

# Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung

Nr. 111

## Zur Frage nach der Existenz von Isotopen mit gleichem Atomgewicht. Die Endprodukte der Thoriumzerfallsreihe

Von

Stefan Meyer

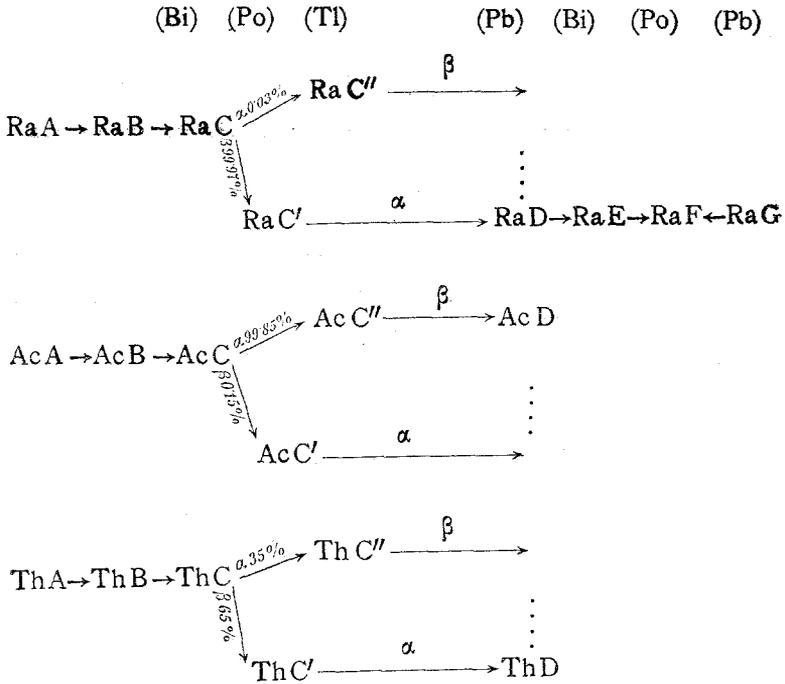
(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Juli 1918)

Unter »Isotopen« versteht man chemische Stoffe, deren Atome die gleiche Kernladung (Ordnungszahl) und gleiche Elektronenanordnung besitzen, deren sämtliche nur von diesen Konfigurationen bedingten physikalischen und chemischen Eigenschaften identisch sind und die sich daher im allgemeinen nur durch ihr untereinander ein wenig verschiedenes Atomgewicht und durch ihre radioaktive Zerfallswahrscheinlichkeit unterscheiden. Es erhebt sich die grundsätzliche Frage, ob es auch »Isotope höherer Ordnung« geben kann, d. h. Stoffe, bei deren Atomen nicht nur Kernladung und Elektronenanordnung dieselbe ist, sondern die außerdem auch das völlig gleiche Atomgewicht, die gleiche Kernmasse besitzen,<sup>1</sup> die trotzdem aber sich in ihrer Stabilität und Zerfallskonstanten nicht identisch erweisen.

Dieses Problem tritt auf bei der Betrachtung gegabelter Zerfallsreihen, also bei den D-Körpern der Radium-, Thorium-, Actinium-Familien, sowie bei der dualen Verwandlung des Uran, einerseits über  $UX_1$  in die Ionium-Radium-Reihe, andererseits über  $UY$  in die Actinium-Reihe.

---

<sup>1</sup> Vgl. St. Meyer und E. v. Schweidler, »Radioaktivität«, bei B. G. Teubner, 1916, p. 344; Phys. Z. 19, 30, 1918.

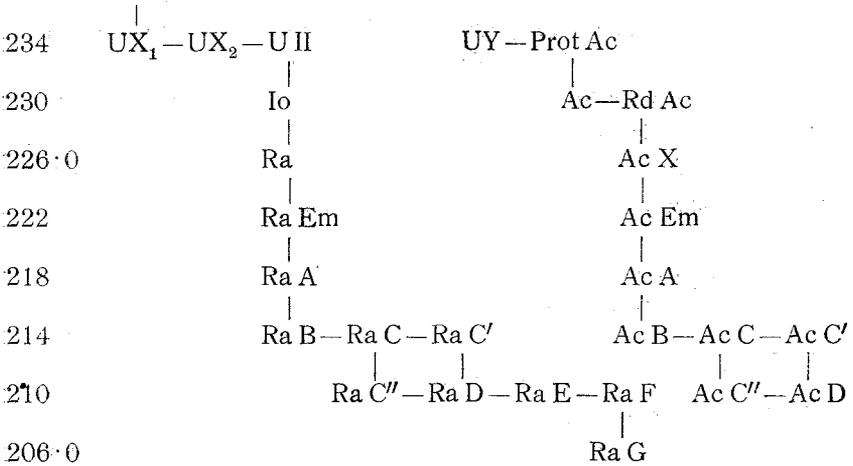


Da von Ra C nur 0.03% über Ra C'' sich weiterverwandeln und von Ac C nur 0.15% über Ac C', sind die auf diesen Wegen entstehenden Blei-Isotope derzeit zu quantitativen Untersuchungen nicht heranziehbar. Günstiger liegen die Verhältnisse für die Thoriumprodukte, von denen im folgenden die Rede ist.

Bei der Zerteilung des Uranzerfalles, wie er zumeist jetzt angenommen wird, kommt es bezüglich unserer Frage darauf an, ob die Gabelung bei UI oder bei UII statthat.

Im ersteren Falle gäbe es nicht nur in UX<sub>1</sub> und UY, sondern von Io und Rd Ac angefangen bis zu Ra D und Ac D immer Paare von solchen »Isotopen höherer Ordnung«; hat die Abzweigung jedoch bei UII ihren Anfang, so sind Io und UY, beide mit dem Atomgewicht 230 und der Ordnungszahl 90, beziehungsweise Ra C' und Ac A; Ra D und Ac B und deren Deszendenten derart anzusehen.

238·18 Uran I



Gegen die Auffassung, daß UY unmittelbar aus UI entstehe, spricht die Beziehung zwischen Zerfallskonstanten und Reichweiten, die eine Gabelung der logarithmischen Geraden für die Radiumfamilie und die Actiniumfamilie in U II anzeigt,<sup>1</sup> sowie in zwingender Weise das Atomgewicht für das Gemisch Ra G + Ac D von 206·0, wie es O. Hönigschmid gefunden hat.<sup>2</sup> Nimmt man nämlich an, daß 92% der Uran-Atome sich über Io-Ra in Ra G (206·0) und 8% derselben sich über Ac in Ac D (210) verwandeln, so könnte das »Blei« aus reinsten Uranerzen kein Atomgewicht unter 206·32 aufweisen. O. Hahn und L. Meitner<sup>3</sup> führen anlässlich ihrer Mitteilung über das Protactinium gleichfalls die Abzweigung bei Uran II als wahrscheinlich an.

Es ist aber die Gleichheit der Atomgewichte von Io und UY auch für letztere Anschauung nicht bewiesen. K. Fajans<sup>4</sup>

<sup>1</sup> St. Meyer, V. F. Hess und F. Paneth, Mitt. Ra.-Inst. Nr. 64, Wien. Ber. 123, 1459, 1914.

<sup>2</sup> O. Hönigschmid und St. Horowitz, Mitt. Ra.-Inst. Nr. 73, Wien. Ber. 123, 2409, 1914.

<sup>3</sup> O. Hahn und L. Meitner, Phys. Z. 19, 208, 1918.

<sup>4</sup> K. Fajans, Phys. Z. 14, 950, 1913; A. van den Broek, Nature, 96, 677, 1916; St. Meyer und E. v. Schweidler, Radioaktivität, 1916, p. 432.

beispielsweise setzte für Ac das Atomgewicht 227 an, ebenso wie A. van der Broek, was damals freilich mit der Herkunft aus Uran schwer in Einklang zu bringen war, und A. Piccard<sup>1</sup> zeigte mit seiner Annahme, daß als Stammvater der Actiniumfamilie ein Uran-Isotop (Ac-Uran) etwa vom Atomgewicht 240 (dem freilich das Atomgewicht des Endproduktes widerspricht) denkbar wäre, jedenfalls, daß andere Deutungsmöglichkeiten noch offen stehen.

Von vornherein ist wohl die Möglichkeit zuzugeben, daß es Stoffe geben kann, die trotz gleicher Kernladung und gleicher Kernmasse verschiedene Gleichgewichtslagen ihrer Teilchen besitzen könnten, also auch verschiedene Zerfallswahrscheinlichkeiten. Hingegen ließe es sich kaum mit den einfachen Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen in Einklang bringen, daß beispielsweise bei »höherer« Isotopie von Ra und AcX, wenn ein Atom unter Korpuskularemission explodiert und in seinem Gefüge weitgehend erschüttert wird, aus AcX immer die minder stabilen Ac Em-Atome und niemals die stabileren (»wahrscheinlicheren«) Ra Em-Atome entstehen sollten; was natürlich für die ganze Verwandlungsreihe gilt, wenn die Isotope gleiches Atomgewicht haben.

Man wird sich demnach kaum entschließen können, an der Identität, auch in Hinsicht ihrer radioaktiven Konstanten bei solchen Isotopen zu zweifeln, wenn nicht zwingende Gründe dafür vorliegen. Da derartige zunächst nach obigem für die Actiniumreihe fehlen, erübrigt vor allem die Untersuchung der Thorium D-Produkte.

### Die Endprodukte der Thoriumzerfallsreihe.

F. Soddy<sup>2</sup> und seinen Mitarbeitern ist es 1914 gelungen, aus Ceyloner Thorit, der neben 61·95 % ThO<sub>2</sub> nur etwa 0·85 % U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> enthielt, das im Ausmaß von 0·39 % vorhandene Blei abzuscheiden und dafür das Atomgewicht 207·74 zu erhalten, welches dasjenige des gewöhnlichen Blei (207·18)

<sup>1</sup> A. Piccard, Arch. d. Genève, 44, 161, 1917.

<sup>2</sup> F. Soddy und H. Hyman, J. Chem. Soc. 105, 1402, 1914; Nature 94, 615, 1915.

wesentlich überschreitet, und damit den Beweis zu erbringen, daß ein stabiles ThD existiert. Die Kriegsverhältnisse haben ihn nicht abgehalten, dem Institute für Radiumforschung einen Teil seines kostbaren Materiales zur Verfügung zu stellen und damit eine Atomgewichtsbestimmung nach anderer Methode durch O. Hönigschmid<sup>1</sup> zu ermöglichen und seine Einwilligung zum Studium der Strahlungen dieser Bleiart zu geben,<sup>2</sup> welche die vorliegende Untersuchung durchführbar machte. Wir danken ihm an dieser Stelle für jenes Zeichen unerschütterter Freundlichkeit auf das wärmste.

O. Hönigschmid fand für dieses Material das Atomgewicht 207·77 und seither an einem von K. Fajans beschafften uranarmen Thorit<sup>3</sup> für das ThD sogar 207·90, also Werte, die demjenigen, welcher für das Ausgangsatomgewicht des Thor mit 232·12 berechenbar ist (208·1), schon sehr nahe kommen.

Damit war zwar die Annahme, daß ThD ein relativ kurzlebiges Element sei (Halbierungszeit etwa  $10^6$  Jahre), die A. Holmes und R. W. Lawson<sup>4</sup> zuerst gemacht hatten, unhaltbar geworden, die Gründe aber, welche jene Forscher zu diesem Schluß geführt hatten, waren noch nicht widerlegt. Diese bestanden im wesentlichen darin, daß, während in Uranerzen die Menge des bleiartigen RaG mit steigendem geologischen Alter des Gesteines systematisch, wie es nach dem Uranzerfall zu erwarten war, zunahm, dies für das Thorblei (ThD) in Thormineralien, besonders bei Thoriten, nicht zutraf. Würde das ThD sich weiterverwandeln, so wäre das Manko erklärlich; dann aber müßte mit zunehmendem geologischen Alter das immer beigemischte RaG immer mehr in den Vordergrund treten und so hohe Atom-

<sup>1</sup> O. Hönigschmid, Bunsen-Gesellschaft, Dez. 1916; Z. Elektrochem, 23, 161, 1917; F. Soddy, Nature, 98, 469, 1917,

<sup>2</sup> F. Soddy, Nature, 99, 244, 1917.

<sup>3</sup> O. Hönigschmid, Bunsen-Gesellschaft, März 1918; Chem. Z. 42, 201, 1918.

<sup>4</sup> A. Holmes und R. W. Lawson, Mitt. Ra-Inst. Nr. 70, Wien. Ber. 123, 1373, 1914; Phil. Mag. (6), 28, 823, 1914; 29, 673, 1915; Nature, 93, 110, 479, 1914.

gewichte, wie sie tatsächlich für das Thorblei gefunden wurden, wären unmöglich.

Zwei Wege wurden beschritten, um diese Schwierigkeiten zu beheben. Den einen betrat R. W. Lawson,<sup>1</sup> welcher das Problem umkehrte und nach Gründen suchte, warum die geologischen Altersbestimmungen irrig gewesen sein könnten und zu dem Schluß gelangte, daß es sich sehr wohl um sekundäre Thormineralien handeln möge, deren Bleigehalt dementsprechend zu klein gefunden würde; ja er wurde sogar zu der Annahme gedrängt, daß Thormineralien eine allmähliche Umgestaltung in dem Sinne erfahren könnten, daß mit der Zeit Uran im Erze durch Thor verdrängt würde. Da in diesem Falle auch relativ mehr RaG im Mineral verbleiben dürfte, als dem derzeitigen Urangehalt entspricht, sollten auch die Atomgewichte der RaG—Th D-Gemische kleinere Werte liefern, als dem augenblicklichen Thor—Uran-Verhältnisse zuzuschreiben wäre; eine Voraussetzung, die tatsächlich bei allen bisher erhaltenen Atomgewichten der Thorbleiprobe zutrifft.<sup>2</sup>

Den zweiten Weg wählte F. Soddy<sup>3</sup> und ihm folgte A. Holmes.<sup>4</sup> Soddy weist darauf hin, daß Thorblei auf zwei Arten entstehe, indem 35 % der C-Atome über ThC'' und 65 % derselben über ThC' sich weiterverwandeln; er nimmt an, daß nur die ersteren sich in ein stabiles ThD umsetzen, während 65 % sich ähnlich wie die RaD-Atome weiterverändern. Damit ließe sich sowohl die zu geringe gefundene Menge an Blei in den Thormineralien erklären, als auch — indem das vorhandene RaG bloß neben dem stabilen Teil des Thorblei sich stärker bemerkbar macht — würde sich ein Atomgewicht ergeben, das etwa 207.74 im Falle des Soddy'schen Thorit entspräche.

<sup>1</sup> R. W. Lawson, Mitt. Ra. Inst. Nr. 100, Wien. Ber. 126, 723, 1917; Die Naturwissensch. 5, 429, 452, 610, 709, 1917.

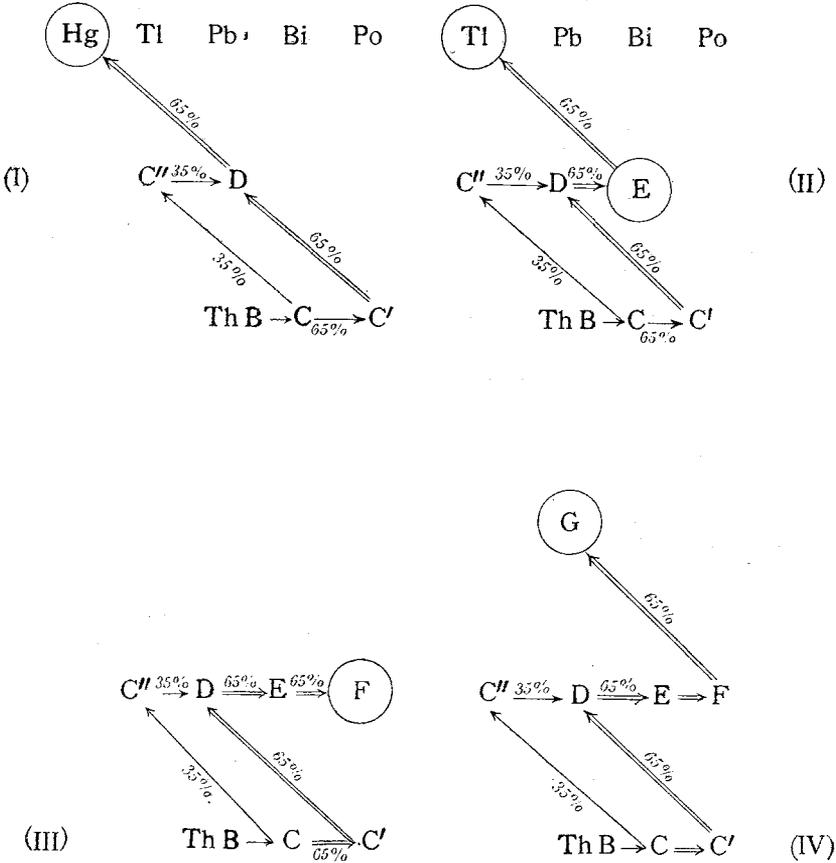
<sup>2</sup> O. Hönlingschmid, Chem. Z. 42, 201, 1918; Bunsen-Gesellschaft 1918.

<sup>3</sup> F. Soddy, Nature, 99, 244, 1917.

<sup>4</sup> A. Holmes, Nature, 99, 245, 1917.

Im folgenden soll diese geistvolle Hypothese, welche auf »Isotope höherer Ordnung« mit verschiedener Zerfallskonstante führt, näher untersucht werden.

Als Zerfallsschemen kommen in Betracht:



Schema (I) verlangt, wenn 65% sich weiterverwandeln, das Auftreten von etwa doppelt soviel »Hg« als »Pb« im Erz — würden 65% ThD stabil sein, 35% weiterzerfallen, halb soviel »Hg« wie »Pb« —, da aber F. Soddy keine Spuren von Hg fand, so lehnt er bereits dieses Schema ab. Analoges gilt für (II), wenn schon E als zweites Endprodukt zu gelten hätte, indem Soddy auch kein Wismuth nachweisen konnte.

Zunächst wurde die Strahlung von Soddy's Thorblei untersucht. Das Präparat lag hierzu in Form reinsten Chlorids vor, wie es Hönigschmid zu seinen Atomgewichtbestimmungen hergestellt hatte. Die Messung erfolgte an dem feingepulverten und dicht in ein flaches Platinschälchen von 3 cm Durchmesser eingetragenen Salz in der üblichen elektrometrischen Weise (Topfanordnung mit Wulf-Elektrometer) und erwies, daß dieses »Blei« wesentlich  $\alpha$ -Strahlen und in entsprechend geringerem Ausmaß  $\beta$ -Strahlen aussendet. Der zeitliche Verlauf deckte sich völlig mit demjenigen, welcher für RaE und Polonium zu erwarten war; da anlässlich der chemischen Reinigung das »Blei« Ende 1916 von Po befreit worden war, mußte, wenn solches vorhanden, es ja mit seiner Halbwertszeit von 136 Tagen nachwachsen.

Da im Ausgangsmaterial eine kleine Menge Uran vorkam, war naturgemäß im erhaltenen »Blei« mit einer Beimischung von RaD und seinen Folgeprodukten zu rechnen und es galt bloß nachzuweisen, ob die gesamte vorhandene  $\alpha$ -Strahlung sich auf RaF zurückführen läßt.

Es ergab sich, extrapoliert auf erreichtes radioaktives Gleichgewicht, im Juni 1918 für obige strahlende Oberfläche einer so dicken Schicht, daß eine Verdickung keine Vermehrung der  $\alpha$ -Aktivität brachte ( $\alpha$ -satt), ein Sättigungsstrom von 0·02107 stat. Einh.; das liefert für die einseitig gerichtete Strahlung

für 1  $cm^2$  Pb Cl<sub>2</sub> . . . . . 0·00298 stat. Einh.

» 1 » Pb (metall). . 0·00399 » «

Zur Umrechnung der einseitigen Oberflächenstrahlung von 1  $cm^2$  dicker Schicht auf die gesamte allseitige Strahlung in unendlich dünner Schicht für 1 g poloniumhaltigen Bleis diene der Faktor 644, der analog wie die McCoy'sche Zahl für Uran gewonnen wurde und an anderer Stelle näher besprochen werden soll.

Demnach würden die gesamten  $\alpha$ -Strahlen von 1 g der vorliegenden Bleiart einen Sättigungsstrom von 2·57 stat. Einh. zu unterhalten vermögen.

Nehmen wir an, daß alle  $\alpha$ -Strahlen dem vorhandenen Polonium entstammen; weiters, daß nach den neuesten Daten bei einseitig gerichteter Strahlung

1 stat. Einh. Sättigungsstrom aus Polonium äquivalent sei  
 $1 \cdot 55 \cdot 10^{-10} g$  Po;

1 g Polonium ... äquivalent  $1 \cdot 29 \cdot 10^{10}$  stat. Einh. allseitiger  
 Strahlung;

so entsprechen obige  $2 \cdot 57$  stat. Einh. ...  $1 \cdot 992 \cdot 10^{-10} g$  Po.

Setzen wir weiters nach neuen Daten für den Gleichgewichtszustand

1 g Ra... äquivalent  $2 \cdot 20 \cdot 10^{-4} g$  Po... äquivalent  $3 \cdot 0 \cdot 10^6 g$  Uran

(wobei, da die Beziehung  $Ra/U = 3 \cdot 33 \cdot 10^{-7}$  unmittelbar an Erzen erhalten wurde, die Abzweigung der Actiniumfamilie hier nicht in Frage kommt), so gehören zu obigen  $1 \cdot 992 \cdot 10^{-10} g$  Po ...  $2 \cdot 725 g$  Uran.

Der Geburtstag des »Soddy-Blei« ist mir nicht genau bekannt; er darf im Jahre 1914 angenommen werden, worunter verstanden ist, daß damals das »Blei« von seinen Stammsubstanzen, auch dem im Erz vorhandenen Radium, abgetrennt wurde. In vier Jahren hätte RaD bereits rund 15% durch Weiterzerfall verloren; die damals hierzu vorhandene Gleichgewichtsmenge Polonium, beziehungsweise Uran wäre also um 15% höher einzuschätzen, d. h. im ursprünglichen Gleichgewicht von 1914 gehörte zu 1 g »Soddy-Blei« rund  $3 \cdot 21 g$  Uran.

Tatsächlich gibt F. Soddy für die Analyse seines Thorits an:

1) <sup>1</sup>	Th 54.45	U 1.61	Pb 0.36
2) <sup>2</sup>	57	1.03	0.4

Wenn daher für 1 g »Blei« das Äquivalent von  $3 \cdot 21 g$  U einzusetzen ist, so gehören zu 0.4 g »Blei«  $1 \cdot 28 g$  Uran. Bei der großen Schwierigkeit, die in der chemischen Urangehaltsbestimmung gelegen ist, muß die Übereinstimmung

<sup>1</sup> F. Soddy und H. Hyman, Trans. Chem. Soc. 105, 1404, 1914.

<sup>2</sup> F. Soddy und A. F. R. Hitchins, Nature, 98, 469, 1917.

mit den Angaben F. Soddy's als durchaus befriedigend angesehen werden und es folgt daraus, daß die  $\alpha$ -Strahlung dieses »Thorblei« quantitativ auf das enthaltene, aus dem Uran stammende Polonium zurückgeführt werden kann. 1·28 g U neben 57 g Th würden für das Äquivalentgewicht des daraus entstandenen ThD + RaG, wenn für ersteres die Zahl 208·1, für letzteres 206·0 zugrunde gelegt wird, den Wert 208·0 liefern, ein Wert, der sich übrigens nicht wesentlich ändert, wenn der Urangehalt einigermaßen abweichend eingesetzt oder das Verhältnis der Zerfallskonstanten von Th und U, welches nicht ganz sichersteht, in entsprechenden Grenzen abgeändert wird. Die Abweichung vom experimentell gefundenen Äquivalentgewicht 207·77 muß also gleichwohl in anderer Weise gedeutet werden; da eine relativ große Beimengung von gewöhnlichem Blei (von 26%), die hierzu nötig wäre, nicht als wahrscheinlich gelten kann, dürfte in erster Linie auf die obenerwähnten Vermutungen R.W. Lawson's zurückgegriffen werden.

Um uns zu vergewissern, daß die vorhandene  $\alpha$ -Strahlung tatsächlich nur von Polonium herrühre, wurde in der Art, wie es in Mitt. Nr. 64<sup>1</sup> beschrieben ist, zur Reichweitenbestimmung die Beziehung zwischen Druck und Ionisationsstrom aufgenommen.

Hierzu wurde ein Teil des Bleichlorides in Wasser gelöst und zunächst die neutrale Lösung elektrolysiert; als Anode diente ein Pt-Blech, als Kathode ein kleines Goldblech. Die Stromdichte betrug rund  $4 \cdot 10^{-5}$  Ampère/cm<sup>2</sup>; dabei wurde die Pt-Anode bereits durch Pb-Superoxyd rotbraun gefärbt und die Kathode blieb nicht mehr ganz blank. Jedenfalls ist dann auf der Kathode sowohl Polonium als Wismuth oder ein Isotop desselben abgeschieden. Ein zweitesmal wurde aus angesäuerter Lösung bei einer Stromdichte von rund  $3 \cdot 10^{-4}$  Ampère/cm<sup>2</sup> wiederum mit Goldkathode elektrolysiert. Auch in diesem Falle müßten sich sowohl die E- als die F-Körper abgeschieden haben. Zum Vergleich endlich

<sup>1</sup> St. Meyer, V. F. Hess und F. Paneth, Diese Ber. 123, 1459, 1914. Bei den hier erwähnten Messungen beteiligte sich V. F. Hess.

wurde ein unter analogen Bedingungen auf Gold niedergeschlagenes Poloniumpräparat herangezogen, das aus St. Joachimstaler Pechblende stammte. Alle drei Kurvenzüge verliefen vollkommen konform, es zeigt sich nur der eine Reichweitenknick, der dem Po entspricht, und es findet sich keine Andeutung für das Vorhandensein eines anderen  $\alpha$ -Strahlers.

Das Präparat war rund anderthalb Jahre sich selbst überlassen gewesen; es muß daraus gefolgert werden, daß in dieser Zeit aus dem Thorblei kein  $\alpha$ -Strahler entstehen kann, der sich neben Polonium bemerkbar macht. Daraus ergibt sich weiters, daß, wenn aus Th D ein  $\alpha$ -strahlendes Th E (Bi) oder ein  $\alpha$ -strahlendes Th F (Po) entstünde, dasselbe so langlebig sein müßte, daß es im Verlauf von rund ein bis zwei Jahren trotz des Überschusses von Th D gegenüber Ra D sich nicht nachweisen ließ. Substanzen mit Halbwertszeiten von der Größenordnung derer des Ra oder Io hätten sich immerhin der Beobachtung entzogen. Wohl mit Recht hat aber J. Joly<sup>1</sup> darauf hingewiesen, daß eine  $\alpha$ -Strahlung mehr als bisher angenommen sich bei seiner sorgfältigen Untersuchung der »Halo-Erscheinungen« hätte kundgeben sollen.

Es erübrigt die Diskussion der Schemata p. 7. Über (I) und (II), wenn es in einem stabilen Wismuth enden sollte, ist bereits von F. Soddy abgeurteilt worden. Würde nach (II) über ein relativ langlebiges  $\alpha$ -strahlendes Th E ein Thallium-Isotop entstehen, so müßte hiervon, wenn 65% Thorblei sich weiterverwandeln, rund doppelt soviel sich im Erz finden, als vom Blei (wenn 35%, also der andere Zweig zum instabilen Th D führen sollte, müßte immerhin die halbe Menge des Pb als Tl vorhanden sein). Tatsächlich fand F. Soddy in seinem Thorit ein wenig Thallium, das zu seiner chemischen und spektroskopischen Identifikation hinreichte, und F. Exner und E. Haschek haben anlässlich ihrer Spektraluntersuchungen an Pechblende aus Cornwallis beträchtliche Mengen von Tl in diesem

---

<sup>1</sup> J. Joly, Nature, 99. 284, 1917.

Material gefunden. Ph. Hoernes in Atzgersdorf hat daraufhin eine sehr sorgfältige Analyse von 1 kg des thoriumreichen und sehr uranarmen Monazit vorgenommen, in welchem er wohl die erwartete Menge von Blei sowie geringe Spuren Wismuth, jedoch kein Thallium nachweisen konnte. Danach darf es als wahrscheinlich gelten, daß in verschiedenen Thor- und Uranmineralien vorkommendes Thallium in diesen akzessorisch enthalten und nicht genetisch entstanden ist.

Was das Schema (IV) anbelangt, so würde dieses zu einem Th G vom Atomgewicht 204 führen. Da aber 65% Th G vom Atomgewicht 204 und 35% Th D vom Atomgewicht 208 ein Bleigemisch vom Äquivalentgewicht 205·41 ergäben und in ähnlicher Weise, wenn der andere Zweig sich weiterverwandelte, 65% Th D + 35% Th G ein solches von 206·60, so ist schon durch diese Zahlen die Unhaltbarkeit einer derartigen Auffassung erwiesen.

Sonach erübrigt als letzte Möglichkeit [Schema (III)] die Annahme der Existenz eines stabilen Polonium-Isotops. Bekanntlich ist ein solcher Körper als »Dvitellur« lange und oft gesucht worden, insbesondere da man seinerzeit hoffte, damit die bekannte Unstimmigkeit in den Atomgewichten von Jod und Tellur beheben zu können. Auch gibt die Bemerkung F. Soddy's, l. c., zu denken, daß er relativ viel Jod in seinem Thorit festgestellt habe. Schließlich verlangt die Angabe von M. Siegbahn und E. Friman<sup>1</sup> Beachtung, daß es ihnen wohl nicht aus 0·1 mg Ra Br<sub>2</sub>, jedoch aus auf Kupfer elektrolytisch niedergeschlagenem Polonium gelungen sei, ein Hochfrequenzspektrum zu erhalten. Bedenkt man nun, daß Poloniumpräparate, welche 1000 stat. Einh. Strom zu unterhalten vermögen, schon ungewöhnlich stark sind, und mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden darf, daß das von den genannten Autoren verwendete Präparat keine 5000 stat. Einh. erreichte, und setzt man in runden Zahlen ein, daß dem 10<sup>-6</sup> g Polonium entsprechen; rechnet man weiter damit, daß 1 cm<sup>2</sup>, bedeckt mit einer kontinuierlichen einatomig-dicken Schicht (bei einem Atomdurchmesser der Größen-

<sup>1</sup> M. Siegbahn und E. Friman, Phys. Z. 17, 61, 1916.

ordnung  $10^{-8}$  cm) etwa  $10^{16}$  Atome verlangt; beachtet man schließlich, daß 1 g Po rund  $3 \cdot 10^{21}$  Atome enthält, also in kontinuierlicher Reihung zirka  $3 \cdot 10^5$  Atomschichten für  $1 \text{ cm}^2$  Fläche, so ergäben obige  $10^{-6}$  g Po nur zirka 0·3 Atomschichten, d. h. also eine löcherige Haut, die überdies sehr leicht verdampfen müßte. Man kann sich kaum vorstellen, wie bei solchem Material ein Hochfrequenzspektrum in faßbarer Form entstehen kann. Die Wiederholung des Versuches, einmal mit Po, das aus Ra D nachgebildet, also rein ist; das anderemal mit Po, das direkt aus einer Erzaufschließung entnommen werden kann, also seine Isotope bei sich hätte, würde darüber entscheiden, ob es solche Isotope gibt, deren Existenz, da sie in wägbarer Menge vorhanden sein müßten, die erwähnte Schwierigkeit betreffs des Erscheinens eines Hochfrequenzspektrums beheben könnte.

Wiederum müßte, je nachdem der weiterzerfallende Ast 65 % oder 35 % der Atome mitführt, doppelt, beziehungsweise halb soviel dieses »Dvitellur« gegenüber Blei vorhanden sein, da es nach dem vorher Gesagten sich nicht selbst weiterverwandeln dürfte. Solche Mengen eines tellurartigen Körpers wären F. Soddy bei seinen Analysen schwerlich entgangen. Auch Ph. Hoernes konnte anlässlich der erwähnten Monazit-Analyse nichts derartiges feststellen. Es muß daher auch diese Hypothese als experimentell durch nichts gestützt und unwahrscheinlich angesehen werden.

Sämtliche Untersuchungen und Betrachtungen lassen es daher als wahrscheinlich erscheinen, daß sowohl der Teil der Atome, der sich aus Th C über C' in Th D verwandelt, wie derjenige, der über C'' entsteht, zu stabilem Thorblei führt. Ein Nachweis für die Existenz zweier Th D-Arten, Isotopen mit gleichem Atomgewicht, aber verschiedener Zerfallswahrscheinlichkeit, konnte bisher nicht erbracht werden.

### Zusammenfassung.

Es wurde gezeigt, daß das von F. Soddy aus Thorit abgeschiedene Thorblei lediglich eine  $\alpha$ -Strahlung besitzt, die sich quantitativ aus dem Polonium erklären läßt, welches

gemäß der kleinen Beimengung an Uran im Thorit-Ausgangsmaterial vorhanden sein muß. Sowohl die Strahlungsverhältnisse als die Resultate der verschiedenen Analysen an Thormineralien lassen es als wahrscheinlich gelten, daß die bei dem gegabelten Zerfall des Th C auf verschiedenem Wege entstehenden Anteile des Th D beide stabil sind. Es liegt sonach bisher in keinem Falle ein zwingender Grund für die Annahme vor, es könne Isotope »höherer Ordnung« mit gleichem Atomgewicht geben, die trotzdem verschiedene Zerfallswahrscheinlichkeiten besäßen.

---