

# **Unser Wissen von den Atomkernen.**

Von

**Gerhard Kirsch.**

---

Vortrag, gehalten am 18. Februar 1931.



Bei der Vorbereitung des heutigen Vortrages ist es mir mehr als je zuvor zum Bewußtsein gekommen, was für ein großes Gebiet heute die Physik der Atomkerne bereits ist. Seine Behandlung in einem einstündigen Vortrage ist nur möglich, wenn man sich darauf beschränkt, aus der Geschichte seiner Erforschung bis zur Gegenwart einige der wichtigsten Marksteine hervorzuheben und die wichtigsten verbindenden Tatsachen zu bringen. Ich brauche nur daran zu erinnern, daß die Radioaktivität, die schon so manchen Abend in diesem Kreise Gegenstand des Interesses war, ein Teilgebiet der Kernphysik ist, ebenso wie die Isotopenlehre und die Atomzertrümmerung es zu werden im Begriffe sind.

Ich will Ihnen zunächst den Weg zur Entdeckung der Atomkerne zeigen, also einen kurzen Abriß der Erforschung des Atombaus bis zu diesem Punkte geben. Durch die Daltonsche Atomhypothese war zu Beginn des vorigen Jahrhunderts die Deutung der Verbindungsgewichte möglich geworden. Das Gesetz der konstanten Gewichtsverhältnisse der Grundstoffe in chemischen Verbindungen war verständlich geworden auf Grund der Annahme, daß die Atome eines Grundstoffes alle unter sich gleiches Gewicht haben und daß in den kleinsten Teil einer Verbindung, in das Molekül nur eine bestimmte sehr kleine Anzahl — z. B. ein, zwei

oder drei — Atome jedes beteiligten Grundstoffes eintreten. Man kann sagen, daß diese Atomhypothese längst zur Theorie, zum gesicherten Bestande der Wissenschaft geworden war, als es in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts dem Wiener Physiker Loschmidt gelang, auf Grund gaskinetischer Überlegungen auch die absolute Größe und damit das absolute Gewicht der Atome zu erkennen. Bald wurden noch eine ganze Reihe von Wegen zur Bestimmung dieser Größen gefunden, wie z. B. ihre Berechnung aus Beobachtungen über die Brownsche Molekularbewegung oder die Zählung der zerfallenden Atome einer radioaktiven Substanz.

Der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts verdanken wir auch die Aufhellung der Bedeutung, die die Elektrizität im allgemeinen und das Elektron im besonderen für den Aufbau der Materie, also der Atome, hat. Auf dem Gebiet der Elektrolyse zeigte schon Faraday, daß in einer leitenden wässerigen Lösung mit jedem an die Elektrode wandernden Atom eine bestimmte Elektrizitätsmenge wandert, u. zw. daß unabhängig davon, um welchen Grundstoff es sich handelt, für jede chemische Valenzeinheit jedes Atoms dasselbe elektrische Elementarquantum erhalten wird; dies war bereits ein starker Hinweis darauf, daß auch die chemischen Funktionen der Atome ihrem Wesen nach in elektrischen Kräften begründet sein dürften.

Dieselbe elektrische Ladung, wie sie ein einwertiges Ion (d. i. ein geladenes Atom) im Elektrolyten führt, fand man auch beim Elektron, jenem leichten, luftigen

Gesellen, der nur wenig mehr als ein Zweitausendstel von einem Wasserstoffatom wiegt. Diese Elektronen, die gelegentlich auch als Elektrizitätsatome bezeichnet wurden, sind stets negativ geladen und treten fast überall auf, wo Atome abgebaut werden, so in den Kathodenstrahlen in der Geißlerröhre, wo sie dem Kathodenmaterial oder den spärlichen Gasatomen in der Röhre entstammen; sie treten aus glühenden Körpern aus, was bekanntlich bei den Glühkathoden der Verstärkerröhren Verwendung findet; durch Bestrahlung von irgendwelchen Körpern mit genügend kurzwelligem, ultraviolettem Licht, ja bei manchen Körpern schon bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht werden Elektronen von denselben abgelöst und können durch die positive Aufladung der Körper, bzw. durch Untersuchung der in ihrer Umgebung auftretenden negativen Ladungen nachgewiesen werden; dies ist der sogenannte photoelektrische Effekt. Schließlich verraten uns die Erscheinungen der Lichtbrechung in durchsichtigen Körpern, die Dispersion des Lichtes, daß in festen Körpern durchschnittlich mehrere Elektronen pro Atom vorhanden sind und die magnetische Beeinflußbarkeit einer Lichtquelle, nämlich der Wellenlänge des von ihr ausgesandten Lichtes zeigt uns an, daß es Elektronen sind, deren Schwingungen im Atom für die Lichtaussendung verantwortlich zu machen sind. Unter bestimmten Voraussetzungen war aus Versuchen über die Streuung von Röntgenstrahlen sogar auf die Anzahl der streuenden Elektronen pro Atom zu schließen. Diese Zahl ( $Z$ )

ergab sich für die leichten Elemente als ungefähr gleich dem halben Atomgewicht (A)

$$Z \cong \frac{A}{2}.$$

Im Jahre 1896 wurde das Gebiet der radioaktiven Erscheinungen erschlossen, aber sowohl die Sondierung des Atominnern mit raschen Kathodenstrahlen als auch mit den sehr schnellen und energiereichen radioaktiven  $\beta$ -Strahlen ergab zunächst mit Sicherheit nur die Anwesenheit zahlreicher Elektronen in den Atomen, und zwar für alle Elemente, auch für die schweren, ungefähr proportional mit dem Atomgewicht. Zusammen mit dem Ergebnis aus der Röntgenstrahlenstreuung ließ sich also die obige Gleichung  $Z \cong \frac{A}{2}$  nunmehr auch auf die schweren Atomarten ausdehnen.

Die radioaktiven Erscheinungen machten uns aber noch mit anderen wichtigen Dingen bekannt. Beim Zerfall — als solchen erkannte man schließlich den Vorgang, der mit der Strahlenausendung für das radioaktive Atom verknüpft war — verschwindet eine Atomart, z. B. das Radium, und es entstehen zwei neue Atomarten, im Falle des Radiums Emanation und Helium, beides wohlcharakterisierte Grundstoffe. Die Heliumatome werden dabei mit großer Gewalt in positiv geladenem Zustande als die sogenannten  $\alpha$ -Teilchen ausgeschleudert. Auch Fälle in denen keine positiven Ladungen ausgeschleudert werden, sondern nur Elektronen und in denen doch auch eine Verwandlung des radio-

aktiven Elements in ein anderes vorliegt, wurden beobachtet. Im Gegensatz zu diesen radioaktiven, spontanen Abspaltungen von Atombestandteilen, die eine dauernde Änderung des Atomcharakters, eine Atomverwandlung zur Folge haben, besteht die mit unseren normalen experimentellen Hilfsmitteln erzielbare Abspaltung von Elektronen nur in einer vorübergehenden Änderung des Atomzustandes, der Bildung eines geladenen Atoms, eines Ions.

Aus welchem Teil des Atoms die bei der radioaktiven Elementumwandlung, den radioaktiven Zerfall, abgespaltenen Teilchen stammen, war zunächst noch unbekannt. Auf Grund seiner Versuche über den Durchgang von Kathodenstrahlen durch Materie schloß bereits Lenard, daß das Atominnere im großen und ganzen leer sein müsse und nur dann und wann ein Elektron auf einen widerstandsfähigeren Teil, ein hochkonzentriertes Kraftfeld stoße, eine Dynamide, wie er es nannte.

Die Elektronen, mit denen wir im Innern der Atome jedenfalls zu rechnen haben, bilden für Kathodenstrahlen, die ja ebenfalls Elektronen sind, ebenbürtige Stoßpartner; es kann schon beim einzelnen Zusammenstoß zu großen Ablenkungen aus der ursprünglichen Richtung kommen und auch die gestoßenen Elektronen können namhafte Geschwindigkeiten erhalten. Solange man die Anzahl der Elektronen im Atom und die Art ihrer Bindung noch nicht mit Sicherheit kannte, war es daher nicht möglich, auf Grund der Streuung

schneller Elektronen auf die Art und Zahl der massiveren Teile des Atoms zu schließen.

Ganz anders liegen die Dinge, wenn man zum Sondieren des Atominneren rasch bewegte Teilchen mit großer Masse benützt wie die  $\alpha$ -Teilchen, welche viele radioaktive Substanzen ausschleudern. Ein solches  $\alpha$ -Teilchen besitzt ungefähr die vierfache Masse eines Wasserstoffatoms und am Anfang seiner Flugbahn, wenn es das radioaktive Atom soeben verlassen hat, ein Vielfaches der Energie, die wir Kathodenstrahlteilchen zu erteilen vermögen. Ist auch ihre Energie  $\left(\frac{m v^2}{2}\right)$  die größte, die wir an Korpuskularstrahlen je beobachten, so ist doch wegen des großen  $m$  das  $v^2$  verglichen mit dem von Kathodenstrahlen gar nicht groß. Daher verlaufen die Zusammenstöße der  $\alpha$ -Teilchen mit den Elektronen im Inneren der Atome, die sie durchfliegen, ganz anders als die schneller Elektronen. Wegen ihrer verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit vermögen sie den gestoßenen Elektronen nur ebenso geringe Geschwindigkeiten und damit vermöge der geringen Masse derselben auch nur sehr kleine Energiemengen zu übertragen. Deshalb und wegen der überlegenen, tausendmal größeren Masse erleiden die  $\alpha$ -Teilchen bei solchen Zusammenstößen auch nie größere Ablenkungen. Beim Durchfliegen vieler Tausende von Atomen längs eines größeren Bahnstückes superponieren sich allerdings Tausende von kleinen Ablenkungsbeträgen, die aber im allgemeinen derart verschiedene Richtungen haben, daß

sie sich zum größten Teil wieder aufheben. Das Zustandekommen von größeren Ablenkungen als um einige wenige Grade durch zufällige Summierung vieler kleiner Einzelablenkungen nach derselben Richtung ist derart unwahrscheinlich, daß dieselben praktisch wegen ihrer Seltenheit nicht mehr beobachtbar sind.

Im Jahre 1909 beobachteten nun Geiger und Marsden, daß besonders von schweren Elementen eine nicht geringe Anzahl von  $\alpha$ -Teilchen — etwa je eines von 10.000 — sogar um mehr als  $90^\circ$  abgelenkt wurden. Das ist um viele Größenordnungen mehr, als durch Streuung an Elektronen erklärt werden kann. Auf Grund dieser Versuche stellte Rutherford sein berühmtes Kernmodell des Atoms auf: nur ein widerstandsfähiger, d. h. mit genügender Masse und Ladung begabter Teil im Inneren des Atoms war fähig, den nötigen Impuls von dem herankommenden  $\alpha$ -Teilchen zu übernehmen, um ihm eine Ablenkung zu erteilen. Ob nun im Atominneren ein oder mehrere derartige massive Bestandteile vorhanden seien, darüber mußte der quantitative Ausfall der Streuversuche entscheiden. Dieser erwies sich als gut verträglich mit der Annahme, daß in jedem Atom ein Kern mit großer Masse sich befinde und mit einer elektrischen Ladung, die für schwere Elemente, Gold u. dgl., rund das Hundertfache der Elektronenladung betrage. Am einfachsten war es daher, anzunehmen, die gesamte Masse des Atoms sei praktisch in einem sehr kleinen, zunächst für Berechnungen als punktförmig anzunehmenden Kern vereinigt,

der positiv so stark geladen sei, daß hiedurch im neutralen Atom die Ladung der diesen Kern umgebenden Elektronenwolke gerade neutralisiert wird. Nach den Untersuchungen von Geiger und Marsden über die Streuung von  $\alpha$ -Teilchen um große Winkel war die Kernladung der verschiedenen Atomarten etwa gleich dem halben Atomgewicht anzusetzen, d. h. es wären in jedem Atom auch rund halb so viele Elektronen in der den Kern umgebenden Hülle anzunehmen, als das Atomgewicht angibt. Dies steht in guter Übereinstimmung mit dem früher erwähnten Ergebnis aus der Streuung von Röntgenstrahlen:  $Z \cong \frac{A}{2}$ .  $Z$  bedeutet also nicht nur die Zahl der streuenden Elektronen im Atom, sondern auch seine Kernladungszahl, die Anzahl positiver Elementarquanten, die der Kern trägt. Andere Annahmen als die der Konzentration der Masse des Atoms in einen einzigen Kern, etwa die Annahme einer größeren Anzahl massiver Bestandteile im Atominneren oder die Verteilung der positiven Ladung über ein größeres Volumen sind nicht imstande, die Ergebnisse von Geiger und Marsden wiederzugeben; entweder wird zur quantitativen Erklärung eine so große Anzahl solcher Kerne erforderlich, daß ihre Gesamtladung die der im neutralen Atom vorhandenen Elektronen weit übersteigt, oder die Abhängigkeit der Zahl gestreuter  $\alpha$ -Teilchen vom Streuwinkel u. dgl. müßte eine andere sein als die experimentell gefundene. Dies ist die Geschichte der Entdeckung der Atomkerne.

Das Rutherfordsche Modell des Atoms mit Kern, einem Sonnensystem im kleinen vergleichbar, wurde sofort die Grundlage, auf der Niels Bohr seine Theorie vom Bau der Atomhülle begründete. Nach dieser Theorie war unter anderem für die dem Kern zunächst befindlichen Elektronen ihre Bahn um den Kern und die Wellenlänge des von ihnen eventuell ausgesendeten Röntgenlichtes in ihrer Abhängigkeit von der Größe der Kernladung — es sind ja die elektrischen Kräfte, die in diesem System regieren — so genau bekannt, daß eine Bestimmung der Kernladungen für jedes Element aus seiner charakteristischen Röntgenstrahlung möglich war. Da zeigte sich denn, daß die Kernladungszahl eines jeden Elements, d. h. die Zahl, die angibt, das Wievielfache der Elektronenladung der Kern trägt, mit seiner Stellenzahl oder Ordnungszahl übereinstimmt, wenn wir die Elemente nach ihren Atomgewichten, also nach ihren Kernmassen ordnen. Nur an ganz wenigen Stellen, wo auch die Reihenfolge der Elemente nach ihrem chemischen Charakter mit der nach den Atomgewichten im Widerspruch steht (z. B. Argon-Kalium), entscheidet die Untersuchung der Kernladung durch das Röntgenlicht zugunsten der chemischen Reihenfolge. Damit ist die entscheidende Rolle der Kernladung gegenüber der weniger wichtigen der Kernmasse enthüllt, ist es doch die Kernladung, die die Zahl der Elektronen im neutralen Atom und damit nach Bohr ihre Anordnung und den chemischen Charakter festlegt.

Hatte nun auch die Untersuchung der charakteristischen Röntgenstrahlen der Elemente ergeben, daß die Kernladung der Atome von Element zu Element um je ein Elementarquantum wächst, so war doch die Bohrsche Theorie und damit auch die derselben zugrunde liegenden Annahmen die wesentliche Grundlage zur Ableitung dieses Ergebnisses. Es war daher gar nicht überflüssig, daß auf demselben ganz direkten Weg, auf dem die Entdeckung der Atomkerne stattgefunden hatte, auch mit großer Genauigkeit eine Messung der Kernladung wenigstens an einigen Stichproben von Chadwick, einem Mitarbeiter Rutherfords, unternommen wurde. Bei der Ableitung der Ladung der die  $\alpha$ -Teilchen ablenkenden Atomkerne aus den beobachteten Ablenkungen wird ja nichts weiter vorausgesetzt, als daß in den in Betracht kommenden Entfernungen vom Kernmittelpunkt das Coulombsche Gesetz ( $F = \frac{E \cdot E'}{r^2}$ ,  $E =$  Ladung des Kernes,  $E' =$  Ladung des  $\alpha$ -Teilchens,  $r =$  Abstand vom Kernmittelpunkt,  $F =$  Kraft) gilt, eine Annahme, die im Zuge derselben Versuche durch Änderung der Versuchsbedingung, etwa der Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Teilchen, für sich geprüft wurde. Es ergab sich für die Elemente Kupfer, Silber und Platin mit großer Genauigkeit derselbe Wert für ihre Kernladung wie aus den Untersuchungen mit Röntgenstrahlen.

In gewissen anderen Fällen, nämlich bei der Untersuchung der Streuung von  $\alpha$ -Teilchen an leichten Elementen, an deren Kerne sie wegen der geringeren

Ladung derselben näher herankommen, ergaben sich allerdings Abweichungen des Kraftfeldes dieser Kerne vom Coulombschen Gesetz. Solche Abweichungen können ihren Grund nur in einem Einfluß der Struktur der Atomkerne haben und machen uns eine Andeutung über eine gewisse Ausdehnung der Atomkerne, über etwas, was man als deren Größe bezeichnen kann, die sich danach auf etwa  $10^{-12}$  cm beläuft. Nach dem bisher Gesagten kennen wir also mit großer Genauigkeit, d. h. auf mehrere Stellen genau, die Kernladungen, wir haben einen Anhaltspunkt für die Größe der Atomkerne und kennen auch die Kernmassen, da diese ja nahezu gleich den Atommassen sind; bestehen doch die Atome nur aus den massiven Kernen und den Elektronen, die alle zusammen noch nicht ein Tausendstel der Atommasse ausmachen.

Allerdings können wir aus den Atomgewichten in Verbindung mit der Loschmidtschen Zahl strenggenommen nur das mittlere Gewicht der einzelnen Atome, die mittlere Atommasse eines Elements erschließen, sofern das Atomgewicht aus einer chemischen Untersuchung erschlossen wurde, bei der eine ungeheure Zahl von Atomen als Ganzes ins Spiel tritt und als Ganzes gewogen wird. Daß wir es bei den chemischen Atomgewichten tatsächlich nur mit Mittelwerten zu tun haben, von denen die wirklichen Gewichte der einzelnen Atome beträchtlich abweichen können, zeigte sich bei verschiedenen Gelegenheiten. Am sichersten feststellbar wird es bei Versuchen, wo wir die Atome einzeln auf-

marschieren lassen und sozusagen einzeln zur Wägung bringen, so etwa wenn wir Materie in Atome oder Ionen aufgelöst in einer elektrischen Entladungsröhre als Kanalstrahlen untersuchen.

Unterwerfen wir nämlich einen Strom von Ionen, wie ihn ein Kanalstrahlbündel darstellt, der ablenkenden Wirkung von elektrischen und magnetischen Feldern, so ist die Ablenkung aus der geradlinigen Bahn, der die Teilchen sonst kraft ihrer Trägheit folgen würden, erstens proportional ihrer Ladung und zweitens umgekehrt proportional ihrer Trägheit, ihrer Masse. Für die Ladung haben wir nicht viel Auswahl; sie kann nur die ein-, zwei- oder dreifache usw. Elektronenladung, natürlich auch mit positivem Vorzeichen sein. Die entsprechenden Strahlenbündel werden je nach ihrer Ladung um einen gewissen Betrag oder das Doppelte, bzw. Dreifache hiervon usw. abgelenkt erscheinen. Außerdem aber weisen die abgelenkten Bündel noch jedes eine Aufspaltung je nach der in Frage kommenden Atomart auf, die ihre Ursache in Verschiedenheit der einzelnen Atommassen desselben Elements hat, und die uns zeigt, daß z. B. ein chemisches Element, wie das Chlor mit dem chemischen Atomgewicht 35.5, aus rund 75% Atomen vom Atomgewicht 35 und 25% Atomen vom Atomgewicht 37 besteht; außerdem ist noch spurenweise eine Chloratomart vom Atomgewicht 39 vorhanden. Diese verschiedenen Atomarten eines chemischen Elements, die denselben chemischen Charakter, denselben äußeren Bau aufweisen, deren Atomkerne

dieselbe Ladung tragen und die in ihrer Hülle dieselbe Elektronenzahl beherbergen, gehören alle an dieselbe, dem Element im periodischen System zukommende Stelle und werden deshalb Isotope genannt (griechisch: isos = gleich, topos = Stelle, Ort). Wir sagen: Chlor besteht aus drei Isotopen, die sich nur durch ihre Masse unterscheiden, deren Atome, also deren Kerne voneinander verschiedene Massen besitzen. Das Interessanteste aber ist wohl, daß im Gegensatz zu den chemischen Atomgewichten, die man nach dem Gesagten besser bloß als Verbindungsgewichte bezeichnen sollte, die Atomgewichte der Isotopen alle untereinander in nahezu ganzzahligem Verhältnis stehen; für die chemischen Verbindungsgewichte gilt das nur teilweise und wird aus dem Umstand begreiflich, daß die ganzzahlige Verbindungsgewichte aufweisenden Elemente praktisch nur aus einem einzigen Isotop bestehen. Das größte gemeinsame Maß der Atomgewichte aller Isotopen aller Elemente, das nahezu mit dem Atomgewicht des Wasserstoffes übereinstimmt, als den gemeinsamen Urbaustein aller Elemente anzusehen, liegt nahe. Diese Hypothese vom Wasserstoff, dem leichtesten Element, der leichtesten Atomart, als dem gemeinsamen Urbaustein aller Materie, ist bereits vor mehr als 100 Jahren ausgesprochen worden und hat erst kurz vor dem großen Krieg eine experimentelle Unterlage bekommen.

Bevor wir uns aber näher mit dem Aufbau der Atomkerne beschäftigen, wollen wir noch einen Blick auf die Atomkerne tun, wie sie sind, was sie für den Auf-

bau des Weltalls bedeuten. Alle Materie in der Welt besteht aus Atomkernen, die elektrisch durch die sie umgebenden Elektronen im allgemeinen neutralisiert sind, d. h. die Materie besteht, was Masse betrifft, zu mehr als  $\frac{3999}{4000}$  aus Atomkernen; diese sind das Grundgerüst der Materie. Von dem mit Materie erfüllten Volumen dagegen erfüllen die Atomkerne nur ein Billionstel, ist doch ihr Durchmesser höchstens  $\frac{1}{10000}$  desjenigen eines Atoms. Der Rest des mit Materie erfüllten Raumes ist der Tummelplatz der dem Atomverband angehörenden Elektronen. Der von Atomen erfüllte Bruchteil des Weltraumes ist dagegen ein ganz unvorstellbar kleiner, vielleicht  $10^{-36}$ .

Unter den Atomkernen, die also die ganz überwiegende Hauptmenge der Materie des Weltalls ausmachen, können wir einige hundert verschiedene Arten mit neunzigerlei verschiedenen Kernladungen, entsprechend den heute bekannten 90 verschiedenen chemischen Elementen. Diese Kernarten, die je durch Ladung und Masse charakterisiert werden können, sind nun sehr verschieden häufig. Die beiden Wissenszweige der kosmischen Chemie und der Geochemie sind es, die uns über die Verteilung der Kernarten, soweit sie vom chemischen Charakter des Atoms und damit von der Kernladung abhängen, unterrichten und dadurch auch die Kenntnis der Häufigkeit des Vorkommens insgesamt in Beziehung zur Kernladung vermitteln. Nun sind es zwar die am meisten in Erscheinung tretenden chemi-

schen und physikalischen Vorgänge, die von der Beschaffenheit der Atomoberfläche und damit von der Kernladung abhängen, aber für den Physiker, der aus der Häufigkeit der Kernarten auf günstige Bildungsbedingungen, bzw. große Stabilität derselben schließen will, ist es gar nicht ausgemacht, daß die Kernladung hier die wichtigste Rolle spielt. Der Physiker muß jeden Kern charakterisierende Größe in gleicher Weise berücksichtigen, also sowohl Kernladung als auch Kernmasse. Für ihn ist jedes Isotop, jede Kernart, ebenso ein selbständiges Individuum wie für den Chemiker ein chemisches Element. Da aber Kernladung und Kernmasse wenigstens ungefähr proportional zueinander sind, so ist beim gegenwärtigen Stand der Forschung, wo die Feinheiten des Systems der Atomkerne noch nicht in Frage kommen, der Unterschied in Darstellung der Abhängigkeit etwa der Häufigkeit von der Kernladung oder von der Kernmasse kein großer. Die Geochemie lehrt uns für beide Abhängigkeiten sowohl von der Ladung als auch von der Masse: die Häufigkeit ändert sich im Mittel verkehrt proportional der siebenten Potenz; ferner die Kerne mit geradzahligem Ladung sind stets häufiger als die benachbarter ungeradzahligem Ladung. Die Isotopenforschung fügt hinzu: bei ersteren überwiegen stets Kerne geradzahligem Masse, bei letzteren die mit ungeradzahligem Masse; der Isotopenreichtum ändert sich periodisch im natürlichen System der Elemente.

Um mit diesen Gesetzmäßigkeiten überhaupt etwas anfangen zu können — es sei gleich bemerkt, daß erst

sehr bescheidene Ansätze in dieser Richtung vorliegen — müssen wir uns nun den Gebieten zuwenden, die von Veränderungen an Atomkernen handeln, vom Aufbau und Abbau derselben. Man könnte sie mit Recht als die Chemie der Atomkerne bezeichnen. Die Radioaktivität, als die Lehre von dem spontan verlaufenden Zerfall der Atomkerne, wäre dann die Lehre von den monomolekularen Reaktionen; der radioaktive Zerfall, den wir bereits früher gestreift haben, verläuft ja auch nach demselben Gesetz wie diese. Lassen wir dagegen rasch bewegte Teilchen, die bis zum Atomkern vorzudringen vermögen, mit demselben zusammenstoßen, so daß es zu einer „Reaktion“ zwischen ihnen kommt, so hätten wir es mit bimolekularen Reaktionen zu tun. Vorgänge der letzteren Art liegen vor bei der von Rutherford entdeckten Atomzertrümmerung, die beim Durchgang von  $\alpha$ -Teilchen aus radioaktiven Atomen stammend durch Materie auftritt. Allerdings sind so innige Zusammenstöße, daß es zu Kernreaktionen kommt, bei denen also das  $\alpha$ -Teilchen noch näher kommen muß als bei den früher erwähnten Streuungsversuchen, sehr selten. Von einer Million  $\alpha$ -Teilchen treffen nur einige wenige so zentral auf einen Atomkern, daß es zu einer Reaktion kommt.

Bei radioaktiven Prozessen also im Falle des spontanen Zerfalls einer Kernart, können wir diesen gewöhnlich nur durch die gewaltige Energiemenge, welche die wegfliegenden Bruchstücke mit sich führen, nachweisen. Nur in seltenen Fällen liegen die Verhältnisse

so günstig, daß wir die Produkte des Zerfalls auch spektroskopisch nachweisen können. Bei den künstlich eingeleiteten Kernreaktionen ist das bisher noch nicht möglich gewesen, hier sind wir ganz auf den ersten Weg angewiesen, die infolge der Kernreaktionen auftretenden sehr energiereichen Bruchstücke durch ihre Wirkung nachzuweisen; und zwar taugen hiezu wegen der großen Seltenheit dieser Vorgänge nur die empfindlichsten Versuchsanordnungen, die schon auf ein einzelnes rasch fliegendes Partikel ansprechen. Sowohl Methodik als auch Ergebnisse dieser Gebiete waren in diesem Kreise wiederholt Gegenstand der Darstellung, so daß ich nur die in unserem Zusammenhang interessierenden Ergebnisse herausheben will:

Beim radioaktiven Zerfall erhalten wir als materielle Produkte ein Restatom und ein ausgeschleudertes Partikel, und zwar entweder ein  $\alpha$ -Teilchen vom „Atomgewicht“ 4 und der „Kernladung“ 2, also einen Heliumkern, oder ein  $\beta$ -Teilchen, ein Elektron; beide entstammen dem Atomkern, denn ihre Ausschleuderung, also im ersten Fall die von 2 positiven Elementarquanten, im zweiten die von einer negativen Elementarladung, sind nachweisbar mit einer entsprechenden Änderung der Kernladung des zerfallenden Atoms verbunden; das Restatom zeigt bei  $\alpha$ -Zerfall durch sein chemisches Verhalten eine um 2 Einheiten kleinere Kernladung an als jenes, bei  $\beta$ -Zerfall dagegen eine um eine Einheit erhöhte Kernladung — der Verlust einer negativen Ladung bedeutet soviel wie der Zuwachs einer positiven.

Bei der Atomzertrümmerung durch  $\alpha$ -Teilchenstoß erhalten wir ein sogenanntes H-Teilchen, ein Wasserstoffion, das nichts weiter ist als ein nackter Wasserstoffkern; dasselbe wird auch Proton genannt (griech.: das Erste). Vielleicht gibt es noch andere Produkte von Atomzertrümmerung, sie sind aber bis heute noch nicht bekannt. Daß bei der Atomzertrümmerung Protonen erhalten werden, ist wohl die direkteste Bestätigung der Hypothese vom Wasserstoffkern als Urbaustein der Materie. Auch der Heliumkern, das  $\alpha$ -Teilchen, ist zweifellos aus 4 Protonen aufgebaut, wie jeder Atomkern, seinem Atomgewicht entsprechend viele Protonen enthält. Diese Protonen im Kern bedeuten nun die Anwesenheit entsprechend vieler positiver, elektrischer Elementarquanten; da aber die positive Ladung der Kerne erfahrungsgemäß (außer beim Wasserstoff) stets kleiner ist als die Gesamtladung der Protonen wäre, so müssen wir wohl annehmen, daß außer den Protonen noch so viele Elektronen im Kern vorhanden sind, daß die algebraische Summe der Ladungen die richtige Größe bekommt: so hätten wir im Urankern mit dem Atomgewicht 238 und der Kernladungszahl 92 neben 238 Protonen noch 146 Elektronen anzunehmen, um die richtige Ladung zu erhalten ( $+ 238$  und  $- 146$  gibt zusammen  $+ 92$ ). Von einer räumlichen Struktur im gewöhnlichen Sinne wissen wir noch sehr wenig. Ja die Meinungen sind sogar noch darüber geteilt, ob die Protonen und Elektronen in den Kernen als solche vorhanden sind oder ob sie weitgehend zu  $\alpha$ -Teilchen als

Untereinheiten des Kernbaus zusammengefügt sind. Daß die radioaktiven Substanzen  $\alpha$ -Teilchen aussenden aber nie Protonen, würde dafür sprechen. Die meisten übrigen Ansätze zu einer Theorie der Atomkerne sind noch so unsicher, daß wir auf sie heute nicht eingehen wollen. Sicher scheint nur zu sein, daß es ebenso wie in der Atomhülle so auch im Atomkern wohldefinierte stabile Zustände gibt, zwischen denen der Atomkern gewisse Übergangswahrscheinlichkeiten besitzt, wenn er sich im energiereicheren Zustand befindet. Die Abgabe monochromatischer Strahlung (d. h. Strahlung bestimmter Wellenlänge) durch die Atomkerne gewisser radioaktiver Substanzen sagt uns das; aber der Name des Mannes, der uns die Harmoniegesetze des Atomkernes in ähnlicher Weise enthüllt, wie dies N. Bohr für die Elektronenhülle der Atome tat, ist noch unbekannt.

Ich habe eben die materiellen Produkte des Atomzerfalls und der Atomzertrümmerung genannt, ebenso wichtig wie diese sind aber, gerade wie in der gewöhnlichen Chemie, die Wärmetönungen dieser Prozesse: der Energieumsatz pro Masseneinheit, der mit ihm verbunden ist. Ich will nur anführen, daß diese Umsätze rund das Hunderttausend- bis Millionenfache betragen wie bei chemischen Prozessen, also nach Milliarden Kalorien per Gramm zu schätzen sind. Dies läßt verstehen, daß mit gewöhnlichen experimentellen Hilfsmitteln, wie Erhitzen auf höchste Temperaturen usw., eine meßbare Beeinflussung radioaktiver Vorgänge bis heute nicht gelungen ist. Es führt uns aber auch vor

Augen, welcher Aufwand an Energie zur Elementverwandlung erforderlich wäre, bzw. was für ungeheure Energiemengen gegebenenfalls dabei zu gewinnen wären. Der Wert dieser Energie, ob sie nun aufgewendet werden muß oder gewonnen wird, ist jedenfalls ein derart Vielfaches von dem Wert auch des kostbarsten Stoffes, daß letzterer neben ersterem wirtschaftlich kaum je ins Gewicht fällt. Wollten wir etwa aus einem Kilogramm Blei ein Kilogramm Gold machen, wie es Tausendkünstler zu allen Zeiten immer wieder zu können vorgaben, so müßten wir dem Schmelztiegel auch bei bestem Wirkungsgrad so etwas wie die Tagesleistung eines Kraftwerkes von 100.000 PS zuführen. Sollte es sich aber um einen exothermen Prozeß handeln, bei dem Energie frei wird, so würde dieselbe genügen, um das Gebäude, in dem wir uns befinden zum großen Teil oder ganz zusammenzuschmelzen. Nur Leute, die sich nie mit der modernen Naturwissenschaft näher befaßt haben, oder denen die Fähigkeit zum quantitativen Denken fehlt, können einen modernen Tausendkünstler ernst nehmen.

Schließlich noch einen Ausblick, der insofern zeitgemäß ist, als die Weltraumschiffahrt heute in ein Stadium tritt, daß sie das Interesse der Öffentlichkeit ernstlich in Anspruch zu nehmen beginnt. Vielleicht findet sich doch ein Weg, eine mit chemischer Energie und unter verschwenderischer Abgabe von Masse getriebene Raumrakete über den Schwerebereich der Erde hinauszubringen. Ich muß sagen, ich glaube es eigentlich

nicht. Wer von denen, die sich mit solch modernster Romantik beschäftigen, hätte nicht in diesem Zusammenhang gelegentlich an die Indienststellung der intra-atomaren, oder heute besser gesagt intranuclearen Energiemengen gedacht? Ja, freilich stecken riesige Energiemengen in den Atomkernen, aber um sie zu erschließen, brauchen wir, soviel wir heute sehen können, das Hunderttausendfache von dem, was zu gewinnen ist. Doch scheint es mir hier einen — theoretisch denkbaren! — Weg zu geben. Es ist keinesfalls absurd, anzunehmen, daß es unter den herstellbaren Atomzertrümmerungsprodukten auch radioaktive von verschiedener Lebensdauer geben wird. Die Herstellung solcher Produkte könnte in irdischen Fabriken erfolgen, wenn sich die Menschheit entschließen würde, so wie die Weltindustrie einige Jahre zum großen Teil für unfruchtbare Munitionserzeugung usw. gearbeitet hat, sie einmal einige Jahre zur Herstellung von einigen Tonnen eines radiumähnlichen Elements zu verwenden. Dieses stellt dann einen bereits erschlossenen in bestimmtem Tempo ganz freiwerdenden Energievorrat dar, der vermöge seines geringen Gewichtes auf das Raumschiff mitgenommen werden kann. Aus begreiflichen Gründen verzichte ich darauf, die Sache hier weiter auszuspinnen. Aber die Diskussion einer prinzipiellen Seite der Sache erschien mir doch nicht reizlos.

---

# 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: 1931

Band/Volume: [71](#)

Autor(en)/Author(s): Kirsch Gerhard Theodor

Artikel/Article: [Unser Wissen von den Atomkernen. 47-69](#)