Theile der Körper kurz berichten.

Nach der Annahme der meisten Physiker der Gegenwart sind die festen, flüssigen und luftförmigen Stoffe, sowie auch der in den Zwischenräumen zwischen den Weltkörpern und zwischen den Theilen der wägbaren Massen als vorhanden angenommene Aether aus sehr kleinen, von einander getrennten Theilchen, den Molekülen, zusammengesetzt. Unter einem Molekül einer Masse versteht man die kleinste Menge desselben, welche im freien Zustande vorhanden ist und bei physikalischen und chemischen Vorgängen zur Wirkung kommt. Die Moleküle nimmt man aus noch kleineren Theilchen zusammengesetzt an, die man Atome nennt und die dann als nicht weiter theilbar angesehen werden.

In Beziehung auf die Konstitution der Materie im Allgemeinen nähern sich einige Physiker, wie z. B. Thomson, der Ansicht, daß alle Massen aus einer kontinuierlich zusammenhängenden Materie bestehen und

daß diese einheitliche Materie sich in außerordentlich kleine Wirbel oder Polyöder theile, die an die Stelle der Atome und Moleküle treten, eine Ansicht, die der cartesianischen Wirbeltheorie nahe verwandt ist. Andere Physiker leiten die gegenseitige Anziehung der Moleküle (Affinität, Cohäsion, Adhäsion und Capillarität, Gravitation) von Qualitäten ab, welche den Molekülen und Atomen inne wohnen sollen, nehmen also eine Art Beseelung derselben an. (Zöllner.) Manche Anhänger der rein mechanischen Erklärung der Erscheinungen durch Bewegung der Moleküle, schreiben dennoch den letzteren eine gewisse Elastizität zu, legen also doch eine wichtige Kraft in die Atome selbst.

Viele Physiker lassen aus Vorsicht die Fragen nach den besonderen Eigenschaften der Moleküle und Atome insoweit unentschieden, als sie nicht unbedingt bei experimentellen und mathematischen Untersuchungen in Betracht kommen. Auch die mechanische Wärmetheorie bedarf zur Ableitung der Entstehung, Verbreitung und der Wirkungen der Wärme nicht unbedingt spezielle Annahmen in Bezug auf die Beschaffenheit und die Bewegung der Atome, sondern nur der Hypothese, daß die Wärme eine vibrierende Bewegung der Körpertheilchen sei und daß Wärme und mechanische Arbeit wechselweise in einander übergehen, wobei die Summe der vorhandenen Energie (Arbeitsvermögen) sich gleich bleibt.

Die allgemeine Theorie der Elastizität und insbesondere die Wellentheorie des Lichtes hat aber schon in der ersten Hälfte unsres Jahrhunderts zu der allgemeinen Annahme gedrängt, daß die Moleküle im Verhältnis zu ihrer Größe sehr ansehnliche gegenseitige Entfernungen haben müssen. Ferner mußte man annehmen, daß die Moleküle in sehr schnellen Schwingungen begriffen seien, um die Erscheinungen des Lichtes und der Wärme zu erklären. Nicht minder vermuthet man auch, daß die Electricität nebst dem Magnetismus aus sehr schnellen, eigenartigen Schwingungen und Wirbeln der Moleküle des Aethers und der Körpermoleküle verursacht werden mögen. Dagegen begnügte man sich bis in die neueste Zeit in Bezug auf die Gravitation mit der Vorstellung, es liege in der Qualität der Moleküle der Massen, sich aus der Ferne anzuziehen. Nur Wenige fragten nach einer Vermittelung solcher Anziehung durch das zwischen den auf einander gravitierenden Massen befindliche Medium. Ähnliche unbestimmte Vorstellungen hat man zur Zeit auch noch von anderen anziehenden Kräften, der Adhäsion, der Cohäsion und der chemischen Anziehung.

Man denkt sich vielfach noch die Moleküle in lebhaften Schwingungen um ihre Gleichgewichtslagen begriffen und nimmt einestheils anziehende Kräfte zwischen ihnen an, anderntheils abstoßende, welche letztere man zum Theil durch die Wärmeschwingungen der Moleküle verursacht glaubt. Ein Theil dieser Vorstellungen wird auch noch heute von fast allen Physikern festgehalten. Viele fassen die zu einem Molekül vereinigten Atome ähnlich auf, wie ein Abbild des Planetensystems, wie ein sogenanntes Newton'sches System, in welchem die einzelnen Atome durch anziehende Kräfte gegenseitig in nahezu unveränderter Lage erhalten werden.

Doch nimmt man allgemein an, daß auch im Molekül die einzelnen Atome einander nicht starr gegenüberstehen, sondern in lebhaften, vibrirenden Bewegungen um ihre Gleichgewichtslagen begriffen sind. Diese Vorstellungsweise des Zusammenhalts der Atome im Molekül ist namentlich für den Chemiker von Werth.

In den letzten drei Jahrzehnten hat nun die Ausbildung der kinetischen Gastheorie durch Clausius, Krönig, Maxwell und Andre eine fort und fort wachsende neue Bewegung in die physikalischen Forschungen gebracht, indem man seit dieser Zeit bemüht ist, alle physikalischen Kraftwirkungen, auch die anziehenden Kräfte, zunächst die Gravitation, durch außerordentlich schnelle, ursprünglich gradlinig fortschreitende, aber durch den Zusammenstoß der Moleküle in Schwingungen und vielleicht auch Rotationen verwandelte Bewegungen der Moleküle zu erklären.

Von den festen Körpern nimmt man zunächst noch an, daß sie aus Molekülen bestehen, die um ihre mittleren Gleichgewichtslagen vibriren, während die Moleküle der tropfbaren Flüssigkeiten jedenfalls keine bestimmte Gleichgewichtslage mehr haben, aber doch durch die zwischen ihnen wirkende Cohäsion noch zusammengehalten werden, so daß sie ihr Volumen behaupten, wenn sie auch keine bestimmte Gestalt behalten.

In Bezug auf die Gase und Dämpfe aber hat sich die oben kurz bezeichnete Vorstellungsweise sehr gut bewährt. Wir wollen demnach die Annahmen und Folgerungen der gedachten übrigens schon von Daniel Bernoulli (*Hydrodynamica*. Straßburg 1738) in ihren Grundgedanken aufgestellten Theorie in Bezug auf die Bewegung der Moleküle der Gase etwas ausführlicher behandeln.

Nach der älteren, auch jetzt noch von einem Theile der Physiker festgehaltenen Ansicht, sind die Moleküle der Gase und Dämpfe in lebhafter Vibration begriffen und stoßen sich infolge dessen so heftig ab, daß ihre Cohäsion gegen die aus jener Schwingung hervorgehende Expansion ganz zurücktritt. Nach der kinetischen Gastheorie sind die Moleküle der Gase in steter gradlinig fortschreitender Bewegung begriffen, stoßen hierbei gegenseitig auf einander und auf die Wände des sie einschließenden Gefäßes. So entsteht die Spannkraft der Gase und Dämpfe. Auch diese Theorie nimmt an, daß die Moleküle in Verhältnis zu ihren Durchmesser ziemlich weit von einander entfernt sind und daher nur einen kleinen Theil des Raumes wirklich einnehmen, in dem sie sich befinden, bei gewöhnlichem Luftdruck nur etwa den 2—3000sten Theil. Es bleiben also noch ansehnliche Zwischenräume zwischen ihnen und es wird daher ein Theilchen im Durchschnitt einen gewissen Weg zurücklegen, ehe es mit einem anderen zusammenstößt. Diese Strecke nennt man die mittlere Weglänge der Gasmoleküle. Sie ist bei der ungeheuren Zahl der Moleküle in der Raumeinheit eine sehr kurze Linie und beträgt für Luft bei 0° C. und einem Drucke von 760 mm noch nicht $\frac{1}{10000}$ Millimeter. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Moleküle auf ihren kurzen, gradlinigen Bahnen fortbewegen, ist eine sehr große. Clausius hat für die durchschnittliche Geschwin-

digkeit der Gasmoleküle bei 0°C. und 760 mm Druck für Wasserstoff 1843, für Sauerstoff 492, für Stickstoff 492, für Luft 485, für Quecksilberdampf, auf 0°C. reducirt, 184 Meter gefunden. Hiernach muß die Zahl der Zusammenstöße eines Moleküls mit einem anderen in der Zeiteinheit eine so ungeheure werden, daß man sich den ganzen Vorgang auch als eine außerordentlich schnelle Schwingung der Theile denken kann. Man hat die Zahl dieser Zusammenstöße für Luft auf 4700 Millionen in der Secunde berechnet, also würden sie ungefähr 100.000 mal schneller, als die Schwingungen des höchsten hörbaren Tons erfolgen.

Die Eigenschaften der Gase, als der am einfachsten zusammengesetzten Körper, sind durch viele experimentelle Untersuchungen sehr genau erforscht worden. Ihr Volumen steht in directer Proportion zu der Temperatur und dem auf sie ausgeübten Drucke. Alle Gase dehnen sich bei gleicher Temperaturerhöhung nahezu um denselben Bruchtheil des Volumens aus. Die chemischen Verbindungen der Gase erfolgen nach den einfachsten Zahlenverhältnissen. Daher kann man für gewiß annehmen, daß gleiche Volumina verschiedener einfacher oder zusammengesetzter Gase gleichviel Moleküle in sich enthalten. Diese Eigenschaften der Gase in Verbindung mit anderen Beobachtungen und Berechnungen haben es nun möglich gemacht, auch an die Berechnung der Größenverhältnisse der Moleküle und ihrer Bewegungen zu gedenken.

Man nennt nach Clausius die Strecke, bis auf welche sich zwei Moleküle einander nähern können, ehe sie von einander abprallen, die molekulare Wirkungsphäre. Plateau hat die Dicke von Seifenblasen aus den an ihnen zu beobachtenden Interferenzfarben bestimmt und daraus für den mittleren Radius der Wirkungsphäre eines Moleküls der angewandten Seifenlösung 56,7, für die Entfernung zweier Moleküle derselben aber 1,4 Millionstelmm gefunden. Quincke nimmt für Luft den Radius der Wirkungsphäre eines Theilchens = 50 Millionstelmm an. Durch Beobachtungen über die Distanzvermehrung der Moleküle beim Zerreißen von Metallen hat Boltzmann z. B. für Eisen den gedachten Radius = 1,6 in demselben Maße gefunden. Den mittleren Abstand der Moleküle der Luft berechnen v. d. Waals auf 2,5, D. E. Meyer auf 3—4, Lorenz für Wasser zu 0,1 Millionstelmm. Für den Durchmesser der Moleküle fanden v. d. Waals für Luft 0,56, D. E. Meyer 0,42, De Heen für Wasser 0,38. Die Zahl der Moleküle in einem Cubikmillimeter Luft von 0°C. und bei 760 mm Druck gibt v. d. Waals auf ungefähr $\frac{1}{2}$ Trillion, D. E. Meyer auf etwa $\frac{1}{5}$ Trillion an, während De Heen für das gleiche Volumen Wasser 25 Trillionen Moleküle berechnet. Bei 20 000 000 facher Verdünnung der Luft, zu welcher es Crookes gebracht haben will, würden also immer noch 25 000 Millionen Moleküle im Kubikmillimeter zurückbleiben. Diese ungeheuren Zahlen von Theilen füllen aber, wie schon oben erwähnt wurde, bei Luft nur etwa den 3000sten Theil des von den Molekülen eingenommenen Raumes aus. Nach D. E. Meyer würden 10 Millionen Moleküle 1 Milligramm wiegen und das

specifische Gewicht des Luftmoleküls würde auf Wasser bezogen den sehr hohen Werth 7 haben. Wasserstoff ist 14 mal leichter als Luft und es würden demnach 140 Millionen Wasserstoffmoleküle auf 1 Milligramm gehen.

Wir wollen zum Vergleich einige Zahlen in Bezug auf die mit dem Experiment erreichbare Theilbarkeit der Massen hier anführen. Leidenfrost (1756) bestimmte die Dicke der Seifenblasen durch Wägung ihrer Masse und Messung ihres Durchmessers und fand dafür den Werth 0,001772 mm. A. W. Hofmann hat nachgewiesen, daß selbst bei einer 100 millionenfachen Verdünnung gewisser Färbemittel noch eine deutliche Färbung des Wassers zu bemerken sei. Kirchhoff und Bunsen zeigten, daß der 3 millionste Theil eines Milligramms eines Natronsalzes noch eine deutliche Gelbfärbung der Flamme des Bunsenbrenners hervorbringe. Faraday hat Goldblättchen hergestellt, die hundertmal dünner waren, als die Länge einer Lichtwelle, also etwa $\frac{1}{200000}$ Millimeter. Duterbridge vergoldete Kupfer galvanisch und berechnete aus dessen Gewichtszunahme die Dicke der Vergoldung auf 9 Millionstelmmillimeter. Zirkel beobachtete Flüssigkeitsströpfchen in Quarz von 0,004 mm Durchmesser und Poren im Haunyn von einer solchen Kleinheit, daß 360 Millionen auf 1 Kubikmillimeter gehen würden. — Um ein Pfund Rosenöl zu erhalten, sind günstigenfalls 250.000 Stück Rosen erforderlich; es würde also in jeder Rose 2 Milligramm Rosenöl enthalten sein, welche sich in viele Millionen Theilchen dunstförmigen Stoffes auflösen und als solcher verhältnißmäßig lange Zeit von den Geruchsorganen vieler Menschen wahrgenommen werden können. Gewiß ein Beispiel sehr hoher Theilbarkeit im Kreise unserer sinnlichen Wahrnehmung. Die im Vorstehenden angeführten Zahlen kommen den aus der kinetischen Gastheorie in Verbindung mit der mechanischen Wärmetheorie berechneten Zahlen für die Größe der Moleküle doch schon recht nahe, so daß diese nicht gar zu weit jenseits unserer durch künstliche Mittel geschärften Beobachtung liegen mögen. Helmholtz hat berechnet, daß die äußerste mit Rücksicht auf die Beugung des Lichtes mit dem Mikroskop erreichbare Vergrößerung 4000 sein werde, so daß freilich dazu keine Aussicht ist, dereinst einmal die Moleküle mikroskopisch zu beobachten.

Indem wir aber wieder zu der Betrachtung der Größenverhältnisse der Moleküle der sogenannten wägbaren Massen, der festen, flüssigen und luftförmigen Massen zurückkehren, führt uns das Resultat der Berechnungen über ihre Größen und Entfernungen zu der Frage: Was haben wir zwischen den Molekülen als das den Raum Erfüllende anzunehmen? Jedenfalls wieder einen Stoff, aber einen viel feineren.

Dieser zwischen den Molekülen der wägbaren Stoffe und zwischen den Weltkörpern anzunehmende Stoff wird von den Physikern Aether genannt. Diese Substanz hat eine überaus geringe Dichtigkeit. W. Thomson hat aus der Wärmemenge, die das Sonnenlicht in einer bekannten Wassermenge erzeugt, die Dichtigkeit des Aethers zu berechnen versucht und, wie auch neuerdings Glan, gefunden, daß der Aether höchstens hundert billionenmal weniger dicht sei als unser dünster Stoff, der Wasserstoff. Danach

würde ein Volumen Aether, so groß wie die Erde, etwa 1 Million ko, ein Volumen so groß wie der Sonnenkörper aber doch schon 1,4 Billionen ko wiegen. Jedenfalls ist der Aether nicht eine Masse ohne Gewicht, sondern einem außerordentlich dünnen Gase zu vergleichen. — Man kann die Sonne mit allen Planeten und Kometen vielleicht einer Kugel von 100.000 Meilen Halbmesser gleich setzen. Würde sich diese ganze Masse in dem Raume einer Hohlkugel, deren Halbmesser gleich der Entfernung des Neptun (600 Mill. Meilen) wäre, verbreiten, so würde die Masse des Planetensystems bis auf den (6000)³ten Theil ihrer jetzigen durchschnittlichen Dichtigkeit verdünnt werden und dann also etwa $13\frac{1}{2}$ millionenmal dünner sein als Wasserstoff. Wenn aber die Masse des Sonnensystems sich auf eine Kugel von ungefähr zwei Billionen Halbmesser (der halben Entfernung des Sirius) ausbreitete, so würde ihre Dichtigkeit 125 000 billionenmal geringer sein, als die des Wasserstoffs. Die ganze zerstäubte Masse würde sich also in dem Aether mit der von Thomson berechneten Dichtigkeit ohne eine merkliche Erhöhung der letzteren verlieren, so daß nach dieser Betrachtung nicht die Sonnen mit ihren Planetensystemen, sondern der Aether als die eigentliche Hauptmasse im Weltall erscheinen.

Sie wird aber möglicherweise auch in anderer Beziehung mehr und mehr als solche auftreten. Wir müssen annehmen, daß die Lichterscheinungen und die Erscheinungen der strahlenden Wärme auf einer Fortpflanzung außerordentlich schneller Schwingungen im Aether beruhen. Auch die Electricität und der Magnetismus werden wahrscheinlich durch sehr schnelle Schwingungen und Strömungen im freien Aether und in den Aethersphären, welche die Moleküle der wägbaren Stoffe umgeben, verursacht. Darauf deuten die vielen gegenseitigen Einwirkungen von Wärme, Licht, Electricität und Magnetismus hin und es liegen bereits genug wissenschaftliche Versuche einer Ableitung aller dieser Erscheinungsklassen aus der Bewegung der Moleküle des Aethers und der dichteren Massen vor.

Da ist es nicht verwunderlich, daß man den Aether auch zur Erklärung noch anderer Phänomene herbeizieht. Manche Physiker haben in neuester Zeit frühere Versuche, die Entstehung der Schwerkraft zu erklären, wieder aufgenommen. Schon Newton versuchte in seinen jüngeren Jahren die allgemeine Gravitation durch den Aether zu erklären, ließ aber später diese Untersuchungen ganz fallen. Bestimmter und eingehender bemühte sich der große Zeitgenosse Newtons, Christian Huyghens (1629—1695) um eine vollständige Lösung des Problems der Schwerkraft. Er nahm an, daß die in fortwährender wirbelnder Bewegung begriffenen Aethertheilchen die im Raume befindlichen wägbaren Massen einander zu nähern suchten. Bis auf die neueste Zeit hat man dann die gedachte Frage ganz bei Seite gelassen, aber in den letzten Jahrzehnten von vielen Seiten wieder in Angriff genommen und zwar in recht verschiedener Weise.

Eine eingehende Kritik dieser verschiedenen Theorien der Schwerkraft und der anziehenden Kräfte überhaupt enthält die Schrift: *Isenkræbe, Das Räthsel von der Schwerkraft. Braunschweig 1879.*² Siehe auch Wiede-

mann Weibblätter, Band 3 p. 449—52 und Programm des Gymnasiums zu Grefeld 1878. Hsenkrafte unternimmt es, die Schwerkraft und überhaupt die gegenseitige Anziehung der Moleküle durch die Annahme zu erklären, daß der Aether ein Gas von äußerst geringer Dichtigkeit sei und daß die Anziehung der Moleküle und deren Fortpflanzung in die Ferne durch die äußerst schnellen Bewegungen der auf die Körpermoleküle stoßenden Aethertheilchen verursacht werde. Hierbei stellt er die Vermuthung auf, daß die Weber'sche Konstante für die electrische Anziehung, welche zu 59.320 Meilen berechnet ist, sehr wohl die Geschwindigkeit sein könne, mit welcher sich die Aetheratome durchschnittlich im Raume fortbewegen, mit welcher sie also auf einander und auf die Moleküle der consistenteren Massen stoßen und so die gegenseitige Anziehung der letzteren (Gravitation, Cohäsion, Adhäsion, Affinität) hervorbringen würden. Von großer Bedeutung ist es dann auch, daß obige Zahl einen sehr einfachen Zusammenhang mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Electricität und des Lichtes hat. Dies weist auf einen innigen Zusammenhang der electrischen und der Lichterscheinungen hin, den auch W. Weber, C. Neumann, Maxwell, Riemann und besonders Lorenz (1867) bereits nachzuweisen unternommen haben.

Man nähert sich also von allen Seiten dem großen Ziele, alle physikalischen Kräfte und auch die chemischen Unterschiede der Atomgruppen oder Moleküle durch mannigfaltige fortschreitende schwingende und drehende Bewegungen der einfachen untheilbaren und physisch gleichen Atome zu erklären. Mit der einstigen vollständigen Erreichung jenes Zieles wird zwar die Aufgabe der Naturlehre im Allgemeinen gelöst sein; man wird aber auch dann nur die letzten Ursachen des äußeren Geschehens in der Natur gefunden haben und zwar zunächst nur im Bereiche der unorganischen Natur.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus dem Vereine der Naturfreunde in Reichenberg](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [20_1889](#)

Autor(en)/Author(s): Friedrich Oskar

Artikel/Article: [Ueber die Annahmen in Bezug auf die Beschaffenheit und die Bewegungen der kleinsten Theile der Körper 11-21](#)