

Chemistry. — *Untersuchungen zur Realisierung eines Zerfalls des Blei-Atoms.* IV. Von A. SMITS und Frä. J. M. A. KRUGER. (Communicated by Prof. P. ZEEMAN.)

(Communicated at the meeting of June 27, 1931.)

In der letzten Abhandlung ¹⁾ wurde u.a. darauf hingewiesen, dass SMITS und FREDERIKSE in 1928 ²⁾ fanden, dass Bestrahlung einer Bleiplatte mit Röntgenlicht eine Radioaktivität des Bleies hervorrief.

Wenn es nämlich gelang dem Blei, welches im allgemeinen eine schwache Radioaktivität besitzt, durch Abschaben seine Radioaktivität zu nehmen, sodass es in dem Elektrometer von SZILARD untersucht, denselben, oder beinahe denselben Wert als eine reine Al-Platte zeigte, so konnte nach einer Bestrahlung mit Röntgenlicht immer eine Aktivierung des Bleies konstatiert werden. Was die Anzahl Scintillationen betrifft, so konnte festgestellt werden, dass nach Bestrahlung mit Röntgenlicht diese Anzahl etwa zwei Mal so gross war, als vor der Bestrahlung.

Zwei Jahre später, 1930, fand G. J. POKROWSKI ³⁾ dieselbe Erscheinung; er fand nämlich, dass nach Bestrahlung von Blei und von einigen anderen Elementen mit Röntgen- oder γ -Strahlen bei Untersuchung mit einem ZnS-Schirm, also durch Zählung der Scintillationen, die Elemente, die schwerer sind, als As, aktiviert waren. Unsere neueren Messungen wurden nur mittelst des sehr empfindlichen Elektrometers von SZILARD ausgeführt, weil, nachdem wir einmal festgestellt hatten, dass nach beiden Methoden hier eine Radioaktivität gefunden wird, die objektive elektrometrische Methode von uns preferiert wurde.

Schon früher wurde mitgeteilt, dass die Genauigkeit der mit dem sehr empfindlichen Elektrometer von SZILARD zu erhaltenden Resultate am grössten ist, wenn das System des Elektrometers nicht von Stahl, sondern von Aluminium angefertigt worden ist.

Weiter haben wir die Ladungseinrichtung, womit das Elektrometer geliefert wird, sofort entfernt, weil die Ladung, welche diese Einrichtung nach der Ladung des Systems noch besitzt und lange behält, die Entladungszeit stark beeinflusst.

Wir schlossen das Rohr, welches die ursprüngliche Ladungseinrichtung enthielt, mit einem durchbohrten Stück von isoliertem Material. Durch diese Öffnung wurde dann ein Draht unserer Ladungseinrichtung, welche Einrichtung hier neben an in Fig. 1 schematisch angegeben ist, eingeführt und nach der Ladung wieder herausgenommen. Bei der Messung wurde

¹⁾ Proc. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam. **33**, 737 (1930).

²⁾ Z. f. Elektrochem. **34**, 350 (1928).

³⁾ Z. f. Phys. **63**, 561 (1930).

sehr systematisch gearbeitet. Wie schon mitgeteilt wurde, steht unser Elektrometer unter einer grossen gläsernen Glocke und um den Rand

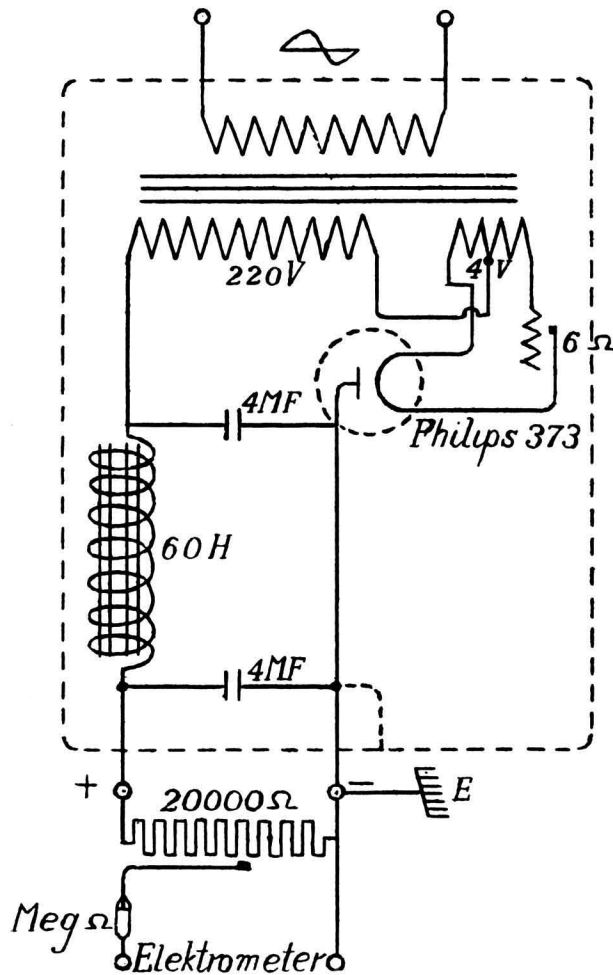


Fig. 1.

Ladungseinrichtung

Glühspannung 4 Volt. Glühstrom 1 Amp.
 Maximum-Anode-Wechsel-Spannung 220 Volt
 Maximaler gleichgerichteter Strom 40 m.A.

dieser Glocke ist ein Schlauch angebracht, welcher danach aufgepumpt wurde. Vor jeder Messung wurde die Glocke mittelst eines Seiles hochgehoben und auch das Elektrometer geöffnet. Nach 20 Minuten wurde dann die Al- resp. Pb-Platte eingeführt, das Elektrometer geladen und die Glocke heruntergelassen. Die Messung konnte dann nach ein Paar Minuten angefangen werden. Auf diese Weise arbeitend, wurden in der Tat sehr gut reproduzierbare Resultate erhalten.

Weil wie SMITS und Frl. VENING MEINESZ¹⁾ zeigten, quantitativ eine Diskrepanz zwischen ihrer Resultate und denjenigen von POKROWSKI besteht und an der Möglichkeit gedacht wurde, dass POKROWSKI über Blei von einer viel grösseren Empfindlichkeit verfügte, wurde Herr POKROWSKI gebeten, uns eine Platte von seinem Blei zuzuschicken, welcher Bitte von Herrn POKROWSKI in freundlichster Weise Genüge geleistet wurde, wofür wir Ihm hier nochmals unseren herzlichen Dank aussprechen.

Wir empfangen von Herrn POKROWSKI zwei Platten, eine grössere und eine kleinere und auch die kleinere war gross genug, um als Boden unseres Elektrometers dienen zu können.

Wir fingen an mit der grösseren Platte und fanden die beiden Seiten ziemlich stark aktiviert; das stimmte, weil Herr POKROWSKI uns mitteilte, dass er die Platte mittelst Röntgenlicht aktiviert hatte. Beide Seiten der grossen Platte gaben bei der Messung $B_{pb} = 149$ ²⁾; der kleinste Wert, welcher von uns bei Bestrahlung mit Röntgenlicht gefunden wurde, war $B_{pb} = 462$, sodass die Platte von Herrn POKROWSKI also stärker aktiv war, als unsere aktivierten Bleiplatten. Die Anzahl Scintillationen pro 4,5 cm² pro Minute wurde zu 6,5 gefunden.

Diese Platte wurde nun einige Male abgeschabt, um ihr die Aktivität so viel wie möglich zu nehmen. Nach acht Mal abschaben war der B_{pb} -Wert bis zu 1905 gestiegen. Jetzt wurde die Platte viele Male während 30 Minuten mit Röntgenlicht mittelst einer Coolidge Röhre mit Wolfram-Anode (belastet mit 120 KV. und 3 mA.) in einer Entfernung von 20 cm von der Anode bestrahlt und nach jeder Bestrahlung in dem Elektrometer gemessen. Diese Messung wurde immer so ausgeführt dass erst eine Aluminiumplatte, dann die Bleiplatte und schliesslich wieder die Aluminiumplatte gemessen wurde.

Fig. 2 gibt das Resultat wieder. Auf der Abscisse sind die Differenzen in der Entladungszeit, bei Aluminium und Blei, pro 5 Teilstriche des Mikrometers in Sekunden und auf der Ordinaten ist die Reihenfolge der Messungen angegeben. Die schwere Linie gibt den allgemeinen Verlauf wieder. Der Teil *AB* gibt das Resultat des Schabens an, die Aktivität nahm stark ab und in *B* war die Bleiplatte nur sehr wenig radioaktiv. Nach *B* fing die Bestrahlung mittelst Röntgenlicht an und mit Schwankungen steigt die Radioaktivität des Bleies, um, wie es scheint, asymptotisch sich einem Endwert zu nähern. Um zu sehen, inwieweit radioaktiver Staub diese Erscheinung beeinflusst, haben wir folgenden Versuch angestellt.

Als der Punkt *V* in unserer grafischen Darstellung in Fig. 2 erreicht war, wurde der bleierne Kasten, in welchem die Coolidge Röhre und die Bleiplatte aufgestellt waren, an der Seite gegenüber der Bleiplatte geöffnet. Vor dieser Öffnung wurde dann ein Ventilator aufgestellt und so

¹⁾ Proc. Kon. Akad. Amsterdam, 33, 737 (1930).

²⁾ Proc. Kon. Akad. Amsterdam, 33, 737 (1930). Siehe auch Z. f. Elektrochem. 34, 350 (1928).

konnte, weil der Kasten auch oben eine Öffnung enthielt, während der Bestrahlung ein starker Luftstrom durch den Bleikasten geblasen werden.

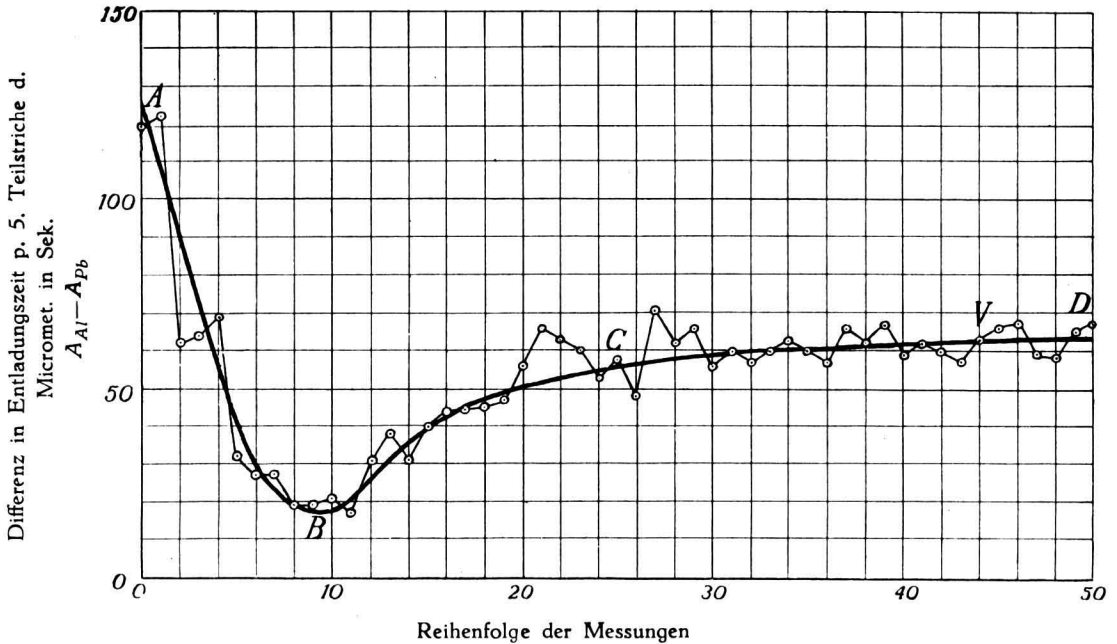


Fig. 2.

Dieser Versuch wurde mit geschlossenem und mit geöffnetem Fenster ausgeführt; wie die Resultate zwischen *V* und *D* zeigen, konnte nicht der geringste Einfluss auf den allgemeinen Verlauf beobachtet werden. Radioaktiver Staub aus der Atmosphäre scheint hier also keine Rolle zu spielen. Was die Schwankungen in den Resultaten betrifft, muss bemerkt werden, dass jedes Resultat einem mittleren Wert aus 10 bis 12 Beobachtungen entspricht, wobei der mittlere Fehler ein paar Sekunden beträgt, sodass die Abweichungen welche 10 Sekunden übersteigen, wahrscheinlich zum Teil Schwankungen in dem radioaktiven Zustand zuzuschreiben sind.

Die schwere ausgezogene Linie gibt den Verlauf der Radioaktivität wieder. Von *A* bis *B* nimmt die Aktivität durch Abschaben ab. In *B* fängt die Bestrahlung an und die Radioaktivität nimmt mit abnehmender Geschwindigkeit zu, um schliesslich asymptotisch sich einem Endwert zu nähern, welcher mit demjenigen, welchen wir mit unserem Blei fanden, übereinstimmt. ¹⁾

In der folgenden Tabelle sind die *A*- und *B*-Werte in einigen Punkten wiedergegeben. Es sei daran erinnert, dass die Grösse B_{Pb} , mit den Ent-

¹⁾ Bei den früheren nicht so lange Zeit fortgesetzten Bestrahlungen schien es, dass die Aktivität durch einen Maximum-Wert ging. Jetzt ist es klar, dass dieses Maximum durch die Schwankungen in der Radioaktivität ins Besondere im Anfang der Bestrahlung vortauscht werden kann.

ladungszeiten von Al und Pb , welche mit A_{Al} und A_{Pb} angegeben werden, nach der folgenden Gleichung zusammenhängt :

$$\frac{1}{B_{Pb}} = \frac{1}{A_{Pb}} - \frac{1}{A_{Al}}$$

TABELLE I.

Zustand	A_{PB}	A_{AL}	B_{PB}
Anfangszustand (aktiviert) (vermerkte Seite)	87	209	149
Nach 8 Mal abschaben (vermerkte Seite)	181	200	1905
Nach 5 Mal bestrahlen	152	192	730
.. 10	154	201	659
.. 15	151	204	581
.. 22	150	211	531
.. 32	142	205	462
.. 40	143	208	458

Hierbei ist es wichtig zu bemerken, dass auch die nicht vermerkte Seite abgeschabt wurde und dann praktisch denselben B_{Pb} -Wert lieferte, denn es wurde Folgendes gefunden :

Zustand	A_{PB}	A_{AL}	B_{PB}
Nach 8 Mal abschaben (nicht vermerkte Seite)	182	201	1925

Nachdem der B_{Pb} -Wert der vermerkten abgeschabten Seite durch Bestrahlung mit Röntgenlicht von 1905 auf 458 gesunken war, wurde nun diese Seite aufs Neue abgeschabt in der Erwartung, dass auf diese Weise die vermerkte Seite wieder einen B_{Pb} -Wert von etwa 1900 bekommen würde, aber das Resultat war anders. Es stellte sich heraus, dass der B_{Pb} -Wert, welcher am Ende der Bestrahlung 458 betrug, zwar stieg, aber nicht weiter, als bis zu 900. Dieses überraschende Resultat brachte uns dazu, auch die abgeschabte, unvermerkte, *unbestrahlte* Seite nochmals zu messen. Vor der Bestrahlung der anderen vermerkten Seite betrug der B_{Pb} -Wert der unvermerkten Seite, wie oben mitgeteilt wurde, 1925 und jetzt fanden wir den Wert 800, welches aussagt, dass auch die unbestrahlte Seite radioaktiv geworden ist und, weil eine Differenz von 100 in den B_{Pb} -Wert sicherlich innerhalb des Versuchsfehlers liegt, folgt weiter noch aus obengenanntem Resultat, dass nach Abschaben der bestrahlten Seite eine Bleischicht erreicht wurde, welche ebenso radioaktiv war als die unbestrahlte Seite, woraus sich wieder folgern lässt, dass die Bleiplatte durch die Bestrahlung nicht nur oberflächlich, sondern auch innerlich

radioaktiv geworden war. Dieses wird weniger wunderbar erscheinen, wenn man bedenkt, dass die Bleiplatte nur 2 mm dick war und mit sehr harten Röntgenstrahlen (120 KV.) gearbeitet wurde.

Nach diesen Experimenten ist auch noch die kleinere Platte von Herrn POKROWSKI untersucht. Auch diese Platte wurde an beiden Seiten abgeschabt und danach wurde die vermerkte Seite bestrahlt mit dem folgenden Resultat, wiedergegeben in Fig. 3.

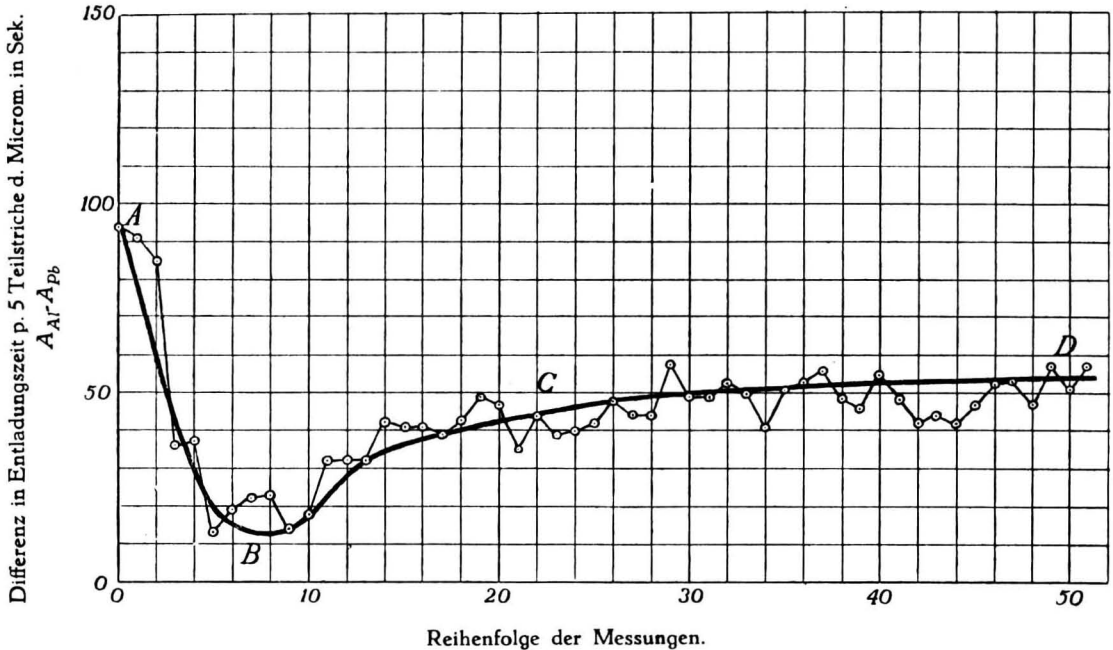


Fig. 3.

In der Tabelle II sind einige A - und B -Werte angegeben :

TABELLE II.

Zustand	A_{PB}	A_{AL}	B_{PB}
Anfangszustand vermerkte Seite, nach abschaben	190	204	2770
Nach 3 Mal bestrahlen	184	202	2066
.. 6	176	208	1144
.. 11	166	205	872
.. 15	169	213	818
.. 19	168	216	756
.. 25	162	211	698
.. 36	163	216	664

Wie man sieht, ist auch hier der B_{Pb} -Wert bei der Bestrahlung stark abgenommen, aber der Endwert ist nach 36 Bestrahlungen offensichtlich noch nicht erreicht.

Die nicht vermerkte abgeschabte Seite hatte anfangs einen B_{Pb} -Wert von 2521. Bei Bestrahlung der anderen vermerkten Seite nahm auch jetzt der B_{Pb} -Wert der unbestrahlten Seite ab und war schliesslich bis zu dem Wert 1271 gesunken, also nicht so weit, wie bei der grösseren Platte gefunden worden war; die kleinere Platte zeigte sich im allgemeinen etwas träger als die grössere.

Schliesslich wurden vollkommen dieselben Experimente mit einer Al -Platte ausgeführt, d.h. eine Al -Platte diente wieder zur Kontrolle und die Anderen wurden bestrahlt auf vollkommen derselben Weise wie die Pb -Platte bestrahlt worden war. Alle Umstände waren sorgfältig vollkommen dieselben gewählt.

Es sei daran erinnert, dass wir schon früher, im Anfang unserer Untersuchungen in dieser Richtung, gleichzeitig eine Al -Platte und eine Pb -Platte bestrahlten und niemals eine Änderung bei der Al -Platte konstatieren konnten, auch nicht wenn die Al -Platte geätzt worden war. Das Resultat, welches die neuen Versuche lieferten und das mit den früheren vollkommen übereinstimmt ist in Fig. 4 angegeben.

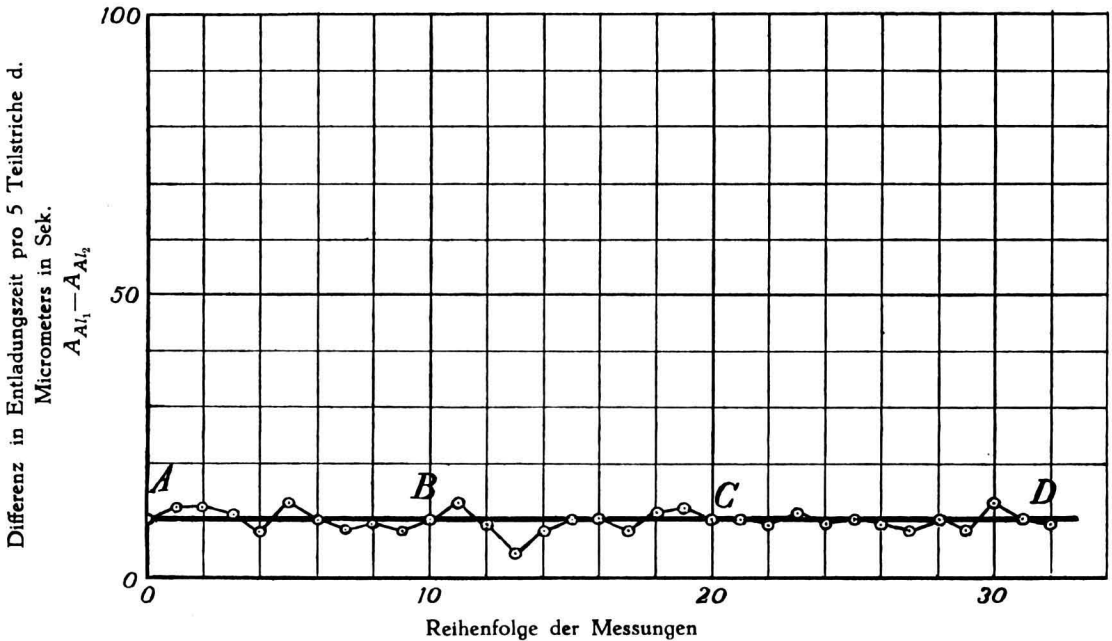


Fig. 4.

Wie aus dieser Figur erhellt, ist die Versuchs-Aluminiumplatte ungeachtet der vielen Bestrahlungen nicht im Geringsten durch das Röntgenlicht beeinflusst, welches nochmals deutlich dartut, dass von einer Abset-

zung von radioaktivem Staub aus der Atmosphäre bei unseren Bestrahlungen nicht die Rede war. Weiter lässt sich aus Fig. 4 folgern, dass bei Aluminium durch die angewandten Bestrahlungen mittelst Röntgenlicht keine Radioaktivität hervorgerufen wurde. Wie oben gesagt fanden wir das schon früher und später wurde dieselbe Tatsache auch von POKROWSKI konstatiert.

In Fig. 5 ist schliesslich noch das Resultat, welches mit Blei des Observatoriums von Paris gefunden wurde, angegeben.

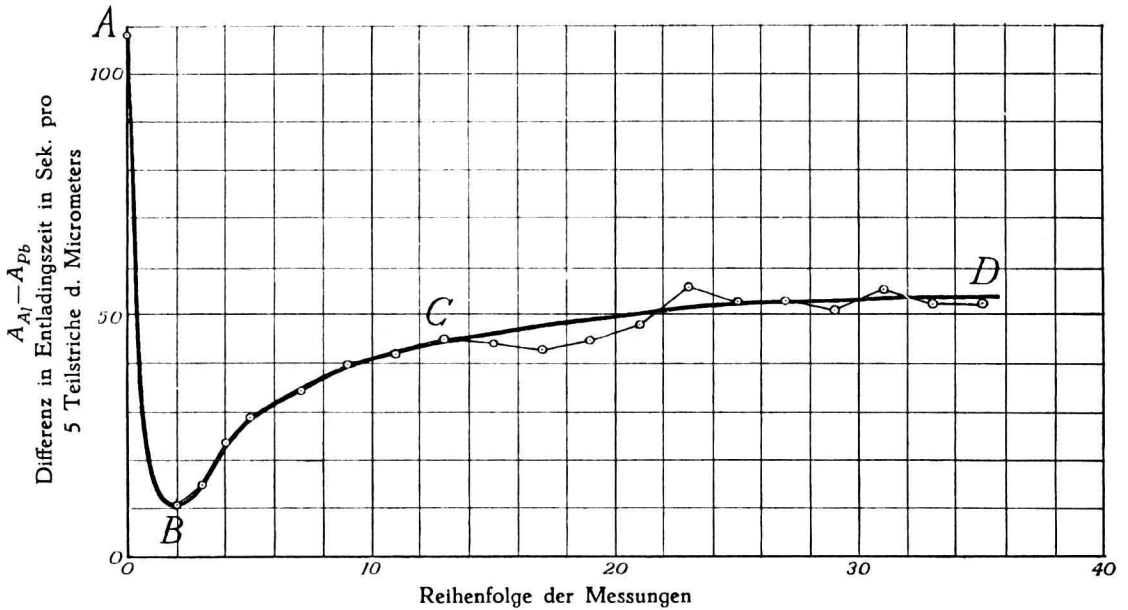


Fig. 5.

Wir wollen nicht unterlassen hier zu bemerken, dass wenn man nicht über ein so äusserst empfindliches Elektrometer, wie das Elektrometer von SZILARD, verfügt, man die hier beschriebene Erscheinung nicht beobachten kann. Wenn M. G. GUEBEN ¹⁾ behauptet niemals einen Unterschied zwischen Aluminium und Blei gefunden zu haben und man bedenkt wie schwierig es für uns war durch Abschaben dem noch unbestrahlten Blei seine Aktivität zu nehmen, sodass es in dem Elektrometer untersucht, nahezu denselben Wert als eine inaktive Aluminiumplatte zeigte, so ist es höchst wahrscheinlich, dass sein Elektrometer nicht empfindlich genug war um Erscheinungen, wie die hier mitgeteilten, zu beobachten.

Zusammenfassung.

Mit den Bleiplatten, welche Herr POKROWSKI so freundlich war uns zuzusenden, wurden unsere Bestrahlungsversuche mit Röntgenlicht fortgesetzt. Die Bleiplatten waren von Herrn POKROWSKI an beiden Seiten

¹⁾ Ann. de la Société Scientifique de Bruxelles 50, 117 (1930).

mit Röntgenlicht schon bestrahlt und zeigten eine stärkere Radioaktivität, als eine unserer auf dieselbe Weise aktivierten Platten. Es stellte sich aber heraus, dass dieses nicht einer Differenz in der Reinheit des Bleies zugeschrieben werden kann, denn die Bleiplatten des Herrn POKROWSKI's verhielten sich bei unseren Versuchen vollkommen, wie unsere Bleiplatten. Die quantitative Differenz muss also eine andere Ursache haben.

Unsere Versuche ergaben erstens, dass den Bleiplatten des Herrn POKROWSKI durch Abschaben ihre Aktivität in starkem Masse genommen werden konnte und dass bei erneuter Bestrahlung mit Röntgenlicht die Radioaktivität mit Schwankungen wieder anstieg um sich asymptotisch einem Endwert zu nähern. Dieser Endwert stimmt wohl mit unseren früheren Resultaten, aber nicht mit dem von POKROWSKI erreichten Endwert überein, obwohl absichtlich die Umstände vollkommen so gewählt wurden, wie POKROWSKI angibt.

Als der Endwert ungefähr erreicht war, wurde die Bestrahlung fortgesetzt, während durch den bleiernen Bestrahlungskasten ein starker Luftstrom geblasen wurde. Dieses hatte absolut keinen Einfluss auf den Verlauf der Radioaktivität mit der Bestrahlung, welches bewies, dass hier von einer Absetzung radioaktiver Stoffe aus der Atmosphäre nicht die Rede war. Dieses wurde auch noch auf eine andere Weise dargetan. Eine Aluminiumplatte wurde wiederholt auf dieselbe Weise bestrahlt wie die Bleiplatte und das Resultat war, dass die Al-Platte durch diese Bestrahlung nicht im geringsten beeinflusst wurde.

Schliesslich zeigte sich, dass, wenn die Radioaktivität der Bleiplatte nach längerer Bestrahlung ihren Endwert ungefähr erreicht hatte und dann aufs Neue abgeschabt wurde, die Platte sich ihre Radioaktivität nicht mehr nehmen liess. Es wurde dann auch die unbestrahlte Seite gemessen, wobei sich herausstellte, dass auch diese Seite radioaktiv geworden war und dass die Grösse dieser Aktivität mit derjenigen der abgeschabten Seite übereinstimmte, woraus sich folgern liess, dass die Bleiplatte von etwa 1.1 mm Dicke bei der Bestrahlung auch innerlich aktiviert war. Die Versuche werden in verschiedener Richtung fortgesetzt.

Amsterdam, 25 Juni 1931.

*Laboratorium für allgemeine und
anorganische Chemie der Universität.*
