

Werk

Titel: Über einige radioaktive Probleme

Autor: Greinacher, H.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021 | LOG_0535

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.

27. Dezember 1906.

Nr. 52.

Über einige radioaktive Probleme.

1. Entsteht aus Polonium Helium? 2. Das Spektrum des Poloniums. 3. Ist die Radioaktivität eine allgemeine Eigenschaft der Materie?

Von Dr. H. Greinacher.

(Originalmitteilung.)

(Schluß.)

3. Ist die Radioaktivität eine allgemeine Eigenschaft der Materie?

Es war ursprünglich nur eine ganz geringe Anzahl von Substanzen, welche man als radioaktiv erkannt hat. Da die Frage nach der Verbreitung der Radioaktivität von theoretischer wie praktischer Bedeutung ist, so ist es leicht zu verstehen, daß man nach immer neuen Substanzen mit dieser merkwürdigen Eigenschaft suchte. Dem Gedanken folgend, daß auch von unseren längst bekannten Elementen einige radioaktiv sein könnten, hat man die ganze Skala derselben durchgeprüft, ohne aber viel Neues zu finden. Nennenswerte Radioaktivität wiesen nur das Uran, das Thor und die neu entdeckten Substanzen Radium, Polonium und Actinium mit ihren Zerfallsprodukten auf. Dabei ist allerdings nicht unerwähnt zu lassen, daß man auch mit gewöhnlichen Metallen eine Einwirkung auf die photographische Platte gefunden hat. Der Effekt liefert aber keinen eindeutigen Beweis für deren Radioaktivität, da auch andere Einflüsse, wie eine Oxydation an der Oberfläche des Metalles, solche Erscheinungen hervorrufen. Jedenfalls kam man zur Überzeugung, daß nur die Elemente mit hohem Atomgewicht instabil seien und unter der Erscheinung der Radioaktivität zerfallen. Es müßte gleichsam ein „kritisches“ Atomgewicht (etwa 200) geben, unter welchem ein Zerfall nicht mehr stattfindet.

Es ist zwar gleich von Anfang an auch die Meinung laut geworden, daß die Radioaktivität eine allgemeine Eigenschaft der Materie sein müsse. Man konnte sich dabei allerdings zunächst nicht auf den Boden des Experiments stützen, man war vielmehr durch Analogieschlüsse mit anderen physikalischen Erscheinungen und durch die Idee von der Einheitlichkeit der Natur, wie sie sich heute dem Naturforscher mehr als je aufdrängt, geleitet. Interessant in dieser Hinsicht sind die Ausführungen von Campbell¹⁾, welcher darauf hinweist, daß man von

jeher zur Erkenntnis gekommen ist, daß die Eigenschaften der Materie allgemeine sind, auch wenn dies zunächst nicht vermutet wurde. So schrieb man seinerzeit die Eigenschaft des Magnetismus nur den wenigen Körpern der ferromagnetischen Gruppe (Fe, Ni, Co) zu, bis man erkannte, daß sich alle Körper mehr oder weniger magnetisch verhielten. Man entdeckte sogar das dem Eisen entgegengesetzte Verhalten des Diamagnetismus. Nun braucht man ja in der Analogie nicht so weit zu gehen, auch ein der Radioaktivität entgegengesetztes Verhalten, ein spontanes Wiederaufbauen der Materie, anzunehmen. Man kann aber immerhin in der Ansicht bestärkt werden, daß auch die Radioaktivität eine allgemeine Eigenschaft der Materie sei, daß aber der graduelle Unterschied ein sehr großer sein müsse. Man kann hier etwa als Beispiel die verschiedene Leitfähigkeit der Körper für den elektrischen Strom heranziehen. Bei den einen ist die Leitung so gering, daß man praktisch von Isolatoren redet. In Wirklichkeit kommt aber jeder Substanz eine gewisse Leitfähigkeit zu, sei diese auch außerordentlich klein im Vergleich zu der unserer besten Leiter (Silber, Kupfer). Es scheint also die Anschauung nicht ungerechtfertigt, die Radioaktivität in derselben Weise allen Körpern zuzuschreiben. Man käme dann zu dem weiteren Schluß, daß alle Elemente aus dem nämlichen Urstoff zusammengesetzt sind, und daß aller Werdegang in einem schließlichen Auflösen in diesen Urstoff enden werde.

Wenn nun auch diese Auffassung der Idee von der Einheitlichkeit der Natur aufs beste entspricht, so sind es doch immerhin solche spekulativen Gedanken nicht, auf welche wir unsere Anschauung gründen dürfen. Es sind vor allem experimentelle Tatsachen, welche eine solche Anschauung zu stützen geeignet sind. Da ist zunächst bekannt, daß die Ionisation der Luft in geschlossenen Gefäßen von der Natur der Gefäßwand¹⁾ abhängt. Die Versuche haben zum Schluß geführt, daß die Leitfähigkeit zum Teil wahrscheinlich von einer schwachen α -Strahlung der Metalle herrührt. In dieser Hinsicht seien auch die Versuche von McLennan und Burton²⁾ erwähnt, welche in derselben Weise gedeutet worden sind.

¹⁾ Vgl. etwa Norman Campbell, l. c. u. A. Wood, Phil. Mag. 9, 550, 1905.

²⁾ McLennan u. Burton, Phil. Mag. 6, 343, 1903; Physik. Ztschr. 4, 553, 1903.

¹⁾ Norman Campbell, Phil. Mag. 9, 545, 1905 und 11, 206, 1906; Jahrb. d. Rad. u. Elektron. 2, 434, 1905.

Neues Licht über die Frage der allgemeinen Radioaktivität versprechen aber die neueren Ergebnisse über die strahlenlose Umwandlung gewisser Körper zu liefern. Schon lange war es bekannt, daß gewisse Substanzen sich als inaktiv erwiesen, auch wenn ihr Zerfall als festgestellt galt. Dies war dann der Fall, wenn die Substanz Glied einer Zerfallsreihe war, in der also die Körper nach der Reihenfolge ihrer Umwandlung in einander geordnet sind. So sind z. B. in der Radiumreihe Radium *B* und Radium *D* inaktiv, ferner sind nach den neuesten Untersuchungen das eigentliche Thor und Actinium strahlenlos. Die unter gewöhnlichen Umständen an ihnen zu beobachtende Aktivität verdanken sie ihrem ersten Zerfallsprodukt, dem Radiothorium, bzw. Radioactinium.

Von Bedeutung für die Erklärung der strahlenlosen Umwandlung sind die Versuche über den Geschwindigkeitsverlust, den die α -Strahlen beim Durchgang durch die Materie erleiden. Rutherford¹⁾ hat zuerst gezeigt, daß die α -Partikel die Luft unterhalb einer gewissen Geschwindigkeit nicht mehr ionisieren und von der gleichen Grenze ab auch weder die photographische Platte noch den Fluoreszenzschirm mehr beeinflussen. Nach Rutherford ist diese Minimalgeschwindigkeit etwa gleich $\frac{1}{20}$ Lichtgeschwindigkeit. Es erklärt sich durch diesen Umstand die sog. „Reichweite“ der verschiedenen α -Strahlen. Diese ist einfach dadurch gegeben, daß die α -Teilchen nach Durchlaufen einer gewissen Luftstrecke so viel an Geschwindigkeit eingebüßt haben, daß sie die Luft nicht mehr ionisieren können. Wenn man auf die radioaktive Substanz ein dünnes Aluminiumblättchen legt, dann werden bereits durch dieses die α -Teilchen verlangsamt, es sinkt infolgedessen ihre Geschwindigkeit schon bei einer kleineren Flugweite auf den kritischen Wert herab. Je mehr Aluminiumblättchen man auflegt, um so mehr schrumpft die „Reichweite“ zusammen. Ist die Dicke der Aluminiumschicht genügend, dann treten α -Partikel unterhalb der kritischen Geschwindigkeit aus, und man erhält keine der drei Wirkungen mehr, welche man zum Nachweis der Radioaktivität benutzt. Der Körper wird als inaktiv befunden, selbst wenn er α -Partikel von einer Geschwindigkeit, die noch an $\frac{1}{20}$ Lichtgeschwindigkeit heranreicht, aussendet. Es wäre daher wohl denkbar, daß die sog. strahlenlose Umwandlung in dieser Weise zu erklären ist. Die Körper schienen eine bloß keine Radioaktivität zu haben, da unsere Methoden α -Teilchen unterhalb der kritischen Geschwindigkeit nicht erkennen lassen. Solange aber der Zerfall mit korpuskularer Strahlung verbunden ist, müssen wir einen Körper als radioaktiv bezeichnen²⁾.

Diese Ergebnisse haben zu mannigfachen wich-

tigen Konsequenzen geführt. Insbesondere sind sie auch geeignet, die Idee von der Allgemeinheit der Radioaktivität wirkungsvoll zu stützen. Denn eine Substanz kann radioaktiv sein, ohne daß wir sie als solche erkennen, indem unsere Meßmethoden nur für solche α -Strahlen anwendbar sind, welche mindestens kritische Geschwindigkeit haben. Es steht also der Annahme nichts im Wege, daß auch die gewöhnlichen Substanzen zerfallen, daß aber ihre Umwandlung mit der Aussendung langsamerer α -Partikel verbunden ist.

Wenn nun auch diese Vermutung nach dem bisher Gesagten als gerechtfertigt erscheint, so dürfte es sich nun vor allem darum handeln, der Frage auch experimentell näher zu treten. Es ist ersichtlich, daß man nach allem kaum erwarten darf, mit den üblichen Methoden die Radioaktivität der gewöhnlichen Substanzen nachzuweisen, und daß man nach anderen Wirkungen suchen muß, mittels derer sich dann auch die langsameren Strahlen erkennen lassen. Man könnte etwa an eine thermische Methode denken. So wie das Radium dauernd Wärme abgibt, da die meisten α -Partikel desselben in der Substanz selbst absorbiert werden und dabei ihre kinetische Energie abgeben, ebenso wäre auch an eine Wärmeproduktion der übrigen Körper zu denken. Die entwickelte Wärmemenge wird aber vielleicht häufig nicht ausreichen, um kalorimetrisch nachweisbar zu sein. Man wird vielleicht eher eine Erwärmung durch eine Temperaturerhöhung feststellen können. Unsere heutigen Hilfsmittel zur Messung von Temperaturdifferenzen sind so empfindlich, daß ein solcher Nachweis auch bei verhältnismäßig schwacher Radioaktivität nicht allzu schwierig erscheint. Man wird etwa die Temperaturen zweier verschiedener Körper, die sich möglichst unter denselben Bedingungen befinden, mit zwei Thermometern oder, wenn nötig, mit Thermoelementen vergleichen. Um die Körper vor Wärmeabgabe zu schützen, kann man dieselben nach dem Vorgang von Curie und Laborde¹⁾ in Dewargefäße bringen und nötigenfalls ins Vakuum setzen. Ist nun der eine Körper wenigstens radioaktiv, so muß zwischen beiden eine dauernde, konstante Temperaturdifferenz herrschen. Diese würde von der Abklingungskonstanten (Anzahl der ausgesandten α -Teilchen) und von der Geschwindigkeit der α -Partikel abhängen, und zwar ginge die Erwärmung proportional mit dem Quadrate der Geschwindigkeit²⁾.

Als Versuchskörper kann man z. B. je zwei beliebige Metalle (auch in Form von Salzen) nehmen,

¹⁾ P. Curie u. A. Laborde, Compt. rend. 136, 673, 1903.

²⁾ Neuerdings hat Ch. B. Thwing (Phys. Ztschr. 7, 522, 1906; Rdsch. XXI, 561, 1906) eine Selbsterwärmung gewöhnlicher Körper nachzuweisen versucht. Er bestimmte den Temperaturüberschuß im Innern einer Substanz gegenüber der Oberfläche, wenn diese auf konstanter Temperatur (0°) gehalten wurde. Der größte der gemessenen Temperaturgradienten betrug 0,0001° pro Zentimeter.

¹⁾ E. Rutherford, Phil. Mag. 10, 163, 1905.

²⁾ F. Soddy (Jahrb. d. Rad. u. Elektron. 2, 1, 1905) schlägt als Definition der Radioaktivität vor: Radioaktiv ist ein Stoff, welcher die wesentliche Eigenschaft besitzt, korpuskulare Strahlung auszusenden.

doch kann man sich in der Auswahl etwa durch folgende Überlegungen leiten lassen: Es ist eine allbekannte Tatsache, daß in der Natur gewisse Elemente stets oder doch häufig zusammen vorkommen. Während man den Grund dafür in physikalischen Umständen erblickte, steht jetzt konsequenterweise nichts im Wege, auch ein radioaktives Moment in die Erklärung hineinzubringen. In gleicher Weise, wie man etwa das Zusammenvorkommen von Uran, Radium und Polonium erklärt, so kann man auch vermuten, daß viele der gewöhnlich zusammen auftretenden Elemente in einem genetischen Zusammenhange stehen. Einer zu weit gehenden Verallgemeinerung in dieser Hinsicht wird zwar von selbst Einhalt getan durch den Umstand, daß die Atomgewichte solcher zusammen vorkommender Elemente häufig sehr verschieden von einander sind. Sonst aber scheint mir dem Vergleich mit den Uranerzen nichts im Wege zu stehen.

Wie das Radium nur einen kleinen Prozentsatz des Urangehalts ausmacht (etwa $\frac{1}{1000000}$), da es viel rascher zerfällt als Uran, so treten auch in anderen Mineralien gewisse Elemente nur als Beimengungen auf. Ich weise etwa hin auf den Cadmium-(Cd = 112,0) und Indiumgehalt (In = 114,0) von Zinkerzen (Zn = 65,4), das Zusammenvorkommen von Magnesium (Mg = 24,4) mit Calcium (Ca = 40,0). Als Beispiel seien ferner genannt Ruthenium (Ru = 101,7), Osmium (Os = 190,7) und Iridium (Ir = 193,0) in Platinerzen (Pt = 194,8), Tantal (Ta = 182,5) und Niob (Nb = 93,9) und etwa noch Kobalt (Co = 59,6). Nickel (Ni = 58,9) und Eisen (Fe = 56,0).

Eine Konsequenz wäre nun die, daß die selteneren Elemente, da sie rascher zerfallen, eine höhere Temperatur aufweisen als die häufigen. Man wird also die Temperaturen zweier solcher, in ganz ungleichen Mengen vorkommender Metalle vergleichen. Es wäre ferner von Interesse, die Mengenverhältnisse, in denen zwei solche Elemente in verschiedenen Mineralien vorkommen, zu vergleichen. Kann man die Mineralien als in radioaktiv-stationärem Zustande befindlich annehmen, dann müßte dieses Verhältnis konstant sein. Ferner wird man z. B. ein Stück Mineral in verschiedene Quanten teilen und jedes einzeln analysieren. Dann müßte der Prozentsatz des als Beimengung enthaltenen Metalls in allen derselbe sein, da sich die Stammsubstanz gleichmäßig durch das ganze Mineral hindurch umwandelt.

Schwieriger dürfte der Versuch sein, etwa direkt die Entstehung des einen Metalls aus dem anderen nachzuweisen. Man kann hier nicht etwa die empfindliche Methode anwenden, deren sich Soddy¹⁾ zum Nachweis der Entstehung des Radiums aus dem Uran bedient hat. Hier konnte man das Entstehen der Radiumemanation als Kennzeichen verwenden. Man wird vielmehr ein Metall möglichst von den Beimengungen trennen und etwa sein Funken- oder

Flammenspektrum untersuchen. Nach einiger Zeit wäre dann nachzusehen, ob das Spektrum der Beimengung wieder zum Vorschein kommt.

Wir wollen all diesen interessanten, aber gegenwärtig noch völlig ungeklärten Fragen nicht näher treten. Es soll hier aber nicht versäumt werden, auf einige Einwürfe zu antworten, die man an Hand von altbekannten Tatsachen gegen die Anschauung von der Allgemeinheit der Radioaktivität machen könnte. Speziell, was die Selbsterwärmung der Substanzen betrifft, so könnte es verwunderlich erscheinen, daß man dieselbe bisher noch nicht entdeckt hat. Wenn man z. B. einen Körper ins Bunsensche Eiskalorimeter bringt, dann müßte dies eine dauernde Wärmeentwicklung anzeigen. Nun würde allerdings der sog. Gang des Kalorimeters einer Wärmeentwicklung entsprechen, doch hat man stets angenommen, daß das Schmelzen des Eises mit dem Drucke der Quecksilbersäule zusammenhängt. Die geringe Erniedrigung des Schmelzpunktes, welche durch diesen Druck hervorgerufen wird, veranlasse ein langsames Schmelzen des Eises und damit den „Gang“ des Kalorimeters. Wäre es nun aber nicht denkbar, daß dieser wenigstens teilweise durch eine wirkliche Wärmeproduktion der betreffenden Materialien zustande kommt? Es wäre ohne Zweifel interessant, in dieser Hinsicht Versuche anzustellen und den „Gang“ des Eiskalorimeters nach Einbringen verschiedener Substanzen zu prüfen.

Ein weiterer Umstand, der etwa gegen die Wärmeproduktion gewisser Körper sprechen könnte, wäre ferner der, daß man keine Temperaturdifferenzen entdeckt hat. Wenn man z. B. die Lötstellen eines Thermoelements neben einander aufhängt, dann müßten diese eine kleine Temperaturdifferenz aufweisen, da ihre Zusammensetzung doch nie ganz identisch ist. Nun gebraucht man aber die Thermolemente nicht in der angedeuteten Weise, sondern man bringt die eine Lötstelle auf eine konstante Temperatur, indem man sie etwa in eine Mischung von Eis und Wasser bringt. Diese stellt aber eine große Wärmekapazität dar, die jede in der Lötstelle entstehende Wärme fortwährend absorbiert. Da letztere überdies nur sehr klein ist, so bleibt die Lötstelle in der Tat auf der Temperatur Null. Es ist klar, daß man auf diese Weise keine Eigentemperaturdifferenzen nachweisen kann.

Es bieten also die gemachten Einwände für die Anschauung von der Allgemeinheit der Radioaktivität zunächst kein Hindernis und haben erst diesbezügliche Versuche das entscheidende Wort zu sprechen. Daß die Frage von Wichtigkeit ist, das ergibt sich schon durch die Menge von wichtigen Folgerungen, die aus einem positiven Ergebnis gezogen werden können. Es sei hier nur auf die eine hingewiesen, daß es nach der erwähnten Anschauung möglich sein muß, eine Beziehung zu finden zwischen der Stärke der Aktivität eines Metalls und seinem Verhalten bei elektrischen Entladungsercheinungen. Angenommen, es gehen von dem zu

¹⁾ F. Soddy, Phil. Mag. 9, 768, 1905.