

# Einiges über den Bau des Atoms.

Von

**Dr. Ludwig Flamm.**

---

Vortrag, gehalten den 17. November 1915.

Mit einer Abbildung.



Eigentlich ist es ein Widerspruch, vom Bau des Atoms sprechen zu wollen, wenn man an des Wortes ursprüngliche Bedeutung denkt. Das Wort Atom stammt ja von dem griechischen Worte *ἄτομος*, das Unteilbare; denn schon die alten griechischen Denker haben den für die moderne Wissenschaft so wichtigen Begriff geprägt. Demokrit aus Abdera und sein Freund Leukipp haben bereits im frühen Altertum eine Atomtheorie geschaffen. Demnach sind die Substanzen aus einer großen Zahl unteilbarer, kleinster Teilchen zusammengesetzt, die sich alle untereinander durch verschiedene Größe und Gestalt unterscheiden sollten. Durch verschiedenartige Mischung dieser Atome sollte die Mannigfaltigkeit der Substanzen, wie sie in der Natur vorhanden sind, ihre Erklärung finden. Kein Wunder, daß man im Mittelalter in sorgsamer Pflege der Überlieferungen aus dem Altertum durch entsprechende Mischung und Entmischung geeigneter Substanzen jede beliebige andere zusammenzubrauen hoffte, vor allem das so kostbare Gold aus minderwertigerem Material herstellen zu können glaubte.

Die Erfolge der chemischen Forschung in der Neuzeit haben bekanntlich zu ganz anderen Anschauungen

geführt und damit zu jener Umgestaltung des Begriffes Atom, der uns heute geläufig ist. Demnach lassen sich durch die Mittel der chemischen Analyse die vielen Tausende chemischer Substanzen, welche wir kennen, in eine beschränkte Zahl einfachster Grundstoffe, weniger als 100, zerlegen. Sie heißen Elemente und lassen sich chemisch nicht weiter in andere Stoffe zerlegen und umgekehrt auch nicht durch Zusammensetzung aus anderen Substanzen gewinnen. Jedes dieser chemischen Elemente besteht nun aus lauter identischen kleinsten Teilchen, den chemischen Atomen, die sich in allen Eigenschaften vollkommen gleichen, denen ein ganz bestimmtes Gewicht, bestimmte Größe und Gestalt zukommt. Demnach gibt es also nur so viele verschiedenartige Atome, als chemische Elemente vorhanden sind.

Die Atomgewichte verschiedener Elemente weisen beträchtliche Unterschiede auf und konnten von den Chemikern aus den Gewichtsmengen, in welchen die Elemente in chemische Verbindungen eintreten, in ihrem Verhältnis leicht bestimmt werden. Sie sind in der sogenannten Atomgewichtstabelle gegeben, welche man in jedem Lehrbuch der Chemie findet. Dort ist das Atomgewicht von Sauerstoff willkürlich gleich 16 gesetzt; dann wird das Atomgewicht des leichtesten Elementes Wasserstoff ungefähr gleich 1, das Atomgewicht des schwersten Elementes Uran ungefähr 238. Die Atomgewichte der übrigen chemischen Elemente verteilen sich ziemlich gleichmäßig zwischen diesen beiden Grenzen.

So folgt auf Wasserstoff 1·008 zunächst Helium 4·0, ferner Lithium 6·94, Beryllium 9·1, Bor 11·0, Kohlenstoff 12·0, Stickstoff 14·0, Sauerstoff 16·0, usw., bis man immer in Stufen von zirka zwei Einheiten im Durchschnitte aufsteigend schließlich zum höchsten Atomgewicht, dem des Urans, gelangt.

Aber die Atomgewichtstabelle gibt nicht das tatsächliche Gewicht der Atome, sondern das Gewicht einer bestimmten sehr großen Anzahl von Atomen, die man als das Grammatom bezeichnet, welches für jede Substanz ebensoviele Gramme wiegt, als die in der Atomgewichtstabelle verzeichnete Zahl angibt. Es sind also in 1·008 g Wasserstoff ebensoviele Atome vorhanden als in 4·0 g Helium oder in 12·0 g Kohlenstoff oder 16·0 g Sauerstoff, eben jene Anzahl von Atomen im Grammatom. Die Bestimmung dieser wichtigen Größe, der Loschmidtschen Zahl, wurde vor einiger Zeit an gleicher Stelle von Prof. Jäger<sup>1)</sup> ausführlich auseinandergesetzt. Demnach ergibt sich die Zahl der Atome im Grammatom gleich 600.000 Trillionen. Es ist nicht leicht, von der Größe dieser Zahl sich eine richtige Vorstellung zu machen. Eine Milliarde, die Einheit, in welcher man die Kriegsanzleihen rechnet, sind schon sehr viele Kronen. Aber eine Milliarde solcher Milliarden gibt erst eine Trillion. Ein wie winziges Ding ist also ein solches Atom, wenn sechsmal-hundert-tausend Trillionen die Zahl der Atome im Grammatom

---

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten den 8. Januar 1913.

ist, also in 12 g Kohlenstoff, etwa Graphit, oder in 197·2 g Gold.

Sind die Atome also ganz außerordentlich kleine Gebilde, so gelang es doch, eine heute schon recht beträchtliche Zahl von Eigenschaften an ihnen zu studieren, die uns zeigen, daß jedes dieser winzigen Körperchen selbst wieder einen ziemlich komplizierten Mechanismus darstellt. Faraday hat zuerst auf die merkwürdigen Gesetze hingewiesen, welche bei der Leitung des elektrischen Stromes durch wäßrige Salzlösungen zu Tage treten. Leitet man ein und denselben elektrischen Strom durch eine Lösung von Silbernitrat in Wasser und eine ebensolche von Quecksilberoxydulnitrat, so scheidet sich an der negativen Elektrode aus der ersten Lösung Silber, aus der zweiten Lösung Quecksilber ab. Und zwar ist das Gewicht der abgeschiedenen Quecksilbermenge etwa doppelt so groß als das des abgeschiedenen Silbers.<sup>1)</sup> Genaueste Messungen haben ergeben, daß die abgeschiedenen Gewichtsmengen

---

<sup>1)</sup> Demonstriert an den für solche Zwecke von der Firma Ruhstrat in Göttingen in den Handel gebrachten Mohrschen Wagen, welche durch Zeigerausschlag die abgeschiedenen Mengen direkt in Milligrammen ablesen lassen. Die Quecksilbersalzlösung soll mit etwas Salpetersäure angesäuert sein. Man läßt als negative Elektrode einen dünnen Platindraht eintauchen mit unten angeschmolzenem Glastrichter, in welchem das am Drahte sich abscheidende Quecksilber aufgefangen wird. Als Stromstärke nimmt man etwa 0·01 Ampère.

im gleichen Verhältnis stehen wie das Atomgewicht des Quecksilbers 200·6 zum Atomgewicht des Silbers 107·9. Beim Transport derselben Elektrizitätsmenge werden also gleich viel Atome Quecksilber wie Silber aus diesen Lösungen ausgeschieden.

Der eigentümliche Mechanismus der elektrischen Stromleitung in den wäßrigen Salzlösungen ist die Ursache der chemischen Abscheidungen an den Elektroden. Eine solche Flüssigkeit, welche als Elektrolyt bezeichnet wird, leitet nämlich den elektrischen Strom nur in dem Maße, als in ihr Ionen vorhanden sind. Durch die sogenannte elektrolytische Dissoziation müssen nämlich die Moleküle des gelösten Salzes wenigstens teilweise in zwei entgegengesetzt geladene Hälften gespalten sein. Vom Molekül des Silbernitrates spaltet sich das Silberatom ab und ist positiv elektrisch geladen. Der übrigbleibende Teil des Salzmoleküls, der sogenannte Säurerest, trägt eine ebensogroße negative Ladung. Ganz ebenso ist es beim Quecksilberoxydulnitrat; das positive Ion wird bei derartigen Salzen immer vom Metallatom gebildet, das negative Ion vom Säurerest. Tauchen in einen solchen Elektrolyten zwei Elektroden, von denen die eine an positiver, die andere an negativer Spannung liegt, so wandern durch elektrische Anziehung die positiven Metallionen an die negative Elektrode, geben dort ihre positive Ladung ab und schlagen sich nieder, die negativen Ionen dagegen wandern an die positive Elektrode und bringen dort ebensoviel positive Elektrizität zum Verschwinden. Der elektrische Strom

der so durch die elektrolytische Lösung fließt, wird also durch die Ionen getragen.

Wenn nun, wie der Versuch zeigt, ein und dieselbe Elektrizitätsmenge durch ebensoviele Silberatome transportiert wird als Quecksilberatome, so muß die Ladung des Silberions dieselbe sein wie die Ladung des Quecksilberions. Man nennt die Elektrizitätsmenge, welche bei einer Stromstärke von einem Ampère in der Sekunde durch den Leiter fließt, ein Coulomb. Man findet im vorliegenden Falle, daß die Ladung, welche auf einem Ion sitzt,  $6\frac{1}{4}$  Trillionen mal kleiner ist als ein Coulomb. Man nennt diese Elektrizitätsmenge das Elementarquantum der Elektrizität; denn es hat sich herausgestellt, daß in allen Elektrolyten die Ionen die gleiche Ladung tragen, oder genau die doppelte, oder die dreifache oder vierfache, je nachdem die Stoffe dem Chemiker als einwertige, zweiwertige, dreiwertige oder vierwertige Stoffe bekannt waren. Wie zuerst v. Helmholtz bemerkte, scheint demnach auch die Elektrizität atomistische Struktur zu besitzen und das Elementarquantum nichts anderes zu sein als das Atom der Elektrizität.

Die bedeutendste Erweiterung unserer diesbezüglichen Kenntnisse brachte das Studium der Elektrizitätsleitung in Gasen. Daß auch Luft die Elektrizität leitet, zeigt jedes Ruhmkorffsche Induktorium. Zunächst geht der elektrische Strom in bläulichem Glimmlicht zwischen den Polen über, das bei stärkerer Belastung einer diskontinuierlichen Funkenentladung Platz macht, um bei höherer Stromstärke in die Entladung im hellen

weißen Lichtbogen überzugehen. Leichter noch geht die Stromleitung in verdünnten Gasen vor sich, in Glasröhren bei etwa 1 mm Druck und darunter, den sogenannten Geißleröhren. Dies zeigt am besten ein großes U-förmiges Geißlerrohr, durch welches der elektrische Strom viel leichter hindurchfließt als auf der geradlinigen Verbindungslinie zwischen den beiden Elektroden durch die atmosphärische Luft. Eine breite rötlich leuchtende Lichtsäule bezeichnet den hauptsächlichsten Weg, welchen der Strom nimmt. An der negativen Elektrode, der sogenannten Kathode, tritt eine bläuliche Lichterscheinung auf, das sogenannte negative Glimmlicht, welches von der rötlichen Lichtsäule deutlich durch einen dunklen Zwischenraum getrennt ist. Aber nicht nur das eingeschlossene Gas bringt der elektrische Stromdurchgang zum Leuchten, auch eine aus fluoreszierendem Glase hergestellte Kugel leuchtet im Innern der Röhre in grünlichem Lichte. Es hat sich nun ergeben, daß auch die Stromleitung in Gasen durch positive und negative Ionen getragen wird und daß die Ladung dieser Ionen fast immer ein Elementarquantum, seltener ein Vielfaches davon beträgt. Die Gasionen tragen also genau dieselben Ladungseinheiten, welche die Ionen in wäßrigen Salzlösungen aufweisen.

Bei noch höherer Verdünnung treten die Leuchterscheinungen im Gase selbst zurück, aber alle möglichen festen Körper werden zum prächtigsten Leuchten gebracht. Unscheinbar aussehende Mineralien können im

Innern einer Vakuumröhre beim Stromdurchgang in den herrlichsten Farben erglühen. Es tritt dies aber nur dann ein, wenn die Mineralien sich der Kathode gegenüber befinden, von welcher Strahlen auszugehen scheinen, welche das Aufleuchten verursachen; ein Kreuz aus Aluminium in einer Vakuumröhre wirft einen deutlichen Schatten auf die der Kathode gegenüberliegende Glaswand, welche sonst überall in grünem Phosphoreszenzlicht aufleuchtet. Man nennt diese Strahlen Kathodenstrahlen. Man kann in einer Vakuumröhre durch einen Spalt ein enges Bündel von Kathodenstrahlen ausblenden, welche auf einem achsial gelagerten Fluoreszenzschirm einen hellleuchtenden Streifen erzeugen, wodurch man den ganzen Verlauf des Kathodenstrahlenbündels verfolgen kann, das sich geradlinig ausbreitet wie Lichtstrahlen. Nähert man der Röhre von oben einen Magnetstab, so bemerkt man, wie die Kathodenstrahlen gekrümmt werden, und zwar durch den Nordpol nach der einen Seite, durch den Südpol nach der anderen Seite. Dadurch unterscheidet sich diese Strahlung wesentlich vom natürlichen Licht oder jeder anderen Art von Wellenstrahlung. So verhält sich vielmehr ein biegsamer Leiter, durch welchen ein elektrischer Strom fließt; der bewegliche Kohlenfaden einer brennenden elektrischen Glühbirne wird durch den Magneten auf dieselbe Weise beeinflusst. Auch ein elektrisch geladener Körper übt auf die Kathodenstrahlung eine ablenkende Wirkung aus, und zwar eine positive Ladung eine anziehende, eine negative Ladung eine abstoßende.

Alle Erscheinungen weisen unzweideutig darauf hin, daß man es bei der Kathodenstrahlung mit nichts anderem zu tun hat als mit rasch bewegten negativen Ionen, die mit großer Geschwindigkeit von der Kathode weggeschleudert werden. Eine solche aus kleinen bewegten Teilchen, Korpuskeln, bestehende Strahlung nennt man Korpuskularstrahlung. Ihre negative Ladung erwies sich gerade als ein Elementarquantum auf jedem Teilchen. Aus ihrer Ablenkung im elektrischen und magnetischen Feld läßt sich auch ihre Geschwindigkeit und Masse berechnen. Es ergab sich, daß die Kathodenstrahlenteilchen sich mit Geschwindigkeiten von vielen Tausenden von Kilometern in der Sekunde bewegen, es gelang, Kathodenstrahlen bis zu 100.000 km in der Sekunde zu erzeugen, eine Geschwindigkeit, mit welcher man die Distanz Nordpol—Äquator in 0·1 Sekunde zurücklegen würde. Noch überraschender war aber der Wert, den man für die Masse des Kathodenstrahlenteilchens gefunden hatte; sie ergab sich 1850mal so klein als die Masse des leichtesten Atoms, des Wasserstoffatoms.

Man hat diese negativ geladenen Körperchen, welche so vielmal leichter sind als das leichteste Atom, mit dem Namen Elektronen bezeichnet. Mit was immer für einem Gase eine Vakuumröhre gefüllt ist, so sind die beim Stromdurchgange entstehenden negativen Korpuskularstrahlen immer dieselben, eben jene Kathodenstrahlen, entstanden durch rasche Bewegung der Elektronen. Daneben treten in den Vakuumröhren auch

positive Korpuskularstrahlen auf, aber die Teilchen, durch deren rasche Bewegung diese Strahlung entsteht, erweisen sich immer als positiv geladene Atome des betreffenden Gases, mit welchem die Vakuumröhre gefüllt ist.

Es kann mithin kein Zweifel sein, daß die Atome der chemischen Elemente aus noch elementareren Bausteinen zusammengesetzt sind, deren wir eine Art wohl in den Elektronen kennen gelernt haben, welche in den Vakuumröhren als selbständige Individuen auftreten können. Die Elektronen sind negativ elektrisch geladen, und da die Atome im normalen Zustande elektrisch neutral sind, müssen in ihnen wohl auch Bausteine von ebensogroßer positiver Ladung vorhanden sein. Durch Abspaltung eines Elektrons von einem neutralen Atom entsteht dann ein einwertiges positives Ion, durch Abspaltung von zwei Elektronen ein zweiwertiges usw., da dann ein Teil der positiven Ladung nicht mehr kompensiert ist. Während aber in wäßrigen Salzlösungen wenigstens für einen Bruchteil der Salzmoleküle die Elektronen von den Metallatomen durch den Säurerest abgespalten werden, welcher sie an sich zieht und darum selbst negativ elektrisch erscheint, muß in den Gasen die Ionisierung durch äußere Mittel erfolgen. In den bisher betrachteten Fällen waren die durch das Ruhmkorffsche Induktorium erzeugten sehr hohen elektrischen Spannungen die Ursache der Ionenbildung.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen leitet die Luft den elektrischen Strom kaum; ein aufgeladenes Elek-

trooskop behält seine Ladung. Unter anderem sind auch die Strahlungen radioaktiver Substanzen ein Mittel, die Luft zu ionisieren. Ein Goldblättchen, überzogen mit einer radioaktiven Substanz, Polonium, bringt bei Annäherung auf etwa 4 cm das Elektroskop rapid zur Entladung. Beim Umhüllen des Präparates mit einem Blatt Stanniol tritt diese Wirkung auf das Elektroskop erst bei 2 cm Annäherung auf. Die doppelte Lage Stanniol bringt die Wirkung vollkommen zum Verschwinden. Ein Platindraht mit einem anderen radioaktiven Präparat, Ra E, bewirkt schon auf große Entfernung allmähliche Entladung des Elektroskops. Strahlen einer dieser zwei Typen sendet jede der bekannten radioaktiven Substanzen aus. Außer die Luft zu ionisieren bringen diese Strahlungen auch gewisse fluoreszierende Substanzen zum Aufleuchten, wovon die leuchtenden Zifferblätter der sogenannten „Radiumuhren“ ein heute schon jedermann bekanntes Beispiel liefern. Es ist darum nicht schwer, die Eigenschaften dieser Strahlungen auf dieselbe Weise zu untersuchen, wie es zuvor an den Kathodenstrahlen gezeigt wurde, vor allem ihr Verhalten im magnetischen und elektrischen Felde. Es ergibt sich, daß man es auch hier mit Korpuskularstrahlungen zu tun hat, mit einer positiven und mit einer negativen. Die Träger der positiven Korpuskularstrahlung sind auch hier Atome, und zwar, wie genauere Untersuchungen gezeigt haben, die Atome des Edelgases Helium vom Atomgewichte 4, jedes geladen mit zwei positiven Elementarquanten. Sie werden

von den radioaktiven Substanzen mit einer sekundlichen Geschwindigkeit bis zu 20.000 km ausgesendet, das ist auf der Erdoberfläche die Distanz Nordpol — Südpol, sie verlieren ihre hohe Anfangsgeschwindigkeit aber rasch, so daß sie in Luft unter normalen Verhältnissen nur Wege von einigen Zentimetern zurücklegen. Dabei üben sie aber eine sehr kräftige ionisierende Wirkung aus, wie sie das Goldblättchen mit dem Poloniumpräparat zeigt. Diese Strahlen nennt man  $\alpha$ -Strahlen. Die Träger der negativen Korpuskularstrahlung sind auch hier die Elektronen. Aber die Geschwindigkeit, mit der sie von den radioaktiven Substanzen ausgeschleudert werden, ist viel größer als die der Kathodenstrahlen in den Vakuumröhren; sie beträgt pro Sekunde, 200.000 km bis nahezu 300.000 km und reicht somit bis nahe an jene hohe Geschwindigkeit heran, mit der sich das Licht fortpflanzt. Die ionisierende Wirkung dieser Strahlen ist viel geringer als die der  $\alpha$ -Strahlen, aber ihre Reichweite vielemals größer, wie es der Platindraht mit dem Ra E-Präparat zeigt. Man nennt diese Strahlen  $\beta$ -Strahlen.

Die Eigenschaften der Korpuskularstrahlen sind an den radioaktiven Substanzen viel bequemer zu untersuchen als in den Vakuumröhren. Die unter gewöhnlichen Verhältnissen durch diese Strahlen erzeugten Ionen ziehen sofort infolge ihrer elektrischen Ladung eine Menge von Molekülen aus der Umgebung an sich, mit einer breiten Gashülle sich beschwerend, und können so nur langsamer wirkenden elektrischen Kräften folgen.

Aber in Luft, die mit Wasserdampf übersättigt ist, wie es zur Nebelbildung erforderlich ist, kann sich das Wasser auf den Ionen in so großen Tropfen niederschlagen, daß man dadurch imstande ist, den Weg der Strahlen und die Menge der erzeugten Ionen deutlich zu sehen. Vor noch nicht so langer Zeit hat Prof. Mache an gleicher Stelle die Methoden zur Sichtbarmachung dieser Erscheinungen eingehend behandelt,<sup>1)</sup> welche die Strahlenbahnen zu photographieren gestatten. Es war dem Physiker C. T. R. Wilson gelungen, auf diese Weise prachtvolle Bilder von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen herzustellen. Die raschen  $\beta$ -Strahlen zeigen auf diesen Bildern eine vollkommen geradlinige Bahn und erzeugen nur wenige Ionen pro Zentimeter. Die langsamen  $\beta$ -Strahlen sind stark gekrümmt, aber die von ihnen erzeugten Ionen reihen sich bereits dicht aneinander. Doch ungleich viel mehr Ionen erzeugt ein  $\alpha$ -Partikel auf jedem Zentimeter seiner Bahn, so viele, daß man die einzelnen Ionen längst nicht mehr unterscheiden kann, sondern das Ganze in einen dicken weißen Nebelstreif verschwimmt. Noch auffälliger aber ist der vollkommen geradlinige Verlauf des  $\alpha$ -Strahles, wenn man von dem oft hakenförmig gekrümmten äußersten Ende absieht.

Der geradlinige Verlauf der Bahn des  $\alpha$ -Partikels ist um so auffälliger, als es sich hier um ein rasch

---

<sup>1)</sup> Kann man Atome wahrnehmen? Vortrag, gehalten den 11. Februar 1914. Anschließend finden sich Tafeln mit den Photographien von Strahlenbahnen.

bewegtes Heliumatom handelt, das doch mit den Luftmolekülen zusammenstoßen muß, und zwar nach dem, was wir aus der kinetischen Theorie der Gase wissen, etwa 50.000 Zusammenstöße auf dem Wege von einem Zentimeter erleidet. Es kann sich aber bei diesen Zusammenstößen nicht so verhalten wie die Luftmoleküle untereinander, welche mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von etwa  $\frac{1}{2}$  km in der Sekunde sich bewegend bei jedem Zusammenprall völlig aus ihrer Richtung geworfen werden, wie elastische Kugeln sich abstoßend. Die Geradlinigkeit der  $\alpha$ -Strahlen läßt erkennen, daß das  $\alpha$ -Partikel die vielen, vielen Moleküle, mit denen es auf seinem Wege zusammentrifft, glattweg durchdringt bei seiner hohen Geschwindigkeit, ohne im allgemeinen in merklicher Weise aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt zu werden. Aber die  $\alpha$ -Strahlen durchdringen nicht bloß Luft oder andere Gase geradlinig, ebenso durchdringen sie bis zu einer gewissen Dicke Stanniol, sie durchdringen Goldfolie, sie durchdringen Schichten von jeder Substanz, wobei sie Tausende von Atomen durchqueren müssen, ohne beträchtlich aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt zu werden. Man ersieht aus dem allen, daß die Atome jedenfalls ganz außerordentlich löcherige Gebilde sein müssen.

Auf einer der von Wilson hergestellten Photographien, welche ein ganzes Bündel von  $\alpha$ -Strahlen zeigt, bildet unter den ganz geradlinigen Strahlen einer eine äußerst seltene Ausnahme; er weist zwei Knicke

auf, einen stärkeren und einen schwächeren, und scheint so aus drei geradlinigen Stücken zusammengesetzt. Aber schon  $\alpha$ -Strahlen mit einem einzigen Knick sind eine seltene Erscheinung, um so seltener, wenn der Knick um einen größeren Winkel erfolgt. Häufiger kommen sie beim Durchgang der  $\alpha$ -Strahlen durch Folien eines Materials von höherem Atomgewicht, etwa Gold vor, so daß einzelne der Strahlen um beträchtliche Winkel abgelenkt erscheinen. Aber immerhin sind auch hier die geradlinig durchdringenden die große Menge und die beträchtlich aus ihrer Richtung abgelenkten  $\alpha$ -Strahlen bilden nur einen winzigen Bruchteil. Doch gerade diese seltenen Ausnahmefälle der geknickten  $\alpha$ -Strahlen sind es, aus denen Rutherford die wichtigsten Schlüsse über den inneren Aufbau des Atoms ziehen konnte.

Jedes Atom, schloß Rutherford, muß einen winzigen Zentralkern besitzen, in dem die große Masse des Atoms und seine ganze positive Ladung konzentriert ist, um den in weiter Distanz erst die Elektronen kreisen so wie die Planeten unseres Sonnensystems um ihren Zentralkern, die Sonne. Der positiv geladene Kern des Atoms zieht die negativ geladenen Elektronen an wie die Sonne die Planeten und hält so das System zusammen. Was die Größe der Ladung des Atomkernes betrifft, so besitzt der Kern des Wasserstoffatoms die Ladung von einem Elementarquantum, der Kern des Heliumatoms die Ladung von zwei Elementarquanten, des Lithiumatoms von drei usw. im allgemeinen

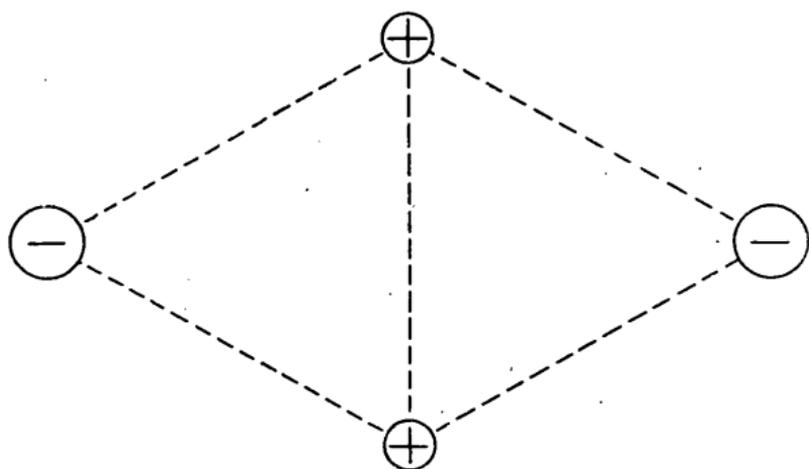
enthält jedes nächst schwerere Atom als Kernladung ein Elementarquantum mehr; Gold besitzt auf diese Weise bereits eine positive Ladung im Kern von 79 Elementarquanten. Und so viele positive Elementarquanten im Kern sitzen, ebensoviele Elektronen kreisen im neutralen Atom; im Goldatom kreisen also 79 Elektronen um den Zentralkern. Bei den leichten Elementen sind natürlich entsprechend weniger Elektronen vorhanden. So kreist im Wasserstoffatom nur ein Elektron, im Heliumatom deren zwei. Ein  $\alpha$ -Partikel ist ein zweifach positiv geladenes Heliumatom, also ein Heliumatom, das zwei Elektronen verloren hat, das sind gerade so viele, als das Heliumatom überhaupt besitzt. Man hat es daher im  $\alpha$ -Partikel mit dem bloßen Kern des Heliumatoms zu tun. Vermöge der großen Geschwindigkeit, die er im  $\alpha$ -Strahl besitzt, dringt dieser Heliumkern in fremde Atome ein wie ein Komet in unser Sonnensystem. Wenn ihn sein Weg sehr nahe an dem fremden Atomkern vorbeiführt, so tritt eine starke abstoßende Kraft zwischen den beiden positiven Ladungen auf und der  $\alpha$ -Strahl erleidet eine starke Richtungsänderung. Die starken Ablenkungen, wie man sie bisweilen beobachtet, sind aber nur so zu erklären, daß die Atomkerne ganz außerordentlich klein sind, daß deren Ladung und Masse auf einen fast nur mehr punktförmigen Raum zusammengedrängt ist. Durchdringt aber das  $\alpha$ -Partikel ein Atom in den übrigen weiten Bezirken, in welchen die Elektronen kreisen, so ist von einer ablenkenden Wirkung kaum mehr etwas

zu merken, auch dann nicht, wenn es nahe an einem der Elektronen vorbeipassiert. Denn die Elektronen sind ja leichte Körper, sie haben ja jedes eine mehr als 7000 mal kleinere Masse als so ein  $\alpha$ -Partikel, sie werden infolge ihrer negativen Ladung vom  $\alpha$ -Partikel wohl stark angezogen und erleiden in ihrer Bahn manchmal so starke Störungen, daß sie das Atom verlassen können, somit Ionisation eintritt. Aber das schwere, mit rasender Geschwindigkeit dahinschießende  $\alpha$ -Partikel können die Elektronen kaum aus seiner Richtung bringen. So kann ein  $\alpha$ -Partikel Tausende von Atomen durchdringen, ohne eine merkliche Richtungsänderung zu erleiden, bis es nicht einmal zufällig ganz nahe an einen Atomkern herangerät; erst dann tritt plötzliche Richtungsänderung ein. Aus diesen Vorstellungen heraus kann man den Bruchteil der  $\alpha$ -Strahlen genau berechnen, welche beim Durchdringen einer gewissen Schichtdecke von Substanzen Ablenkungen um bestimmte Winkelbeträge erleiden. Zwei Forscher, Geiger und Marsden, haben sich auch der mühevollen Arbeit unterzogen, diese Bruchteile für die verschiedensten Substanzen experimentell zu zählen. Die Übereinstimmung, welche sie mit den berechneten Zahlen fanden, war nach jeder Hinsicht eine so glänzende, daß wir die von Rutherford gegebenen Vorstellungen über den Bau des Atoms als vollkommen bestätigt bezeichnen müssen.

Wirkungen der Elektronen, welche in den Atomen vorhanden sind, waren schon viel früher bekannt. Ein Glasprisma lenkt hindurchtretende Lichtstrahlen ab und

verbreitert ein enges Spaltbild in ein breites Spektrum, das bei weißem Licht als kontinuierliches Farbenband erscheint ähnlich dem Regenbogen und die Zerlegung des Lichtes in seine Bestandteile bedeutet. Als Dispersion des Lichtes bezeichnet man diese Wirkung des Glases auf das Licht, eine Eigenschaft, welche jedem durchsichtigen Körper im größeren oder geringeren Grade zukommt. Es ist dies eine Wirkung der Elektronen in den Atomen des durchsichtigen Körpers, welche als leichte elektrische Körper durch elektrische Wellen, als welche man ja bekanntlich auch das Licht erkannt hat, in Mitschwingungen geraten und so deren Fortpflanzung stören. Aber nur das Licht von glühenden festen Körpern, wie der weißglühenden positiven Kohle einer Bogenlampe, gibt ein kontinuierliches Spektrum. Glühende Gase und Dämpfe geben bloß ein Linienspektrum, wie man sehr deutlich sehen kann, wenn man mit einem Stück Silber als positivem Pol und der negativen Kohle der Bogenlampe den aus glühenden Silberdämpfen bestehenden Lichtbogen zieht. Das Auftreten von bloß einzelnen Linien im Spektrum zeigt an, daß von den glühenden Gasen und Dämpfen bloß Licht von bestimmten Wellenlängen ausgesendet wird. Auch hier soll bloß erwähnt werden, daß eine ganze Reihe von Erscheinungen an den Linienspektren schon längst darauf hingewiesen haben, daß es sich dabei um elektrische Wellen handelt, welche durch Eigenschwingungen der Atomelektronen in den glühenden Gasen und Dämpfen hervorgerufen werden.

Alle diese Erscheinungen und sonstige Eigenschaften der Atome lassen bestimmte Schlüsse zu über die Konstellation des Atomsystems, die Anordnung, Bewegung der Elektronen und ihre Entfernungen vom Zentralkern. Es ist dem Physiker Bohr gelungen, für eine Reihe von Atomen solche Konstellationen zu finden, welche ihren Eigenschaften gerecht werden, und vor



allem für das leichteste Atom, das Wasserstoffatom. Dieses besitzt allerdings nur ein um den Zentralkern kreisendes Elektron, aus dessen Bahnelementen Bohr aber tatsächlich ganze Serien von Spektrallinien berechnen konnte, welche der leuchtende Wasserstoff aufweist.

Aber unter gewöhnlichen Verhältnissen treten im Wasserstoffgas ebenso wie bei den meisten anderen Gasen die Atome nicht getrennt für sich auf, sondern sind immer zu zweien im Molekül vereinigt. Im Wasserstoffmolekül treten mithin zwei Atomkerne und zwei

Elektronen auf. Auch für das Wasserstoffmolekül hat Bohr eine Konstellation gefolgert, wie sie die Abbildung zeigt. Die beiden Kugeln, welche die positiv geladenen Wasserstoffatomkerne darstellen sollen, sind mit einem Pluszeichen versehen, dagegen bedeuten die größeren Kugeln mit dem Minuszeichen die negativ geladenen Elektronen. Auf jeden Kern wirkt der andere abstoßend, die beiden Elektronen aber anziehend; das Gleichgewicht ist dadurch hergestellt, daß die in der Abbildung gestrichelt gezeichneten Distanzen alle untereinander gleich sind. Auf die beiden Elektronen wirkt außerdem noch die Zentrifugalkraft ein, da sie mit enormer Geschwindigkeit um eine durch die beiden Kerne gehende Achse rotieren. Die Welle eines schnellaufenden Automotors würde sich nämlich erst in einigen Tausend Jahren ebenso oft herumdrehen als die Elektronen im Wasserstoffmolekül bloß im tausendsten Teil einer Sekunde.

Die Abbildung stellt ein Wasserstoffmolekül natürlich in ganz riesiger Vergrößerung dar. Die wahren Dimensionen eines Wasserstoffmoleküls verhalten sich zur Größe ihrer Abbildung wie etwa diese zur Größe der ganzen Erde. Für Wasserstoffgas bei gewöhnlichem Druck und gewöhnlicher Temperatur würde sich bei dieser Vergrößerung das nächst benachbarte Molekül im Durchschnitte erst in einer Distanz von mehr als 2 m befinden. Die Moleküle eines Gases sind aber bekanntlich in fortwährender Bewegung, sie fliegen mit ziemlicher Geschwindigkeit dahin, bis sie auf ein

anderes Molekül stoßen, abprallen und mit geänderter Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung immer wieder früher oder später das gleiche Schicksal erleiden. Bei dieser Vergrößerung würde das Wasserstoffmolekül im Mittel über 100 m fliegen müssen, bis es wieder mit einem anderen zusammenstößt. Die abstoßenden Kräfte zwischen den Kernen der beiden sich nähernden Molekülsysteme verhindern ein allzuweites Ineinanderdringen oder gar Durchdringen, sondern bringen vielmehr ein elastisches Abprallen der beiden Moleküle zustande. Daß das  $\alpha$ -Partikel die Moleküle zur durchdringen vermag, verdankt es bloß seiner hohen Geschwindigkeit, die zehntausendmal so groß ist als die der Wasserstoffmoleküle und die es somit mit hundertmillionenmal größerer Wucht dahinfliegen läßt. Auf Grund dieser Vorstellungen über das Wasserstoffmolekül hat der Physiker Debye einen sehr schönen Erfolg errungen; er konnte genau die Dispersion berechnen, welche das Licht beim Hindurchgehen durch Wasserstoffgas aufweist.

Nur die Atomkerne und Elektronen selbst konnten in der Abbildung nicht in der richtigen Größe wiedergegeben werden; denn trotz der riesigen Vergrößerung wären sie mit freiem Auge noch lange nicht sichtbar. Die Masse des Elektrons dürfte bloß durch elektrische Selbstinduktion zustande kommen und wäre somit rein elektromagnetisch. Unter dieser Voraussetzung läßt sich der Radius des Elektrons berechnen; er wäre der billionste Teil eines Millimeters.

Durch ein Kügelchen von etwa ein Tausendstel Millimeter Durchmesser müßte man also ein Elektron in die Abbildung einzeichnen und würde es also immer noch bloß mit dem Mikroskop sehen. Der Kern des leichtesten Atoms, des Wasserstoffatoms, ist vielleicht ebenso einfach gebaut wie ein Elektron mit gleichfalls rein elektromagnetischer Masse; dann müßte sein Durchmesser noch mehr als tausendmal so klein sein, könnte also im richtigen Verhältnisse in die Abbildung eingezeichnet kaum mehr mit dem Ultramikroskop gesehen werden. Jedenfalls scheint auch bei den übrigen Elementen der Atomkern viel kleiner zu sein als die Elektronen. Aus dem allem ersieht man, daß selbst im festen Körper, wo zwar Atom neben Atom gelagert ist, die Raumerfüllung dennoch eine äußerst spärliche ist. Denn die Atome erfüllen zwar sehr kleine Bezirke und doch sieht man in ihnen winzige Elektronen kreisen um noch winzigere Atomkerne in weitem leeren Raum.

So tut sich der neuesten Forschung eine neue Welt auf, wir blicken in abgrundlose Tiefen des Unendlichkleinen, ähnlich wie eine andere Wissenschaft, die Astronomie, uns das Unermeßlichweite zu zeigen versucht. Denn schon heute kann man ahnen, daß wir auch hier, im Unendlichkleinen, noch lange nicht bis zu den letzten Tiefen vorgedrungen sind. Der Atomkern eines radioaktiven Elementes sendet  $\alpha$ -Partikel und sendet  $\beta$ -Partikel aus, in dem kleinsten aller kleinen Dinge, einem Atomkern, gehen also kom-

plizierte Prozesse vor sich, die wir bisher durch gar kein Mittel beeinflussen konnten, die uns aber gesetzmäßigen Verlauf verraten. Aber vorläufig zeigt die Welt des Atoms selbst, des Zentralkernes mit den kreisenden Elektronen, noch manche ungeklärte Merkwürdigkeiten, deren Ergründung der Physik in nächster Zukunft noch reichlich genug zu tun geben wird.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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: 1916

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Flamm Ludwig

Artikel/Article: [Einiges über den Bau des Atoms. 1-25](#)