

### 3. Oxydation von 1-Dihydro naphthalin zu cis-cis Glykol.

6.5 g Kohlenwasserstoff in 350 ccm Sprit wurden unter Rühren mit 125 ccm einer 4.1-proz. Permanganat-Lösung, die 5 % Magnesiumsulfat enthielt (ber. für 1 O = 128 ccm), bei  $-10^{\circ}$  bis  $-5^{\circ}$  innerhalb  $1\frac{1}{2}$  Stdn. oxydiert. Die Entfärbung erfolgte vom ersten Tropfen an momentan. Wir brachten den Braunstein mit Bisulfit und verd. Schwefelsäure in Lösung, stumpften mit reichlichem Zusatz von Magnesiumcarbonat ab und destillierten den Alkohol bei  $35^{\circ}$  Badtemperatur im Vakuum weg. Dann wurde erschöpfend ausgeäthert und saure Bestandteile dem Äther mit verd. Natronlauge entzogen; darunter eine Substanz, die die Lauge tiefbraun anfärbte. Der abdestillierte Äther hinterließ eine etwas ölige Krystallmasse, die aus Benzol in blendend weißen, vollkommen einheitlichen Blättchen krystallisierte. Schmp.  $100-101^{\circ}$ . Ausbeute 2 g. Die Mutterlauge enthielt 1.5 g eines bräunlichen, ziemlich leicht beweglichen Öles, das nicht krystallisierte und nicht weiter untersucht worden ist. Das mit Acetanhydrid-Schwefelsäure nach der oben gegebenen Vorschrift dargestellte Acetat erstarrte rasch (Schmelzpunkt des Rohproduktes  $72-74^{\circ}$ ) und krystallisierte aus hochsiedendem Petroläther ausschließlich in den charakteristischen Formen des cis-cis-Acetats. Krystalle vom Habitus des isomeren Acetats waren nicht aufzufinden. Schmp.  $78-79^{\circ}$  nach einmaligem Umkrystallisieren. Die sauren Oxydationsprodukte wurden in üblicher Weise aus der alkalischen Lösung isoliert und bildeten zunächst eine ölige, braune Krystallmasse (0.6 g); durch Aufnehmen in Sodalösung, die ein braunes Öl zurückließ, Waschen der wieder ausgefällten Säure mit Benzol und Umkrystallisieren aus Wasser konnten 0.2 g immer noch stark gelbliche Hydrozimt-o-carbonsäure gewonnen werden. Schmp.  $163-165^{\circ}$ .

### 5. Otto Hahn und Lise Meitner:

#### Über die Eigenschaften des Protaktiniums, II. Mitteilung: Seine Lebensdauer und sein Gehalt in Uranmineralien.

(Eingegangen am 11. Oktober 1920.)

Von den auf radioaktivem Wege entdeckten neuen Elementen ist das Protaktinium neben dem Radium das einzige, dessen Herstellbarkeit in etwas größeren Gewichtsmengen erwartet werden kann. Bei der Abschätzung dieser Menge sind zwei Faktoren in Betracht zu ziehen: einerseits der Prozentsatz an Uranatomen, die sich in die Aktiniumreihe umwandeln, andererseits die Lebensdauer des Protaktiniums. Die vorhandene Gewichtsmenge ist nämlich den genannten zwei Faktoren proportional.

Das Abzweignungsverhältnis haben wir in einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> zu 3% bestimmt, d. h. von 100 zerfallenden Uranatomen wandeln sich 97 Atome in die Ionium-Radium-Reihe um, und nur 3 Atome führen über das Protaktinium zur Aktinium-Reihe. Dieser Wert liegt beträchtlich niedriger als der früher angenommene Rutherford-Boltwoodsche Wert von 8%. In jüngster Zeit hat Stefan Meyer ebenfalls eine Bestimmung dieses Prozentsatzes durchgeführt und dafür den Wert 4% gefunden<sup>2)</sup>. Die ausführliche Arbeit steht uns leider noch nicht zur Verfügung. Aus einem Bericht von Stefan Meyer in der Zeitschrift für Physikalische Chemie<sup>3)</sup> läßt sich nicht ersehen, in welcher Weise der Nachweis erbracht worden ist, daß die untersuchten Protaktinium-Präparate ionium-frei waren. Wir haben nämlich in allen Rückrückständen<sup>4)</sup> Ionium nachgewiesen und lassen jetzt eine genauere Untersuchung über die Höhe dieses Gehaltes ausführen. Wir möchten daher nicht glauben, daß der von uns gefundene Wert von 3% um eine Einheit, also um 30%, zu niedrig sein kann.

Was die Lebensdauer des Protaktiniums anbelangt, so konnten wir dieselbe in unserer ersten Arbeit<sup>2)</sup> nur innerhalb recht weiter Grenzen schätzen. Als Grundlage für diese Schätzung diente die Geiger-Nuttallsche Gleichung zwischen Lebensdauer einer Substanz und Reichweite ihrer  $\alpha$ -Strahlen. Da aber für die Aktinium-Reihe die Konstanten dieser Gleichung nicht genügend genau bekannt sind, konnten wir nur die Grenzen zwischen 1200 und 180000 Jahren angeben.

Wir mußten daher einen anderen Weg zur genaueren Bestimmung der Lebensdauer suchen, und ein solcher bot sich in der Aktivitätsbestimmung des Protaktiniums in Uransalzen definierten Alters. Da man die Aktivität des Protaktiniums im Gleichgewicht mit Uran, wie es in Uranmineralien vorhanden sein muß, aus dem bekannten Abzweignungsverhältnis leicht berechnen kann, so läßt sich aus dem Verhältnis der nach einer bestimmten Zeit (Alter des Uransalzes) tatsächlich gebildeten Aktivität zu der Gleichgewichtsaktivität die Lebensdauer des Protaktiniums direkt ermitteln.

Voraussetzung für die Brauchbarkeit dieser Methode ist einerseits, daß man die geringen Protaktinium-Mengen, um die es sich dabei handelt, aus dem Uransalz auch wirklich abscheiden kann. Wäre

<sup>1)</sup> O. Hahn und L. Meitner, B. 52, 1812—1828 [1919].

<sup>2)</sup> Stefan Meyer, Wien. Ber. 129 [1920].

<sup>3)</sup> Derselbe, Ph. Ch. 95, 407—433 [1920].

<sup>4)</sup> Unter Rückrückständen versteht man die nach der Herstellung des Radiums aus Uranlaugrückständen verbleibenden letzten Rückstände.

<sup>5)</sup> Phys. Ztschr. 19, 208—218 [1918].

das nicht der Fall, so fände man zu wenig Protaktinium, die Lebensdauer würde zu hoch herauskommen.

Andererseits muß das im Uransalz vorhandene Protaktinium auch wirklich durch Nachbildung entstanden und nicht etwa bei der Herstellung des Urans aus dem Mineral als Verunreinigung mitgeschleppt worden sein. Man fände sonst zu viel Protaktinium, die Lebensdauer käme zu kurz heraus. Für die Ausführung der Versuche ist es von Wichtigkeit, die Aktivität des abzutrennenden Protaktiniums wenigstens der Größenordnung nach abschätzen zu können. Nimmt man beispielsweise die untere Grenze der Halbwertszeit von 1200 Jahren an, so ist also nach 1200 Jahren die Hälfte der Gleichgewichtsmenge des Protaktiniums, also an Aktivität 1.5% der Aktivität des Urans I, sonach 0.75% der Gesamtaktivität des Urans (Uran I + II) vorhanden. Nach 60 Jahren ist sonach rund 0.04% dieser Aktivität nachgebildet. Man muß daher verhältnismäßig große Uranmengen verarbeiten, um nachweisbare Protaktinium-Aktivitäten erhalten zu können.

Zur Aufklärung des oben genannten ersten Punktes nahmen wir Protaktinium-freie Uransalz-Lösungen und versetzten diese mit genau dosierten Mengen von Protaktinium, um dann das Protaktinium wieder abzuscheiden und zu messen. Zwei solche Versuche wurden durchgeführt.

Versuch 1. Verwendet wurden 200 g Anfang 1919 verarbeitetes und umkrystallisiertes Urannitrat. Um zu prüfen, ob sich in diesem schon irgendwelche erhebliche Mengen Protaktinium fänden, wurden zu der nicht filtrierten Lösung des Uransalzes die verdünnte flußsaure Lösung von 14.0 mg Tantalsäure und ca. 10 mg Eisenchlorid zugefügt, und dann das Tantal auf folgende Weise wieder abgetrennt: Die Lösung wurde mit Ammoniak gefällt und nach dem Erwärmen das ausgefällte Uran in Ammoniumcarbonat wieder gelöst. Ungelöst bleibt dabei das mit dem Ammoniak abgeschiedene Tantal, das Eisen, sonstige geringe Verunreinigungen und auch etwas Uran. Nach dem Abfiltrieren wird das Filter im Porzellantiegel verascht, der Rückstand in einen Platintiegel übergeführt und längere Zeit mit wäßriger Flußsäure plus einigen Tropfen Schwefelsäure, so wie es früher beschrieben wurde, behandelt. Zu dem Tiegelinhalt kommen noch einige Milligramm Lanthannitrat, um einen Träger für das in Flußsäure unlösliche Uran X zu haben. Nach mehreren Stunden wird abfiltriert, die flußsaure Lösung eingedampft, die Schwefelsäure abgeraucht und mäßig geglüht. Der Rückstand wird dann in einem Erlenmeyer-Kölbechen mit Königswasser gekocht; das Eisen usw. geht in Lösung, ungelöst bleibt das Tantal und mit ihm das Protaktinium. Die Aktivität des Tantalfilters betrug in willkürlichen Einheiten 2.7; sie war sehr gering.

Aus der Uran-Ammoniumcarbonat-Lösung wurde durch Kochen das Uran als Ammoniumuranat ausgeschieden, dieses in Salpetersäure gelöst und die Lösung jetzt mit einer dosierten Protaktinium-Lösung versetzt. Zur Ver-

wendung gelangte die schwach flußsaure Lösung von 8.9 mg Protaktinium-haltigem Tantal mit einer Aktivität von 63.5 willkürlichen Einheiten.

Nach Zugabe von etwas Eisenchlorid und wenigen Milligramm Lanthannitrat wurde der obige Tantal-Abscheidungsprozeß wiederholt. Erhalten wurden 6.1 mg  $Ta_2O_5$  mit einer Aktivität von 40.6 Einheiten.

Wiederum wurde das Uran abgeschieden, in Salpetersäure gelöst und nach Zugabe von weiteren 10.5 mg reiner Tantalsäure in flußsaurer Lösung der Abscheidungsprozeß wiederholt. Erhalten wurden 8.15 mg  $Ta_2O_5$  mit einer Aktivität von 9.2 Einheiten.

Von den zugegebenen 63.5 Einheiten wurden bei zweimaliger Verarbeitung also 49.8 Einheiten = 78.5% wiedergewonnen.

Versuch 2. Eine in der obigen Weise durch mehrmaliges Abscheiden mittels Tantalsäure von Protaktinium befreite Lösung von etwa 130 g Urannitrat wurde mit der Lösung von 12.6 mg Protaktinium-haltigem Tantal versetzt mit einer Aktivität von 80.5 Einheiten.

Erhalten wurden bei der ersten Abscheidung 11.4 mg  $Ta_2O_5$  mit 57.8 Einheiten. Nach Zugabe von weiteren 10.4 mg  $Ta_2O_5$  zu der regenerierten Uranlösung wurden nach erneuter Verarbeitung erhalten 8.3 mg  $Ta_2O_5$  mit 8.5 Einheiten. Von den zugegebenen 80.5 Einheiten wurden also 66.3 = 82.4% wiedergewonnen.

Aus diesen Versuchen ergibt sich also, daß man aus einer Protaktinium-haltigen Uranlösung nach Zugabe von Tantalsäure durch Abscheidung der letzteren bei einmaliger Wiederholung des Prozesses das Protaktinium zu rund 80% gewinnen kann. Wir haben dementsprechend auch bei den weiter unten zu besprechenden definitiven Versuchen mit einem Verlust von 20% gerechnet, obgleich die Abscheidungen sogar dreimal durchgeführt wurden und haben zu den gefundenen Gesamtausbeuten an Protaktinium noch 20% hinzugezählt. Daß die Abscheidung nicht ganz quantitativ gelingt, rührt wohl von den großen Flüssigkeitsmengen her, die beim Aufarbeiten von über 100 g Uransalzen notwendigerweise verwendet werden müssen.

Zur Prüfung, inwieweit frisch hergestellte, reine Uransalze als frei von Protaktinium betrachtet werden dürfen, wurden 200 g neues, chemisch reines Urannitrat (Chemische Fabrik de Haën) nach Zugabe von 12 mg Tantalsäure in der oben beschriebenen Weise auf Protaktinium verarbeitet. Die Aktivität des erhaltenen Präparats war äußerst gering; sie betrug weniger als eine halbe Einheit in dem obigen willkürlichen Maße und bewegte sich an der Grenze des Nachweisbaren. Natürlich läßt sich daraus nicht unbedingt schließen, daß auch ältere Uranpräparate ursprünglich Protaktinium-frei gewesen sein müssen. Aber die gute Übereinstimmung, die die weiter unten beschriebenen Versuche mit alten Uranpräparaten verschiedenen Ursprungs ergeben haben, machen es sehr wahrscheinlich, daß auch

diese ursprünglich keine in Betracht kommenden Mengen an Protaktinium enthalten haben dürften. Übrigens würden etwa vorhandene Anfangsmengen, wie schon erwähnt, eine zu kleine Lebensdauer vortäuschen.

Auf unsere öffentlich ausgesprochene Bitte um Überlassung von Uransalzen möglichst definierten Alters, die keiner chemischen Verarbeitung unterworfen waren <sup>1)</sup>, wurden uns eine Anzahl Präparate zur Verfügung gestellt, wofür wir auch an dieser Stelle unseren besten Dank aussprechen möchten.

Ausgewählt wurden davon drei Präparate und zwar 141 g Nitrat, mindestens 20 Jahre alt; 86 g Nitrat, mindestens 52 Jahre und 33.1 g als Uran. oxydat. flav. (Urangelb) und 21.0 g als Uranum aceticum bezeichnet, beide etwa 60 Jahre alt. Das erste Präparat verdanken wir Hrn. Prof. Biltz in Claustal, das zweite Hrn. Oberberggrat Dr. Foerster, Staatsporzellanmanufaktur Meißen, die beiden unter 3 angeführten Präparate Hrn. Prof. Thomas in Berlin.

Leider haben wir versäumt, vor Verarbeitung der Präparate eine Bestimmung ihres Urangehaltes durchzuführen. Wir haben aber bei der Berechnung desselben den höchsten zulässigen Wassergehalt angesetzt, so daß die in Rechnung gestellten Uranmengen sicher die untere Grenze darstellen und somit auch die aus den Versuchen ermittelte Lebensdauer.

Die Aufarbeitung der drei Präparate geschah in ganz ähnlicher Weise, wie sie in den obigen Vorversuchen beschrieben wurde. Nur wurden die erhaltenen Protaktinium-Fällungen zwecks Entfernung Spuren mitgerissener fremder Aktivitäten umgearbeitet.

Es ist vielleicht nicht uninteressant, den Gang der Versuche für eines der Präparate zahlenmäßig anzuführen. Beispielsweise für das Präparat 1: 141 g Urannitrat entsprechend 67.0 g Uranmetall im Mindestalter von 20 Jahren.

Dem gelösten Uransalz wurden 10.3 mg  $Ta_2O_5$ , 10 mg  $FeCl_3$  und 3 mg Lanthannitrat zugegeben. Nach der Abtrennung des Urans wurde die übliche Flußsäure-Extraktion durchgeführt. Ungelöst bleiben mit dem Lanthan die Isotopen des Thoriums, also das  $UrX$  und das Ionium, das sich natürlich in älteren Uransalzen finden muß. Die Spuren der Thor-Isotopen, die in der Flußsäure mit in Lösung gehen, werden dann nach dem Abrauchen der Schwefelsäure und nach dem (schwachen) Glühen durch Extraktion mit Königswasser in Lösung gebracht und dadurch von dem das Protaktinium enthaltenden Tantal getrennt. Diese Spuren betrugen weniger als 1% der bei der Flußsäure-Behandlung unlöslich gebliebenen Mengen. Daß bei diesem unlöslichen Teil nicht etwa Protaktinium in in Betracht kommenden Mengen

<sup>1)</sup> Die Naturwissenschaften 15. Aug. 1919, B., I. c.

verbleibt, war durch eine große Zahl von Sonderversuchen gesichert. Der Umstand, daß  $\text{UrX}$  in ganz anderer Größenordnung vorhanden ist als das Ionium und das Protaktinium, bietet ein vorzügliches Kontrollmittel auf die Reinheit des Protaktiniums. Denn eine Verunreinigung des Protaktiniums durch Ionium müßte eine viel stärkere Verunreinigung durch das  $\beta$ -strahlende, mit dem Ionium isotope Uran X mit sich führen.

Es wurden im ganzen drei Protaktinium-Abtrennungen durchgeführt. Natürlich wurden vor jeder neuen Abtrennung weitere 10 mg Tantal zugesetzt. Die erhaltenen Protaktinium-Filter (Tantal + Protaktinium) wurden, wenn nötig, zur vollständigen Reinigung umgefällt, dann verascht, gewogen, in dünner Schicht auf Aluminium aufgestrichen und so zur Messung gebracht. Im allgemeinen betrug die schließlich herausgekommene Tantalmenge rund 80% der zugesetzten Menge. Die drei Präparate zeigten (in der Reihenfolge ihrer Herstellung) folgende Aktivitäten:

1.	8.1
2.	2.0
3.	0.5
<hr/>	
zusammen:	10.6.

Sicherheitshalber wollen wir, wie oben erwähnt, trotz der dreimaligen Fällung den Verlust an Protaktinium mit etwa 20% des gefundenen Wertes einschätzen, so daß der Wert von 10.6 auf 12.7 zu erhöhen ist. Diese Aktivitäten sind wieder in einem willkürlichen Maß gemessen. Im gleichen Maß gemessen, entspricht 1 mg  $\text{UrI}$  der Aktivität von 5.85.

Aus der erhaltenen Aktivität des Protaktiniums von 12.7 berechnet sich die Halbwertszeit in folgender Weise:

Man muß berücksichtigen, daß das Protaktinium nur zu 3% aus dem Uran entsteht, und daß seine Nachbildung nach der Formel  $J_t = J_\infty(1 - e^{-t\lambda})$  erfolgt, wobei  $t$  die jeweils abgelaufene Zeit und  $\lambda$  die Zerfallskonstante bedeutet, aus der sich die Halbwertszeit  $T$  nach der Gleichung  $T = \frac{\log \text{nat } 2}{\lambda}$  berechnet.  $J_\infty$  ist die Aktivität im Gleichgewicht mit Uran, also in diesem Fall gleich 3% der Aktivität von  $\text{UrI}$ ,  $J_t$  ist die zur Zeit  $t$  gefundene Aktivität. Die Aktivität pro Milligramm Uran I beträgt 5.85, die Gesamtaktivität von 67 g entspricht dem Wert:  $5.85 \times 67000$ . Die Aktivität  $J_\infty$  der Gleichgewichtsmenge von Protaktinium entspricht 3% dieses Wertes, also  $3 \times 5.85 \times 670 = 11758.5$ .  $J_t$  wurde für  $t = 20$  Jahre zu 12.7 gefunden. Daraus bestimmt sich nach der obigen Gleichung  $T$  zu 12800 Jahren.

In genau der gleichen Weise wurden die beiden anderen Präparate mit je dreimaliger Fällung auf Protaktinium verarbeitet.

2. 86 g Urannitrat = 40.4 g Uranmetall, mindestens 52 Jahre alt, ergab die Protaktinium-Aktivität 17.7 zuzüglich 20% = 21.2. Daraus berechnet sich die Halbwertszeit zu 11300 Jahren.

3. 33.1 g Urangelb + 21.0 g Uranylacetat von zusammen 33.0 g Uranmetall, ca. 60 Jahre alt, ergab die Protaktinium-Aktivität 16.1, zuzüglich 20%<sub>0</sub> = 19.3. Dem entspricht eine Halbwertszeit von 12300 Jahren.

Die Übereinstimmung der drei erhaltenen Halbwertszeiten ist besser, als man nach den der Methode anhaftenden Versuchsfehlern erwarten konnte. Als Mittel ergibt sich 12300, also rund 12000 Jahre.

Dieser Wert stellt nach der ganzen Art der Berechnung wohl eine untere Grenze dar.

Man sieht jetzt leicht ein, wie außerordentlich gering die Protaktinium-Aktivitäten sind, die sich in den ältesten, zur Verfügung stehenden Uransalzen angesammelt haben können. Denn nach 12000 Jahren beträgt die  $\alpha$ -Aktivität des in dem Uransalz entstehenden Protaktiniums erst 0.75 % der Uran  $\alpha$ -Aktivität. In unseren so viel jüngeren Salzen war sie natürlich noch außerordentlich viel geringer. Deshalb mußte mit besonderer Vorsicht jede Infektion vermieden werden, was nur durch Verwendung von neuen Gläsern und Apparaten erreicht werden konnte. Außerdem war es notwendig, große Uranmengen zu verarbeiten, um überhaupt meßbare Aktivitäten zu bekommen und trotzdem nur geringe Tantalsäure-Mengen zuzugeben, um die spurenweise Protaktinium-Aktivität nicht noch mehr zu verdünnen.

Aus der Lebensdauer des Protaktiniums und dem Abzweignungsverhältnis läßt sich nun ohne weiteres die Gewichtsmenge bestimmen, in der dies neue Element in Uranmineralien vorkommt.

Wäre das Protaktinium kein Verzweigungsprodukt, sondern stände es in der gleichen Zerfallsreihe wie das Radium, so wäre seine Menge im Verhältnis zum Uran gegeben durch das Verhältnis der Halbwertszeiten dieser beiden Elemente. Uran hat die Halbwertszeit  $5 \times 10^9$  Jahre, Pa  $12 \times 10^3$  Jahre; seine Menge beträgt daher  $\frac{12 \times 10^3}{5 \times 10^9}$

$= \frac{12 \times 10^{-6}}{5}$ ; d. h. 1 g Uran entsprächen  $2.4 \times 10^{-6}$  g Pa. Da das Protaktinium nur zu 3% entsteht, so ist die Menge entsprechend kleiner, nämlich  $0.03 \times 2.4 \times 10^{-6} = 7.2 \times 10^{-8}$  g Pa. Eine Tonne Uran eines beliebigen Uranminerals enthält also 72 mg Protaktinium; die entsprechende Menge für Radium ist 330 mg. Diese Protaktinium-Menge ist an sich nicht groß, aber immerhin beträchtlich größer als die Gewichtsmenge aller anderen Radioelemente, vom Radium abgesehen, die im periodischen System eine eigene Stelle einnehmen.

Wir haben früher schon angegeben, daß sich das Protaktinium in den Rückrückständen der Radium-Verarbeitung vorfindet. Die Wiener Akademie hat uns gütigerweise 200 kg dieser Rückrückstände

zur Verfügung gestellt. Um zu bestimmen, welche Gewichtsmenge sich darin vorfindet, sind wir folgendermaßen vorgegangen:

Wir verglichen den Protaktinium-Gehalt bekannter Mengen Pechblende mit dem Gehalt der Rückrückstände.

In einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> haben wir eine ganze Reihe solcher Protaktinium-Bestimmungen aus Pechblende angeführt. Als Mittel ergab sich, daß 1 g 60.7-proz. Pechblende Protaktinium von der Aktivität 130, in unsern willkürlichen Einheiten gemessen, enthält. Unser Assistent, Hr. Dr. Gille, führte eine Reihe vorläufiger Bestimmungen für die Rückrückstände aus und fand als durchschnittliche Aktivität pro Gramm Rückrückstände die Aktivität 310.

Die 200 kg Rückrückstände enthalten also so viel Protaktinium wie  $\frac{200 \times 310}{130} \times 0.607 \text{ kg} = 289 \text{ kg Uran}$ .

Da 1 g Uran  $7.2 \times 10^{-8}$  g. Pa enthält, so sind in den 200 kg Rückrückständen  $7.2 \times 10^{-8} \times 2.89 \times 10^5 = 20.8 \times 10^{-3} \text{ g} = 20.8 \text{ mg Pa}$  enthalten.

Die chemische Fabrik Germania in Oranienburg bei Berlin ist mit der Aufarbeitung dieser 200 kg beschäftigt. Die Hauptschwierigkeit ist vorerst die, die großen Mengen inaktiven Materials wie Fe, u. a. ohne allzugroße Verluste an Protaktinium zu entfernen. Wir hoffen, den größeren Teil des Protaktiniums an Erdsäuren angereichert daraus zu gewinnen. Es müssen dann die Wege gefunden werden, es auch von diesen, besonders von Tantal, zu trennen. Immerhin besteht jetzt die Möglichkeit, das neue radioaktive Element auch in wägbaren Mengen als neues chemisches Element herzustellen, seine Eigenschaften festzulegen und damit die bisherige Lücke im Periodischen System auszufüllen. Sollte sich die Abtrennung von den Erdsäuren wirklich durchführen lassen, so wäre damit auch die Möglichkeit einer Atomgewichts-Bestimmung gegeben.

Die Kenntnis des Atomgewichtes würde dann gestatten, eindeutig die Frage zu entscheiden, an welcher Stelle der Uranreihe die Abzweigung der Aktiniumreihe eintritt. Außerdem würde damit auch das Atomgewicht des Aktiniums sichergestellt, über dessen Wert verschiedentlich diskutiert worden ist. Beispielsweise hatte Fajans, ausgehend von der Beziehung zwischen Lebensdauer und Atomgewicht, dem Aktinium das Atomgewicht 227 zugeschrieben. In der schon erwähnten Arbeit<sup>2)</sup> verweist nun Stefan Meyer darauf, daß dieses Atomgewicht für das Aktinium resultieren würde, wenn das Verzweigungsprodukt, also das Uran Y, durch Emission von  $\alpha$ -Strahlen

<sup>1)</sup> Ber. l. c.

<sup>2)</sup> Stefan Meyer, l. c.



der Masse 3, entsprechend dem kürzlich von Rutherford<sup>1)</sup> entdeckten Helium-Isotop, entstehen würde.

### Zusammenfassung.

Durch Abscheidung des Protaktiniums aus älteren Uransalzen und dessen Aktivitätsmessung im Vergleich mit Uran wurde die Halbwertszeit des Protaktiniums bestimmt. Es ergab sich aus drei gut übereinstimmenden Versuchen der Wert rund 12000 Jahre. Dieser Wert stellt wohl eine untere Grenze dar.

Hieraus und aus dem Abzweignungsverhältnis der Aktinium-Reihe zur Uran-Reihe läßt sich die Gewichtsmenge des Protaktiniums in Uranmineralien berechnen.

Eine Tonne Uran eines beliebigen Uranminerals enthält 72 mg Gewicht Protaktinium. Die entsprechende Zahl für Radium ist 330 mg.

Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem.

### 6. R. Stoermer und E. Laage: Über natürliche und künstliche Truxill- und Truxinsäuren (III).

[Mitteilung aus der organ. Abteil. des Chem. Instituts der Universität Rostock.]

(Eingegangen am 15. Oktober 1920.)

#### Zur Bezeichnungsweise der Truxillsäuren.

Durch die Untersuchungen Liebermanns sind bekanntlich vier Säuren zugänglich geworden, die er als  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Truxillsäuren bezeichnete und von denen nach seinen Arbeiten die erste und dritte der Formel A, die zweite und vierte der Formel B entsprechen sollten:



Erschlossen wurde die Konstitution der zweiten Reihe durch die reichliche Bildung von Benzil bei der Oxydation, sowie durch das Auffinden von Stilben bei der trocknen Destillation, während die Säuren A bei der Oxydation, außer Benzoessäure, kein ähnliches, die Konstitution bestimmendes Oxydationsprodukt lieferten. Diese Tatsachen sprachen zwar für die Richtigkeit der angenommenen Strukturformeln, waren aber nicht absolut beweisend. Es konnte immerhin noch möglich sein, daß beide Reihen einer und derselben Strukturformel entsprächen, und daß z. B. das Nicht-auffinden der gleichen Oxydationsprodukte bei A auf irgendwelche Einflüsse, z. B. stereochemischer Natur, zurückzuführen sei. Bei genauerer Betrachtung

<sup>1)</sup> E. Rutherford, Proc. Roy. Soc. (A) 97, 374–400 [1920].