**6. Wirkungsbereich und Absorption
der α -Strahlen. Mit einem Anhang: Über die
von den α -Teilchen erzeugte Sekundärstrahlung;
von E. Aschkinass.**

Die α -Strahlen der radioaktiven Stoffe erleiden beim Durchgang durch materielle Substanzen einen Geschwindigkeitsverlust, der mit zunehmender Dicke der durchstrahlten Schicht allmählich größer wird. Ihr Ionisierungsvermögen nimmt jedoch nicht etwa gleichmäßig ab, wenn die Länge des Strahlenweges in dem betreffenden Medium von Null an wächst, sondern es steigt zunächst bis zu einem Maximum, um dann fast plötzlich ganz zu erlöschen, sobald die durchlaufene Schichtdicke einen bestimmten Wert — den sogenannten Ionisierungsbereich — überschreitet. Demnach ist die Größe des Ionisierungsvermögens der α -Teilchen eine eigentümliche Funktion ihrer jeweiligen Geschwindigkeit. An der äußersten Grenze des Ionisierungsbereiches besitzt die Geschwindigkeit aber noch eine sehr beträchtliche Größe, nämlich $0,82 \times 10^9$ cm/sec¹), und dieser kritische Wert ist in allen Fällen der gleiche: er bleibt unabhängig von der Natur der durchstrahlten Materie; auch ist es gleichgültig, welche Substanz als Quelle der Strahlen dient, d. h. wie groß deren Anfangsgeschwindigkeit ist. Bemerkenswerterweise verlieren die α -Teilchen zugleich mit ihrem Ionisierungsvermögen auch ihre photographische Wirksamkeit und ihre Fähigkeit, Fluoreszenz zu erregen.

Mißt man den Sättigungsstrom, der von einem parallelen Bündel homogener α -Strahlen in einer flachen Ionisationskammer erzeugt wird, unter Variation des Abstandes der letzteren von der strahlenden Substanz, während sich lediglich atmosphärische Luft zwischen beiden befindet, so erhält man die normale Ionisierungskurve des betreffenden aktiven Körpers.

1) Berechnet nach E. Rutherford, Phil. Mag. (6) 12. p. 140. 1906. Vgl. auch den Bericht von F. v. Lerch, Zeitschr. f. Elektrochem. 13. p. 381. 1907.

Durch Einschaltung eines dünnen Metallblättchens in den Strahlengang erfährt die Ionisierungskurve nur eine Parallelverschiebung längs der Abstandsachse, während die Intensitäten der Sättigungsströme selbst ungeändert bleiben. Daraus hat man geschlossen, daß die Zahl der α -Teilchen bei ihrem Durchgang durch die Materie keine Abnahme erleidet, und es wird gewöhnlich angenommen, daß sie auch nach Durchmessung ihres Wirkungsbereiches in wesentlich ungeminderter Zahl noch weiter fliegen; daß sie nun jenseits dieser Zone sich durch keines der üblichen Mittel mehr nachweisen lassen, soll daran liegen¹⁾, daß sie die Fähigkeit, eine ihrer drei charakteristischen Wirkungen hervorzurufen, plötzlich verlieren, sobald ihre Geschwindigkeit auf einen bestimmten Minimalwert, eben jenen kritischen Wert von $0,82 \times 10^9$ cm/sec, gesunken ist. Man kann indessen wohl die Frage aufwerfen, ob die Verhältnisse tatsächlich so liegen, oder ob nicht vielleicht gerade die Geschwindigkeit der α -Teilchen jenseits des Wirkungsbereiches *plötzlich* auf Null herabgeht²⁾; in diesem Falle würden sie also in der Materie stecken bleiben, sobald die durchlaufene Schichtdicke der Größe des Wirkungsbereiches gleichkommt, der dann selbstverständlich für alle drei Effekte identisch sein muß. Diese Frage auf experimentellem Wege zu prüfen, war das Ziel der vorliegenden Untersuchung.

Es kam demnach zunächst wesentlich darauf an, zu entscheiden, ob α -Strahlen eine Schicht von gleicher oder gar größerer Dicke als derjenigen ihres Wirkungsbereiches noch zu durchdringen vermögen. In diesem Falle müßte es gelingen, die Teilchen auch jenseits einer solchen Schicht noch aufzufangen und ihre Gegenwart müßte sich dann immerhin durch die Ladungen, die sie transportieren, zu erkennen geben, trotz des Fehlens der Ionisation, des photographischen Effektes und der Fluoreszenzerregung.³⁾

1) E. Rutherford, Die Radioaktivität, deutsche Ausgabe, p. 563 f. Berlin 1907.

2) Vgl. E. Rutherford, Phil. Mag. (6) 12. p. 146. 1906.

3) Kurz vor Beendigung dieser Untersuchung erschien eine Arbeit von W. Duane (Compt. rend. 146. p. 958. 1908), in welcher der Ladungstransport durch die α -Strahlen des Radiums mit ihrer ionisierenden Wirkung verglichen wird für den Fall, daß Luftschichten verschiedener Dicke in den Strahlengang eingeschaltet sind; zu dem Ende variiert der

Der eindeutige Nachweis des Ladungstransportes durch α -Strahlen gelingt bekanntlich nur im höchsten Vakuum. Aus diesem Grunde war man darauf beschränkt, den Durchgang der Teilchen durch feste Körper zu untersuchen. Zu dem Zwecke wurden dünne Aluminiumblätter in allmählich wachsender Anzahl in den Strahlengang eingeschaltet.

Um Komplikationen durch β - und γ -Strahlen zu vermeiden, wurde als Strahlungsquelle Polonium benutzt, da diese Substanz — neben leicht zu beseitigenden langsamen Elektronen — ausschließlich α -Strahlen emittiert. Die α -Teilchen des Poloniums besitzen eine Anfangsgeschwindigkeit von $1,67 \times 10^9$ cm/sec¹⁾ und ihre Wirkungszone erstreckt sich in Luft bis auf 3,86 cm²⁾. Nun wird, wie sich aus zahlreichen Messungen verschiedener Autoren ergibt, durch Einschaltung einer Aluminiumschicht von 1 μ Dicke der Ionisierungsbereich der α -Strahlen in Luft stets um 0,16 bis 0,17 cm herabgesetzt; hinsichtlich seiner Energie verzehrenden Wirkung ist also ein tausendstel Millimeter Aluminium 1,65 Millimeter³⁾ Luft äquivalent. Folglich wird die Geschwindigkeit der α -Teilchen durch 23,4 μ Aluminium in gleichem Maße verringert wie durch 3,86 cm Luft, d. h. die Wirkungsfähigkeit der Poloniumstrahlen erlischt, nachdem sie eine Aluminiumschicht von 23,4 μ Dicke durchsetzt haben. Zur Lösung der gestellten Aufgabe war demnach zu untersuchen, ob die Ladungen der

Verfasser den Abstand der Strahlungsquelle vom Meßapparat. Nach den Versuchsergebnissen scheinen beide Effekte nahezu einander parallel zu gehen, und es wird insbesondere der Schluß gezogen, daß beide gleichzeitig erlöschen. Indessen sind die mitgeteilten Messungsreihen nicht sehr beweiskräftig, da die Kurven der Ionisierung und des Ladungstransportes unter ungleichen Versuchsbedingungen aufgenommen wurden. Die Ionisation wurde nämlich unter Einschaltung einer Bragg'schen Blende gemessen, im anderen Falle dagegen kam eine solche nicht zur Verwendung. Daher läßt sich auch nicht erschen, inwieweit die allmähliche Abnahme der übergeführten Ladungen davon beeinflußt wurde, daß sich mit wachsendem Abstande des aktiven Präparates die Zahl der ankommenden α -Teilchen schon wegen der Divergenz des Strahlenbündels verringern mußte.

1) Nach E. Rutherford, Phil. Mag. (6) 12. p. 141. 1906.

2) M. Levin, Physik. Zeitschr. 7. p. 519. 1906.

3) Dieser mittlere Wert soll im folgenden allen Rechnungen zugrunde gelegt werden.

vom Polonium emittierten α -Teilchen sich noch jenseits eines $23,4 \mu$ dicken Aluminiumschirmes auffangen lassen. Außerdem konnte durch diese Beobachtungsmethode unmittelbar geprüft werden, ob beim Durchfliegen dünnerer Schichten die Zahl der α -Teilchen tatsächlich keine Abnahme erleidet.

Die Versuchsanordnung ist in Fig. 1 wiedergegeben. *P* ist das Poloniumpräparat (bezogen von der Braunschweiger Chininfabrik) — eine kreisförmige Kupferplatte von 4 cm Durchmesser, deren obere Fläche mit einer dünnen Schicht der aktiven Substanz überzogen ist. Gleiche Form und Größe besitzt die polierte Kupferscheibe *A*, die zum Auffangen der transportierten Ladungen dient. Beide Platten werden von angelöteten Kupferstäben getragen. Die letzteren durchsetzen die Bernsteinstopfen *B*, *B*¹⁾, die in den Boden und den ab-

Fig. 1.

nehmbaren Deckel des kupfernen Zylinders *C* eingekittet sind. Dieses Gefäß *C* war 60 mm hoch und hatte einen inneren Durchmesser von 52 mm. Zum luftdichten Abschluß des Gefäßes waren der Deckel und der obere Zylinderrand in starke Messingringe *MM* und *NN* eingelötet, deren sorgfältig geschliffene Stirnflächen aufeinander gepreßt wurden. Als Schmiermittel diente hier wie an den Schliffen der Luftpumpe das

1) Die Isolation des Poloniums war für die hier in Betracht kommenden Versuche entbehrlich; sie war jedoch für weitere Messungen vorgesehen worden.

von Travers empfohlene¹⁾ Kautschukfett von geringer Dampfspannung.

Um nicht genötigt zu sein, dem natürlichen Abfall der Poloniumaktivität im Laufe der Untersuchung Rechnung zu tragen und um von zufälligen Störungen unabhängig zu werden, empfahl es sich, eine Einrichtung zu treffen, die es ermöglichte, unter wechselnden Versuchsbedingungen alternierende Beobachtungen anzustellen. Zu diesem Zwecke war der Mantel des Zylinders an zwei diametral einander gegenüber liegenden Stellen so weit aufgeschnitten, daß ein flacher kupferner Kasten *K* hindurchgesteckt werden konnte; Kasten und Zylinder waren luftdicht miteinander verlötet. Ersterer besaß rechteckigen Querschnitt und ragte in der Längsrichtung beiderseits über den Zylinderquerschnitt hinaus; seine Innenmaße waren: 180 mm Länge, 42 mm Breite, 6 mm Höhe. Innerhalb des zylindrischen Gefäßes besaß die obere und die untere Kastenwand eine zentrale kreisrunde Öffnung von 45 mm Durchmesser, durch welche die Poloniumstrahlen ungehindert hindurch treten konnten. In dem Kasten befand sich eine verschiebbare, 125 mm lange und 42 mm breite Kupferplatte *D* (vgl. Fig. 2),

Fig. 2.

die auf passend angeordneten Führungsschienen ruhte und zwei kreisförmige Ausschnitte *u*, *v* von 40 mm Durchmesser besaß. Der an die Platte angelötete Kupferdraht *d* ragte in das 5 mm weite Kupferrohr *E* hinein, das in die eine Stirnwand des Kastens eingesetzt war. An dem Ende dieses Drahtes war ein zylindrisches Eisenstück *F* befestigt. So ließ sich die Platte, auch während der Apparat evakuiert war, mit Hilfe eines kleinen Handelektromagneten hin- und herschieben. Dabei dienten die Stirnwände des Kastens rechts und links als Anschläge. In diesen beiden extremen Stellungen lag das Zen-

1) M. W. Travers, Experimentelle Untersuchung von Gasen p. 24. Braunschweig 1905.

trum der einen oder das der anderen Plattenöffnung in der Achse des zylindrischen Gefäßes, also auf der Verbindungslinie der Mittelpunkte der Platten P und A .

Auf die Ausschnitte u , v in dem Schieber konnten die quadratischen Aluminiumblätter gelegt werden, deren Ränder dann auf der beweglichen Platte ruhten; schmale Kupferstreifen, die auf der letzteren befestigt waren, dienten dazu, die Stellung der Blätter zu fixieren, so daß sie ihre Lage auf der Platte während der Verschiebung nicht verändern konnten. Im Innern des Zylinders lag ferner auf dem Kasten K zur Strahlenbegrenzung eine kupferne Blende S mit einer zentralen Öffnung von 36 mm Durchmesser. Diese mußte beim Auswechseln der Aluminiumfolien, nachdem der Deckel abgehoben war, jedesmal erst entfernt werden.

Die Distanz zwischen dem Polonium und der Platte A betrug 30 mm. Gerade in der Mitte zwischen beiden befand sich die obere Fläche des Schiebers, so daß die Aluminiumschirme 15 mm oberhalb der aktiven Substanz lagen.

In die Seitenwand des Zylinders war schließlich noch ein Kupferrohr R eingelötet, das durch Siegellackkittung mit der an eine Gaedepumpe angeschlossenen Rohrleitung in Verbindung stand. Eine seitlich angeschmolzene Röhre enthielt Kokosnußkohle, die durch flüssige Luft gekühlt wurde, so daß äußerstes Vakuum erreicht werden konnte. Infolgedessen kam kein merklicher Ionisationsstrom im Innern des Gefäßes zustande.

Von A führte eine metallische Leitung innerhalb des geerdeten Schutzgehäuses T über einen vom Beobachtungsplatze aus zu lösenden Erdkontakt zu einem Dolezalekschen Elektrometer. Das Poloniumpräparat und das Versuchsgefäß samt Deckel blieben dauernd geerdet, so daß auch die Aluminiumfolien stets mit der Erde verbunden waren.

Der ganze Apparat stand zwischen den Polschuhen eines Elektromagnets, deren Dimensionen die Breite und Länge des wirksamen Strahlenbündels übertrafen. Das Magnetfeld sollte die Elektronen des Poloniums, sowie die Sekundärstrahlen unschädlich machen. Dazu genügt bekanntermaßen schon ein Feld von sehr geringer Intensität. Ich verwandte in der Regel ein Feld von etwa 400 absoluten Einheiten; indessen waren

bereits wesentlich schwächere Kräfte ausreichend, um die Bahnen der negativen Träger vollständig zurückzubiegen. Demgemäß nahm der Auffänger *A* stets eine *positive* Ladung an, wenn das Magnetfeld erregt war. Dabei stieg sein Potential allmählich zu immer höheren Werten, nachdem die Erdverbindung gelöst worden war.

Die Beobachtungen erfolgten in der Weise, daß jedesmal das Potential gemessen wurde, zu dem das Auffängersystem sich binnen 10 Min. lud. Es betrug unter diesen Umständen bei freier Strahlung ungefähr 0,6 Volt. Dem entsprach ein Ausschlag der Elektrometernadel von nahezu 500 Skt. Leider war es nicht möglich, mit parallelen Strahlenbündeln zu arbeiten, da die Ladungseffekte für genaue Messungen zu schwach wurden, wenn eine Braggsche Blende in den Strahlengang eingeschaltet war.

Zunächst wurde die Symmetrie der Schieberanordnung geprüft durch Vergleich der Ladungstransporte in beiden Stellungen der verschiebbaren Platte, während noch kein Aluminiumschirm eine ihrer Öffnungen bedeckte. Die Ausschläge der Elektrometernadel waren in beiden Fällen gleich groß, die Symmetrie der Anordnung blieb also gewahrt: es machte keinen Unterschied, ob die eine oder die andere Öffnung des Schiebers sich vor dem Auffänger befand. Daran änderte sich auch nichts, als der Ausschnitt *u* allein offen blieb, und der Ausschnitt *v* mit einem Aluminiumblatt von $3,43\ \mu$ Dicke verschlossen wurde. Durch eine solche Metallschicht flogen demnach noch sämtliche α -Teilchen hindurch; die Durchlässigkeit beträgt 100 Proz. Die geringe Kapazitätsänderung, die durch das Einfügen des Aluminiums zwischen Auffänger und Polonium eintrat, war, wie besondere Versuche lehrten, unmerklich im Vergleich zu der übrigen Kapazität des Systems. Der Symmetrie zuliebe blieb aber bei den weiteren Messungen die Öffnung *v* stets mit einem Blatt der dünnsten Folie verschlossen, nachdem die totale Durchlässigkeit der letzteren einmal erkannt worden war, während auf die andere Öffnung Aluminiumschirme von variabler Dicke gelegt wurden.

Die mittlere Dicke der Folie *a* wurde durch Wägung mehrerer 10×10 cm großer Blätter des Metalles bestimmt

unter Zugrundelegung des Wertes 2,66 für das spezifische Gewicht. Für mehrere Blätter ergab sich übereinstimmend eine Dicke von 3,43 bis 3,45 μ . Die zu untersuchenden Schirme wurden aus den gewogenen Stücken herausgeschnitten und zur Variation der Schichtdicke in allmählich wachsender Anzahl aufeinander gelegt. Außerdem kam noch eine stärkere Folie *b* von 21,4 μ Dicke zur Verwendung. Für ein Blatt dieser Folie ergab sich eine um mehrere Prozent größere Durchlässigkeit der α -Teilchen als für sechs Blätter der dünnen Folie, deren Gesamtdicke nominell gleich 20,6 μ war. Offenbar ist der für die stärkere Folie ermittelte Wert zuverlässiger, da Unebenheiten der Oberflächen und weitere hier in Betracht kommende Fehler im anderen Falle einen größeren Einfluß auf das Resultat ausüben.

In einer fortlaufenden Reihe unmittelbar aufeinander folgender Messungen, von denen also jede einzelne in der Feststellung der binnen 10 Min. transportierten Ladung bestand, zeigten sich, auch wenn die Versuchsbedingungen ungeändert blieben, eigentümliche Unregelmäßigkeiten. Die Stärke des beobachteten Effektes änderte sich nämlich im Laufe der Zeit, indem die Gesamtladungen regelmäßig periodisch größer und kleiner wurden. Diese Schwankungen erfolgten mit einer Periode von durchschnittlich 100 Min. und machten sich ausnahmslos in allen Versuchsreihen bemerkbar.¹⁾ Aus diesem Grunde wurden die definitiven Messungen folgendermaßen ausgeführt: Mehrere Stunden lang wurden fortlaufend die binnen je 10 Minuten transportierten Ladungen ermittelt. Zwischen jeder Einzelmessung blieb das auffangende System 2 Min. lang geerdet und wurde die Schieberstellung gewechselt. Die Zahlen, die sich auf diese Weise für jede der beiden Schieberstellungen ergaben, wurden graphisch als Funktion der Zeit zu je einer Kurve vereinigt und diesen in Intervallen von je 12 Min. die zu gleichen Zeiten gehörigen Werte zur Berechnung der Durchlässigkeit der Aluminiumschichten ent-

1) Es ist wohl nicht anzunehmen, daß diesen langsamen Schwankungen tatsächlich Aktivitätsänderungen zugrunde lagen; vielleicht waren sie bedingt durch eine periodische Veränderlichkeit der Ladungsverluste infolge wechselnder Ionisation der Luft in der Umgebung des an den Auffänger angeschlossenen Systems.

nommen. Die so gewonnenen einzelnen Werte zeigten von-
einander Abweichungen von nur wenigen Prozenten und die
Mittelwerte mehrerer gleichartiger Messungsreihen stimmten
gut miteinander überein.

Ich lasse nunmehr die Resultate der Beobachtungen in
nachstehender Tabelle folgen; in Fig. 3 sind sie graphisch
dargestellt. Unter „Durchlässigkeit“ ist derjenige prozentische
Bruchteil der von der α -Strahlung transportierten Ladung zu
verstehen, der unter den gegebenen Bedingungen noch die
Aluminiumschichten der bezeichneten Dicke zu durchdringen
vermag. Die Durchlässigkeitswerte sind also ein Maß für
die relative Zahl der durch die Schirme hindurchfliegenden
 α -Teilchen.

	Schichtdicke in μ	Durchlässigkeit in Proz.
1 Blatt Folie <i>a</i>	3,43	100
2 „ „	6,86	100
3 „ „	10,29	100
4 „ „	13,72	100
5 „ „	17,15	90
1 „ „ <i>b</i>	21,4	34
1 „ „ <i>b</i> plus 1 Blatt Folie <i>a</i>	24,8	0
2 „ „ <i>b</i>	42,8	0

Fig. 3.

Zunächst sieht man aus den gewonnenen Resultaten, daß die α -Teilchen in Übereinstimmung mit der Bragg'schen Theorie tatsächlich in unverminderter Zahl durch dünne Aluminiumschichten hindurchfliegen.¹⁾ Noch bei einer Schichtdicke von $13,72\ \mu$ — durch welche der Ionisierungsbereich um $2,26\text{ cm}$ herabgesetzt wird — macht sich eine Absorption nicht bemerkbar. Aber auch bei $17,15\ \mu$ ist die beobachtete Absorption wohl nur eine scheinbare und allein dadurch bedingt, daß die Mehrzahl der α -Teilchen den Schirm in schiefer Richtung durchsetzen. Ja, vielleicht gilt dasselbe auch noch für die nächstgrößere der untersuchten Schichtdicken von $21,4\ \mu$. Jedenfalls lassen die gewonnenen Zahlen erkennen, daß die wahre Durchlässigkeit der Materie für α -Teilchen von einer bestimmten Grenzdicke an kaum weniger rapide abnimmt als das Ionisierungsvermögen, der photographische Effekt und die Fluoreszenzerregung.

Für die schiefsten Strahlen, die in der hier benutzten Versuchsanordnung den Auffänger noch erreichen, ist der Tangens des Neigungswinkels gegen die Schirmebene gleich $0,75$. Der Wirkungsbereich in Aluminium beträgt aber (vgl. p. 379) für die α -Strahlen des Poloniums $23,4\ \mu$. Nimmt man an, daß alle Teilchen erst nach dem Durchgang durch eine Schicht von dieser Dicke *plötzlich* festgehalten werden, so müßten im vorliegenden Falle die Strahlen maximaler Schiefe in einer Schicht von $14,0\ \mu$ stecken bleiben und bei $23,4\ \mu$ müßte totale Absorption eintreten; dabei ist jedoch zu bedenken, daß die Absorption erst etwas oberhalb $14,0\ \mu$ merklich werden könnte, da die Menge derjenigen α -Teilchen, deren Flugbahn die maximale Neigung gegen die Schirmebene aufweist, gegenüber ihrer gesamten Anzahl nur verschwindend klein ist. Die Versuchsergebnisse stehen augenscheinlich mit jener Annahme nicht im Widerspruche. Denn bei einer Dicke von $13,72\ \mu$ ist noch keine Absorption zu konstatieren, sie be-

1) Dies steht in Übereinstimmung mit einer Angabe von E. Regener (Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. 10. p. 82. 1908), daß die Zahl der szintillierenden Lichtpunkte auf einem von α -Strahlen getroffenen Zinkblendeschirm merklich konstant bleibt, wenn man Aluminiumfolie in den Strahlengang einschaltet. Leider wird an der zitierten Stelle nicht gesagt, wie dick die benutzten Metallschirme waren.

ginnt erst zwischen $13,72$ und $17,15 \mu$ merklich zu werden und ist bei $24,8 \mu$ total. Verlängert man die gerade Linie, welche die für $17,15$ und $21,4 \mu$ beobachteten Punkte der Fig. 3 miteinander verbindet, so schneidet sie die Abszissenachse bei 24μ .

Nach den Messungen von Rutherford¹⁾ ist die Abnahme der kinetischen Energie der α -Teilchen in der Materie innerhalb des Geschwindigkeitsintervalles von $2,06 \times 10^9$ bis $0,82 \times 10^9$ cm/sec der durchlaufenen Schichtdicke proportional. Extrapoliert man diese Messungen bis zum Energiewerte Null, so ergibt sich für die Dicke derjenigen Aluminiumschicht, in der die Geschwindigkeit der vom Polonium fortgeschleuderten α -Teilchen gerade bis auf Null sinken würde, falls ihre Energie auch jenseits des Wirkungsbereiches noch gleichmäßig abnahme, der Wert $31,0 \mu$. Würden die Teilchen tatsächlich erst in einer Schicht von solcher Dicke stecken bleiben, so könnte in unseren Versuchen die Absorption erst jenseits einer Schichtdicke von $18,6 \mu$ merklich werden und bei $24,8 \mu$ noch keineswegs total erscheinen.

Somit sprechen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nicht zugunsten der Vorstellung, daß die α -Teilchen jenseits des kritischen Geschwindigkeitswertes von $0,82 \times 10^9$ cm/sec in der Materie *allmählich* zur Ruhe kommen; sie sind dagegen wohl vereinbar mit der Annahme, daß die Teilchen *plötzlich* stecken bleiben, sobald ihre Geschwindigkeit auf jenen kritischen Betrag gesunken ist. Jedenfalls läßt sich jenseits der Wirkungssphäre auch ein Ladungstransport nicht mehr nachweisen. Es ist also auch nicht nötig, anzunehmen, daß die α -Strahlen eine bestimmte Minimalgeschwindigkeit besitzen müssen, um Gase ionisieren, Fluoreszenz erregen und chemische Umsetzungen hervorrufen zu können. Das Ausbleiben dieser Effekte jenseits des „Wirkungsbereiches“ findet vielmehr nach unseren Versuchen dadurch seine Erklärung, daß die α -Teilchen nach dem Passieren einer bestimmten — von ihrer Anfangsgeschwindigkeit und der Natur der absorbierenden Substanz abhängigen — Schichtdicke in der Materie stecken bleiben. Ob dabei die ponderablen Teilchen selbst oder lediglich ihre

1) E. Rutherford, Phil. Mag. (6) 12. p. 134 und p. 358. 1906.

Ladungen festgehalten werden, kann selbstverständlich durch die oben mitgeteilten Beobachtungen nicht entschieden werden. Indessen darf man einstweilen wohl bei der ersten Alternative stehen bleiben.

Dagegen muß zugegeben werden, daß die Resultate der Absorptionsmessungen noch durch die Zerstreuung¹⁾ der α -Teilchen im Aluminium beeinflußt sein können. In den wesentlichen Punkten dürften jedoch die gezogenen Schlußfolgerungen von diesem Einfluß — der übrigens noch wenig erforscht ist — unberührt bleiben. Denn jedenfalls darf als erwiesen gelten, daß die α -Teilchen beim Passieren der Materie nicht über ihren Wirkungsbereich hinausfliegen, daß also die Vorstellung, ihre Wirkungsfähigkeit sei an eine bestimmte Minimalgeschwindigkeit gebunden, von den Tatsachen nicht gefordert wird.

Anhang.

Über die von den α -Teilchen erzeugte Sekundärstrahlung.

Bei den im vorstehenden mitgeteilten Untersuchungen über die Absorption der α -Teilchen befand sich das ganze Strahlenbündel stets in einem magnetischen Felde, das noch über das Poloniumpräparat, sowie über den Auffänger hinausragte. Nebenher habe ich aber auch einige Messungen angestellt, für den Fall, daß das Magnetfeld ausgeschaltet war. Dabei gab sich unter anderem die Entstehung sekundärer Strahlen unzweideutig zu erkennen.

Daß α -Strahlen beim Anprall an Metalle eine Sekundärstrahlung erzeugen, die aus negativ geladenen Teilchen geringer Geschwindigkeit besteht, ist zuerst von Logeman²⁾ einwandfrei nachgewiesen worden. Auch die Emission langsamer Elektronen seitens des Poloniums wird vielfach lediglich als eine Art sekundärer Strahlung angesehen.

In einer früheren Mitteilung habe ich gezeigt³⁾, daß die Zahl der von einem Poloniumpräparat fortgeschleuderten Elektronen wesentlich größer ist als die der gleichzeitig emittierten

1) E. Rutherford, Phil. Mag. (6) **12**. p. 143. 1906.

2) W. H. Logeman, Proc. Roy. Soc. (A) **78**. p. 212. 1907; vgl. auch W. Duane, Compt. rend. **146**. p. 1088. 1908.

3) E. Aschkinass, Physik. Zeitschr. **8**. p. 773. 1907.

α -Teilchen. Diese Tatsache konnte mit der oben beschriebenen Versuchsanordnung aufs neue bestätigt werden. War nämlich das Magnetfeld ausgeschaltet und die Schieberöffnung frei, so nahm der Auffänger eine allmählich wachsende *negative* Ladung an, die nicht viel kleiner ausfiel als die positive Ladung, die bei gleichzeitiger Einwirkung der magnetischen Kraft in die Erscheinung trat. Dabei ist zu bedenken, daß die von den α -Strahlen am Auffänger erzeugte Sekundärstrahlung gleichfalls eine positive Elektrisierung des letzteren hervorruft. Demnach sind die Mengen negativer Elektrizität, die vom Polonium fortgeschleudert werden, weitaus größer als die Ladungen der α -Teilchen und jener sekundären Elektronen zusammengenommen.

Die Elektronen des Poloniums besitzen, wie man weiß, nur eine geringe Geschwindigkeit und werden daher schon durch sehr schwache magnetische Kräfte aus ihrer normalen Bahn abgelenkt. Dies hatte zur Folge, daß die negativen Ladungen, die man bei geöffnetem Feldstrom erhielt, wesentlich kleiner wurden, ja bisweilen sogar ihr Vorzeichen wechselten, wenn der Magnet vor der Messung schon einmal erregt worden war. Nach der Entmagnetisierung des Magnetkernes trat dann aber die negative Elektrisierung wieder in der ursprünglichen Stärke zutage. Offenbar hatte vorher das remanente Feld bereits einen großen Teil der Elektronen seitlich abgelenkt.

Die soeben geschilderten Phänomene waren nur dann zu beobachten, wenn sich keine Aluminiumfolie in dem Strahlengange befand. War dagegen eines der dünnen Metallblätter (Schichtdicke $3,43 \mu$) eingeschaltet, so zeigte sich ein anderes Bild: jetzt kam auch ohne Magnetfeld stets eine *positive* Elektrisierung des Auffängers zustande, und ihr Betrag war nur wenig kleiner, als wenn das Feld gleichzeitig erregt wurde. Die Deutung dieser Erscheinung ist naheliegend: die langsamen Elektronen des Poloniums werden von der dünnen Folie bereits zum größten Teil absorbiert.¹⁾ Dies steht durchaus im Einklange mit dem Verhalten der in Gestalt von Kathoden-

1) Zur qualitativen Demonstration des Ladungstransportes durch α -Strahlen ist demnach die Anwendung eines Magnetfeldes entbehrlich, wenn man die Elektronen durch Zwischenschaltung dünner Metallfolie beseitigt.

strahlen uns bekannten Elektronen geringer Geschwindigkeit. Die Erscheinung änderte sich nicht wesentlich, wenn man die Dicke der in den Strahlengang eingefügten Aluminiumschicht allmählich bis auf $13,7\mu$ erhöhte. Nur wurde der Einfluß des Feldes — der nach dem Gesagten eine Verstärkung der positiven Elektrisierung hervorruft — zuletzt noch kleiner. Als aber die Schichtdicke $17,1\mu$ betrug, war der Sinn, in dem das Magnetfeld wirkte, ein umgekehrter: die positive Elektrisierung des Auffängers war jetzt bei Erregung des Feldstromes um etwa 15 Proz. *schwächer*, als wenn ohne Feld beobachtet wurde. Offenbar muß der Einfluß des Feldes für eine Schichtdicke zwischen $13,7$ und $17,1\mu$ gänzlich verschwinden.

Die Schwächung des Ladungseffektes durch den Magnet bei größeren Schichtdicken beweist das Vorhandensein einer vom Auffänger ausgehenden Sekundärstrahlung negativer Teilchen. Diese letzteren sind es, die unter diesen Umständen allein oder doch vorwiegend vom Felde beeinflußt werden: der Magnet biegt sie zum Auffänger zurück, so daß sie die durch die ankommenden α -Strahlen hervorgerufene positive Elektrisierung vermindern. Ihre Geschwindigkeit ist gering, nämlich von derselben Größenordnung wie die, mit der sich die vom Polonium emittierten Elektronen bewegen.

Noch deutlicher kam der Einfluß jener Sekundärstrahlung zur Geltung, als die eingeschaltete Aluminiumfolie eine Dicke von 21μ besaß. In diesem Falle war die positive Ladung, die der Auffänger annahm, bei Erregung des Magnets weniger als halb so groß wie außerhalb des Feldes. Mit abnehmender Geschwindigkeit der primären α -Strahlen schien übrigens die Intensität der Sekundärstrahlung zunächst wenig, schließlich aber erheblich zu wachsen.

Berlin, Physik. Inst. d. Techn. Hochschule, Juli 1908.

(Eingegangen 11. August 1908.)