Über die Strahlung von Uranlösungen und über eine Methode zur Bestimmung des Urans auf radioaktivem Wege.

Von

L. MICHIELS.¹

Mit 6 Figuren im Text.

Die Radioaktivität ist eine Eigenschaft der Materie, die im Jahre 1896 von H. BECQUEREL entdeckt wurde. Er hatte nämlich beobachtet, daß die Uranpräparate auf die photographische Platte einwirkten, selbst dann, wenn sie nicht vorher belichtet waren, was die Wirkung einer Fluoreszenz ausschloß.

BECQUEREL vermutete daher, daß Uran und seine Verbindungen eigentümliche Strahlen, sogenannte Uranstrahlen aussenden. Diese Strahlen wurden alsbald Gegenstand zahlreicher Untersuchungen.

Im Jahre 1897 stellte Frau CURIE eine Studie an über die Radioaktivität zahlreicher Uranverbindungen. Im April 1898 berichteten SCHMIDT und Frau CURIE gleichzeitig, aber unabhängig voneinander über die Aktivität des Thoriums und im Juli desselben Jahres entdeckten Herr und Frau CURIE das Polonium und unter Mitwirkung von Herrn BEMONT das Radium.

Seitdem hat die Radiumforschung, welche für ihre Entwicklung einen wohl vorbereiteten Boden vorfand, wie Frau CURIE es in der Einleitung ihrer Abhandlung über die Radioaktivität aussprach, eine bedeutende Entwicklung genommen.

Eng mit der Physik und Chemie verknüpft, und ihre Arbeitsmethoden aus diesen beiden Wissenschaften schöpfend, gibt die Radioaktivität ihrerseits diesen Gebieten neue Gesichtspunkte. Der Chemie liefert sie eine neue Methode zur Auffindung, Trennung und Erforschung chemischer Elemente, die Kenntnis einer gewissen Zahl neuer Elemente von höchst merkwürdigen Eigenschaften (an erster Stelle das Radium selbst), endlich die überaus wichtige Vorstellung von der Möglichkeit von Atomumwandlungen unter Bedingungen, die der experimentellen Prüfung zugänglich sind.²

Die radioaktive Analyse liefert der analytischen Chemie Untersuchungsmethoden von unbestreitbarem Nutzen. Das Elektroskop,

¹ Aus dem Französischen übersetzt von A. FISCHER. Originalarbeit, *Le Radium Journal de Physique* IX, 1912 S. 432 Paris.

² Mme. CURIE, Abhandlg. über Radioaktivität, Einleitung S. 6.

das typische Instrument der Radioaktivität, wird von nun an in dem analytischen Laboratorium einen ebenso wichtigen Platz einnehmen, wie die Apparate zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes, der Polarisationsapparat oder das Refraktometer.

Es überschreitet den Rahmen dieser Arbeit, die Methoden der Radiumforschung zu beschreiben, aber es erscheint nötig, an einige Tatsachen zu erinnern, bevor ich über meine eigenen Untersuchungen berichte.

Die wichtigsten, bisher bekannten radioaktiven Metalle sind das Radium, Thorium, Aktinium und Uran. Die drei ersten dieser Elemente lassen Emanationen auftreten, die ihrerseits durch Zersetzung induzierte Radioaktivität von verschiedener Charakteristik hervorrufen. Aus dem Uran hingegen entsteht keine Emanation und infolgedessen auch keine induzierte Radioaktivität.

Das Uran liefert als einzige Strahlung die α -Strahlung, die nur wenig durchdringt und also leicht durch metallische oder andere Filter absorbiert wird. Man schreibt den α -Strahlen des Urans eine Reichweite in der Luft von 3.5 cm zu. Diese α -Strahlen ionisieren stark die Luft und rufen infolgedessen eine schnelle Entladung des Elektroskopes hervor. Wenn man nach dem Vorgehen von Mc. COY und G. C. ASHMAN in einem Elektroskop auf eine Scheibe von bestimmtem Durchmesser dünne Schichten von Uranoxyd (U_3O_8) bringt, in einer Menge von etwa 0.0156—0.021 g pro cm^2 , so stellen diese Schichten, wie man vermutet, eine definierte und konstante α -Aktivität dar.

Nimmt man unter denselben Bedingungen andere aktive Substanzen, so kann man deren Aktivität mit derjenigen der Uranoxydscheibe vergleichen. Mc. COY hat so festgestellt, daß die spezifische Aktivität verschiedener Uranverbindungen proportional ihrem Urangehalt ist und daß man umgekehrt den Urangehalt eines Produktes bestimmen kann, wenn dasselbe außer Uran keine anderen Substanzen mit α -Strahlung enthält.

Indes möchte ich vorausschicken, daß es nicht leicht ist, Uranoxydscheiben von bestimmtem Gehalt herzustellen, die untereinander vergleichbar wären. Die strahlende Fläche muß nämlich sehr genau definiert sein, und dies hängt viel zu sehr von der Raumerfüllung und der Dimension der Körner des Uranoxyds ab. Deshalb erschien es mir interessant, die ionisierende Wirkung von Uranlösungen zu untersuchen, zumal man sich bisher nicht mit der Strahlung dieser Lösungen beschäftigt hatte.

In einer ersten Reihe von Versuchen mit einer Lösung von Kalium-Uranylsulfat¹ in destilliertem Wasser konnte ich feststellen, daß die Uranverbindungen auch in wässriger Lösung das Elektroskop entladen.

Als ich in die zur Prüfung dienende Schale des Elektroskopes 30 ccm destilliertes Wasser brachte, fand ich eine freiwillige Entladung des Elektroskopes in drei Versuchen zwischen denselben Teilstrichen zu 8 Minuten 2.8 Sekunden, 8 Minuten 4.5 Sekunden und 8 Minuten 2.8 Sekunden. Als ich jedoch das Wasser durch eine Uranlösung ersetzte, erhielt ich als Schnelligkeit für das Fallen des Elektroskopblättchens zwischen denselben Teilstrichen, wie oben in drei Versuchen 7 Minuten 27 Sekunden, 7 Minuten 28.5 Sekunden und 7 Minuten 26.3 Sekunden.

Als ich hierauf Lösungen von Kaliumuranylsulfat verwandte, deren Urangehalt, auf Metall berechnet, von 0.336 auf 3.36 g in 100 ccm Lösung anstieg, beobachtete ich, daß die Geschwindigkeit in der Entladung des Elektroskopes mit der Konzentration an Uran für eine gleiche Fläche und eine gleiche Schichthöhe der geprüften Lösung zunahm.

Die Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle verzeichnet.

Tabelle 1.

U %	Zeit im Mittel	Sekunden	Schnelligkeit	Korr. Schnelligkeit
3.36	3' 32"	212	471	264
2.66	4'	240	416	209
2.13	4' 25"	265	377	170
1.68	5'	300	333	126
0.84	6' 16"	376	265	58
0.33	7' 27"	447	223 ²	16 ²

¹ Anmerk. des Übersetzers. Der Autor hat als Formel für das Salz nach WÜRTZ, Dictionnaire de Chimie pure et appliquée Bd. III S. 557 $\text{K}(\text{UO})\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ mit 58.50% U angenommen. Nach Gmelin-Kraut-Friedheim, Handb. d. anorg. Chemie 3, 1, 7. Aufl. 1912 lautet die Formel $\text{K}_2\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ mit 41.34% Uran.

Die vom Autor angegebenen Urangehalte sind mithin mit $\frac{41.34}{58.50} = 0.707$ zu multiplizieren, um die wirklichen Urangehalte zu erhalten.

² Die Werte für die Schnelligkeit und korrigierte Schnelligkeit ergeben sich durch folgende Rechnung. Die Schnelligkeit ist z. B. für Fall 6 proportional $\frac{1}{447''} \equiv 223$, für die freiwillige Entladung proportional $\frac{1}{483''} \equiv 207$. Die korrigierte Schnelligkeit ist mithin $223 - 207 = 16$.

Die Bestimmungen wurden von dem Teilstrich 75—55 des Apparates vorgenommen. Die freiwillige Entladung zwischen diesen Teilstichen betrug im Mittel 8 Minuten 3 Sekunden.

Wenn man diese Resultate in ein Diagramm einträgt, in dem die Konzentrationen der Lösung als Abszissen und die Aktivitäten als Ordinaten dienen, so erhält man eine Gerade, welche ausdrückt,

Fig. 1.

daß einer Vermehrung der Konzentrationen an Uran eine proportionale Zunahme der Radioaktivität entspricht.

Da man also gezwungen ist, Ionisierungsströme von sehr schwacher Intensität zu messen, mußte ich mich zur Erzielung einer möglichst hohen Empfindlichkeit eines Elektroskopes von sehr schwacher Kapazität bedienen.

Das von mir benutzte Instrument, welches eigens zu dieser

Art von Untersuchungen konstruiert war,¹ war aufgebaut mittels eines zylindrischen Kastens aus Messing von 11 cm Durchmesser und 8.5 cm Höhe. Die obere Öffnung des Zylinders trug in ihrer Mitte einen zylindrischen Stopfen aus Bernstein von ungefähr 1.5 cm Durchmesser und 3 cm Länge. Der Bernsteinstopfen war axial durch einen kleinen Kanal von ungefähr 1.5 mm Durchmesser durchbohrt. Die untere Öffnung des Stopfens war etwas enger als die obere und diente zur Aufhängung für einen in das Innere des Zylinders ragenden kleinen Messingstab, an dem das Elektroskopblättchen befestigt war. Dieser Stab hatte einen Durchmesser von 1 mm und 4 cm Länge und besaß auf einer Seite eine Abplattung, gegen welche das ebenso breite Goldblättchen sich anlegte. Zwei in der Wand des Zylinders einander gegenüber angebrachte Fenster gestatteten es, die Bewegung des Blättchens mittels eines Mikroskopes, das mit einer Skala versehen war, zu verfolgen.

Die zu prüfenden Lösungen wurden unter den Zylinder gebracht. Hierzu diente eine Glaschale von 8.2 cm Innendurchmesser und 1.4 cm Höhe.

Fig. 2.

Die Schale wurde mit Hilfe eines Bajonettverschlusses in einem Abstand von 3.5 cm von dem unteren Rande des Blättchens entfernt gehalten. Nach meiner Beobachtung wäre es unnütz, die Schale dem Stifte oder dem Blättchen des Elektroskopes mehr zu nähern, um mehr Empfindlichkeit zu haben. Ein dünnes Metallblech schloß den unteren Teil des Zylinders ab, wenn man die Schale an ihre Stelle setzte oder wegnahm, indem es über die Schale geschoben wurde. Das Goldblättchen war so geschützt gegen Luftströmungen, die sich bei dieser Handhabung bilden können (vgl. Fig. 2).

Die Bestimmungen wurden ausgeführt, nachdem der Apparat sorgfältig vor fremden Einflüssen geschützt war. Auch bediente ich mich einer künstlichen Lichtquelle, welche den Vorteil hat, konstant zu sein und die Messungen genauer zu machen.

¹ Das Instrument wurde im Laboratorium für Radioaktivität in Gif angefertigt.

Die freiwillige Entladung des Elektroskopes wurde mehrmals für eine Beobachtungsreihe bestimmt, indem ich in das Elektroskop eine Schale mit 30 ccm destilliertem Wasser setzte. Bei diesem Volumen wurden übrigens alle Lösungen durchgeprüft. Die freiwillige Entladung wird kaum beeinflußt durch eine mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre, da der Bernstein noch unter diesen Bedingungen ausgezeichnet isoliert. Diese Tatsache ist bekannt und ich habe mehrmals bestätigt gefunden, daß die Entladung, soweit man sehen konnte, konstant blieb. Der so eingerichtete Apparat gab für Uran den Sättigungsstrom.

Bei Anwendung von Kaliumuranylsulfat war es wegen der beschränkten Löslichkeit dieses Salzes kaum möglich, uranreiche Lösungen herzustellen.

Ich habe mich daher dem Uranylnitrat¹ zugewandt. Ich bereitete davon eine Reihe von Lösungen, deren Urangehalt sich zwischen 0.85 g und 52 g in 100 ccm Lösung bewegte.

Ich prüfte sie am Elektroskop unter den nämlichen Bedingungen wie das Kaliumuranylsulfat und beobachtete auch hier, daß die ionisierende Kraft mit der Konzentration der Lösung zunahm. Für die starken Konzentrationen jedoch kann man auf dem Diagramm der Fig. 3 (Konzentration — Aktivität) beobachten, daß die Aktivitäten nicht mehr proportional den Konzentrationen an Uran zunehmen. Bei den hohen Konzentrationen besteht eine Krümmung, welche zeigt, daß die Intensität der Ionisierung weniger schnell zunimmt, als die Konzentration. Die Tabelle 2 enthält die erzielten Ergebnisse. Die Entladung des Elektroskopes wurde zwischen dem Teilstrich 40 und 50 beobachtet. Die freiwillige Entladung dauerte 5 Minuten 19 Sekunden = 319 Sekunden.

Bei den Konzentrationen über 15.44% wurde das Elektroskop zwischen den Teilstrichen 25 und 60 entladen. Die freiwillige Entladung dauerte 16 Minuten 16 Sekunden = 976 Sekunden. Für die letzte Vertikalreihe wurde die Geschwindigkeit der Ent-

¹ Anmerkung des Übersetzers. Der Autor hat nach Würtz (vgl. S. 2) für das Salz die Formel $(\text{UO})\text{NO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ mit 64.37% U angenommen. Die Formel lautet nach Gmelin-Kraut-Friedheim (l. c. S. 1079) $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ mit 53.17% U. Die vom Autor angegebenen Urangehalte sind mithin mit $\frac{53.17}{64.37} = 0.826$ zu multiplizieren, um die tatsächlich vorhandenen Uranmengen zu erhalten.

Tabelle 2.

U %	Zeit im Mittel	Schnelligkeit	Korr. Schnelligkeit
0.85	164.5''	6.07	2.9
1.71	104.3''	9.58	6.48
2.57	72.0''	13.88	10.78
3.43	63.5''	15.74	12.64
4.29	50.8''	19.68	16.58
5.14	46.0''	21.73	18.6
6.00	39.9''	25.06	21.8
6.86	35.0''	28.57	25.4
7.72	33.5''	29.85	26.7
8.58	29.6''	33.78	30.6
10.29	25.7''	38.91	35.8
15.44	18.7''	53.4 ¹	50.3 ¹

ladung von dem Intervall 25/60 auf das Intervall 40/50 umgerechnet, zwecks Vergleich mit den Werten der Tabelle 2.²

Tabelle 3.

U %	Zeit im Mittel	Schnelligkeit	Korr. Schnelligkeit	Schnelligkeit umgerechnet auf Intervall 40/50
15.44	62.5''	16.0	15.0	50.30
20.59	49.9''	20.0	19.0	63.70
25.74	39.0''	25.6	24.6	82.48
30.88	33.7''	29.6	28.6	95.89
36.03	30.2''	33.1	32.1	107.63
41.18	27.6''	36.2	35.2	118.02
46.43	25.3''	39.5	38.5	129.09
51.48	24.3''	41.1	40.1	134.12

Fig. 3 zeigt das mit diesen Zahlen erhaltene Diagramm.

Das zur Aufstellung dieser Kurve benutzte Uranylнитrat enthielt keine bestimmbar Mengen Radium, wie aus einer Untersuchung nach der Emanationsmethode hervorgeht. Dieselbe ergab nämlich, daß im Gramm Uranylнитrat nicht mehr als ein Milliontel Milligramm Radium enthalten war.

¹ Vgl. Fußnote 2, S. 3.

² Die Umrechnung zeigt folgendes Beispiel: Für 15.44% Uran beträgt die korrigierte Schnelligkeit für das Intervall 40/50 50.3, für das Intervall 25/60 15. Für 20.59% U sei die korrigierte Schnelligkeit für das Intervall 40/50 = x , für das Intervall 25/60 ist sie 19.00; es gilt die Proportion $15 : 50.3 = 19 : x$; woraus $x = 63.70$.

Um die Zuverlässigkeit meiner Messungen zu prüfen, habe ich alle Bestimmungen der Aktivität für dieselben Lösungen wiederholt und eine Kurve erhalten, die sich mit der ersten vollkommen deckt. Man könnte also in diesen, etwa 20 Lösungen, das Uran bestimmen, und es war möglich auf radioaktivem Wege den Uranylgehalt auf 0.1 g genau im Maximum für 100 ccm Lösung festzustellen.

Fig. 3.

Diese Resultate lassen einige Schlußfolgerungen zu. Erstens läßt sich mit Hilfe dieser Kurve der Urangehalt einer Lösung, allein aus ihrer Aktivität, für das gleiche Salz feststellen, wenn man sie unter denselben Bedingungen prüft. Hiermit haben wir die Grundlage für eine ebenso schnelle, wie scharfe Bestimmungsmethode.

Alsdann ist es möglich, ein Normalmaß für die Bestimmung der spezifischen Aktivität mit Hilfe der α -Strahlen aufzustellen. Dieses Maß ist sehr genau definiert, wenn man die Konzentration

der Lösung kennt, die Oberfläche, unter welcher sie steht und ihre Schichtdicke. In der Praxis kann man den Einfluß der Schichtdicke unmittelbar ausschließen, indem man eine über etwa 5 mm liegende Schichtdicke verwendet.

Man kann so Normalmaße herstellen, die immer unter sich gleich sind. Demgegenüber können Scheiben, welche mittels pulverisierter Substanzen, die in sehr dünnen Schichten aufgetragen werden, hergestellt sind, niemals die gleiche Regelmäßigkeit zeigen. Die wirkliche Strahlungsfläche hängt im letzten Falle ganz erheblich von der Oberfläche jedes Kornes ab.

Im Falle einer Lösung hat man indes eine wohldefinierte Strahlungsfläche, und wenn man das zu verwendende Uransalz vorschreibt, ferner seine Konzentration, die Oberfläche und Schichtdicke sowie die Temperatur, so hat man genau festgelegte Bedingungen.

Es ist vielleicht nur nötig, das zu verwendende Uransalz und die Temperatur anzugeben; denn das sind die zwei Faktoren, welche die Dichte der Lösungen bei gleichem Urangehalt verändern könnten.

Und diese Veränderung der Dichte, soweit sie die oberen Flüssigkeitsschichten betrifft, würde verschieden stark die Strahlung beeinflussen, welche aus den darunterliegenden Schichten der Uranlösung stammt, genau wie es bei gleicher Dichte Schichten verschiedener Dicke tun würden.

In Wirklichkeit rührt die durch Uranlösungen hervorgerufene Ionisation von der α -Strahlung her, welche aus der oberen Flüssigkeitsschicht heraustritt. Wenn die Dichte zunimmt, wird ein größerer Teil der α -Strahlung in der Nähe der Oberfläche verbraucht und die auftretende Ionisierung ist daher weniger beträchtlich.

Man kann voraussetzen, daß die β - und γ -Strahlen, welches das in der Lösung enthaltene Uranium X liefert, keine nennenswerte Wirkung auf den Grad der gemessenen Ionisierung haben. Wenn man in der Tat auf elektrischem Wege die Aktivität der Uranverbindungen bestimmt, so stellt man fest, daß die chemischen Reaktionen, welche das Uranium X ausscheiden, keinen bedeutenden Verlust an Aktivität hervorrufen.¹

Infolgedessen ist es ganz gleichgültig, ob Uran X in den Uranlösungen anwesend ist oder nicht.

Es entsteht die Frage, ob die Biegung in der Kurve für die sehr konzentrierten Uranlösungen nicht von der Vermehrung des spezifischen Gewichts der Lösung herrührt.

Um diese Frage zu entscheiden, stellte ich zunächst 4 Lösungen mit demselben Urangehalt her, deren Dichte jedoch durch einen Zusatz von Eisenchlorid in verschiedener Menge verändert wurde. Diese Lösungen hatten ein spez. Gewicht von 1.3530 bis 1.4943. Die zur Entladung des Elektroskopes für ein gleiches Intervall notwendigen Zeiten lagen zwischen 43.3—46 Sekunden. Durch Berechnung der Entladungsgeschwindigkeit und ihrer Korrektur war es möglich, die Intensitäten zu berechnen und ein Diagramm aufzustellen. Die Intensitäten befinden sich als Ordinaten, die Dichten als Abszissen. Die erhaltene Kurve zeigt, daß für einen gleichen Urangehalt die Intensität fiel, wenn die Dichte der Lösung zunahm (Fig. 4).

Fig. 4.

Das umgekehrte Experiment ist noch beweiskräftiger. Es be-

¹ Mme. CURIE, Abhandlg. über Radioaktivität, Bd. 1, S. 204.

steht darin, daß man Lösungen von verschiedenem Urangehalt anwendet, deren Dichte jedoch konstant gehalten wird. Das von mir angewandte Verfahren bestand darin, 2 Lösungen von annähernd gleicher Dichte in verschiedenen Verhältnissen miteinander zu vermischen, nämlich eine Lösung von Eisenchlorid mit dem spez. Gew. 1.4948 und eine solche von Uranylнитrat, mit dem spez. Gew. 1.4818.

Fig. 5.

Die verschiedenen Mischungen besaßen nahezu dieselbe Dichte. Indem ich ihre Aktivitäten bestimmte und von neuem ein Diagramm (Fig. 5)¹ mit dem Urangehalt als Abszisse und der Aktivität als Ordinate aufstellte, erhielt ich bis 35% Uran eine gerade Linie. Die konstante Dichte der Lösung hat demnach die Proportionalität zwischen Strahlung und Urankonzentration herbeigeführt. Augenscheinlich erhält man für Lösungen von Uranylнитrat, deren Dichte mittels Eisenchlorid erhöht worden war, eine Verminderung in der Intensität der Strahlung im Ver-

gleiche zu Lösungen mit dem gleichen Gehalt an Uranylнитrat ohne Gegenwart von Eisenchlorid.

Faßt man die Resultate zusammen, so ergibt die Messung der Aktivität von Uranlösungen folgende Anwendungen:

1. Es lassen sich mit Hilfe dieser Messungen Normalmaße der Aktivität herstellen, die immer miteinander vergleichbar sind. Es genügt in der Tat, wenn man über eine titrierte Lösung eines Uransalzes von bekanntem spez. Gewicht verfügt. Die Aktivität der Lösung ist alsdann proportional ihrem Urangehalt.

Man kann so sehr schwache Normalwerte verwirklichen, die vergleichbar sind mit stärkeren Lösungen. Schwach aktive Substanzen können somit direkt mit Normalwerten von derselben Größenordnung verglichen werden.

2. Die Untersuchung führt zu einem Verfahren der Uranbestimmung auf radioaktivem Wege, das zwar an Genauigkeit die

¹ Die obere Linie ist identisch mit Fig. 3 und zum Vergleich eingezeichnet, die untere die Gerade.

chemische Methode nicht übertrifft, es jedoch gestattet, in Lösungen bei Gegenwart anderer Metalle den Urangehalt zu bestimmen. Hierbei ist nicht erforderlich, irgend welche Trennungen von anderen Elementen vorzunehmen, außer von eventuell vorhandenen anderen radioaktiven Substanzen, als Uran.

Es ist sogar möglich, ein gewissermaßen selbsttätiges Verfahren zur quantitativen Analyse zu begründen, indem man auf Uranlösungen die Methode des konstanten Abfließens anwendet, welche von M. BRONSON studiert wurde.¹

Zu diesem Zwecke erdet man das eine Quadrantenpaar q_2 (Fig. 6) eines Elektrometers, während das 2. Paar q_1 mit einer Platte A eines Kondensators verbunden ist und die 2. Platte B auf ein bestimmtes Potential gebracht wird. Zwischen beiden Platten befindet sich die zu prüfende Substanz. Endlich kann das 2. Quadrantenpaar q_1 noch mittels eines hohen Widerstandes R , z. B. einer Röhre mit Xylol, an Erde gelegt werden. Die Nadel des Instrumentes wird auf ein bestimmtes Potential gebracht.

Fig. 6.

Infolge der zwischen A und B durch die Uranlösung hervorgerufenen Ionisation geht ein elektrischer Strom durch den Kondensator, die Platte A und die Quadranten q_1 werden geladen, die Nadel des Elektroskopes schlägt aus. Die Schnelligkeit des Ausschlages ist proportional der Intensität des Kondensatorstromes. Unter diesen Bedingungen vermehrt sich das Potential der Quadranten q_1 fortwährend und nähert sich demjenigen der Platte B . Da jedoch das Quadrantenpaar q_1 durch einen großen Widerstand von der Größenordnung des Gaswiderstandes zwischen A und B geerdet ist, so wird ein Teil der auf dem Quadrantenpaar q_1 angehäuften Ladung durch R abfließen. Der Wert des Stromes I in dem Widerstand R ist eine Funktion des Potentials V des Quadranten und wächst nach dem OHMSchen Gesetz mit V . Somit kommt ein

¹ Mme. CURIE, Abhandlg. über Radioaktivität, Bd. I, S. 93.

Moment, wo der Strom I in dem Widerstande R gleich dem Strom I in dem Kondensator ist. Das Potential der Platte A hat kein Bestreben mehr zuzunehmen und das Elektrometer nimmt eine Gleichgewichtslage ein, da in diesem Augenblicke die Elektrizitätsmenge, die zum Quadranten hinführt, der davon abfließenden gleich ist.

Je größer daher der Strom I ist, ein um so größeres Potential V ist nötig, um einen gleich großen Strom durch den Widerstand R zu treiben. Das Potential ist also proportional I . Für jeden Wert von I wird also die Nadel des Elektrometers eine bestimmte Gleichgewichtslage annehmen.

Wenn wir eine ganze Reihe von Uranlösungen benutzen, so können wir für jede die Lage der Nadel bezeichnen, indem wir z. B. direkt den Urangehalt auftragen. Um mit einem derart geeichten Apparat Uranlösungen zu analysieren, braucht man nur die Lösung in einer Schale auf die Platte B zu stellen und alsbald zeigt die Nadel den Gehalt der Lösung mit großer Annäherung an.

Herr J. DANNE hat bereits diese Methode benutzt, um direkt den Gehalt an Emanation in der Luft zu bestimmen. Er hat zu diesem Zwecke einen Apparat konstruiert, mit der Bezeichnung Emanatometer mit direkter Ablesung. Derselbe gibt direkt in mg/Minuten den Gehalt an Emanation für die untersuchte Luft an.¹ Ein solcher Apparat, mit einigen Abänderungen für seine besondere Verwendung, wird leicht für die selbsttätige Bestimmung von Uran in Lösungen auf radioaktivem Wege zu verwenden sein.

Diese Arbeit wurde in dem Laboratorium für Radioaktivität zu Gif (Seine und Oise) ausgeführt. Es sei mir gestattet, an dieser Stelle Hrn. J. DANNE, Leiter des Instituts, meinen lebhaften Dank auszusprechen für die wertvollen Ratschläge, die er mir in reichem Maße im Laufe meiner Untersuchungen zuteil werden ließ.

¹ J. DANNE, Über einen intensiven Emanator und ein Emanatometer mit direkter Ablesung. Bericht der Gesellschaft für med. Radiologie zu Paris, März 1912.