



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der Experimentalphysik

Lommel, Eugen von

Leipzig, 1908

283. Radioaktive Substanzen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

Diese Röntgenschen Strahlen unterscheiden sich von den Kathodenstrahlen dadurch, daß sie von einem Magnet nicht abgelenkt werden; für sie sind alle Körper mehr oder weniger durchlässig; sie gehen leicht durch Papier, Holz, Leder, Hartgummi, auch durch nicht zu dicke Metallplatten. Die Durchlässigkeit ist bei gleicher Schichtdicke wesentlich bedingt durch die Dichte; das spezifisch schwere Blei ist bei 1,5 mm so gut wie undurchlässig, während eine zehnmal so dicke Schicht des leichten Aluminiums die Wirkung zwar schwächt, aber nicht völlig aufhebt. Wie Röntgen ferner zeigte, werden diese Strahlen weder regelmäßig zurückgeworfen, noch gebrochen.

Man hat diese Strahlen für Licht von sehr kurzer Wellenlänge gehalten; es ist aber nicht möglich, eine Wellenlänge der Röntgenstrahlen festzustellen. Vielmehr sprechen die Versuche dafür, daß man es bei ihnen nicht mit Wellen von bestimmter Periode, sondern nur mit ganz kurz dauernden Erschütterungen des Lichtäthers zu tun hat, die durch das Aufprallen der Kathodenstrahlteilchen mit ihrer außerordentlichen Geschwindigkeit auf die Antikathode hervorgebracht werden. Die Geschwindigkeit der Röntgenstrahlen ist von E. Marx (1905) gemessen und gleich der Lichtgeschwindigkeit gefunden worden.

Von besonderer Bedeutung ist, daß gewöhnliche photographische Trockenplatten für die Röntgenschen Strahlen empfindlich sind, so daß man die Erscheinungen dauernd fixieren kann. Da die Strahlen durch Holz und Papier fast ungehindert hindurchgehen, so kann man die Aufnahmen bei verschlossener Kassette oder auf der in schwarzes Papier gewickelten Platte selbst im beleuchteten Zimmer machen. Metallene Gegenstände, wie die in einem Holzkasten eingeschlossenen Messingstücke eines Gewichtssatzes oder die Münzen in einem verschlossenen Portemonnaie, bilden sich auf der Platte ab, indem die Strahlen durch Holz und Leder durchgehen und die empfindliche Schicht schwärzen, dagegen an den von Metall bedeckten Stellen mehr oder weniger abgehalten werden. Legt man die Hand auf den Holzdeckel der Kassette oder auf die Papierhülle, so erscheint auf der Platte, da die Strahlen durch die Weichteile leichter hindurchgehen als durch die Knochen, ein Schattenbild des Handskeletts, welches (im Positiv) die dunklen Schatten der Knochen in dem nur wenig dunklen Bilde der Hand zeigt. Ein goldener Ring scheint frei um den Finger zu schweben. Mittels kräftiger Fokusröhren und starker Entladungen eines großen Induktoriums gelingt es, nicht bloß von den Extremitäten, sondern auch vom Kopf und Rumpf Durchleuchtungsbilder auf einem Baryumplatincyansschirm und photographische Aufnahmen zu erhalten. In der Medizin, besonders in der Chirurgie, wird von dieser Methode, das Innere des Körpers zu untersuchen, ausgedehnter Gebrauch gemacht.

283. **Radioaktive Substanzen.** Bald nach der Entdeckung Röntgens machte H. Becquerel die weitere sehr merkwürdige Entdeckung, daß Wirkungen ähnlicher Art, wie sie die Röntgenstrahlen ausüben, andauernd von allen uranhaltigen Substanzen ausgehen. G. C. Schmidt wies das gleiche von Thoriumverbindungen nach.

Von größter Wichtigkeit aber waren die Entdeckungen von Herrn und Frau Curie, denen es gelang, aus dem Mineral Pechblende auf chemischem Wege einen Stoff zu gewinnen, der jene merkwürdigen Eigenschaften in außerordentlich viel höherem Grade besitzt als die Uran- und Thorverbindungen. Dieser Körper wird aus den Aufschlüssen der Pechblende auf dieselbe Weise wie das Baryum und mit diesem zusammen als Chlorid ausgefällt und kann von dem Baryumchlorid durch wiederholtes Auskristallisieren aus heißer Lösung getrennt werden, da das Chlorid jenes Stoffes weniger löslich ist als das Baryumchlorid. Man hat es bei diesem Stoff ohne Zweifel mit dem Chlorid eines neuen Elements zu tun, dem die Entdecker den Namen Radium erteilten; denn das Radium besitzt ein charakteristisches Spektrum und wohldefinierte chemische Verbindungen, aus denen sein Atomgewicht durch Frau Curie zu dem hohen Werte 225 bestimmt worden ist. Doch ist es noch nicht gelungen, es als Element darzustellen; man kennt nur seine Verbindungen. Aus der Pechblende haben Herr und Frau Curie noch eine zweite, mit dem Wismut verknüpfte Substanz von ähnlichen Eigenschaften hergestellt, die sie Polonium nannten, und Debierne entdeckte einen dritten Stoff von ähnlicher Art, den er Aktinium nannte.

Die genannten Stoffe sind dadurch ausgezeichnet, daß sie in höherem oder geringerem Grade eigentümliche Strahlen aussenden, die man nach dem ersten Entdecker dieser Wirkungen Becquerelstrahlen nennt. Diese Strahlen wirken auf die photographische Platte; sie erregen das Leuchten eines Baryumplatinocyanürschirmes, und sie machen die Luft leitend. Die Blättchen eines geladenen Elektroskopes fallen langsam zusammen, sobald ein Uranpräparat in die Nähe des Knopfes des Elektroskops gebracht, oder in das Gehäuse eingeschoben wird. Nimmt man statt des Uranpräparats ein Radiumpräparat, so sinken die Blättchen augenblicklich zusammen. Es ist ganz besonders diese Wirkung, deren man sich zur genaueren Untersuchung dieser Strahlungen bedient hat. Das Maßgebende dabei ist, daß diese Strahlen ohne Zufuhr äußerer Energie ausgesandt werden. Alle Stoffe, die diese Eigenschaft besitzen, werden radioaktive Stoffe genannt.

Die genauere Untersuchung, vor allem des Einflusses, den ein magnetisches Feld auf die Strahlung ausübt, hat ergeben, daß die Becquerelstrahlen nicht einheitlicher Art sind. Man unterscheidet vielmehr drei Arten von Strahlen der radioaktiven Stoffe, die man nach Rutherford als α -, β -, und γ -Strahlen bezeichnet. Die α -Strahlen sind stark absorbierbar, führen positive Ladung mit sich und werden vom Magneten wenig, dem Sinne nach wie bewegte, positiv geladene Körper abgelenkt; sie entsprechen in ihrem Verhalten den Kanalstrahlen, sind also als positiv geladene Masseteilchen anzusehen. Die β -Strahlen sind weniger absorbierbar, führen negative Ladung mit sich und werden in magnetischen und elektrischen Feldern stark und in gleichem Sinne wie Kathodenstrahlen abgelenkt. Aus der gleich-

zeitigen Einwirkung magnetischer und elektrischer Felder hat man die Geschwindigkeit und das Verhältnis e/m der Ladung zur Masse für diese β -Strahlteilchen ebenso ermittelt, wie für die Kathodenstrahlen, und diese Untersuchungen haben ergeben, daß diese Teilchen mit Kathodenstrahlteilchen oder Elektronen identisch sind; nur ist ihre Geschwindigkeit noch größer als in den Kathodenstrahlen; sie liegt zwischen 2,1 und $2,8 \times 10^{10}$ cm/sek, geht also bis nahe an die Lichtgeschwindigkeit heran. Es sind diese β -Strahlen des Radiums, an denen W. Kaufmann den Einfluß der Geschwindigkeit auf das Verhältnis e/m (282) nachgewiesen hat. Die γ -Strahlen endlich sind sehr wenig absorbierbare, vom Magnet gar nicht beeinflusste Strahlen, die den Röntgenstrahlen verwandt sind.

Eine im wesentlichen durch die α -Strahlen bedingte auffällige Erscheinung hat Crookes zuerst beobachtet. Wenn man ein Körnchen eines stark radioaktiven Stoffes an einem Draht befestigt dicht vor einen Leuchtschirm von Baryumplatincyranür oder phosphoreszierendem Zinksulfid bringt und den Schirm mit einer Lupe betrachtet, so sieht man zahllose Lichtpünktchen, die in beständigem Wechsel aufleuchten und wieder verschwinden (Spinthariskop). Es scheint, als ob jedes Auftreffen eines von der radioaktiven Substanz abgeschleuderten positiven Teilchens ein lokales Aufleuchten zur Folge hätte.

Ein Radiumpräparat besitzt andauernd eine etwas höhere Temperatur als die Umgebung. Es gibt also nicht bloß die beschriebenen Strahlungen, sondern auch Wärme dauernd an die Umgebung ab. Doch läßt sich auch diese Wärmeentwicklung auf die Wirkung der Strahlungen zurückführen. Denn das Radiumpräparat sendet Strahlen nicht bloß von seiner Oberfläche aus, sondern auch aus seinem Innern heraus. Diese letzteren Strahlen aber werden zum größten Teil im Innern der Substanz absorbiert werden und dort auf Kosten ihrer kinetischen Energie Wärme erzeugen. Durch Beobachtungen im Eiskalorimeter hat man gefunden, daß 1 mgr Radium in einer Sekunde 0,000 028 gr cal, also in einer Stunde 0,1 gr cal, in einem Jahre 876 gr cal abgibt. Erwägt man, daß ein Radiumpräparat jahrelang, ohne daß man eine Erschöpfung wahrzunehmen vermag, diese Energiemengen abgibt, so sieht man, daß in dem Radium Energiemengen von außerordentlicher Größe aufgespeichert sind und zu allmählicher Umsetzung kommen. Diese Energiemengen sind viel größer, als daß sie von chemischen Prozessen der gewöhnlichen Art herrühren könnten. Die vollständige Verbrennung von 1 mgr Kohle liefert nur 8 gr cal. Aber noch andere Gründe sprechen dafür, daß die radioaktiven Vorgänge nicht in molekularen Veränderungen der Substanz (Dissoziation der Moleküle oder dgl.) ihren Ursprung haben können. Erstens hängen alle derartigen Vorgänge in hohem Maße von der Temperatur ab, die radioaktiven Erscheinungen aber sind von der Temperatur ganz unabhängig. Ein Radiumpräparat hat im geschmolzenen Zustande die gleichen radioaktiven Wirkungen, wie in einem Bade von der Temperatur der flüssigen Luft. Zweitens aber hängt die Stärke der radioaktiven Wirkungen nur von der vorhandenen Menge des radioaktiven Elements ab, gleichgültig in welchen Verbindungen das

Element vorliegt. Diese Tatsachen sprechen dafür, daß es nur auf das Atom des radioaktiven Elements ankommt, daß die Energie, die in den radioaktiven Vorgängen zur Umsetzung kommt, aus der potentiellen Energie des aus feineren Elementarteilchen aufgebauten Atoms stammt, und daß die radioaktiven Vorgänge die Begleiterscheinungen der Aufspaltung und Umwandlung von Atomen sind.

Für die Anschauung, daß man es bei den radioaktiven Vorgängen mit einer Umwandlung der Atome zu tun habe, spricht eine Tatsache, die zuerst von Ramsay und Soddy beobachtet, dann von Curie und Dewar und von Himstedt und G. Meyer bestätigt worden ist. Aus Radiumpräparaten entwickeln sich andauernd Spuren eines Gases, das selbst wieder radioaktive Eigenschaften besitzt; man hat es Radiumemanation genannt. Schließt man dieses Gas in eine Geißlersche Röhre ein, so zeigt es ein ganz bestimmtes Spektrum (344). Aber im Laufe der Zeit verwandelt sich dieses Spektrum und nach einigen Wochen zeigt die Röhre das vollständige Heliumspektrum. Die Emanation hat sich in Helium umgewandelt. Dieser Versuch ist ohne Zweifel ein direkter Beweis dafür, daß aus dem Radium Helium entsteht, daß also eine Atomumwandlung wirklich vor sich geht.

Andererseits hat Rutherford gelehrt, wie man aus dem Studium des zeitlichen Verlaufs der radioaktiven Wirkungen Schlüsse auf die stofflichen Umwandlungen ziehen kann, deren Begleiterscheinungen eben jene Wirkungen sind. Die Radiumemanation z. B., die sich als Gas aus Radiumverbindungen entwickelt, ist selbst radioaktiv, also in einer atomistischen Umwandlung begriffen. Prüft man mit dem Elektroskop ihre ionisierende Wirkung in einem Gefäß, das nur die Emanation und kein Radium enthält, so findet man, daß die Wirkung in 4 Tagen auf die Hälfte, in weiteren 4 Tagen abermals auf die Hälfte, d. h. auf ein Viertel des Anfangswertes, in abermals 4 Tagen auf ein Achtel usf. heruntergeht. Die Wirkung nimmt für Zeiten, die in arithmetischer Reihe wachsen, in geometrischem Verhältnis ab. Ist nun die radioaktive Strahlung eine Begleiterscheinung des Atomzerfalls, so wird bei der gleichen Umwandlung die Strahlung um so stärker sein, je mehr Atome im Zerfall begriffen sind. Dann folgt aus der obigen Beobachtung über die Abnahme der Wirkung der Radiumemanation, daß die Zahl der zerfallenden Atome immer der Zahl der vorhandenen Atome proportional ist, oder daß immer derselbe Prozentsatz der vorhandenen Atome im Zerfall begriffen ist. Dieses Gesetz hat sich für alle radioaktiven Umwandlungen bestätigt. Aber der Prozentsatz der zerfallenden Atome ist bei den verschiedenen radioaktiven Stoffen sehr verschieden, und entsprechend ebenso die Zeit, in der die radioaktiven Wirkungen des Stoffes sich um einen bestimmten Betrag, etwa auf den halben Wert vermindern. Diese sogen. Halbwertszeit ist eine charakteristische Konstante für jeden radioaktiven Stoff. Am Radium selbst hat man eine Abnahme der Wirkungen direkt noch nicht feststellen können. Aus der Menge der von ihm ausgehenden α -Teilchen hat man schätzungsweise den Betrag der Halbwertszeit zu 1300 Jahren berechnet. Die Emanation dagegen, die sich aus dem Radium bildet, hat eine Halbwertszeit von 3,8 Tagen, und ein anderes radioaktives Gas, das sich unter den Umwandlungsprodukten des Thors befindet, die Thoremanation, sinkt schon in 54 Sekunden auf die Hälfte ihres Betrages herab.

Bei der Umwandlung der Emanation entsteht unter Aussendung von α -Strahlen ein neuer radioaktiver Körper, den man Radium-A genannt hat. Er tritt als aktiver Niederschlag auf der Oberfläche von Körpern auf, die mit der Emanation in Berührung sind, besonders stark dann, wenn diese Körper auf ein hohes negatives Potential geladen sind. Aber die Prüfung des zeitlichen Verlaufs der Wirkungen von Radium-A zeigt, daß dieser Körper sich sehr schnell umwandelt; seine Halbwertszeit beträgt 3 Minuten. Die Anwendung des obigen Gesetzes der radioaktiven Umwandlungen auf den weiteren Verlauf dieser radioaktiven Wirkungen hat zu der Vorstellung geführt, daß auf das

Radium-A fünf weitere Umwandlungsstufen folgen. Die letzte von ihnen, Radium-F, hat eine Halbwertszeit von 143 Tagen; da dies derselbe Wert ist, den man für das von dem Ehepaar Curie entdeckte Polonium gefunden hat, unterliegt es keinem Zweifel, daß Polonium mit diesem Umwandlungsprodukt des Radiums identisch ist. Die chemische Natur dieser verschiedenen mehr oder weniger schnell vergänglichen Umwandlungsstufen des Radiums hat sich noch nicht feststellen lassen.

Auch für Uran, Thorium und Aktinium hat man solche Umwandlungsreihen auf Grund der Beobachtungen aufstellen können.

Hinsichtlich der Entstehung des Heliums machen es die neuesten Untersuchungen wahrscheinlich, daß die α -Teilchen Heliumatome sind. Man hat für diese Teilchen den Wert des Verhältnisses m/e bestimmt und hat ihn doppelt so groß gefunden, wie für ein Wasserstoffatom. Da es nun unwahrscheinlich ist, daß die α -Teilchen Wasserstoffmoleküle sind, da ferner die Entstehung des Heliums nicht bloß aus dem Radium, sondern auch aus dem Aktinium in jüngster Zeit nachgewiesen worden ist, so neigt man der Ansicht zu, daß die α -Teilchen Heliumatome, aber, da das Atomgewicht des Heliums = 4 ist, solche mit 2 Valenzladungen sind.

Eine Beobachtung von besonderem Interesse haben Elster und Geitel gemacht. Sie exponierten einen auf ein hohes negatives Potential geladenen Draht längere Zeit in freier Luft und fanden, daß sich auf ihm ein radioaktiver Niederschlag gebildet hatte. Sie führten dadurch den Beweis, daß in der Atmosphäre dauernd ein radioaktives Gas, eine Emanation enthalten ist. Weitere Untersuchungen haben ergeben, daß diese Emanation in der Hauptsache Radiumemanation ist. Auf diesen Gehalt an Emanation und ihren Zerfallsprodukten dürfte die natürliche Leitfähigkeit der Luft (193) zum größten Teil zurückzuführen sein. Da die Luft in Kellern und Höhlen ein besonders großes Leitvermögen besitzt, und da ferner Quellen sich in der Regel mehr oder weniger emanationshaltig erweisen, so kann man als sicher annehmen, daß die Emanation der atmosphärischen Luft aus dem Boden stammt und der Luft aus diesem andauernd zuströmt. Diese Tatsachen sprechen für eine weite Verbreitung radioaktiver Elemente und speziell des Radiums in der Erde.