

Werk

Titel: Über Radium und Radioaktivität

Autor: Greinacher, H.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021 | LOG_0362

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg.

6. September 1906.

Nr. 36.

Über Radium und Radioaktivität.

Von Dr. H. Greinacher (St. Gallen).

Beinahe um dieselbe Zeit, wie die Röntgenstrahlen, sind die neuen Strahlen des Urans durch H. Becquerel (1896) entdeckt worden. Während die ersteren in kurzer Zeit infolge ihrer erfolgreichen Verwendung in den medizinischen Wissenschaften die weitgehendste Beachtung gefunden haben, blieben die grundlegenden Entdeckungen der Radioaktivität zunächst ziemlich unbemerkt. Erst als 1898 Herr und Frau Curie die stark aktiven Substanzen, das Polonium und das Radium, auffanden, wurde man auf die neuen Erscheinungen aufmerksam. Während die Wirkung der Uranstrahlen eine verhältnismäßig schwache ist, sind die Radiumstrahlen so intensiv, daß sie beträchtliche chemische Wirkungen auszuüben vermögen. Auch die Eigenschaft, Gase elektrisch leitend zu machen, und die starken Leuchtwirkungen deuteten darauf hin, daß das Radium eine Energiequelle darstellt, deren Größe und Konstanz das allgemeine Erstaunen wachrufen mußten. Zu dieser Überzeugung trug auch nicht wenig die Tatsache bei, daß das Radium dauernd Wärme entwickelt und sich infolgedessen auf einer höheren Temperatur befindet als seine Umgebung. Es haben sich in der Folge die hervorragendsten Forscher mit der Frage der Radioaktivität beschäftigt. Wie rapide das Interesse für das Gebiet gewachsen ist, kann am besten aus der von Jahr zu Jahr sich mehrenden Literatur ersehen werden. Auch sind neuerdings spezielle Zeitschriften für diesen jungen Zweig gegründet worden: Das „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik“ und „Le Radium“. Und in der Tat, es hat kaum ein physikalisches Gebiet in so kurzer Zeit eine solche Menge von Entdeckungen zutage gefördert, wie das der Radioaktivität. Auch zeigte sich die Bedeutung der neuen Wissenschaft in dem mächtigen Einfluß, den sie auf unsere Vorstellungen von Elektrizität und Materie ausübte.

Man hätte allerdings in der kurzen Zeit kaum eine Fülle solch wichtiger Entdeckungen gemacht, wenn nicht beinahe von Anfang an eine lebenskräftige Theorie der Radioaktivität entstanden wäre. Es ist namentlich das Verdienst des amerikanischen Physikers Rutherford, die sogenannte Atomzerfallstheorie in ihren Grundzügen ausgesprochen zu haben, deren Richtigkeit sich dann in der Folge so durchgreifend bestätigt hat. Es haben sich zwar auch Stimmen geltend gemacht, welche die Radioaktivität auf anderem Wege

erklären wollten. Es ist interessant, zu sehen, wie z. B. Behrendsen die Radioaktivität als eine Begleiterscheinung langsamer, molekularer Umlagerungen (Übergang einer kristallinen Modifikation in die amorphe) auffaßt, oder zu sehen, wie man die Gravitation zur Erklärung der dauernden Energieabgabe des Radiums heranzieht. Mehr Wahrscheinlichkeit schien noch die Anschauung zu haben, daß eine unbekannte, überall im Weltenraum vorhandene Strahlung durch das radioaktive Atom absorbiert werde und dadurch die Emission der Becquerelstrahlen veranlasse. Diese Auffassung schien ein Analogon in den fluoreszierenden Körpern zu haben, welche unter Absorption von Lichtstrahlen zur Aussendung ihres Eigenlichtes erregt werden. Die Atomzerfallstheorie hat sich aber in der Erforschung der Radioaktivität so fruchtbringend erwiesen und die Tatsachen sprechen so sehr für diese, daß sie heute beinahe allgemeine Anerkennung gefunden hat. Der Kern der Theorie besteht, wie der Name schon sagt, in der Annahme, daß das radioaktive Atom unter Aussendung von Becquerelstrahlen zerfällt. Dabei kann das neugebildete Atom wieder radioaktiv sein und in ein solches von noch kleinerem Gewicht übergehen. Man kann danach die Elemente in eine solche Reihenfolge bringen, daß jedes folgende aus dem vorhergehenden entsteht. Man bekommt eine Zerfallsreihe (Desintegrationsserie), welche mit dem höchstatomigen, radioaktiven Element beginnt und damit endet, daß sich das letzte in ein inaktives Element verwandelt.

Die mächtigsten Stützen dieser Theorie bilden die experimentellen Nachweise solcher Umwandlungen. So ist vom Thor, vom Radium und dem von Debiérne entdeckten Actinium nachgewiesen, daß sie dauernd eine Substanz abgeben, welche alle Eigenschaften eines indifferenten Gases hat. Die sogenannte Emanation diffundiert, läßt sich kondensieren und verdampfen. Als eine der beweiskräftigsten Bestätigungen der Theorie muß aber die von Ramsay gemachte Entdeckung gelten, daß die Radiumemanation ihrerseits wieder zerfällt, und zwar in das bekannte Edelgas Helium. Diese Verwandlung ist seither vielfach bestätigt worden, so daß die Bildung von Helium aus Radium als festgestellt gilt. Auch das Actinium zerfällt nach neueren Mitteilungen Debiérnes in Helium. Man hat zwar wohl versucht, diese Tatsachen auch anders zu erklären. So hat man auf die Möglichkeit hingewiesen, daß das untersuchte Radium vielleicht

eine hypothetische Verbindung desselben mit Helium (Radiumhelid) enthalten habe, und daß die beobachtete Gasentwicklung durch Trennung dieser Verbindung in ihre Komponenten zustande gekommen sei. Die neueren Versuche lassen aber diese Erklärung nicht mehr zu. Im Gegenteil, alle Tatsachen, besonders das dauernde Vorkommen des Heliums in radioaktiven Mineralien, lassen erkennen, daß dieses Edelgas allgemein ein Abspaltungsprodukt radioaktiver Körper ist. Der langsamen Bildung von Helium in radioaktiven Mineralien entsprechend, ist es leicht verständlich, daß dieses Gas im okkludierten Zustande darin verblieb. Wird die Substanz erhitzt, so läßt sich daraus das im Laufe langer Zeiträume gebildete Helium gewinnen. Nimmt man an, daß nicht nur das Radium, sondern alle radioaktiven Körper Helium entwickeln, so kommt man zur Annahme, daß allgemein die α -Teilchen Heliumatome sind bzw. sich in solche umbilden. Es würde dann der Atomzerfall in der Weise stattfinden, daß jedes Atom sein Gewicht um ein α -Teilchen vermindert und daß das zweite Abspaltungsprodukt stets Helium wäre. Man kann dann noch weiter gehen und unter der Annahme, ein α -Teilchen sei ein Heliumatom und habe somit das Gewicht 4, vermuten, daß das Atomgewicht sich stets um 4 vermindere, daß überhaupt alle Atomgewichte Multipla von 4 seien. Die Idee von der multiplen Regel, welche die Atomgewichte beherrschen soll, ist nun nichts Neues. Man ist aber beim Hinblick auf die Unregelmäßigkeit im periodischen System davon abgekommen. Daß die Schwierigkeiten sich vielleicht in gewissem Sinne heben werden, ist zwar nicht ausgeschlossen. Man vergleiche darüber etwa Ramsays „Betrachtungen über das periodische System der Elemente“ (1904). Wir brauchen aber auf die Frage nicht einzugehen; denn die Annahme, das α -Partikel sei ein Heliumatom, ist noch zu wenig gesichert, als daß man mit ihr rechnen müßte.

Es wäre auch denkbar, daß nur die sogenannten Emanationen sich in Helium verwandeln, daß die übrigen radioaktiven Körper aber andere gasförmige Abspaltungsprodukte bilden. So besitzt z. B. das Polonium keine Emanation. Ebenso wenig habe ich eine Heliumbildung aus Polonium nachweisen können, was allerdings auch bloß an der geringen Menge des mir zur Verfügung stehenden Poloniums liegen konnte. Um diese Fragen zu entscheiden, müssen vor allem die Versuche über die gasförmigen Abspaltungsprodukte der radioaktiven Körper noch weiter ausgedehnt werden.

Von den festen Zerfallsprodukten dürfen jedoch eine ganze Reihe als bekannt angesehen werden. Insbesondere hat man die Abkömmlinge des Radiums bis zum Endglied der Reihe herab verfolgen können. Schon sehr früh hatte man beobachtet, daß die Radiumemanation sich auf festen Körpern niedersetzte und diese „aktivierte“. Nach der Zerfallstheorie rührt diese sogenannte induzierte Aktivität davon her, daß die Emanation wieder in einen radioaktiven Stoff zerfällt, der sich auf den umliegenden Körpern absetzt.

Es hat sich gezeigt, daß dieses Radium A sich wiederum umwandelt usw. Die ganze Reihe ist festgestellt worden, deren Glieder durch die laufenden Buchstaben A, B, C usw. bezeichnet zu werden pflegen. Das letzte Abbauprodukt ist Radium F.

Es fragt sich nun, an was sich diese verschiedenen Substanzen erkennen lassen. Diese Frage ist um so mehr berechtigt, als man die meisten dieser Körper gar nicht chemisch darstellen kann, sondern nur durch den spontanen Zerfall des Radiums erhält. Und überdies sind die so gewonnenen Mengen meist so klein, daß ihr chemischer Charakter gar nicht erkannt werden könnte. Selbst die so empfindliche Spektralanalyse versagt bei der Feststellung so winziger Mengen vollständig. Es kann somit nur die besondere Art der Radioaktivität zur Charakterisierung der einzelnen Substanzen dienen. Einmal unterscheiden sich die verschiedenen Körper durch die Natur ihrer Strahlung, indem sie α -, β - und γ -Strahlen¹⁾ einzeln oder in bestimmten Verhältnissen aussenden.

Mehr noch und namentlich schärfer unterscheiden sich die Substanzen aber durch die Abnahme ihrer Radioaktivität. Charakteristisch für jede Substanz ist die Zeit, in welcher sie die Hälfte ihrer Aktivität verliert, d. h. die sogenannte Halbwertskonstante. Diese ist stets dieselbe, welches auch die ursprüngliche Intensität der Strahlung sei. Um die Stärke der Radioaktivität zu messen, hat man nun eine sehr empfindliche Methode. Diese besteht darin, daß man die Leitfähigkeit der Luft bestimmt, welche durch die Becquerelstrahlen hervorgerufen wird. Man kann die Versuchsbedingungen so wählen, daß der elektrische Strom, der durch das leitend gemachte Gas fließt, direkt proportional der Strahlungsintensität ist. Mittels dieser elektrischen Methode können so winzige radioaktive Substanzmengen erkannt werden, daß selbst die Spektralanalyse daneben nur als ganz rohe Methode erscheint. J. J. Thomson schätzt die Radioaktivitätsbestimmung unter Umständen leicht 100 000 mal empfindlicher als die Spektralreaktion. Bestimmt man dann das Gesetz der Abklingung und damit die Halbwertskonstante, dann kann auch die Natur der radioaktiven Substanz festgestellt werden. Es ist leicht verständlich, daß nur dann die genannte Konstante als charakteristisch und als sicheres Kennzeichen gelten kann, wenn die Radioaktivität eines Elementes unter allen Umständen dieselbe bleibt. Daß in der Tat die Radioaktivität eine Eigenschaft des Atoms ist und weder durch chemische noch physikalische Mittel beeinflusst werden kann, haben die Versuche in dieser Hinsicht zur Genüge gezeigt. Schon Frau Curie hatte diese Hypothese aufgestellt und mit welchem Erfolg, das beweist die Entdeckung des Poloniums und Radiums.

Man kann wohl die Aussendung von langsamen

¹⁾ Radioaktive Substanzen, die nur γ -Strahlen aussenden, sind allerdings nicht bekannt, was mit der Auffassung übereinstimmt, daß die γ -Strahlen durch den Anprall der β -Strahlen an feste Körper, z. B. an die radioaktive Substanz selbst, entstehen.

β -Strahlen künstlich hervorrufen, doch braucht der betreffende Körper deshalb nicht radioaktiv zu sein; denn die Aussendung von β -Strahlen (Elektronen) bedingt keinen Atomzerfall. Charakteristisch für den Abbau des Atoms sind die α -Strahlen, welche Teilchen von Atomgröße repräsentieren, während die β -Strahlen aus Elektronen bestehen, die im Vergleich zu den kleinsten Atomen nur winzig sind. Es gibt allerdings Substanzen, die nachweislich zerfallen und nur β -, bzw. auch γ -Strahlen aussenden. Es ist aber möglich, daß sie sehr wohl α -Strahlen emittieren, die jedoch von so kleiner Geschwindigkeit sind, daß sie keine der von uns bekannten Wirkungen auszuüben vermögen. Diese Auffassung findet ihre Stütze in neueren Untersuchungen Rutherfords, welche zeigen, daß α -Strahlen unterhalb einer gewissen Geschwindigkeit die photographische Platte nicht mehr schwärzen, auch keine Ionisation mehr hervorrufen. Dieser Umstand würde dann auch die sogenannte „strahlenlose“ Umwandlung gewisser Körper erklären. Es scheint die Auffassung nicht ungerechtfertigt, daß die radioaktiven Körper α - und β -Strahlen zugleich aussenden, so daß auf je ein α -Teilchen ein β -Teilchen käme. Rutherford hat Versuche ausgeführt, um dies für den Fall des Radiums zu zeigen. Auch ein Versuch J. J. Thomsons dürfte die genannte Auffassung bestätigen: Wurde etwas Radium in einen Bleiblock von genügender Dicke eingeschlossen, um α - und β -Strahlen zu absorbieren, dann nahm dieser keine Ladung an. Bei dieser Auffassung wäre eine einseitige Radioaktivität, d. h. ein Aussenden von α - oder β -Strahlen allein, als scheinbare zu betrachten. Der Körper sendet beide Arten von Strahlen aus. Die einen besitzen aber eine so geringe Geschwindigkeit, daß sie die üblichen Wirkungen, an denen wir sie als radioaktiv erkennen, nicht mehr ausüben. In diesem Sinne scheint auch die Nachricht von der Auffindung sehr langsamer β -Strahlen am Curieschen und Marckwaldschen Polonium nicht erstaunlich, obschon von jeher die reine α -Strahlung dieser Substanz hervorgehoben wurde.

Es ist nicht zu verkennen, daß von diesem Gesichtspunkt aus die Radioaktivitätsvergleiche verschiedener Substanzen durch Ionisation ungenau oder gar illusorisch wird, da es nicht nur auf die Zahl der α - und β -Teilchen, sondern auch auf deren Geschwindigkeit ankommt. Ein Körper, der sehr viele Strahlen, aber von geringer Geschwindigkeit aussendet, würde durch die „elektrische Methode“ als inaktiv befunden. Zur Identifizierung einer radioaktiven Substanz, d. h. zur Bestimmung der Radioaktivitätsabnahme, wird jedoch das Verfahren stets brauchbar sein, da die Geschwindigkeit der Strahlen stets dieselbe bleibt und nur die Zahl der ausgesandten Teilchen abnimmt.

Es ist zu bemerken, daß die α -Strahlen die weiteststärkste ionisierende Wirkung ausüben. Diese sind es wahrscheinlich auch, welche den radioaktiven Körper durch das Anprallen an denselben erwärmen, so daß es nur ein geringer Teil der α -Teilchen ist, der wirklich abgeschleudert wird. Wird ein radio-

aktiver Körper derart in eine Hülle (Blei) eingeschlossen, daß diese alle Strahlen absorbiert, dann wird die in der Zeiteinheit entwickelte Wärme ein Maß für die Radioaktivität abgeben. Dieses Verfahren hätte den Vorteil, für α -Strahlen jeder Geschwindigkeit anwendbar zu sein. Es würde freilich der Handlichkeit der elektrischen Methode entbehren, die sich außerdem dadurch auszeichnet, daß sie auf die geringsten Substanzmengen anwendbar ist. Mit Radium läßt sich die Wärmeentwicklung leicht nachweisen. Genaue Bestimmungen haben ergeben, daß 1 g Radium pro Stunde 104 Kalorien entwickeln würde, während im gleichen Falle 1 g Uranoxyd in einem Jahr erst 0,032 Kalorien frei macht.

Im ersteren Falle ist die Energieabgabe so bedeutend, daß es zunächst schwierig schien, dieselbe mit dem Gesetz von der Erhaltung der Energie in Einklang zu bringen. Die Wärmemengen, die hier zutage treten, sind ungeheuer viel größer als diejenigen, welche bei den heftigsten chemischen Reaktionen mit gleich großen Substanzmengen frei werden. Dabei hat das Radium die merkwürdige Eigenschaft, seine Wirksamkeit trotz der starken Wärmeentwicklung nur sehr langsam einzubüßen, so daß eine Abnahme in den wenigen Jahren seit seiner Entdeckung überhaupt nicht bemerkt werden konnte. Auch eine Gewichtsverminderung des Radiums, welche doch das dauernde Aussenden von α -Strahlen erwarten läßt, ist bisher mit Sicherheit nicht festgestellt worden. Vom Standpunkte der Zerfallstheorie ist aber auch hier die dauernde Energieabgabe in einem allmählichen Freiwerden der inneren Atomenergie zu suchen.

Dabei ist der Umstand zu berücksichtigen, daß das eigentliche Radium, dessen Halbwertskonstante aus der Menge und der Radioaktivitätsabnahme seiner Emanation zu etwa 1300 Jahren berechnet worden ist, nur einen Teil der genannten Wärme entwickelt. Den weitaus größeren Beitrag liefern die Umwandlungsprodukte des Radiums, welche sich in demselben anhäufen. Man kann sich leicht davon überzeugen, indem man das Radium erhitzt. Dann bleibt nur noch eine Restaktivität von ungefähr 25 %, die dem eigentlichen Radium zukommt. Indem dieses weiter zerfällt, häufen sich dann die Zerfallsprodukte von neuem an, und die Aktivität steigt wieder auf den früheren Wert.

Die Abbauprodukte des Radiums sind genauer auf ihre Strahlung und die Abnahme ihrer Aktivität untersucht worden. Es hat sich gezeigt, daß die Halbwertskonstanten sehr verschieden sind. Sie variieren von wenigen Minuten bis zu vielen Jahren. Für Radium D gibt Rutherford den Wert 40 Jahre. Dieses Produkt ist insofern bemerkenswert, als es sehr wahrscheinlich mit dem von Hoffmann und Strauß dargestellten Radioblei identisch ist. Das 7. Abbauprodukt des Radiums endlich, das Radium F, besitzt die Halbwertskonstante 143 Tage. Diese Tatsache hauptsächlich, dann auch die Eigenschaft des Radiums F als Endglied der Reihe sprechen dafür, daß das Radium F mit dem Polonium identisch ist. Das letztere hat eine

Konstante von 140 Tagen und besitzt ebenfalls kein radioaktives Abspaltungsprodukt. Sein Atomgewicht ist, seinen chemischen Reaktionen nach zu vermuten, etwa 210. Man kann somit sagen, daß die Zerfallsreihe vom Radium (225) bis zum Polonium (etwa 210) bekannt ist. Zu wünschen wäre, daß man alle die einzelnen Glieder auch chemisch abzutrennen vermöchte. Charakteristische Reaktionen sind in dieser Hinsicht nur für das Polonium bekannt. Es bezeichnet diese von Marckwald aufgefundene Methode ohne Zweifel den Rekord in der Abtrennung kleiner Beimengungen, indem hier aus Tonnen von Ausgangsmaterial mit Sicherheit wenige Milligramm Polonium abgeschieden werden konnten.

Bezüglich der Gewinnung der Zwischenprodukte dürften vielleicht die neueren Ausführungen von R. Lucas von Wert sein, welcher auf die Tatsache hinweist, daß die Abspaltungsprodukte des Radiums nach dem Polonium hin immer edler werden. Taucht man einen Wismutstab in eine Radiumlösung, so zeigt jener ganz die Strahlung des Poloniums. Dies kann dadurch erklärt werden, daß Wismut elektrochemisch edler ist als alle Zerfallsprodukte von Radium *E* an aufwärts, aber oxydabler als Radium *F*. Es schlägt sich aber immer das edlere Metall aus seiner Lösung auf das weniger edle nieder. Bekannt ist die Verkupferung eines Zink- oder Eisenstabes durch Eintauchen in Kupfersulfatlösung. Analog scheidet sich auch das Polonium beim Eintauchen eines Wismutstabes aus seiner Lösung ab, und man kann so das ganze Polonium gewinnen. Dies ist das ursprüngliche Marckwaldsche Verfahren.

Was die Natur des Poloniums betrifft, so ist es jedenfalls eines der best bekannten, radioaktiven Elemente, wenn sein Atomgewicht und sein Spektrum auch noch nicht haben festgestellt werden können. Es ist besonders dadurch von Bedeutung, daß es wahrscheinlich überhaupt das Endglied der stark aktiven Stoffe bildet. Da das Abbauprodukt des Poloniums inaktiv ist, so konnte es sich im Laufe langer Zeiträume zu größeren Mengen ansammeln und muß daher ein bekanntes Element sein. Man ist diesbezüglich aber immer noch auf Vermutungen angewiesen. Man nimmt gegenwärtig an, daß das Polonium in Wismut (208) oder Blei (207) zerfällt. Dafür scheint auch das häufige Vorkommen des Bleies in radioaktiven Mineralien zu sprechen.

Während mit dem Polonium die Zerfallsreihe endet, findet sie keineswegs mit dem Radium ihren Anfang. Das Radium selbst ist wieder Zerfallsprodukt. Daraufhin deutet eine Reihe von Versuchen. Es ist viel wahrscheinlicher, daß das Uran der Stammvater (parent element) der radioaktiven Elemente ist. Dafür spricht schon sein alles überragendes Atomgewicht 238. Die Abspaltungsprodukte des Urans hat man zwar keineswegs weit verfolgen können. Man kennt nur das Uran und sein erstes Zerfallsprodukt, das Uran *X*. Man hat aber bemerkt, daß das Radium stets in Begleitung des Urans auftritt, was ganz mit der erwähnten Auffassung übereinstimmt. Noch mehr,

man hat auch für das Mengenverhältnis des Radiums zum Uran in allen untersuchten Mineralien einen konstanten Wert gefunden, derart, daß immer ein Teil Radium auf eine Million Teile Uran kommt. Dies ist in der Tat nach der Zerfallstheorie nicht anders zu erwarten, falls man annehmen darf, daß die Mineralien bereits so alt sind, daß sie sich im radioaktiv-stationären Zustande befinden. Dieser ist dadurch ausgezeichnet, daß aus dem Uran unter Passierung von Zwischenstufen stets so viel Radium gebildet wird, als Radium zerfällt. Das Radium ist nun etwa eine Million mal aktiver als Uran und zerfällt infolgedessen im selben Verhältnis rascher wie letzteres. Wenn ein Teil Radium sich umwandelt, dann müssen immer eine Million Teile Uran vorhanden sein, um den verschwindenden Teil Radium zu ersetzen. Infolgedessen ist das Verhältnis vom Radium zum Uran immer gleich $\frac{1}{1\,000\,000}$. Diese Zahl ist nun in der

Tat von Strutt und Boltwood experimentell bestätigt worden.

Dies Beispiel zeigt, in welcher einfacher und eleganter Weise die Zerfallstheorie die mannigfachsten Tatsachen zu erklären vermag. Nach ihr ist das dauernde Vorkommen der radioaktiven Substanzen das Resultat eines ewigen Werdens und Vergehens. Wir können heute und nach Jahren aus der Pechblende Polonium abscheiden, die beiden Präparate würden sich in nichts unterscheiden, und doch wird das Polonium, das wir nach einigen Jahren gewinnen, nicht mehr das heutige sein; denn dieses ist dann längst zerfallen. Es wird sich aber aus dem Radium eine entsprechende Menge nachgebildet haben. Dasselbe ist auch für das Radium anzunehmen; nur sind die Zwischenprodukte zwischen Uran und Radium kaum bekannt. Das Uran wäre dabei das einzige Element, das zerfällt, ohne nachgebildet zu werden. Der Zerfall desselben erfolgt aber so ungemein langsam, daß die Menge des vorhandenen Urans für lange Zeiträume als merklich konstant angesehen werden kann.

Die radioaktiven Abspaltungsprodukte können dabei aber doch merklich sein. So ist es nach neueren Mitteilungen des englischen Physikers F. Soddy gelungen, direkt die Entstehung von Radium aus Uran nachzuweisen. Das Verfahren war folgendes: Soddy befreite zunächst 1 kg Urannitrat von den letzten Spuren von Radium, dessen vollständige Entfernung am Verschwinden der Radiumemanation erkannt wurde. Nach $1\frac{1}{2}$ Jahren zeigte sich nun, daß wieder eine beträchtliche Menge Emanation entstanden war, die sich durch ihre charakteristischen Eigenschaften als Radiumemanation qualifizierte. Die Menge des erhaltenen Gases war allerdings geringer, als nach der Berechnung erwartet worden war. Dies konnte zum Teil daher rühren, daß ein Teil der Emanation durch das entstandene Radiumsulfat zurückgehalten wurde. Es konnte dies aber auch mit dem Umstand zusammenhängen, daß man die unbekannten Zwischenglieder nicht in Berücksichtigung ziehen

konnte. Jedenfalls ist durch die Versuche in qualitativer Hinsicht der Nachweis der Umwandlung von Uran in Radium erbracht, und bildet das Resultat eine neue Stütze für die Zerfallstheorie.

Bezüglich des Actiniums ist man noch im ungewissen, da seine Stellung in der Zerfallsreihe, des unbekannten Atomgewichtes wegen, noch unbestimmt ist. Betreffs des schwach radioaktiven Thors ist man insofern weiter voran, als dessen Atomgewicht (232) bekannt ist. Es würde diesem entsprechend zwischen Uran und Radium hineinfallen. Demzufolge wäre auch zu erwarten, daß es zum Uran in einem ähnlichen Verhältnis stehe wie das Radium. Insbesondere müßte Thor immer in uran-radiumhaltigen Mineralien getroffen werden. Dies trifft auch zu. Noch unerklärt jedoch ist die Tatsache, daß uran-radiumhaltige Mineralien auch ohne Thor vorkommen, dessen Anwesenheit bei seiner Eigenschaft als Zwischenglied doch zu erwarten wäre. Infolgedessen kann auch von einem konstanten Mengenverhältnis des Thors zum Uran in den betreffenden Mineralien keine Rede sein. Eine Erklärung dieses ausnahmsweisen Verhaltens steht gegenwärtig noch aus.

Es möge aber nicht unerwähnt bleiben, daß von einigen Seiten auch über die Auffindung inaktiven Thors berichtet worden ist. Dies könnte die Auffassung nahelegen, daß das Thor seine Aktivität einer geringen Beimengung einer stark aktiven Substanz verdanke. In diesem Falle wäre es dann möglich, daß das Atomgewicht dieses Körpers höher als das des Urans ist, womit sich die über das Vorkommen des Thors gemachten Beobachtungen erklären ließen. Nach neueren Versuchen von O. Hahn verliert aber auch diese Anschauungsweise ihre Berechtigung. Es hat sich zwar in der Tat gezeigt, daß das eigentliche Thor inaktiv ist und seine Wirksamkeit durch die Anwesenheit des Radiothoriums bedingt ist. Das letztere ist aber als Zerfallsprodukt des Thors aufzufassen, so daß sein Atomgewicht unter 232 liegen müßte. Die oben berührte Frage stellt sich somit der Atomzerfallstheorie von neuem zur Beantwortung. Die endgültige Lösung dieser Schwierigkeiten dürfte erst von weiteren Untersuchungen zu erwarten sein. Es wäre vor allem wichtig, die Stellung des Thors in der Zerfallsreihe, welche gegenwärtig nur durch das Atomgewicht gekennzeichnet ist, näher zu bestimmen. Das würde dann gelingen, wenn man eine Brücke zwischen dem Thor und einem anderen, bekannten Radioelemente durch Auffinden der Zwischenglieder nachweisen könnte. So weit ist man bis jetzt noch nicht gekommen. Doch sind immerhin eine Reihe von Zerfallsprodukten des Thors bekannt. Dasselbe gilt auch für das Actinium. Nach Godlewski hat man die Reihen: Thor, Thor X, Thoremation, Thor A, B und C, ferner Actinium, Actinium X, Actiniumemanation, Actinium A, B und C. Ergänzend dazu ist zu bemerken, daß nach den neueren Ergebnissen Thor sich nicht direkt in Thor X verwandelt, sondern als Zwischenprodukt noch das Radiothorium hinzukommt.

Die Körper der Thor- und Actiniumreihe sind auf ihre Strahlung untersucht worden, auch sind die Halbierungskonstanten zum großen Teil bekannt. Die extremen Werte bilden Thor: 3 Milliarden Jahre und Actiniumemanation: 3,7 Sekunden. Es ist bemerkenswert, daß keine der Reihen auf ein schon bekanntes radioaktives Element führt. In dieser Hinsicht ist es nur zu wünschen, daß immer neue radioaktive Substanzen gefunden werden, welche schließlich die Lücke ausfüllen.

Wie bereits bemerkt wurde, scheint die Zerfallsreihe mit dem Polonium abzuschließen. Dies legt die Auffassung nahe, daß nur die schweren Atome (Gewicht über 200) radioaktiv seien. Die Konfiguration derselben wäre als besonders instabil anzusehen, so daß die Atome verhältnismäßig rasch in stabilere Formen übergehen. Es ist aber die Frage nicht ungerechtfertigt, ob nicht auch die leichteren Atome radioaktiv sind, wenn auch in unvergleichlich geringerem Maße. Die Natur hat stets gezeigt, daß die Eigenschaften der Materie allgemeine sind und daß die Unterschiede, die wir bemerken, nur dem Grade nach bestehen. Manche Eigenschaften können sogar in so geringem Maße vorhanden sein, daß wir sie übersehen und die Dinge in solche, welche die Eigenschaft besitzen, und solche, die sie nicht besitzen, einteilen. Ein gutes Beispiel dafür dürften die magnetischen Erscheinungen abgeben. Glaubte man doch früher, daß nur Eisen und die wenigen Elemente der Eisengruppe magnetisch seien. Später hat man einsehen gelernt, daß noch eine Unmenge von Körpern sich magnetisch verhielt, wenn auch in ungeheuer viel geringerem Maße. Ein magnetisches Verhalten zeigen eigentlich alle Körper, indem die einen Paramagnetismus (Eisen), die anderen Diamagnetismus aufweisen. Liegt hier der Gedanke nicht nahe, daß die Körper sich mit Rücksicht auf die Radioaktivität analog verhalten? Danach wäre es wahrscheinlich, daß zwar die hochatomigen Substanzen starke Radioaktivität zeigen (entsprechend dem Ferromagnetismus), daß die leichteren Atome aber ebenso, wenn auch viel langsamer, zerfallen. Ein dem Diamagnetismus ähnliches, gegensätzliches Verhalten, daß die Atome sich allmählich auch wieder aufbauen, hat allerdings nicht beobachtet werden können und Anschauungen in dieser Richtung haben noch zu sehr hypothetischen Charakter. Einige Tatsachen, welche für den Zerfall auch der leichteren Atome sprechen, mögen jedoch nicht unerwähnt bleiben. Hier sind hauptsächlich die Versuche von McLennan und Burton zu nennen, aus welchen hervorgeht, daß wahrscheinlich alle Metalle in geringem Maße α -Strahlen aussenden. Damit im Einklang ist auch die Beobachtung, daß die Ionisierung von Gasen in geschlossenen Gefäßen von der Natur der Gefäßwand abhängt. Auch die Möglichkeit der „strahlenlosen“ Umwandlung macht es wahrscheinlich, daß viele unserer bekannten Substanzen zerfallen und daß wir ihre Umwandlung, weil sie ohne Becquerelstrahlen erfolgt, eben einfach noch nicht bemerkt haben.