

Kann man Atome wahrnehmen?

Von

Prof. Dr. Heinrich Mache.

Vortrag, gehalten den 11. Februar 1914.

Mit 2 Abbildungen im Texte und 3 Tafeln.

Meine Damen und Herren!

Ein Wiener Professor der Philosophie, der einmal einen allgemein verständlichen Vortrag über metaphysische Themen hielt, fand nachher in dem Fragekasten, den er nach Beendigung seines Vortrages umhergehen ließ, einen Zettel mit der lapidaren Frage: „Gibt es nun einen Gott? Ja oder nein!“ In einer ähnlichen Lage fühle ich mich heute vor Ihnen, da ich mir vorgenommen habe, über Atome zu sprechen, ja meine Lage ist insoferne schwieriger, als die Sprache der Physik kein Ausweichen gestattet. Sie sind im vollen Rechte, auf die Frage: „Gibt es Atome oder nicht?“ eine bündige Antwort zu verlangen. Nun, die Antwort, die Ihnen der moderne Physiker auf diese Frage geben kann, ist ein überzeugtes „Ja!“ Mehr noch! Die Gründe, auf welche sich diese Überzeugung stützt, sind in jüngster Zeit auch für den Nichtfachmann so weit einleuchtend geworden, daß ich zu hoffen wage, auch Sie durch die folgenden Ausführungen von der wirklichen realen Existenz des Atoms und damit von der Berechtigung des atomistischen Weltbildes überzeugen zu können.

Eine solche Überzeugung kann fast nur durch unsere Sinneswerkzeuge begründet werden. Theoretische Er-

wägungen können nur für den Fachmann gelten. Was man sieht oder was man greifen kann, von dessen Existenz ist hingegen jeder überzeugt.

Kann man nun ein Atom sehen? Im Sinne des gewöhnlichen Sprachgebrauches wohl nicht, weder mit freiem noch mit bewaffnetem Auge. Die Sichtbarkeit eines Gegenstandes wird ja durch Reflexion oder Absorption des auffallenden Lichtes bewirkt und diese Erscheinungen können nur an Körperchen auftreten, die gegenüber der Länge der Lichtwellen relativ groß sind. Objekte, deren Ausdehnung kleiner ist als etwa der hunderttausendste Teil eines Millimeters, können prinzipiell niemals direkt in gewöhnlichem Licht gesehen werden, auch bei stärkster Vergrößerung nicht. Den Durchmesser der Atome und Moleküle müssen wir aber noch etwa hundertmal kleiner ansetzen.

Kann man ein Atom greifen? Das wohl noch weniger! Versagt ja unser Tastsinn schon an Körperchen, die den Atomen gegenüber noch ungeheuer groß zu nennen sind, wie etwa den im Sonnenlicht wirbelnden Staubteilchen. Ebenso wenig ist das Atom durch seinen Gewichtsdruck wahrnehmbar. Es gehen ja etwa tausend bis hunderttausend Trillionen Atome auf das Gramm.

Wie steht es also da mit der Wahrnehmbarkeit des Atoms? Nun trotzdem läßt sich behaupten, daß die Atome wahrnehmbar sind, nicht die ruhenden, wohl aber die bewegten, und zwar nicht sichtbar und greifbar als solche, aber wahrnehmbar durch die sichtbaren und greifbaren Wirkungen, die jedes einzelne für sich ausübt. Auch in

diesem Falle läßt sich mit vollem Recht von einem Sichtbarwerden des Atoms sprechen. So wie eine Flintenkugel¹⁾ in hundert Metern Abstand vom Auge nicht mehr wahrgenommen wird, wenn sie ruht, aber sich durch das Pfeifen verrät, das sie im Fluge durch die Luft erzeugt, oder durch das Loch, das sie in ein Brett schlägt, oder durch das Aufwirbeln von Sand und Staub, wo sie den Boden trifft, so sind wir auch imstande, das bewegte Atom genau auf seinem Wege zu verfolgen, seine Durch- und Einschlagsstellen zu sehen, seine Bahn zu fixieren und so zu der Einsicht von seiner materiellen Existenz zu gelangen. Deshalb wollen wir uns im folgenden nicht mit dem ruhenden Atom beschäftigen, sondern mit dem rasch bewegten, dem sogenannten Atomstrahl.

Die Ansicht, daß Materie unter gewissen Umständen kleinste Teilchen, aus denen sie besteht, mit großer Geschwindigkeit abschleudern könne, ist sehr alt. Newton, der Entdecker der Gravitation, nahm an, daß ein stark erhitzter Körper darum glüht, weil von ihm aller kleinste Teilchen, Korpuskeln, wie er sie nannte, mit enormer Geschwindigkeit ausgeschleudert werden, die beim Auftreffen auf die Netzhaut des menschlichen Auges dort den Lichtindruck erzeugen. Die Untersuchungen von Fizeau, Fresnel und Hertz haben diese Hypothese widerlegt und

¹⁾ Die Einführung und Durchführung dieser Analogie findet sich schon in einem Vortrage, den Prof. H. Geitel im Verein für Naturwissenschaft in Braunschweig (Vieweg, 1913) gehalten hat und der auch in bezug auf die Disposition als Vorbild diente.

das Licht als eine elektromagnetische Welle, analog den in der drahtlosen Telegraphie verwendeten, erkennen lassen. Auch das Röntgenlicht, von dem man es eine Zeitlang nicht für ausgeschlossen hielt, daß es fortgeschleuderte Materie sein könnte, erwies sich als elektromagnetischer Impuls, also als eine Lichtart, die sich allerdings zum gewöhnlichen Licht verhält wie etwa ein hoher Ton zu einem sehr tiefen. Aber wenn auch nicht auf dem Gebiete der Optik, so kam doch die Hypothese Newtons von der Existenz korpuskularer Strahlung in den letzten Dezennien auf einem anderen Gebiete zur unumschränkten Geltung.

Es ist nun schon 17 Jahre her seit der Entdeckung des ersten radioaktiven Körpers durch H. Becquerel. Seitdem ist die Zahl der bekannten radioaktiven Stoffe auf mehr als 30 gestiegen und der Umfang der Disziplin, die sich ihre Erforschung zur Aufgabe macht, etwa auf den der Optik oder der Wärmelehre. Wir wissen jetzt, daß das Atom jedes chemischen Elementes ein außerordentlich zusammengesetztes Gebilde ist, das aus Helium-, vielleicht auch aus Wasserstoffatomen und noch kleineren Teilchen besteht, die sich innerhalb des Atoms in sehr lebhafter Bewegung befinden. In den gewöhnlichen chemischen Elementen sind die Kräfte, welche die Bestandteile des Atoms aneinanderhalten, stark genug, um trotz der lebhaften Bewegung dieser Bestandteile ein Losreißen eines einzelnen von ihnen ganz zu verhindern oder doch nur äußerst selten zuzulassen. Anders bei den radioaktiven Elementen, wie Uran und Thorium oder dem Radium,

dessen spätere Entdeckung zuerst die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf dieses neue Gebiet wissenschaftlicher Forschung lenkte. Diese Elemente, die sich durch besonders hohes Atomgewicht auszeichnen, also im voraus auf einen besonders komplizierten Bau des Atoms schließen lassen, sind instabil, das heißt das Atom verliert bisweilen einen seiner Bestandteile. Da der Bestandteil schon vor dem innerhalb des Atoms in lebhafter Bewegung war, so fliegt er, aus dem Atomverband befreit, geradlinig hinaus wie eine Kugel aus dem Rohr, bis er auf ein Hindernis trifft, das er zertrümmert, durchbohrt oder in dem er stecken bleibt, je nach Art des Hindernisses und des Aufpralls.

Diese aus dem Atom radioaktiver Elemente sich losreißenden, mit großer Geschwindigkeit fortfliegenden Teilchen sind die Korpuskular- oder Atomstrahlen, mit denen wir uns beschäftigen wollen. Ihr Studium war schon lang vor der Entdeckung der radioaktiven Erscheinungen begonnen worden, da auch von den Atomen des Metalles, das die sogenannte Kathode, d. h. den negativen Pol eines Vakuumrohres bildet, unter dem Einflusse elektrischer Kräfte derartige Strahlen, die sogenannten Kathodenstrahlen abgeschleudert werden. Dieses Studium hatte weiters auch zu dem Funde des Röntgenlichtes geführt. So waren durch die Forschung, vor allem durch die Arbeiten von Hittorf, Crookes, Thomson, Lenard, Röntgen u. a., die Vorbedingungen geschaffen worden, die ein rasches Verständnis der neuartigen Erscheinungen der Radioaktivität ermöglichten. Wir wissen jetzt, daß

die radioaktiven Substanzen Kathodenstrahlen und Röntgenlicht aussenden können, außerdem aber noch eine bestimmte Art von Strahlung, die zur Zeit besonders genau untersucht wird, die sogenannten α -Strahlen. Von ihnen wollen wir im folgenden am ausführlichsten sprechen.

Diese α -Strahlen sind nämlich nichts anderes als Heliumatome, die in bestimmter Zahl und mit wohldefinierter Geschwindigkeit aus den Atomen der radioaktiven Körper herausfliegen. Jedes Atom, welches ein Heliumatom verloren hat, erfährt natürlich eine entsprechende Verminderung seines Atomgewichtes (nämlich um das Atomgewicht des Heliums, also um 4) und dadurch auch eine völlige Veränderung seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften. Es wird zum Atom eines völlig anderen chemischen Elementes, mit in jeder Richtung anderen Eigenschaften, also auch mit anderem Spektrum. Was wir da vor uns haben, ist nichts anderes als die allerdings vollständig selbsttätige und unbeeinflussbare Umwandlung chemischer Elemente ineinander. So verwandelt sich das seit langem bekannte Metall Uran, an dem, wie schon erwähnt, zuerst radioaktive Eigenschaften entdeckt wurden, nach Verlust eines Heliumatoms in den neuen, chemisch elementaren Körper Uran-X, dieser in das Ionium, aus dem, wieder unter Abschleuderung eines Heliumatoms, das von dem Ehepaar Curie entdeckte Radium entsteht. Das Radium selbst geht nach Verlust eines Heliumatoms in ein Gas über, die sogenannte Radiumemanation, diese wieder in einen festen Körper, bis nach im ganzen achtmaligem Abschleudern

von Heliumatomen aus dem Uran ein beständiges, also nicht oder wenigstens nicht nachweisbar radioaktives Element entstanden ist, das das Atomgewicht des Bleis hat und das mit diesem wohlbekanntem Metall entweder identisch oder wenigstens nahe verwandt ist. Das vorletzte bekannte Produkt dieser Reihe ist das gleichfalls von den Curies aufgefundene Polonium. Es ist klar, daß ein Uranmineral wie das Pecherz von St. Joachimstal alle diese aus dem Uran entstehenden radioaktiven Körper enthält. Außer dieser Uranfamilie, die in einer Nebenlinie das Aktinium und dessen Abkömmlinge enthalten dürfte, gibt es noch eine zweite, die vom Thorium ihren Ausgang nimmt.

Es wurde eben gesagt, daß die α -Strahlen nichts anderes sind als mit großer Geschwindigkeit aus den Atomen radioaktiver Substanzen herausfliegende Heliumatome. Was ist nun das Helium, dessen Atome somit die Bausteine liefern, aus denen die anderen Elemente wenigstens zum Teil zusammengesetzt sind? Die Geschichte der Entdeckung des Heliums ist merkwürdig genug! Sie werden von den Protuberanzen der Sonne gehört haben, den ungeheuren Wasserstoffausbrüchen, welche man am bequemsten bei einer totalen Sonnenfinsternis, aber auch sonst mittels sinnreicher Methoden beobachten kann. Im Spektrum dieser Protuberanzen zeigte sich nun außer den drei für den Wasserstoff charakteristischen Linien im Rot, Grün und Blau noch eine vierte Linie im Gelb, in unmittelbarer Nachbarschaft der bekannten D-Linie des Natriumdampfes, aber von ihr in der Lage doch

zweifellos verschieden und mit keiner Linie eines bis dahin bekannten irdischen Elementes identisch. Man gab diesem neuen Sonnenstoff, für den offenbar wie für den Wasserstoff gasförmige Natur anzunehmen war, den Namen Helium. Es schien lange Zeit, als würde das Helium auf der Erde ganz fehlen, obwohl man anderseits Sterne fand, die hauptsächlich aus Helium bestehen. Es war dann das Verdienst von Lord Rayleigh und Ramsay, die im Jahre 1895 nachwiesen, daß gewisse seltene Minerale, vor allem der Cleveit, eine Art Pecherz, Helium eingeschlossen enthalten, das nach der chemischen Lösung des Minerals gewonnen werden kann. Es ist bemerkenswert, daß die heliumhaltigen Minerale alle Uran oder Thorium enthalten, so daß der Gedanke nahe liegt, daß das in ihnen gefundene Helium nichts anderes ist als die Summe der im Laufe der Jahrtausende von den im Mineral zerfallenden Substanzen abgefeuerten Heliumatome. Man hat sogar versucht, aus der Menge des gewonnenen Heliums auf das Alter des betreffenden Minerals zu schließen. So wie das Helium aus diesen Mineralen gewonnen wird, ist es ein farbloses und geruchloses Gas, das keinerlei chemische Verbindungen eingeht. Wegen dieser Eigenschaft wird es von den Chemikern träg oder inert genannt, wohl auch als Edelgas bezeichnet. Ramsay hat durch sorgfältige Analyse des Stickstoffs der atmosphärischen Luft bekanntlich noch einige andere derartige Gase gefunden, vor allem das Argon. Während nun aber das so gewonnene Helium im übrigen sich in nichts von einem anderen Gas unterscheidet, ist das Helium, welches

die radioaktiven Stoffe ausschleudern, dadurch ausgezeichnet, daß es eben zunächst eine ungeheure Geschwindigkeit besitzt, die es allerdings durch einen Vorgang, den wir gleich näher beschreiben werden, in der Regel rasch wieder verliert.

Wie können wir nämlich das Vorhandensein solcher α -Strahlen aus ihren Wirkungen nachweisen? Das bequemste, wenn auch nicht anschaulichste Hilfsmittel hiezu bietet das Elektroskop. Das Elektroskop besteht im wesentlichen aus einem in gut isolierendem Material (Ebonit oder Bernstein) befestigten Metallstab, an welchem auf beiden Seiten je ein Streifen Blattgold oder Aluminiumfolie befestigt ist. Wird dieses Elektroskop elektrisch geladen, so wird das ganze Metall, also auch die beiden leicht beweglichen Streifen gleichnamig elektrisch; sie werden sich abstoßen oder, da sie ja oben am Stab befestigt sind, sich ausspreizen und diese Divergenz wird so lange unverändert bestehen, als die elektrische Ladung unverändert anhält.

Die Luft, in der wir leben, und ebenso jedes andere Gas sind nun normalerweise Nichtleiter der Elektrizität, sogenannte Isolatoren. Denken wir uns etwa eine Metallkugel frei an einem Seidenfaden aufgehängt und durch Berühren mit einem geriebenen Glasstab positiv geladen, so bleibt diese Ladung durch lange Zeit auf der Kugel. Ebenso behält auch das Elektroskop in Luft unter normaler Umständen seine Ladung, das heißt, die Divergenz der Blättchen bleibt durch lange Zeit unverändert bestehen. Legen wir aber ein Präparat, das auch nur Spuren

von Radium enthält, in die Nähe des Elektroskops oder besser noch auf ein kleines Metalltischchen, das auf dem Stab des Elektroskops befestigt ist, so bemerken wir, daß die Divergenz nicht mehr anhält, daß also das Elektroskop rasch seine Ladung verliert. Die Luft in der Umgebung des Radiumpräparates ist somit aus einem Nichtleiter zu einem Leiter der Elektrizität geworden.

Man erklärt diese Erscheinung als Wirkung der vom Radium ausgesandten Strahlen, und zwar sind es vor allem wieder die α -Strahlen, welche die Erscheinung hervorrufen. Diese aus dem Atom der radioaktiven Substanz mit großer Geschwindigkeit herausgeschleuderten Heliumatome fliegen durch die Luft, prallen hiebei auf die kleinsten Teilchen, aus denen wir uns die Luft zusammengesetzt denken müssen, die sogenannten Moleküle und zerschlagen sie in zwei Teile, von denen der eine positiv, der andere negativ elektrisch geladen ist und die wir Ionen nennen (Ionten wäre die richtigere Pluralbildung!) Da das positive Ion ebenso hoch positiv geladen ist wie das negative Ion negativ, so ist das aus dem positiven und negativen Ion zusammengesetzte Molekül unelektrisch, oder, richtiger gesagt, elektrisch neutral. Hingegen werden sich die Ionen wie bewegliche elektrisch geladene Körper verhalten. War zum Beispiel das Elektroskop positiv geladen, so werden nach den Grundgesetzen der Elektrizitätslehre die frei gewordenen negativen Ionen durch die elektrischen Kräfte von allen Seiten auf das positiv geladene Elektroskop gezogen und neutralisieren, vernichten sehr

bald dessen Ladung. Die gleiche Rolle versehen die positiven Ionen für den Fall, daß das Elektroskop negativ geladen war.

Es liegt auf der Hand, daß die die Moleküle zertrümmernden Heliumatome bei dieser Arbeit an Energie und somit an Geschwindigkeit verlieren, daß sie sozusagen gebremst werden, bis sie in den letzten Zusammenstößen ihre Geschwindigkeit so gut wie ganz verlieren. Es wird dies nach Zertrümmern einer ganz bestimmten Anzahl von Molekülen, also nach Zurücklegen einer ganz bestimmten Luftstrecke der Fall sein, die man als Reichweite des betreffenden α -Strahles bezeichnet. Je größer die Energie, also auch die Anfangsgeschwindigkeit ist, mit der das Heliumatom aus dem zerfallenden Atom des radioaktiven Körpers ausgeschleudert wird, desto größer ist natürlich die Reichweite. Andererseits ist allgemein diese Anfangsgeschwindigkeit um so größer, je rascher der radioaktive Körper zerfällt, das heißt, je instabiler sein Atom ist. Es fliegt beispielsweise aus Radium der α -Strahl mit der enormen Geschwindigkeit von 16.000 Kilometersekunden aus (das ist rund $\frac{1}{20}$ der Lichtgeschwindigkeit), verliert in Luft aber diese Geschwindigkeit schon nach Zurücklegung eines Weges von 3·3 cm, wobei er allerdings nicht weniger als 75.000 Moleküle zu Ionen zerschlägt. Verdünnt man die Luft, so bleibt natürlich die Anfangsgeschwindigkeit und die Zahl der erzeugten Ionen die gleiche, doch wird die Reichweite größer, da das Heliumatom in der verdünnten Luft einen längeren Weg zurücklegen muß, bis es mit der gleichen Zahl von Molekülen wie früher kollidiert hat.

Umgekehrt wird der α -Strahl in komprimierter Luft oder in einem Medium, das dichter als Luft ist, stärker gebremst. Es genügen zum Beispiel schon drei Blatt gewöhnliches Stanniol, um das emittierte Heliumatom abzufangen. Trotz seiner enormen Geschwindigkeit ist eben seine Masse so klein, daß es die dicht gelagerten und schweren Atome der Metalle rasch zu bremsen vermögen.

Ich will hier, ehe wir weiter gehen, einen einfachen Versuch beschreiben, den Rutherford, der führende Physiker im Gebiete der Radioaktivität, dem wir die Theorie des Atomzerfalles verdanken, vor kurzem ausführte. Daß durch radioaktive Körper, welche α -Strahlen ausenden, Helium produziert wird, war schon vorher durch die Versuche von Ramsay und Soddy, Curie und Dewar, Debierne und von anderen sichergestellt worden. Es genügt hiezu, einige hundertstel Gramm eines Radiumpräparates in eine Seitenkammer eines Geißlerischen Rohres einzuschließen und das Rohr so luftleer zu pumpen als möglich. Ist das Vakuum hoch genug, so ist man nicht mehr imstande, eine elektrische Entladung durch das Rohr zu schicken. Wartet man aber einige Monate, so gelingt es wieder. Das Rohr hat sich inzwischen mit einem Gase gefüllt, das spektroskopisch als Helium erkannt wird. Daß es sich aber hierbei nicht um eine einfache Gasentwicklung handelt, sondern daß wirklich das Helium in den α -Strahlen mit großer Energie ausgeschleudert wird, hat Rutherford folgendermaßen gezeigt:

Es ist nicht schwer, ein kleines Glasröhrchen so dünnwandig herzustellen, daß die α -Strahlen, die, wie

früher erwähnt, durch drei Blätter gewöhnlichen Stanniols abgefangen werden, die dünne Wand des Glasröhrchens noch passieren können. Dabei ist aber die Glaswand noch immer dick genug, um gewöhnliches Gas nicht durchzulassen. Füllt man das Glasröhrchen einfach mit Helium und schließt es in ein weiteres Glasrohr ein, das als Geißler-Rohr hergerichtet ist, so kann man im äußern Röhr auch nach noch so langer Zeit kein Helium nachweisen. Für das ruhende Atom ist die Glaswand undurchdringlich. Anders aber, wenn man in das Glasröhrchen einen radioaktiven Stoff einschließt, der α -Strahlen aussendet. Man könnte Radium selbst verwenden. Rutherford benützte Radiumemanation, also das aus dem Zerfall des Radiums entstehende radioaktive Gas. Da zeigt sich, daß im äußern Rohr nach einiger Zeit das Heliumspektrum auftritt. Die in den α -Strahlen mit rund $\frac{1}{20}$ der Lichtgeschwindigkeit aus dem Atom des zerfallenden radioaktiven Stoffes abgeschossenen Heliumatome vermögen eben das dünne Glas zu durchdringen, wie etwa eine Flintenkugel ein Brett durchschlägt.

Rutherford hat auch den Nachweis erbracht, daß die Menge des produzierten Heliums mit der Zahl der emittierten α -Strahlen genau quantitativ übereinstimmt. Hierbei war nur eine Vorsicht zu beobachten, die auf Grund des eben geschilderten Versuches unmittelbar geboten erscheint. Das ausgeschleuderte Helium wird in die Wand des evakuierten Glasrohrs, in dem es aufgefangen und aus der Drucksteigerung gemessen werden soll, eindringen, im Glase stecken bleiben. Die Menge würde zu

klein gefunden. Das läßt sich in einfacher Weise vermeiden, indem man die Glaswand mit einer dünnen Schichte von Schwefel überzieht. Jetzt werden die Heliumatome in den Schwefel geschleudert und können nachher durch Schmelzen des Schwefels befreit werden.

Diese Tatsachen führen uns unmittelbar zu einer anderen Wirkung der α -Strahlen, deren Verständnis übrigens durch die analogen Wirkungen der Kathodenstrahlen sehr erleichtert worden war. Ein Amboß erwärmt sich bekanntlich unter den Schlägen eines Hammers, der Bremsklotz, der die Bewegung der Räder eines Eisenbahnzuges hemmt, wird heiß. So haben wir auch zu erwarten, daß die Substanzen, welche die Heliumatome bremsen oder abfangen, sich erwärmen. Wohl ist das Gewicht eines Heliumatoms nur sieben Quadrilliontel Gramm, aber die Wucht der Bewegung eines Körpers hängt nicht nur von der Masse, sondern auch von der Geschwindigkeit ab und da diese vieletausednmal größer ist als die des schnellsten Geschosses, so ist die Energie selbst eines einzelnen α -Strahles nicht gar so klein. Das Zusammenwirken vieler kann auf diesem Wege beträchtliche Erwärmungen hervorrufen.

So wurde es bald nach der Entdeckung stark radioaktiver Körper bekannt, daß diese stets wärmer sind als ihre Umgebung. Bei Schutz des Präparats vor Wärmeverlust kann die Temperaturdifferenz gegen die Umgebung für ein ein Gramm Radium enthaltendes Präparat 5°C und mehr betragen. Die Ursache der Erscheinung ist darin zu sehen, daß die Heliumatome nicht nur von der

Oberfläche, sondern beständig auch im Innern des Präparats ausgeschleudert werden. Die im Innern ausgeschleuderten Atome werden aber vom Präparat selbst gebremst und erwärmen es. Schließt man das Präparat in ein Gläschen ein, so kommt offenbar die ganze in der α -Strahlung emittierte Energie in Form von Wärme zur Wirkung, da die α -Strahlen, die nicht vom Präparate selbst abgefangen werden, im Glase stecken bleiben und dieses erwärmen.

Man hat nun durch scharfsinnig erdachte Versuche, deren Schilderung uns zu weit führen würde, bereits mit erheblicher Genauigkeit die Geschwindigkeit bestimmt, mit der die Heliumatome von den verschiedenen radioaktiven Körpern ausgeschleudert werden. Ich habe ja früher für das Radium Ihnen ihre Größe schon angegeben. Da man auch die Masse des Heliumatoms kennt sowie die Zahl der von der Masseneinheit eines bestimmten radioaktiven Körpers in bestimmter Zeit, zum Beispiel in einer Stunde, ausgeschleuderten Teilchen, so ist es ein leichtes, die Wärme zu berechnen, welche als Äquivalent der durch Bremsung vernichteten Bewegungsenergie entsteht. So findet man, daß ein Gramm Radium durch Hemmung seiner α -Strahlen stündlich 131 kleine Kalorien entwickelt. Andererseits hat man die Wärmeentwicklung direkt experimentell bestimmt. Die genauesten derartigen Messungen wurden in den letzten Jahren im Wiener Radiuminstitut vorgenommen und es läßt sich mit hoher Befriedigung konstatieren, daß das aus der entwickelten Anschauung am Wege der Rechnung gewonnene Resultat

tat mit dem direkten experimentellen Befunde gut übereinstimmt.

Da übrigens von einem Radiumpräparat nicht nur Heliumatome, sondern auch Kathodenstrahlen und Röntgenlicht ausgesendet werden, so läßt sich die Wärmeentwicklung noch etwas erhöhen, wenn man das Präparat in einem sehr dickwandigen Gefäß aus Blei unterbringt. Im Blei werden dann auch diese Strahlenarten gebremst, beziehungsweise absorbiert und ihre Energie in Wärme verwandelt. Die Wärmeentwicklung steigt dann bis auf 138 kleine Kalorien. Dieses Ergebnis lehrt aber zugleich, daß der weitaus größte Teil der beim radioaktiven Zerfall des Atoms entwickelten Energie zur Ausschleuderung der Heliumatome verwendet wird und daß dem gegenüber der Energieinhalt der Kathodenstrahlen und des emittierten Röntgenlichtes eine untergeordnete Rolle spielt.

Die stündliche Wärmeentwicklung von 138 kleinen Kalorien aus einem Gramm Radium ist an sich eine unbedeutende. Würde ja hiedurch ein Liter Wasser nur um etwas mehr als ein Zehntel Grad erwärmt. Anders stellt sich aber die Bilanz, wenn man bedenkt, daß das Radium diese Energie oder Wärme durch Jahrhunderte mit nur langsam schwächer werdender Intensität entwickelt. Durch jeden α -Strahl, durch jedes abgeschleuderte Heliumatom geht ein Radiumatom verloren und nach Aussendung von weiteren vier Heliumatomen ist daraus Blei geworden. Andererseits ist aber die Zahl der Radiumatome in einem Gramm eine so ungeheure, daß es 1730 Jahre braucht, bis die Hälfte der Atome zerfallen ist, und nach

der doppelten Zeit, also nach 3460 Jahren ist immer noch ein Viertel der ursprünglichen Radiummenge unverbraucht vorhanden. Summiert man also die Wärmeentwicklung des Radiums über die ganze lange Zeitdauer seines Zerfalles, so ergibt sich, daß das Gramm Radium im ganzen nicht weniger als 3700 Millionen kleine Kalorien oder eine Energiesumme von 1600 Millionen Kilogrammetern entwickelt. Das würde genügen, um einen Dreadnought von 25.000 Tonnen Gewicht 64 Meter hoch in die Luft zu werfen.

Die Energie, welche das Radium bei seiner Verwandlung in Blei abgibt, entspricht aber offenbar nur der Differenz zwischen dem Energieinhalt des Radiumatoms und dem des Bleiatoms, und die Energie, welche im Blei, dessen Atomgewicht noch immer 207 ist, schließlich zurückbleibt, mag noch größer sein als die durch den radioaktiven Zerfall frei gewordene. Staunend erkennen wir, welche bisher ungeahnte und ungeheure Vorräte von Energie überhaupt innerhalb der Atome auch solcher von nicht radioaktiven Stoffen aufgespeichert sein können, jedenfalls weit größere als die Energien im Verbands der Atome zu Molekülen, wie sie bei allen Arten von chemischen Verbindungen, vor allem bei den Verbrennungsprozessen frei werden und die wir bisher einzig ausnützen können. Doch ist zu betonen, daß wir vorderhand auch nicht die Andeutung eines Weges zu sehen vermögen, der zum willkürlichen Abbau dieser im Atom enthaltenen Energien führen könnte; denn der radioaktive Zerfall, dieser einzige bekannte Weg, auf dem die Natur

die im Atom gebundenen Energien zum Teil in Freiheit setzt, erstreckt sich auf wenige kostbare Substanzen und ist zudem unserer Willkür ganz entrückt.

Meine Damen und Herren! Wir haben bis jetzt wohl schon von Wirkungen der α -Strahlen gehört, von ihrer Fähigkeit, Gase elektrisch leitend zu machen, von der Umwandlung ihrer Energie in Wärme. Die aus den Grundanschauungen der Atomistik geholte Erklärung dieser Erscheinungen drängt sich unmittelbar auf und wäre wohl nur schwer durch andere Vorstellungen ersetzbar. Aber dennoch kann in all dem noch keine anschauliche Bestätigung der Atomlehre erblickt werden. Die Wirkungen, von denen wir bisher gesprochen haben, werden ja nur durch das Zusammenwirken vieler Atome wahrnehmbar, von wirklicher Anschaulichkeit kann aber erst gesprochen werden, wenn es gelingt, das einzelne Atom gesondert wahrzunehmen.

Nun, es ist schon lange bekannt, daß die α -Strahlen sichtbare Lichtwirkungen hervorbringen können. Das haben sie wieder mit anderen unsichtbaren Strahlen, vor allen den Kathodenstrahlen und dem Röntgenlicht gemein. Setzt man z. B. einen Diamant den α -Strahlen eines intensiv radioaktiven Körpers aus, so leuchtet er hell in rein weißem Lichte auf. Billiger als Diamant und ebenso wirksam sind gewisse andere kristallinische Substanzen. So eignet sich hiezu besonders gut die leicht herstellbare kristallinische Verbindung des Zinks mit Schwefel, die sich zu einem grünlichweißen Pulver zerreiben und mittels eines geeigneten Bindemittels auf

Papier oder Glas aufstreichen läßt. Nähert man einen solchen Zinksulfidschirm einem offenen Radiumpräparat, so daß die belegte Seite dem Präparat zugekehrt ist, so leuchtet er in grünem Licht (Demonstration). So lange man die Erscheinung an einem starken Radiumpräparat beobachtet, erscheint das Licht flächenhaft, ohne alle Einzelheiten. Nimmt man aber ein genügend schwaches Präparat, so erscheint das Leuchten wohl selbst als äußerst schwach, aber von der Nähe gesehen, am besten mittels einer Lupe, löst sich dieser Schimmer in eine Unzahl feinsten Lichtpünktchen auf, von denen jedes nur einen Augenblick aufleuchtet und sofort wieder verschwindet. Die Erscheinung wurde gleichzeitig von Crookes in England und Elster und Geitel in Deutschland entdeckt. Sie ist nur subjektiv und im Dunkeln bei völlig ausgeruhtem Auge wahrzunehmen, aber außerordentlich hübsch. Der Anblick erinnert an den des gestirnten Himmels, etwa einer Partie der Milchstraße, nur daß die Sterne wie in lebhaftester Szintillation begriffen erscheinen, in fortwährendem Aufblitzen und Wiederverschwinden. Wählt man noch schwächere Präparate, z. B. ein Körnchen Pecherz, den Sinter einer radioaktiven Quelle o. dgl., so wird die Erscheinung noch entsprechend schwächer. Es dauert oft lange, bis im dunklen Gesichtsfeld der Lupe plötzlich das Aufblitzen eines Lichtpünktchens wahrgenommen wird (Crookes Spinthariskop).

Alle die Substanzen, welche diese Erscheinungen zeigen, reagieren auch in gleicher Weise auf mechanischen Stoß. Schlägt man auf einen Kristall von Schwefelzink,

so leuchtet die getroffene Stelle auf. Ferner hat man durch genaues stundenlanges Zählen der Lichtpünktchen, die von einem Präparat bekannter Aktivität, als auch bekannter Heliumproduktion erzeugt werden, festgestellt, daß die Zahl der Lichtpünktchen mit der Zahl der abgeschleuderten Heliumatome übereinstimmt. Bedenkt man endlich, daß die Heliumatome trotz ihrer unvorstellbar kleinen Maße so enorme Geschwindigkeit besitzen, daß ihre Bewegungsenergie, ja, wie Elster und Geitel berechnen, der hundertste Teil derselben, sehr wohl zur Erzeugung der Lichterscheinung ausreicht, so drängt sich jedermann mit unwiderstehlicher Gewalt die Überzeugung auf, daß diese Lichtpünktchen nichts anderes sind als die Stellen, an denen die Heliumatome auf die Kristallsplitter des Schwefelzinks auftreffen.

Haben wir sonach die Möglichkeit, die Stelle zu sehen, wo das Atomgeschoß, das die radioaktiven Substanzen abschleudern, einschlägt, so klingt es wohl fast märchenhaft, wenn gesagt werden kann, daß wir sogar imstande sind, das Atom auf seinem Fluge bis dahin genau zu verfolgen, die Bahn, die es genommen hat, photographisch zu fixieren. Es ist das Verdienst von C. T. R. Wilson, die Methode hiezu gefunden und ausgearbeitet zu haben. Ich muß, um das Verständnis dieser Methode zu ermöglichen, nochmals etwas weiter ausholen.

Wenn nach einem warmen Sommertag nach Sonnenuntergang die Luft sich abkühlt, bemerkt man fast immer die Bildung von Nebeln. Der in der Luft vorhandene, sonst unsichtbare Wasserdampf schlägt sich zum Teil in

Form sehr kleiner, frei schwebender Wasserkügelchen nieder. Es kann nämlich Luft von bestimmter Temperatur nur eine ganz bestimmte Wasserdampfmenge in unsichtbarer Form enthalten, z. B. bei 20°C 17.3, bei 10°C 9.4 g Wasserdampf im Kubikmeter. Kühlt sich also ein Kubikmeter Luft von 20°C , der so viel Wasserdampf enthält, als er bei dieser Temperatur überhaupt enthalten kann, auf 10°C ab, so suchen $17.3 - 9.4 = 7.9$ oder rund 8 g Wasserdampf in Form von Nebeltröpfchen zu kondensieren.

Das ist schon nach dem Satz vom hinreichenden Grunde nur unter gewissen Umständen möglich. Es muß ja doch die Stelle, an der sich gerade ein Nebeltröpfchen bildet, von den Stellen, an denen sich keines bildet, irgendwie ausgezeichnet sein. Es muß ein Grund dafür vorhanden sein, warum der Kondensationsprozeß gerade an bestimmter Stelle ansetzt und daneben nicht. Man hat schon vor längerer Zeit erkannt, daß diese Ansatzstellen, um welche sich die Nebeltröpfchen bilden, in der Regel nichts anderes sind als die in der Luft überall vorhandenen Staubteilchen, nicht der grobe Staub, den man aufgewirbelt im Sonnenschein tanzen sieht, sondern hauptsächlich kleinere Teilchen, die man auch mit bewaffnetem Auge kaum wahrnehmen kann. Solche Staubteilchen sind in der freien Luft stets in sehr großer Zahl vorhanden, in der Stadt mehr als am Land, unten mehr als in den oberen Schichten der Atmosphäre. Wie man sie zählt? Nun eben einfach, indem man unter einer starken Lupe die Nebeltröpfchen zählt, die sich in einer kleinen mit

Wasserdampf gesättigten Luftprobe beim Abkühlen bilden. Jedes Tröpfchen enthält ja ein Staubteilchen als Kern. Der Schotte Aitken hat für diese Zählungen einen

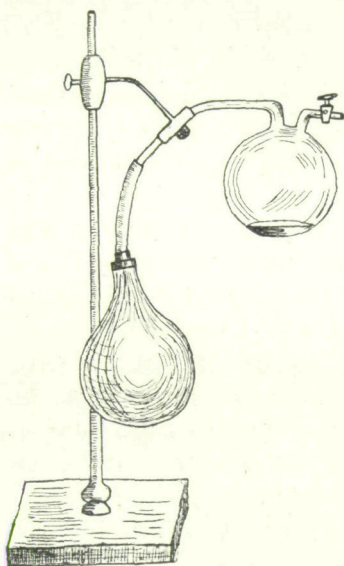


Fig. a.

einfachen Apparat konstruiert. Hunderte von Millionen Staubteilchen sind danach in einem Liter Stadtluft enthalten und noch nach Millionen zählen sie in der scheinbar so reinen Luft der Gebirge.

Was geschieht nun aber, wenn wir diese Staubteilchen, die für die Kondensationsvorgänge in der Atmosphäre eine so wichtige Rolle spielen, vorher aus der feuchten Luft entfernen, etwa mittels Filtrieren durch reine Watte? Wir werden

dann bemerken, daß bei Kühlung der Luft die Kondensation ausbleibt. Der Wasserdampf will kondensieren, ist aber in ähnlicher Lage wie der berühmte Esel des französischen Philosophen Buridan, der zwischen zwei gleichen Heubündeln verhungert. Die Luft bleibt klar, obwohl sie weit mehr Wasserdampf enthält, als ihrer

Temperatur zukäme, sie ist, wie man sagt, mit Wasserdampf übersättigt.

Ich habe hier eine Glaskugel mit zwei Ansätzen, auf deren Boden sich einige Tropfen Wasser befinden, so daß die in ihr enthaltene Luft, es ist dies die gewöhnliche staubhaltige Luft dieses Raumes, mit Wasserdampf gesättigt ist. Der eine Ansatz ist mit einem Hahn geschlossen, der zweite führt zu einem Kautschukball. Ich drücke den Ball langsam zusammen und verdichte hierdurch die Luft in der Glaskugel. Lasse ich den Ball jetzt plötzlich los, so dehnt sich die früher zusammengedrückte Luft rasch wieder aus und kühlt sich dabei ab, aus demselben Grunde, aus dem umgekehrt — denken Sie nur an das pneumatische Feuerzeug oder den Dieselmotor — Luft beim raschen Zusammendrücken erwärmt wird. Sie sehen an der dichten Nebelbildung, die bei der grellen Beleuchtung im Strahlenkegel der Projektionslampe deutlich sichtbar wird, wie staubreich diese Luft ist. Wiederhole ich nun aber diesen Versuch des öfteren, so merken Sie, wie die Nebelbildung schwächer und schwächer wird und schließlich vollständig ausbleibt. Es sind nämlich jetzt durch Luftwirbel und Schwerkraft mit den Nebeltröpfchen alle Staubteilchen an der Wand der Glaskugel abgesetzt worden, die Luft ist staubfrei geworden. Öffne ich die Hähne und sauge wieder staubige Zimmerluft ein, so beobachten wir neuerdings lebhaftere Kondensation.

Der Staub bildet also für gewöhnlich die für die Kondensation nötigen Ansatzkerne. Außer diesem gibt es aber noch eine zweite Art von Kondensationskernen,

die hier von besonderem Interesse sind und deren Betrachtung uns auf den bisher verfolgten Pfad zurückbringen wird. Außer dem Staub vermögen nämlich auch Ionen, also die positiv oder negativ geladenen Teilchen, in welche die Moleküle eines Gases durch die Korpuskularstrahlen gespalten werden, als Kondensationskerne zu dienen. Es ist das Verdienst von R. v. Helmholtz und F. Richarz, dies zuerst erkannt zu haben. Setzt man staubfreie mit Wasserdampf übersättigte Luft der Einwirkung der α -Strahlen oder Kathodenstrahlen oder dem Röntgenlicht einer radioaktiven Substanz aus, so tritt Nebelbildung ein wie in staubiger Luft. Sie können dies wieder in unserer Glaskugel sehen. Ich entferne zunächst abermals durch rasch und oft wiederholtes Zusammendrücken und plötzliches Loslassen den vorhin neuerdings eingeführten Staub. Es ist das jetzt erreicht. Auch bei starkem Zusammendrücken und noch so raschem Loslassen bildet sich kein Nebel mehr, sondern, aus nächster Nähe gesehen, nur einige schwere Tröpfchen. Halte ich aber nun außen in die Nähe der Kugel ein Präparat, das etwa 2 Milligramm reines Radium enthält, so bildet sich sofort beim Wiederholen des Versuches, weithin sichtbar, ein dichter, milchiger Nebel. Die Tröpfchen entstehen aber jetzt um die Ionen, welche die vom Präparat ausgehenden Kathodenstrahlen und das ausgesandte Röntgenlicht in der Luft erzeugt haben, und sind infolgedessen wie diese positiv oder negativ geladen.

Wilson hat das durch einen einfachen Versuch gezeigt, den ich Ihnen allerdings hier nicht vorführen

kann, da er sich zur objektiven Demonstration nicht eignet.

Denken Sie sich die Kugel, mit der wir eben experimentierten — die Nebelkammer, wie sie Wilson nennt — durch ein Glasgefäß ersetzt, in welchem sich zwei Metallplatten *A* und *B* parallel gegenüberstehen, die an zwei von oben und unten durch das Glas geführten Drähten befestigt sind. Durch Verbinden dieser Drähte mit den Polen einer Batterie können beide Platten elektrisch aufgeladen werden, die obere etwa positiv, die untere negativ. Wird nun im Gefäß der Nebel auf Staubteilchen erzeugt, so fallen die Tröpfchen, ganz langsam der Schwere folgend, auf den Boden des Gefäßes. Wurde hingegen die Nebelbildung dadurch erzwungen, daß man die ganz staubfrei gemachte, mit Wasserdampf übersättigte Luft etwa von außen den Strahlen eines radioaktiven Körpers aussetzte, so tritt zwischen den beiden Platten eine Teilung des Nebels ein. Die Tröpfchen, die sich um positive Ionen gebildet haben, fallen rasch auf die Platte *B* herab, da sich jetzt zur Wirkung der Schwerkraft die anziehende Wirkung der negativ geladenen Platte *B* auf die positiv geladenen Nebeltröpfchen addiert. Die Tröpfchen hingegen, die sich um negative Ionen gebildet haben, steigen in die Höhe, da die Anziehung, welche sie von der positiv geladenen Platte *A* erfahren, ihre Schwere überwiegt.

Man kann nun aber mit Wilson diesen Vorgang der Kondensation auf Ionen auch dazu benützen, um den Weg, den ein Korpuskularstrahl zurücklegt, optisch zu

fixieren. Längs dieses Weges werden ja Ionen erzeugt, werden also bei plötzlicher Übersättigung der Luft mit Wasserdampf Nebeltröpfchen entstehen. Für den Fall, daß es sich um einen α -Strahl handelt, sind die Ionen und somit auch die Tröpfchen, die längs der Bahn erzeugt werden, so zahlreich, daß sie einzeln kaum wahrzunehmen sind. Es entsteht ein feiner, aber dichter Nebelstreifen, der die Bahn bezeichnet, welche das Heliumatom genommen hat. Handelt es sich hingegen um einen Kathodenstrahl, so ist die Zahl der zertrümmerten Moleküle, der gebildeten Ionen und somit auch der Nebeltröpfchen weit geringer und die Bahn erhält das Aussehen einer Perlschnur.

Zum Gelingen dieses Versuches ist nur zweierlei nötig. Erstens muß die Zahl der Strahlen gering, also das verwendete radioaktive Präparat relativ schwach sein, damit die Bahnen nicht zu zahlreich werden und man nicht, wie in dem früheren Versuch, eine zusammenhängende dichte Wolke erhält, zweitens muß die Tröpfchenbildung auf den Ionen unmittelbar nach ihrer Entstehung vor sich gehen, damit die Ionen, ehe sie mit Wasser beschwert werden, nicht den Ort ihrer Entstehung verlassen haben. Denn wie etwa eine kleine Quantität Leuchtgas, die ich hier in diesen Raum bringe, sich rasch über den ganzen Raum zerstreut, so würden auch die Ionen, wenn sie nicht gleich mit Wasser beschwert und dadurch schwer beweglich gemacht würden, sich rasch durch die Luft der Nebelkammer zerstreuen oder, wie der Fachausdruck lautet, diffundieren.

Man erfüllt diese zweite Bedingung am einfachsten durch Erzeugung eines genügend starken elektrischen Feldes in der Nebelkammer. So lange die Ionen leicht beweglich sind, werden sie durch das Feld sofort nach ihrer Entstehung entfernt, die Luft ist also im Momente der Expansion praktisch ionenfrei. Nur dort, wo unmittelbar vor, während oder nach der Expansion ein Heliumatom geflogen ist oder ein Kathodenstrahl das Gas passierte, bildet sich dann der Nebel.

Ich will Ihnen die Erscheinung an einem kleinen Apparat demonstrieren, muß Sie aber bitten, hiezu etwas näher zu treten. Die Flugbahnen der α -Strahlen, die ich Ihnen zeigen will, haben ja nur einige Zentimeter Länge.

Es wurde hier die Glaskugel durch einen Glaszylinder ersetzt, der vorne luftdicht durch eine Glasplatte verschlossen ist. Vom Boden des Zylinders führt ein kurzer Gasschlauch wieder zum Kautschukball. Im Glaszylinder sorgt ein Stückchen nasse Watte für die

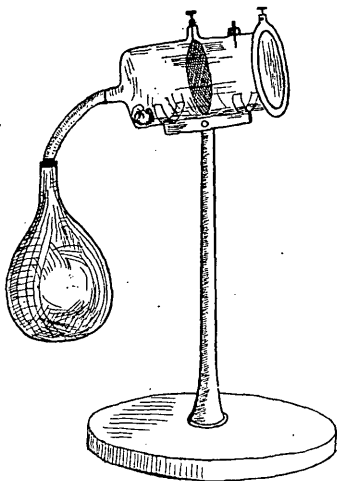


Fig. b.

Sättigung der in ihm enthaltenen Luft mit Wasserdampf. Das elektrische Feld zur Beseitigung aller vorher entstehenden Ionen wird zwischen der auf der Innenseite durch Gelatinieren elektrisch leitend gemachten Glasplatte und einem Drahtnetz erzeugt, das parallel zur Platte in der Mitte des Zylinders angebracht ist und zugleich zur Beruhigung der Luft dient. Die beiden Klemmschrauben, die Sie am Apparat sehen, sind mit Netz und Glasplatte leitend verbunden und durch Anschluß an die Pole der elektrischen Lichtleitung entgegengesetzt elektrisch geladen. Durch eine seitliche Öffnung des Zylinders, die durch einen Kautschukpfropfen verschlossen ist, wurde ein Draht eingeführt, an dessen Ende sich etwas Polonium befindet. Die im Zylinder enthaltene Luft ist bereits staubfrei, die Kondensation erfolgt also auf den Ionen. Drücke ich den Ball kräftig zusammen und lasse plötzlich los, so sehen Sie, wie die Strahlen vom Draht sternförmig nach allen Seiten etwa 4 cm weit hinausschießen.

Durch intensive Momentanbeleuchtung mittels eines elektrischen Entladungsfunken gelang es Wilson, diese Bahnen photographisch festzuhalten. Ich will Ihnen hier einige der Bilder zeigen und es wird sich bei deren Betrachtung von selbst die Gelegenheit geben, noch auf einige interessante Details einzugehen:

Fig. 1: α -Strahlen von Radium. Es ist am Ende eines Drahtes eine Spur Radiumsalz angebracht. Man sieht, wie die Heliumatome nach allen Richtungen ausfliegen. Die stark verschiedene Länge der Flugbahnen ist natürlich nur eine scheinbare, da die Flugbahnen der nach

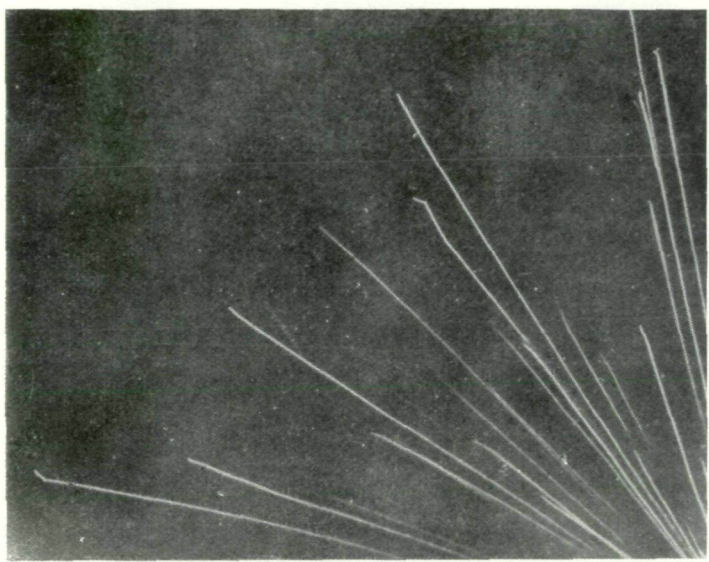


Fig. 2.

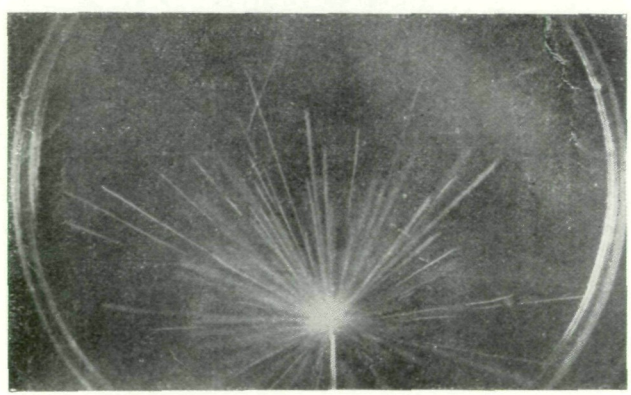


Fig. 1.

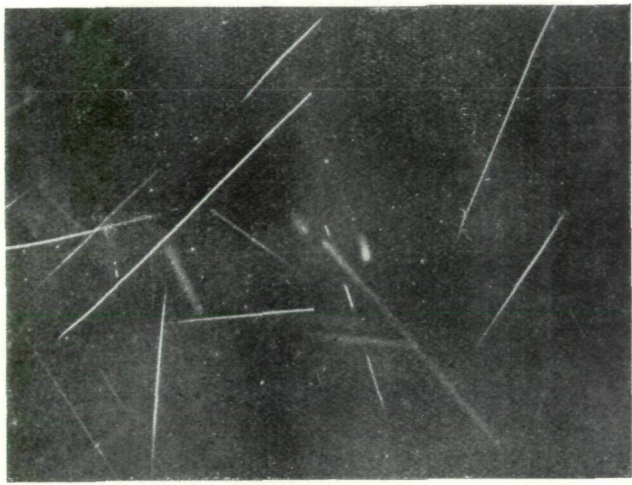


Fig. 4.

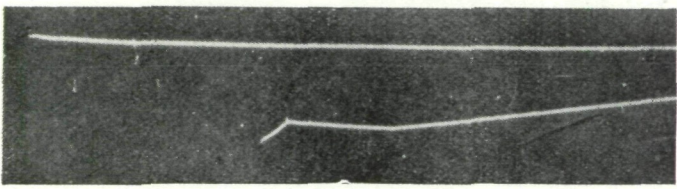
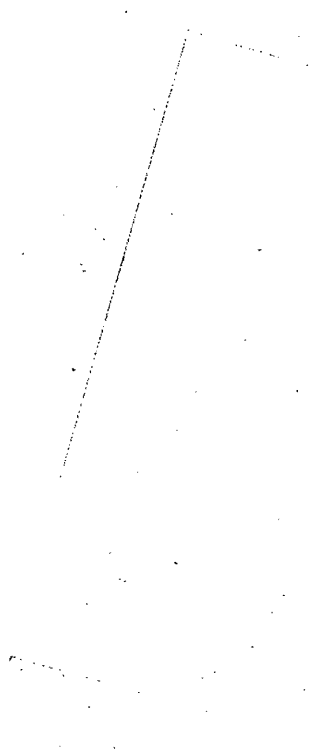


Fig. 3.



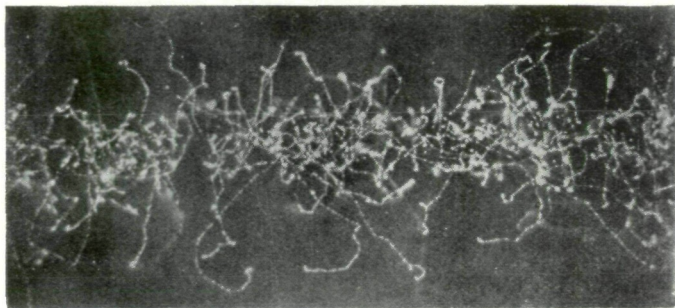


Fig. 6.

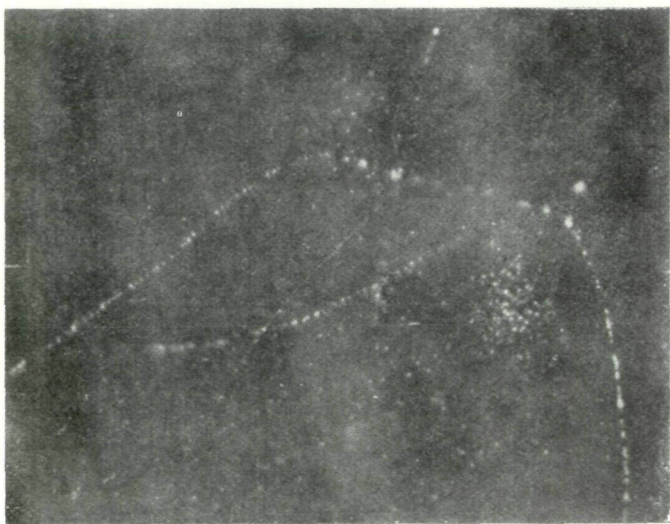


Fig. 5.

vorn oder hinten ausgeschleuderten Teilchen sich verkürzt projizieren. Ein Teil der Bahnen ist scharf. Sie gehören zu Teilchen, die erst nach erfolgter Übersättigung der in der Nebelkammer vorhandenen Luft mit Wasserdampf ausgeschleudert wurden. Hier hat sich um jedes der entstehenden Ionen sofort ein Nebeltröpfchen gebildet. Das Ion ist an der Stelle geblieben, wo es entstanden ist. Daher die Schärfe des Bildes. Ein anderer Teil der Bahnen ist unscharf. Da ist das Teilchen bereits einige Zeit vor der Nebelbildung ausgeschleudert worden. Die entstandenen Ionen hatten sich infolgedessen schon ein wenig zerstreut, als sie durch die Nebelbildung fixiert wurden.

Fig. 2: Auch dieses Bild gibt uns die Bahnen der α -Strahlen von Radium, aber in etwas stärkerer Vergrößerung. Die Bahnen sind alle scharf, da man durch Anwendung eines einfachen Kunstgriffes das Radiumpräparat erst nach erfolgter Übersättigung einwirken ließ. Auffallend sind die Knickungen, welche die Bahnen fast ausnahmslos gegen ihr Ende zu zeigen. Um dies noch besser sehen zu können, ist im folgenden Bild einer dieser geknickten Strahlen in noch stärkerer Vergrößerung wiedergegeben.

Fig. 3: Man sieht deutlich am linken der beiden Strahlen zuerst eine schwache, dann eine starke Knickung. Man erklärt sie dadurch, daß gegen das Ende der Bahn die Geschwindigkeit des Heliumatoms durch Bremsung in den schon durchlaufenen Luftschichten relativ klein geworden ist und daß dann die getroffenen Moleküle bei

der Ionisation nicht mehr glatt durchschlagen werden. Ein rasch geworfener Stein durchschlägt eine getroffene Glasscheibe, ohne daß Splitter herumfliegen, und fliegt selbst fast ungehindert weiter, während ein langsam geworfener die Splitter weit herumwirft, aber selbst rasch zu Boden fällt. Ebenso durchfliegt das Heliumatom, so lange es große Geschwindigkeit hat, die Moleküle, ohne selbst abgelenkt zu werden und ohne den Ionen, in die es die Moleküle zerschlägt, erhebliche Geschwindigkeit zu erteilen. Am Ende der Bahn hingegen, wo es langsamer geworden ist, da wird es abgelenkt und dann gibt es auch mitunter Splitter. In der Tat sehen Sie an der zweiten starken Knickung einen kleinen Sporn, der fast rechtwinklig am abgelenkten Strahl ansetzt. Dieser Sporn zeigt uns die Richtung, in der aus dem getroffenen Molekül ein Splitter, d. h. ein Ion weggeflogen ist. Seine Geschwindigkeit war groß genug, daß es zunächst selbst andere Moleküle zu zerschlagen, zu ionisieren vermochte, und so hat sich auch längs seiner Bahn Nebel gebildet. Freilich ist diese Bahn nur kurz, da das Luftion gegenüber dem Heliumatom schwer ist und seine Geschwindigkeit durch die Ionisierungsarbeit rasch verloren geht. Im leichten Wasserstoff kann sie hingegen länger sein als die ganze Bahn des α -Strahls.

Fig. 4: Dieses Bild zeigt uns die von einem radioaktiven Gas, nämlich von Radiumemanation ausgesandten α -Strahlen. Überall, wo ein Molekül der zu der Luft der Nebelkammer zugemischten Emanation zerfallen ist, wurde ein α -Strahl ausgeschleudert. Bemerkenswert ist

hier ein in der Mitte des Bildes verlaufender Strahl, der an zwei Stellen unterbrochen ist, so daß er aus drei Stücken zu bestehen scheint. Die Erklärung liefert uns das Bild selbst. Sie sehen, daß an diesen Stellen der Strahl die Bahnen von früher ausgesandten α -Strahlen, die, etwas verwaschen, noch sichtbar sind, kreuzt. Dort hat unmittelbar vorher Kondensation stattgefunden und es war infolgedessen an diesen Stellen nicht mehr genug Wasserdampf zur Tröpfchenbildung an den neuerdings gebildeten Ionen vorhanden.

Schließlich will ich Ihnen auf den beiden letzten Bildern der Vollständigkeit halber noch die Ionisation durch Kathodenstrahlen und Röntgenlicht zeigen, wie sie nach der gleichen Methode in der Wilsonschen Nebelkammer beobachtet werden kann:

Fig. 5: Kathodenstrahlen von Radium. Wie man sieht, ist hier die Zahl der Tröpfchen, also auch die Zahl der gebildeten Ionen weit geringer. Außerdem ist die Bahn in ihrer ganzen Ausdehnung gekrümmt. Es wird also das ausgeschleuderte Teilchen, das den Kathodenstrahl bildet, durch die Moleküle, welche es durchfliegt, weit leichter abgelenkt, als das Heliumatom der α -Strahlen.

Fig. 6: Röntgenlicht. Durch eine Blende wurde nach erfolgter Übersättigung ein dünnes Bündel Röntgenlicht mitten durch die Nebelkammer geschickt. Man erkennt in diesem Gewirr eine Unzahl durcheinanderlaufender Kathodenstrahlen, die von der durch das Röntgenlicht getroffenen Luft ausgehen. Wenn also Gase durch

Röntgenlicht ionisiert und damit elektrisch leitend werden, so bewirkt dies das Röntgenlicht nicht direkt, sondern indirekt durch Kathodenstrahlen, die unter seinem Einfluß von den Molekülen des Gases ausgesendet werden.

Es ist sonderbar, aber nichtsdestoweniger eine Tatsache, daß die Wissenschaft aus diesen Bildern, die zum erstenmal die unsichtbaren Strahlen in allen Details sichtbar machten, nicht viel oder wenigstens nicht so viel gelernt hat, als man denken könnte. In der Tat kannte man auf Grund ganz anderer Experimente und daran geknüpfter theoretischer Folgerungen schon vor Wilsons Nebelphotographien die Bahn der α -Strahlen, wußte z. B., daß sie zunächst ganz gerade ist und erst gegen das Ende zu mitunter im Zickzack verläuft; man wußte, daß die Kathodenstrahlen gekrümmte Bahnen zeigen und weit schwächer ionisieren, und man hatte auch schon erkannt, daß die Ionisierung durch Röntgenlicht auf dem indirekten Wege der Erregung von Kathodenstrahlen erfolgt. Es ist dies eine der glänzendsten Bestätigungen vorher gezogener Schlüsse durch den direkten experimentellen Befund, welche die Geschichte der Physik kennt. Mit dieser Bemerkung soll selbstverständlich der Wert der Wilsonschen Versuche nicht herabgesetzt werden. Die Befriedigung über diese Übereinstimmung und die dadurch gesteigerte Zuversicht bei der Inangriffnahme weiterer Probleme ist gar nicht hoch genug einzuschätzen.

Ich bin damit am Ende meiner Ausführungen angelangt. Die entwickelten Vorstellungen mögen noch

ungewohnt sein und die sie stützenden Tatsachen sind noch bei weitem nicht Gemeingut aller Gebildeten. Das mag es erklären, daß noch in vielen, auch wissenschaftlichen Kreisen eine Anschauung verbreitet ist, die in dem Atom der Physik und Chemie nichts anderes sieht als ein Phantasiegebilde, bestenfalls ein brauchbares Bild zur Beschreibung der Tatsachen, aber ohne jeden realen Hintergrund. Die Atomistik ist alt, sie geht ja auf Demokrit und Epikur zurück, sie ist fast so alt wie die Astronomie, mit der sie gemeinsam hat, daß beide außerordentliche Anforderungen an das räumliche und zeitliche Vorstellungsvermögen des Menschen stellen, wenn auch in entgegengesetzter Richtung, die Astronomie ins Große, die Atomistik ins Kleine. Aber die Astronomie hat sich, vom allgemeinen Interesse getragen, schrittweise durch Jahrhunderte entwickelt und die Menschheit nach und nach an die Möglichkeit fast unendlicher Distanzen und an die untergeordnete Rolle der Erde im kosmischen Getriebe gewöhnt. Und wen die glänzenden Vorhersagungen astronomischer Bahnberechnungen nicht zu überzeugen vermögen, dem vermag ein großes Fernrohr genügend Anschaulichkeit zu vermitteln, um ihn wenigstens die Grundannahmen der Astronomie als Realität erkennen zu lassen.

Die Entwicklung der Atomistik fällt hingegen trotz ihrer frühen Begründung in die letzten hundert Jahre. Die Erfolge, die sie seitdem erzielt hat, waren hervorragende, aber sie mußte trotzdem bis in die allerjüngste Zeit die für die Glaubwürdigkeit ihrer Annahmen so

wichtige Anschaulichkeit fast ganz entbehren. Das hat sich seitdem, wie ich Ihnen heute zeigen konnte, geändert. Man braucht heute nicht mehr spezialwissenschaftliche Kenntnisse zu haben und schwierige Theorien zu studieren, um die Überzeugung des Fachgelehrten von der Berechtigung des atomistischen Weltbildes zu teilen.

So ist denn auch zu hoffen, daß bald die allgemeine Schulbildung der Atomistik auf ihrem Siegeszug etwas mehr nachfolgen wird, als dies jetzt noch der Fall ist. Dann wird die Überzeugung, daß es Atome gibt, ebenso Gemeingut aller werden wie die Überzeugung von der Existenz von Sonnen in den Fernen der Milchstraße.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [54](#)

Autor(en)/Author(s): Mache Heinrich

Artikel/Article: [Kann man Atome wahrnehmen? 299-334](#)