

# Die neuen Strahlungen und die physikalische Constitution der ponderablen Materie.

Von Dr. phil. Max Maier in Schaufling (bei Deggendorf).

Der modernen Astronomie verdanken wir ein für Philosophie und Naturwissenschaft gleich wichtiges Resultat. Die Mechanik des Himmels im Verein mit Spektroskop und Photometer sagt uns nämlich zweierlei: Das uns sichtbare Weltall ist einheitlich seinen Grundbestandtheilen nach, und in der einen Materie, aus welcher alles besteht, sind die ewigen Gesetze wirksam, welche uns im Naturgeschehen entgegentreten.

Der bekannte Physiker Paul Erman pflegte zu sagen: „Materie ist das Etwas, welches im Raume spukt.“ Das Wesen der Materie ist für uns überaus dunkel.

Für Platon war die Materie ein  $\mu\eta\ \delta\upsilon\nu$ , ein thatsächlich vorhandener, aber nichtiger Sinnenschein; für Aristoteles war sie das  $\delta\nu\acute{\nu}\alpha\mu\epsilon\iota\ \delta\upsilon\nu$ , das an sich formlose und qualitätlose Substratum der geformten, qualitativ bestimmten Dinge.

Ausdehnung ist das Wesen der Materie. „Man gebe mir Ausdehnung und Bewegung, und ich werde die Welt construiren“, sagt der Philosoph und Mathematiker Descartes.

Das physische Weltall wird von den unbewussten Vorstellungen einer ungeheueren Menge ausdehnungsloser geistiger Kräfte oder Monaden gebildet, die mit der Fähigkeit selbständiger Entwicklung und einer Art Begierde und Empfindung ausgestattet sind. Die Eigenschaften, welche die Physik den letzten Elementen der Materie zuschreibt, sind die Erscheinungsformen, unter denen sich die gegenseitigen Einwirkungen der Monaden unserer Sinnesempfindung darbieten. So lautet die Hypothese von Leibniz.

Die Materie wird von Kant als das Bewegliche, das den Raum erfüllt und bewegende Kraft hat, erklärt. Zwei ursprüngliche Kräfte: die Kraft der Zurückstossung und der Anziehung, machen das Wesen der Materie aus. Hier haben wir einen rein dynamischen Begriff der Materie vor uns.

Für John Stuart Mill ist die Materie die permanente Möglichkeit der Sinnesempfindungen.

Bei Schopenhauer ist die Materie die bloße Sichtbarkeit des Willens oder das Band der Welt als Wille mit der Welt als Vorstellung. Die Materie ist bei dem Frankfurter Philosophen durch und durch Causalität.

Für den Physiker und Chemiker ist Materie das durch die Sinne Wahrnehmbare, oder dasjenige, was eine Kraft äussern oder die Wirkung einer Kraft erleiden kann.

Neue physikalische Forschungen werfen nun ein bedeutendes Licht auf die Constitution der sogen. ponderablen Materie.

Bereits bei den ältesten griechischen Philosophen und Denkern finden wir zwei Anschauungen über die Constitution der Materie vertreten. Nach der einen, der Stetigkeits- oder Continuitätshypothese erfüllt die Materie den Raum stetig, so dass, wenn man sie sich in Theile gespalten denkt, diese Theile wieder lückenlos aneinander stossen; die andere Anschauung, die sogen. Atom- oder Molecularhypothese nimmt dagegen an, dass die Materie aus bestimmten, selbständigen und von einander getrennten Theilchen, den Atomen und Molekülen zusammengesetzt ist. Das Wesen der Atom- und Molecularhypothese lässt sich dahin charakterisiren, dass sie die oft höchst complicirten Erscheinungen des Makrokosmos auf die weitaus einfacheren eines von uns vorausgesetzten Mikrokosmos zurückführt, ohne damit an den principiellen Schwierigkeiten oder Grenzen der menschlichen Erkenntniss etwas zu ändern. Bei den griechischen Denkern führte die Ueberzeugung, dass es im Wechsel der Erscheinungen irgend etwas Beharrendes gibt, zur Annahme einer Auftheilung der Materie, wie wir sie in der Atomhypothese vor uns haben. Nach Heraklit ist die Welt ewiges Werden (*πάντα ῥεῖ*) und das Sein darin nur ein Schein. Die Veränderung ist das Grundgesetz der Natur, und nichts bleibt sich jemals gleich. In denselben Fluss können wir nicht zum zweiten Mal hinabsteigen. Sein Name ist wohl geblieben, aber die Wassertheilchen sind nicht mehr dieselben. Nach dem Eleaten Parmenides dagegen gibt es nur das eine wandellose Sein, und alle Veränderung ist nur Trug der Sinne. Zwischen diesen paradoxen Extremen der jonischen Denker und der Eleaten bildet die Atomistik einen Ausgleich. Demokritos von Abdera lehrte: Aus Nichts wird Nichts; nichts, was ist, kann vernichtet werden. Alle Veränderung ist nur Verbindung und Trennung von Theilen (Atomen). Nichts existirt als die Atome und der leere Raum (*Ἀρχαὶ τῶν ὄντων τὸ πλήρες (αἱ ἄτομοι) καὶ τὸ κενόν*). Die Atome sind nach Demokrit kein Gegenstand der Erfahrung; denn

sie liegen jenseits der Grenzen der Sichtbarkeit. Auch physikalisch suchte der griechische Forscher die Existenz der Zwischenräume in der atomistisch aufgetheilten Materie durch ein rohes, aber im Princip richtiges Experiment zu beweisen. Ein Gefäss, mit Asche und Wasser gefüllt, enthält mehr Wasser, als auf Rechnung einer Schätzung der wahrnehmbaren Lücken zu setzen ist. Dieses Mehr muss in die unsichtbaren Poren gedrungen sein.

Die Vorstellung vom Vorhandensein der Atome würde in der Folge nie wieder ganz aufgegeben; aber erst in unserem Jahrhundert ist sie zur präcisen Fassung und zu der ihr gebührenden Bedeutung gelangt. Wie wir sehen werden, nimmt die moderne Physik neben der atomistischen noch eine weitere Theilung der Materie an. Gewisse elektrische Entladungserscheinungen in gasverdünnten Räumen und höchst merkwürdige von einigen chemischen Verbindungen ausgehende Wirkungen zwingen sie dazu. Wenn wir heute das ganze weite Gebiet der Physik, der Chemie und der Biologie überblicken, so dürfen wir gestehen: Bis in unsere Tage hat der Ausbau der Atomistik ganz unerwartet reiche Früchte positiver Bereicherung menschlichen Wissens getragen.

In der Anordnung und der Bewegung der Atome findet der Chemiker die Mittel zur Erklärung einer ganzen Reihe der verschiedensten Thatsachen seiner Wissenschaft. Die fundamentale Thatsache, dass die chemischen Verbindungen stets nach bestimmten Gewichtsverhältnissen erfolgen, lässt keine einfachere Erklärung zu, als diese, dass die ponderable Materie atomistisch getheilt, und dass bei der chemischen Verbindung zweier Substanzen eine bestimmte Anzahl von Atomen der einen mit einer ganz bestimmten Anzahl von Atomen der anderen Substanz zusammentritt, wodurch der Atomcomplex oder das Molekül der betreffenden Verbindung entsteht, die sonst ganz räthselhaften Erscheinungen der Isomerie, einschliesslich Metamerie und Polymerie, wonach es chemische Verbindungen von gleicher procentischer Zusammensetzung, aber ganz verschiedenen Eigenschaften gibt, lassen sich am einfachsten erklären durch die Annahme, dass dieselben Atome sich in verschiedene Anordnung zu einem Molekül vereinigen können. — Mit der räumlichen Anordnung der Atome in den Molekülen beschäftigt sich ein Zweig der Chemie, die von Van't Hoff begründete Stereochemie. Eine anschauliche Erklärung ganzer Gebiete von physikalischen Erscheinungen ermöglicht die Annahme von Atomen und Atomcomplexen (Molekülen). Für Kohlenoxyd bildet

glühendes Eisen keine absperrende Wand; glühendes Platin wird von Wasserstoff durchwandert, gerade wie der poröse Thon von der Luft. Alle diese Erscheinungen von Durchdringung weisen unfehlbar auf discrete Theilchen der Materie hin. Zu derselben Ueberzeugung führen uns die Thatsachen der Krystallographie. Wenn die Biegungs- und Torsionselasticität, die Zugfestigkeit und der Widerstand gegen Auflösung, wenn die optischen, die thermischen, die elektrischen und die magnetischen Eigenschaften sich verschieden erweisen je nach der Richtung im Krystall, längs deren sie untersucht werden, so bietet sich uns kaum eine andere Möglichkeit der Erklärung dar als die, dass der Krystall aus getrennten Theilchen aufgebaut ist, und dass die verschiedene Anordnung derselben nach den verschiedenen Richtungen hin jene Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften von der krystallographischen Richtung bedinge. Derartige Erscheinungen legen die Annahme nahe: die ponderable Materie bestehe aus getrennten Theilchen.

Weitere physikalische Untersuchungen vervollständigen genannten Satz dahin: Die einen ponderablen Körper zusammensetzenden Theilchen sind in beständiger Bewegung begriffen. Für diese zweite Annahme ist folgendes maassgebend. Man weiss seit langer Zeit, dass immer Wärme erzeugt wird, wenn die Energie eines bewegten Körpers ohne anderweitige Arbeitsleistung verschwindet, wie es der Fall ist, wenn ich mit einem Hammer auf ein Stück Blei oder Eisen schlage. Das Eisen oder das Blei wird sich erwärmen. Was ist in diesem Falle natürlicher als die Annahme, die äussere uns sichtbare Massenbewegung des Hammers sei lediglich auf die kleinsten Körpertheilchen übertragen, sie sei, wie der moderne Physiker sich ausdrückt, in Molecularbewegung umgewandelt worden. Eine ganz einfache Folge dieser Auffassung ist es wieder, dass wir die höhere oder niedrigere Temperatur eines Körpers als bedingt durch die grössere oder geringere Geschwindigkeit der molecularen Bewegungen ansehen. Derartige Erwägungen haben die Physiker, wie Clausius, Maxwell, Boltzmann u. A. zu einer rein kinetischen Deutung der verschiedenen Aggregatzustände der Körper geführt. Allgemein bekannt ist in dieser Beziehung die von Clausius in Bonn zuerst eingehend begründete „kinetische Gastheorie.“ Diese Theorie sieht die Gase, z. B. unsere atmosphärische Luft, als eine Summe freibeweglicher Atom-complexe oder Moleküle an. Die durchschnittliche Entfernung der Moleküle ist zwar ganz ungemein klein, hingegen mit den Dimensionen der Moleküle und der Atome verglichen sehr gross, so dass die

gegenseitige Anziehung der kleinsten Theilchen eine nennenswerthe Wirkung nicht mehr auszuüben vermag. So fliegen die Theilchen wie abgeschossene Flintenkugeln geradlinig dahin, oder exacter in Folge der Erdanziehung in parabolischer Curve, bis sie aneinander oder an die Gefässwand, von welcher sie eingeschlossen sind, anstossen. Der Druck eines Gases wird so durch die Stösse der Moleküle auf die Gefässwand erklärt. Aus der Grösse des Druckes konnte Clausius die Geschwindigkeit berechnen, mit der die Gasmoleküle und die Atome sich durchschnittlich bewegen. Der kinetische Mittelwerth der Moleculargeschwindigkeit bei  $0^{\circ}\text{C}$ . ist beim Wasserstoff am höchsten, und beträgt dort 1843 *m* pro Secunde. Der Durchmesser eines Gasmoleküls beträgt durchschnittlich 0,2 Milliontel Millimeter. 640 Trillionen Wasserstoff wiegen zusammen ein Milligramm! Derartige, unsere Vorstellungskraft weit übersteigende Zahlen machen selbstverständlich nicht Anspruch auf höchste Genauigkeit, sondern sie sollen uns nur einen Begriff von der Grössenordnung der Atome und der Moleküle ermöglichen. Ausdrücklich möchte ich erwähnen, dass sehr verschiedene Methoden, elektrische, optische, thermodynamische, sowie Folgerungen aus der inneren Reibung der Gase und aus der Oberflächenspannung zu der gleichen molecularen Grössenordnung führen.

In der modernen Physik gewinnt die sogenannte corpusculare Vorstellung vom Wesen der Elektrizität immer weiteren Boden: eine Anschauung, welche bereits der grosse Göttinger Physiker Wilhelm Weber geäussert hat. So sind nach der modernen Anschauung Aether, ponderable Materie und Elektrizität gleichsam die Bausteine, aus denen der Physiker die Welt sich zusammengesetzt denkt. Man nimmt nun an, dass dasjenige geheimnissvolle Agens, welches wir Elektrizität nennen, atomistisch aufgetheilt sei, dass also die Elektrizität aus zwar sehr kleinen, aber doch ganz bestimmten Elementarquanten zusammengesetzt sei, ähnlich wie wir uns die ponderable Materie aus Atomen und Molekülen aufgebaut denken. Haften nun solche bestimmte elektrische Ladungen oder Quanten an der Valenzstelle eines körperlichen Atoms, so machen sie dieses zu einem *Jon*, welches unter der Wirkung einer äusseren elektromotorischen Kraft zu wandern vermag. Diese Auffassung ist von grosser Bedeutung für das Verständniss der Elektrolyse und der sog. elektrolytischen Leitung. In jeder Lösung finden sich bereits freie *Jonen*. — diesen Zustand nennt man elektrolytische Disso-

ciation. Die Leitung eines elektrischen Stromes durch eine solche Lösung (Elektrolyt) besteht nun darin, dass unter dem Einflusse der an den Elektroden — bei dem bekannten „Bunsen-Element“ bilden Zink und Kohle die Elektroden — aufgehäuften Elektrizitätsmengen die freien elektrisch geladenen *Jonen* sich nach den Elektroden hinbewegen, und zwar die mit positiver Elektrizität behafteten stromabwärts zur negativen Elektrode (Kathode), und die mit negativer Elektrizität geladenen stromaufwärts zum positiven Pol oder zur Anode.

Ganz neue physikalische Untersuchungen über sog. Kathodenstrahlen und über gewisse von den Uran- und Thorverbindungen ausgehende Wirkungen weisen nun darauf hin, dass wir es bei den genannten Phänomenen mit fortgeschleuderten kleinsten Elektrizitätsmengen zu thun haben. Diese kleinsten Elektrizitätsquanten wollen wir mit Prof. Dr. Wiechert in Göttingen „Elektrons“ nennen. Der bekannte englische Physiker J. J. Thomson in Cambridge nennt sie „Korpuskeln“. Diese kleinen Elektrizitätsquanten sind nämlich — wenigstens sprechen dafür sehr viele Beobachtungen und von J. J. Thomson, Kaufmann, Wiechert u. A. vorgenommene Messungen — immer an träge Massen gebunden, welche freilich noch tausendmal kleiner als selbst Wasserstoffatome sind.

Am evidentesten führen die sog. Kathodenstrahlen zur Annahme von den mit Elektrizität behafteten unendlich kleinen Massentheilchen, den Elektrons. Wie entstehen nun Kathodenstrahlen? Denken wir uns ein gläsernes Rohr, welches mit einer Quecksilberpumpe verbunden ist, so dass die Luft theilweise oder fast ganz entfernt werden kann. In die Glaswand der Röhre seien Metalldrähte eingeschmolzen, welche als Elektroden dienen (als Strombahnen), um die Elektrizität nach dem Innern des Rohres zu führen. Wenn der Luftdruck der gewöhnliche Atmosphärendruck von 760 oder mehr Millimeter ist, dann besteht die Form der elektrischen Entladung in der an den Blitz erinnernden zickzackförmigen Funkenlinie. Wird aber die Luft in der Röhre bedeutend verdünnt, dann verschwindet der Funke, und dafür tritt eine breite Luminescenz-Erscheinung auf. In der Nähe der mit dem positiven Pol eines Funken-Inductoriums verbundenen Elektrode sieht man regelmässige Maxima und Minima des Leuchtens oder der Luminescenz. An der zweiten Elektrode, welche mit dem negativen Pol des Inductoriums verbunden ist, an der Kathode, nimmt man das sog. „Kathodenlicht“ wahr, welches durch einen dunklen

Raum von dem positiven oder dem Anodenlicht getrennt ist. Das Kathodenlicht bildet ein kleines Lichtfleckenchen an der Kathode. Verdünnt man die Luft im Rohre weiter, so wird der Lichtfleck grösser und bedeckt bald die scheibenförmige Kathode in Form eines leuchtenden Häutchens. Je geringer nun der Druck in der Röhre wird, umso mehr nimmt die Dicke des Lichthäutchens zu, während gleichzeitig das Licht des positiven Pols immer weniger intensiv wird. Wenn die Luftverdünnung in der Röhre so weit getrieben ist, dass in der Röhre nur mehr  $\frac{1}{1000}$  mm Luftdruck herrscht, dann verschwindet das positive Licht fast vollständig, während die der Kathode (dem negativen Pol) gegenüberliegende Glaswand selbst beginnt, Licht auszusenden, d. h. zu phosphoresciren. Der bekannte Mathematiker Plücker in Bonn war der erste, welcher im Jahre 1859 diese Phosphorescenz beobachtete. Hittorf, ein Schüler Plücker's, schloss aus seinen Versuchen, dass die Kathodenstrahlen — denn so nannte später Goldstein das Agens, welches die Luminescenz des Glases hervorruft — in einer senkrechten Richtung von der Kathode ausgehen. Neuestens hat freilich Wehnelt experimentell dargethan, dass auch Kathodenstrahlen existiren, welche in der Entladungsröhre parallel der Rohrachse ganz unabhängig von der Lage der Kathode verlaufen.

Was sind nun die Kathodenstrahlen? Ueber das Wesen der Kathodenstrahlen waren unter den Physikern anfangs zwei Theorien geltend: die Aethertheorie und die Molecular- oder Emissionstheorie. Die Aethertheorie betrachtet die Kathodenstrahlung entweder als eine von der Kathode ausgehende Wellenbewegung des Aethers oder mit Helmholtz als Aetherwirbelringe im elektromagnetischen Felde. Die heute fast ausnahmslos angenommene Molecular- oder Emissionshypothese sieht die Kathodenstrahlung als die Bahn eines Stromes von negativ elektrisirten Theilchen an, welche sich, so lange keine magnetische Kraft auf sie einwirkt, geradlinig und mit grosser Geschwindigkeit von der Kathode (dem negativen Pol) fortbewegen; die Kathodenstrahlentheilchen, die Elektrons, haben wohl ihre grosse Geschwindigkeit unter dem Einflusse des intensiven elektrischen Feldes erlangt, welches in der Nähe der Kathode vorhanden ist. Die zuerst von W. Crookes, später von J. J. Thomson, Wiechert, Kaufmann, Lenard u. A. aufgestellte Emissionstheorie erklärt fast sämmtliche Phänomene der Kathodenstrahlung auf die einfachste Weise. Sie erklärt die merkwürdige Erscheinung,

dass in einem homogenen Magnetfeld die Bahn der Kathodenstrahlen gekrümmt ist, so dass Schatten undurchsichtiger Körper beim Nähern eines Magnetes sich örtlich verschieben. Nun wissen wir aus vielen Versuchen, dass mit negativer Elektrizität geladene ponderable Massen durch ein magnetisches Kraftfeld eine ganz bestimmte, berechenbare Ablenkung erfahren. Es liegt also der Schluss ganz nahe, dass die magnetisch ablenkbare Kathodenstrahlung in einem Strom mit negativer Elektrizität geladener Massentheilchen bestehe. Wie magnetische Kraftfelder, so lenken natürlich auch elektrische die Kathodenstrahlentheilchen ab. Nach der Emissionstheorie muss die elektrische und magnetische Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlentheilchen mit ihrer Geschwindigkeit variiren. Durch geeignet wirkende elektrische und magnetische Kräfte lässt sich die Fluggeschwindigkeit der Elektrons erhöhen und erniedrigen. Lenard hat nun in der That nachgewiesen, dass sich dann wirklich die magnetische und elektrische Ablenkbarkeit ändert. Den evidentesten Beweis dafür, dass ein Strahl negativ geladener Theilchen die Kathodenstrahlen beständig begleitet, liefern die Versuche des französischen Physikers Perrin, durch welche gezeigt wurde, dass, wenn wir die Kathodenstrahlen auffangen, wir zu gleicher Zeit eine Ladung negativer Elektrizität erhalten, und dass, wie wir die Kathodenstrahlen durch magnetische oder elektrische Kraftfelder auch immer ablenken mögen, wir sie doch nicht von der negativen elektrischen Ladung zu trennen vermögen.

Die starke Erwärmung der Körper unter dem Einflusse der Kathodenstrahlen lässt sich dadurch erklären, dass der betreffende Körper durch das Bombardement der Kathodenstrahlentheilchen erhitzt wird, wobei die kinetische Energie der Elektrons in Wärme verwandelt wird. Die mechanischen Wirkungen der Kathodenstrahlen, das Treiben kleiner Aluminiumflügel, finden in dem Stoss der auffallenden Kathodenstrahlentheilchen ihre einfachste Erklärung.

Die Versuche von J. J. Thomson in Cambridge, Dr. W. Kaufmann und Dr. Wiechert in Göttingen haben unsere Kenntnisse inbezug auf die quantitativen Verhältnisse der Kathodenstrahlen sehr erweitert. Durch eine streng logische Combination von Messungen über die beim Stosse der Theilchen erzeugte Wärme und über die Grösse der Krümmung der Bahn der Strahlen in einem homogenen magnetischen Felde gelang es, sehr wichtige numerische Daten abzuleiten. Auf diese Weise wurde ein Werth für die Geschwindigkeit erhalten, mit der die Elektrons von ihrem Ausgangspunkt fortfliegen. Es ergab

sich hier, dass die Kathodenstrahlentheilchen eine Geschwindigkeit von 100,000 Kilometer pro Secunde bei einem Entladungspotential (Entladungsspannung) von 10,000 Volt besitzen. Ferner wurde aus den Messungen die elektrische Ladung, welche die Elektrons im Verhältniss zu ihrer Masse haben, bestimmt. Aus dieser Grösse selbst lässt sich nun in einfacher Weise die Masse eines Elektrons zu  $3 \cdot 10^{-26}$  d. i.  $\frac{1}{300}$  Quadrillion eines Gramms berechnen. Das wäre also das in verschiedenen Phänomenen in Action tretende kleinste Massentheilchen. Wenn wir diese uns ganz unvorstellbare Kleinheit der Kathodenstrahlentheilchen (Elektrons) in Betracht ziehen, so wird es uns leicht begreiflich, dass die Kathodenstrahlen dünne Metallhäute durchdringen, wie bekanntlich Lenard zuerst gezeigt hat; dass sie sich in Gasen nicht geradlinig, sondern diffus fortpflanzen. Jedes ponderable Atom und Molekül bildet für die noch weit kleineren Elektrons ein bedeutendes Hinderniss. Vor nicht langer Zeit hat Zeemann gezeigt, dass die von einer Lichtquelle ausgesandten Schwingungen durch den Magnetismus in einem magnetischen Felde beeinflusst werden. Aus der mathematischen Analyse des zunächst den Physiker interessirenden Zeemann'schen Phänomens erhält man für die Grösse der Elektrons die nämlichen Zahlen wie aus der Analyse der Kathodenstrahlen.

Aber noch andere Phänomene führen zu der gleichen unendlich kleinen Auftheilung der Materie wie die Kathodenstrahlen. Seit dem Jahre 1896 ist durch die Arbeiten des französischen Physikers H. Becquerel bekannt geworden, dass von den Uran- und Thorverbindungen, namentlich von der Uranpechblende, einem uranhaltigen, namentlich in Böhmen vorkommenden Mineral eine gewisse Wirkung ausgeht, welche wegen der geradlinigen Fortpflanzung als eine Strahlung bezeichnet wurde. Diese Uran- und Thorstrahlen wirken auf die photographische Platte und durchdringen mit grosser Leichtigkeit dichte Körper (Holz, Metalle, Fleisch usw.) wie die Röntgenstrahlen. Im Laufe der Zeit hat man durch viele Versuche gefunden, dass in den Uran- und Thorverbindungen vorzüglich drei Substanzen enthalten sind, von denen genannte Wirkungen ausgehen. Diese activen Substanzen sind: das *Polonium*, in seinen chemischen Reactionen mit dem Wismuth übereinstimmend; das *Radium*, dessen chemische Reactionen denen des *Barium* ähnlich sind, und endlich das in seinem chemischen Verhalten mit dem Elemente *Titan* übereinstimmende *Actinium*. Ob genannte radioactive Substanzen chemische Elemente

sind, wissen wir einstweilen noch nicht. Die von *Actinium* und *Polonium* emittirte Strahlung ist vollständig ähnlich der sog. Röntgenstrahlung. Dagegen sendet *Radium* zwei Arten von Strahlen aus, von denen die einen identisch mit den Röntgenstrahlen sind, während die anderen in ihrem physikalischen Verhalten mit den Kathodenstrahlen übereinstimmen und durch elektrische und magnetische Kraftfelder abgelenkt werden<sup>1)</sup>. In diesen magnetisch und elektrisch ablenkbaren *Radium*-Strahlen haben wir wie bei den Kathodenstrahlen mit negativer Elektrizität behaftete unendlich kleine Massentheilchen, sog. Elektrons vor uns. Aus den Ablenkungsversuchen im magnetischen Felde konnte H. Becquerel bei den von *Radium* emittirten Elektrons die nämliche Grössenordnung constatiren wie bei den Kathodenstrahlentheilchen.

Zusammenfassung: Gewisse physikalische Erscheinungen, wie die elektrischen Entladungserscheinungen in gasverdünnten Räumen und die von den Uran- und Thorverbindungen ausgehenden, strahlenähnlichen Wirkungen weisen auf eine in's unendlich-kleine sich erstreckenden Auftheilung der ponderablen Materie hin. Grössere Massenconglomerate

<sup>1)</sup> Von Herrn Dr. Giesel in Braunschweig habe ich ein sehr wirksames *Radium*-Präparat erhalten. Ich liess die von diesem *Radium*-Präparat ausgehenden Strahlen durch ein magnetisches Kraftfeld — das Kraftfeld stellte ich mit einem sehr kräftigen Elektromagneten von Kohl in Chemnitz her — gehen. Dadurch wurden die den Kathodenstrahlen ähnlichen *Radium*-Strahlen abgelenkt. Auf diese Weise konnte ich mit jeder der beiden von *Radium* emittirten Strahlungen gesondert arbeiten. Die nicht ablenkbaren, den Röntgenstrahlen ähnlichen *Radium*-Strahlen durchdrangen noch mit Leichtigkeit eine vier Millimeter dicke Eisenplatte und eine 20 mm dicke Quecksilberschicht. Meine Arbeiten über die von Giesel's Präparat emittirten Strahlen finden sich veröffentlicht in der „Physikalischen Zeitschrift“ v. Dr. Riecke u. Dr. Simon. Bd. II. S. 33—34 1900 und in „Natur u. Offenbarung“, Bd. 46. (1900) S. 577—596; S. 714—725. — Geradezu geheimnissvoll ist die lange Dauer der Strahlung und die Quelle der Strahlungsenergie. Ein Uranpräparat besitze ich jetzt über 2 Jahre und das von Dr. Giesel befand sich in meinem Laboratorium vom 11. Februar bis 20. September 1900. Bei keinem Präparat konnte ich eine Abnahme der Strahlungsintensität beobachten. Woher nehmen die radioactiven Verbindungen ihre Strahlungsenergie? Vielleicht ist die langsame Umwandlung aus einem instabilen in einen stabileren Zustand die Quelle der Strahlungsenergie!

müssen wir uns zusammengesetzt denken aus Molekülen, die Moleküle sind aus Atomen constituirt. Die uns namentlich bei den chemischen Umwandlungen entgegretenden Massentheilchen oder Atome hat man bisher für unveränderlich und im gewissen Sinne für untheilbar gehalten. Gerade die neuesten physikalischen Forschungen zeigen evident, dass das Atom ein aus kleineren Massentheilchen zusammengesetztes Gebilde ist. Das Atom ist nämlich zusammengesetzt aus mehreren unendlich kleinen, mit Elektrizität behafteten Massentheilchen, welche wir Elektrons mit Wiechert oder Corpuskeln mit J. J. Thomson nennen wollen. Nach den Berechnungen der kinetischen Gastheorie ist das Gewicht eines Wasserstoffatoms  $8.3 \cdot 10^{-25}$  gr, d. i.  $\frac{8.3}{10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000}$  gr, während die Masse eines Elektrons oder eines Corpuskel höchstens  $3 \cdot 10^{-26}$  gr beträgt. Wir haben gesehen, dass gewisse chemische Verbindungen Elektrons oder Corpuskeln beständig emittiren, ferner wissen wir aus vielen Versuchen, dass in der Nähe erhitzter Drähte und von ultraviolettem Lichte bestrahlter Metallplatten Elektrons (Corpuskeln) frei werden. Daraus folgt eine perpetuirliche Dissociation (Auflösung, Abbruch) und zugleich ein ebenso beständiger Aufbau von Materie. Bei bestimmten Phänomenen werden Moleküle oder bezw. Atome irgend einer chemischen Verbindung fortwährend abgebrochen dadurch, dass sie Elektrons (Corpuskeln) abgeben, und fortwährend aufgebaut dadurch, dass sie andere Corpuskeln wieder aufnehmen.

In neuerer Zeit ist zuerst von Altmann der Versuch gemacht worden, in der organisirten, lebenden Zelle selber sog. Elementarorganismen, d. h. die kleinsten Theilchen, an welche das Leben gleichsam gebunden scheint, nachzuweisen. Altmann bezeichnet diese Elementarorganismen als „Bioblasten“. Die „Bioblasten“ sollen die eigentlich lebendigen Elemente in der Zelle vorstellen, die den Sitz der Lebenserscheinungen bilden. Der bekannte Pflanzenbiologe Dr. Wiesner nennt diese Elementarorganismen „Plasome“, Verworn nennt sie „Biogene“<sup>1)</sup> Mag man die Elementarorganismen nennen wie man will: jedenfalls weisen die neuesten Untersuchungen in der Biologie und Physiologie auf die Existenz solcher Theilchen hin.

<sup>1)</sup> Altmann, Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. Leipzig. 1890. Wiesner, Die Elementarstructur und das Wachsthum der lebenden Substanz. Wien. 1892. Verworn, Allgemeine Physiologie. Jena. 1895. 1 Aufl.

Wir haben also folgende Constitution der belebten und der unbelebten Materie nach den neuesten Forschungen anzunehmen:

Belebte Materie: Zelle — Nucleus — Nucleolus — Bioblast (Elementarorganismus).

Unbelebte Materie: Molekül — Atom — Elektron (Corpuskel).

Diese auf Empirie gegründete Anschauung über die Constitution der Materie muss auch für den Philosophen interessant sein. Es lässt sich nämlich die Molecularhypothese oder die Anschauung von der Theilung der Materie in Atome und Elektrons sehr gut vereinigen mit der Annahme einer stetig den Raum erfüllenden Materie, mit der Continuitätshypothese. Der Versuch dieser Vereinigung stammt von dem geistreichen Mathematiker und Physiker William Thomson (jetzt Lord Kelvin). Unter den Flüssigkeitsbewegungen gibt es eine, die sog. Wirbelbewegung, die sich durch merkwürdige Eigenschaften auszeichnet. Ein geschlossener Complex von Theilen der Flüssigkeit, die zusammen eine Wirbelbewegung ausführen — ein Wirbelring kann, wenn es sich um eine ideale Flüssigkeit handelt, weder vergehen noch neu entstehen, noch einzelne Theile einbüßen, noch neue Flüssigkeitstheile aufnehmen, er kann seine Grösse und Gestalt wechseln, sich ausdehnen oder zusammenziehen, wie wenn er elastisch wäre; dabei ist ein solcher Wirbelring ein zeitlich und räumlich selbständiges Ganzes; er hat die Eigenschaft denkbar mannigfaltigster Qualität. Das sind Eigenschaften, welche wir von dem kleinsten Massentheilchen fordern. Nehmen wir den elektromagnetischen Aether als eine incompressible, reibungslose Flüssigkeit an, in welcher äusserst kleine Wirbelringe bestehen, dann sind diese Wirbelringe die Elektrons, und Complexe von Wirbelringen, die in der verschiedensten Weise verkettet oder verschlungen sein können, sind die Atome und Moleküle. Der grosse Vorzug dieser physikalischen Analogie liegt eben darin, dass die Materie bei ihr ein Continuum bildet und zugleich aus wirklichen, nicht blos gedachten kleinsten Theilchen besteht.

Die Annahme des elektromagnetischen Aethers als einer incompressiblen, reibungslosen Flüssigkeit würde nicht gegen die Gesetze unserer Mechanik verstossen. Die mathematische Analyse zeigt, dass die Bewohner einer Welt, welche in molecularer Weise construiert ist aus beliebig vielen, in einer reibungslosen incompressiblen Flüssigkeit schwimmenden Kugeln, durch das Studium der ihnen zugänglichen

Bewegungserscheinungen zu dem Resultate kommen müssten: Unter den getrennten Körpern sind Wirkungen in die Ferne thätig, und alle Bewegungen in dieser Welt verlaufen in Uebereinstimmung mit den Principien der Galilei-Newton'schen Mechanik. Dabei dürfen die schwimmenden Kugeln in ganz beliebiger Weise gruppirt sein und sich in verschiedenster Bewegung befinden.<sup>1)</sup>

Die von dem mathematischen Physiker construirte Aussenwelt ist zunächst immer ein Erzeugniss des menschlichen Geistes; jene Aussenwelt ist nicht die Aussenwelt selber, sondern die vom Geiste gedachte Aussenwelt. So wollte schon der geniale Maxwell seine bekannten mechanischen Constructionen von den elektromagnetischen Erscheinungen als ein bloßes Bild der Natur aufgefasst wissen, als eine sog. physikalische Analogie. Unter einer solchen Analogie versteht Maxwell jene theilweise Aehnlichkeit zwischen den Gesetzen eines Erscheinungsgebietes mit denen eines anderen, welche bewirkt, dass jedes das andere illustriert. Solche Analogien wären z. B. Brechung der Bahn einer in's Wasser geschossenen Flintenkugel, des Lichtes und der elektrischen Kraftlinien. Wasserstrom, Wärmestrom und elektrischer Strom in Leitern.<sup>2)</sup>

Die Theilung der Materie in's unendlich-kleine, welche uns die Physik und die Chemie zeigen, tritt uns auch in der Astronomie wieder entgegen. Im Himmelsraum sehen wir in den leuchtenden Sonnen Klumpen ponderabler Materie von riesigen Dimensionen, in den kleinen Asteroiden, in den Meteoriten, in den Sternschnuppen (Meteoroiden) und im „kosmischen Weltstaub“ erblicken wir gleichsam die „Atome“ unseres Fixsternsystems.

Die Mathematik, welche den menschlichen Verstand über die wechselnden Sinnesphänomene emporhebt zur Erfassung des unwandelbaren Wesens der Dinge, zeigt uns die im Naturgeschehen liegende strenge Gesetzlichkeit. In diesem Sinne bewahrheiten sich die Worte des Aristoteles: *Τὸν ὅλον οὐρανὸν ἀρμονίαν εἶναι ἐπέλαβον καὶ ἀριθμὸν.*<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Vgl. V. Bjerknes, Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte. Leipzig. 1900. Bd. I. — <sup>2)</sup> Vgl. Maxwell, Scient. pap. vol. I. p. 155 u. „Ueber Faraday's Kraftlinien“ v. Clerk Maxwell; übers. v. Boltzmann. Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften. Nr. 69, S. 4 f. — <sup>3)</sup> *Metaph.* I, 5.