

Mitteilungen aus dem Institut für Radium- forschung.

LVI.

Revision des Atomgewichtes des Urans

von

Otto Hönigschmid.

(Mit 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juli 1914.)

Die Desintegrationstheorie von Rutherford, die eine Aufklärung über den Zerfall radioaktiver Elemente gibt, bietet die Möglichkeit, das Atomgewicht dieser Elemente zu berechnen, während eine direkte Bestimmung dieser Konstante nur beim Uran, Radium, seiner Emanation und dem Thorium möglich erscheint, da die anderen in viel zu kleinen Mengen vorhanden sind, um im Zustande chemischer Reinheit dargestellt zu werden.

Als Grundlage für die Berechnungen benutzt man das Atomgewicht des Anfangsgliedes der betreffenden Zerfallsreihe, also des Urans, beziehungsweise des Thor. Dazu ist die genaue Kenntnis dieser beiden Atomgewichtswerte notwendig. Besonderes Interesse nimmt das erstere als Anfangsglied der Uran-Radiumfamilie für sich in Anspruch, zumal die Beziehung zwischen den genauen Atomgewichten des Urans und des Radiums eine Probe dafür bietet, inwieweit derartige Berechnungen auf reeller Basis beruhen.

Das Uran gibt bei seinem Zerfall in Radium auf dem Wege über verschiedene Zwischenprodukte 3 α -Partikel, d. i. 3 Heliumatome ab, so daß die Differenz dieser beiden Atomgewichtswerte 3×4.002 , d. i. 12.006 betragen sollte. Die inter-

nationale Atomgewichtskommission nimmt für das Atomgewicht des Urans 238·5 und für das Radium 226·4, Zahlen, welche mit der Theorie in vollster Übereinstimmung stehen.

Im Gegensatz hiezu bestimmte ich vor 2 Jahren das Atomgewicht des Radiums¹ zu $225·97 \pm 0·01$ als Mittel von 17 Analysen des Radiumchlorids und Radiumbromids, die nach den zuverlässigsten modernen Methoden der Atomgewichtsbestimmung ausgeführt wurden, und zwar mit einem Radiummaterial, das sich bei der spektroskopischen Untersuchung als bariumfrei erwies.

Zur Aufklärung der sich so ergebenden Unstimmigkeit zwischen den Atomgewichten des Urans und des Radiums erschien die Untersuchung der Frage notwendig, ob der derzeit gültige Atomgewichtswert des Urans jenen Grad von Genauigkeit für sich in Anspruch nehmen kann, den man von einem modernen Atomgewicht verlangen muß.

Der internationale Wert basiert auf der von Richards und Merigold² ausgeführten Analyse des Uranbromids, welche sicherlich als die beste und zuverlässigste der bisher publizierten Bestimmungen dieser Konstante erscheint. Bezüglich der Kritik der früheren diese Frage betreffenden Untersuchungen kann auf die ausführliche Besprechung dieses Gegenstandes in der Publikation von Richards und Merigold verwiesen werden.

In jüngster Zeit wurden von zwei Seiten Bestimmungen dieses Atomgewichtes ausgeführt, und zwar von Oechsner de Coninck³ und von Paul Lebeau⁴. Auf die erstere dieser Untersuchungen sei nur der Vollständigkeit halber hingewiesen, denn eine Beweiskraft kommt ihr in Anbetracht der Unzulänglichkeit der von Oechsner angewandten Methode, Zersetzung von Uranyloxalat in UO_2 und CO_2 nicht

¹ O. Hönigschmid, diese Sitzungsber., 120, 1617 (1911) und 121, 1973 (1912) und M., 33, 253 (1912) und 34, 283 (1913); E. Haschek und O. Hönigschmid, diese Sitzungsber., 121, 2119 (1912) und M., 33, 351 (1913).

² T. W. Richards und B. S. Merigold, Zeitschr. f. anorg. Chemie, 31, 235 (1902).

³ Oechsner de Coninck, C. r., 154, 1511 (1912).

⁴ P. Lebeau, C. r., 155, 163 (1912).

zu, trotzdem sie als Mittel einiger, nur mäßig übereinstimmender Analysen wieder den internationalen Wert ergab.

Weit höher ist die Bestimmung von Paul Lebeau einzuschätzen. Er entwässert das Hexahydrat des Uranylнитrat im Phosphorpentoxydvakuum bis zum Dihydrat und zersetzt eine gewogene Menge desselben durch Erhitzen im Vakuum zu UO_2 . Aus der Relation $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} : \text{UO}_2$ berechnet er das Atomgewicht und findet als Mittel von sechs sehr gut übereinstimmenden Analysen $\text{U} = 238 \cdot 5$. Wenn der Beweis dafür erbracht werden könnte, daß tatsächlich ein wohldefiniertes Dihydrat vorliegt und nicht vielleicht Spuren von Wasser zurückgehalten werden, so würde diese Methode in Anbetracht der Einfachheit der Ausführung einen Fortschritt bedeuten. Dieser Beweis kann aber nach meiner Ansicht kaum gelingen, denn wenn auch die gute Übereinstimmung der Resultate ganzer Analysenserien für die Konstanz der Zusammensetzung des Dihydrats zu sprechen scheint, so kann doch, da immer wieder unter denselben Bedingungen gearbeitet wurde, der gleiche oder nahezu gleiche Fehler unterlaufen. Nicht umsonst vertritt Richards die Ansicht, daß eine kristallwasserhaltige Substanz nur durch Erhitzung bis zum Schmelzen zuverlässig entwässert werden kann. Die Entwässerung des Uranylнитrats nach Lebeau muß aber bei gewöhnlicher Temperatur vorgenommen werden, und da erscheint es mehr als wahrscheinlich, daß Spuren von Wasser zurückgehalten werden, was natürlich eine Erhöhung des Atomgewichtes bedingen würde.

Bei allen Atomgewichtsbestimmungen haben sich die Methoden, welche auf der Analyse von Halogeniden beruhen, als die besten und zuverlässigsten erwiesen. Deshalb hatte sich auch Richards für die Analyse des Uranobromids entschieden. Der Durchführung stellten sich große Schwierigkeiten entgegen, die zunächst rein äußerlicher Natur waren, nämlich das Gefäßmaterial betrafen. Er war genötigt, das Uranobromid in Hartglas- oder Porzellanröhren darzustellen, dem besten damals zur Verfügung stehenden Material. Nun wird aber sowohl Glas als auch Porzellan von Brom bei der hohen Versuchstemperatur — Gelbglut — angegriffen, was

eine Verunreinigung des sublimierten UBr_4 zur Folge hat. Richards war daher genötigt, eine Korrektur für NaBr anzubringen, das aus dem Gefäßmaterial in sein Analysenpräparat gelangt war. Dazu kommt aber noch, daß das Uranobromid selbst Glas und Porzellan angreift, wobei es teilweise in UO_2Br_2 übergeht. Für diesen Fehler ist keine Korrektur möglich, da sie sich nicht berechnen läßt, und doch wird dadurch eine Erhöhung des gesuchten Atomgewichtes bewirkt.

Richards¹ will deshalb auch gar nicht seine Zahl als das definitive Atomgewicht des Urans angesehen haben, sondern er will mit seiner Untersuchung den nach seiner Meinung besten Weg zur Bestimmung dieser Größe gewiesen haben.

Eine Vervollkommnung dieser Methode erschien jetzt, wo im Quarzglas ein bei hoher Temperatur sehr widerstandsfähiges Gefäßmaterial zur Verfügung steht, möglich. Ich habe deshalb zunächst die Frage studiert, wie sich Quarzglas gegen UBr_4 bei hohen Temperaturen verhält, und stellte hierbei fest, daß UBr_4 in Quarzröhren sublimiert und geschmolzen werden kann, ohne daß diese im geringsten angegriffen werden. Daraufhin konstruierte ich einen Apparat, der es mir ermöglichte, UBr_4 durch Erhitzen eines Gemisches von Uranoxyd und Zuckerkohle im Bromdampf darzustellen, es durch nochmalige Sublimation im Bromdampf oder in reinem Stickstoff zu reinigen, in einem geeigneten Quarzröhrchen zu schmelzen und dieses, ohne es an die Außenluft zu bringen, in sein Wägegläschen in absolut trockenem Luftstrom einzuschließen. So konnte das Bromid vollständig gefahrlos genauestens ausgewogen werden.

Reinigung der Materialien.

Wasser. Alles für die Untersuchung verwendete Wasser wurde aus dem destillierten Wasser des Laboratoriums durch

¹ Richards und Merigold, Proc. Am. Acad. of Arts and Sc. 37, 395 (1902). »Hence it seems not unlikely that the atomic weight of uranium is really as low as 238.53. Nevertheless the question cannot be looked upon as conclusively settled.«

weitere zweimalige Destillation, und zwar zuerst mit alkalischem Permanganat und ein zweites Mal mit etwas Schwefelsäure, dargestellt, wobei zur Kondensation Kühler aus reinem Blockzinn Verwendung fanden, die ohne Kork- oder Kautschukverbindung direkt in den verengten Hals des Destillationskolbens eingesetzt wurden; gesammelt wurde das Destillat in gedämpften Glaskolben aus Jenaglas.

Salpetersäure. Konzentrierte reinste Salpetersäure des Handels wurde mittels Quarkühlers destilliert, wobei die ersten zwei Drittel des Destillats verworfen und nur das letzte Drittel, das zuverlässig frei von Halogenen war, verwendet wurde.

Brom. Diese Substanz wurde durch Zersetzung eines Gemisches von chemisch reinem Kaliumbromid und -bromat (Kahlbaum) mit konzentrierter Schwefelsäure gewonnen; zur weiteren Reinigung wurde es in einer konzentrierten Lösung von Calciumbromid gelöst und abdestilliert, wobei die letzten Spuren von etwa vorhandenem Chlor entfernt werden mußten. Das Calciumbromid wurde nach Stas durch Einwirkung von reinstem Brom, herrührend von einer früheren Darstellung, auf ein Gemisch von reinstem, aus gefällttem Calciumcarbonat hergestellten Kalk und Ammoniak bereitet. Das abdestillierte Brom wurde möglichst von Wasser befreit und sodann mit geschmolzenem Calciumbromid behufs weiterer Trocknung zusammengebracht und davon erst unmittelbar vor der Einfüllung in den Apparat mittels eines Platintrichters und Konus abfiltriert.

Silber. Die Darstellung von reinem Silber ist von Richards und seiner Schule zu wiederholten Malen beschrieben worden, so daß es genügen wird, den befolgten Arbeitsgang in großen Umrissen wiederzugeben. Es standen zwei Silberproben zur Verfügung, die nach verschiedenen Methoden gewonnen waren.

I. Reinstes Silbernitrat des Handels wurde durch fünfmalige Krystallisation aus verdünnter Salpetersäure gereinigt. Es wurde hierzu in heißem Wasser gelöst, aus der konzentrierten Lösung durch frisch destillierte Salpetersäure in kleinkrystalliner Form ausgefällt und mittels der Zentrifuge

in Platintrichtern von der Mutterlauge getrennt. Sodann wurde es in verdünnter Lösung mit reinstem Ammoniumformiat reduziert, das fein verteilte weiße Metallpulver bis zum Verschwinden der Ammoniakreaktion gewaschen, getrocknet und in Schiffchen aus reinstem Kalk zu kleinen Reguli im Wasserstoffstrom geschmolzen; der Wasserstoff wurde durch Elektrolyse einer Kalilauge mit Nickelelektroden gewonnen. (Silber I.)

II. Die Mutterlauge von der Krystallisation des Silbernitrates, welches zur Darstellung des Silbers I. gedient hatte, wurden mit Salzsäure gefällt, das Chlorid gewaschen, in Ammoniak gelöst und aus dieser Lösung nach erfolgter Filtration wieder mit Salpetersäure gefällt; das so erhaltene Silberchlorid wurde mit reiner Saccharose in alkalischer Lösung reduziert. Das gut gewaschene und getrocknete Metall wurde auf einem flachen Tiegel aus reinstem Kalk direkt mit der Gebläseflamme geschmolzen. Die so erhaltenen großen Silberreguli dienten als Anode zur elektrolytischen Abscheidung des Silbers aus einem Elektrolyten von reinstem Silbernitrat. Das krystallisierte Elektrolytsilber wurde wieder im Wasserstoffstrom geschmolzen, die kleinen Reguli mit Salpetersäure geätzt, sorgfältigst gewaschen und bei 400° getrocknet. (Silber II.)

Wasserstoffsperoxyd. Merck's Perhydrol hinterläßt beim Eindampfen keinen Rückstand, ist auch frei von Schwefelsäure und somit ohne weitere Reinigung anwendbar. Es wurde auf das zirka zehnfache Volumen verdünnt und der Gehalt dieser etwa dreiprozentigen Lösung durch Titration mit Permanganat genau ermittelt.

Stickstoff. Es wurde in Stahlzylindern komprimierter Stickstoff verwendet, nachdem sich bei der analytischen Untersuchung desselben ergeben hatte, daß er nur zirka 0.5 % Sauerstoff enthalte; um ihn davon zu befreien, wurde er bei 400° über Kupfernetzspiralen von insgesamt 50 cm Länge geleitet

Zuckerkohle. Die benötigte Kohle wurde aus reiner Saccharose (Kahlbaum) durch Verkohlung in einer Platinschale hergestellt. Sie wurde in einer reinen Achatschale feinst zerrieben und nun nach den Angaben von T. W. Richards¹ in

¹ T. W. Richards und B. Merigold, l. c.

einem Quarzrohr im Bromstrome so lange auf helle Rotglut erhitzt, als noch das Brom von der Kohle unter Bildung von Bromwasserstoff aufgebraucht wurde. Die Erhitzung wurde dann in reinem Stickstoffstrome so lange fortgesetzt, bis kein Bromwasserstoff mehr abgegeben wurde. Durch diese Behandlung wird die Kohle von allen Verunreinigungen befreit, die etwa bei der Darstellung des Uranobromids in Form flüchtiger Bromide abgegeben werden könnten. Die Kohle verbrannte vollkommen rückstandsfrei.

Das Uranmaterial. Es wurden zwei Uranpräparate verschiedener Provenienz verwendet, die in der Folge mit *A* und *B* bezeichnet werden sollen.

Das Uranpräparat *A* wurde in folgender Weise hergestellt und gereinigt: Reinstes Uranylнитrat des Handels wurde in verdünnter Lösung mit Ammoniak gefällt, das Uranat durch Dekantation gewaschen, in Salzsäure gelöst und in diese Lösung Schwefelwasserstoff in der Wärme bis zur Sättigung eingeleitet. Der entstandene kleine Niederschlag und der ausgeschiedene Schwefel wurden abfiltriert, das Filtrat mit Ammoniak neutralisiert und mit überschüssigem Ammoniumcarbonat versetzt, bis der anfänglich entstandene Niederschlag wieder gelöst war. Die Lösung wurde von den eventuell abgeschiedenen Sesquioxiden abfiltriert, hierauf mit Salzsäure das Carbonat zersetzt, mit Ammoniak neutralisiert und nun mit reinstem Schwefelammon das Uranylsulfid gefällt. Dieses wurde einige Male mit einer verdünnten Lösung von Schwefelammonium gewaschen, das Waschwasser durch Dekantation und Filtration möglichst entfernt und schließlich der Sulfidniederschlag in Salpetersäure gelöst. Durch Konzentrierung der Lösung wurde das Uranylнитrat zur Krystallisation gebracht, aus der konzentrierten Lösung dieses Nitrates mittels reiner Oxalsäure das Oxalat gefällt, in Platintrichtern durch Zentrifugieren von der Mutterlauge befreit und in Platinschalen im elektrischen Muffelofen calciniert. Das so erhaltene Oxyd wurde mit ganz verdünnter Salzsäure ausgekocht, um etwa vorhandene Alkalisalze zu entfernen. Durch Auflösen des Oxyds in Salpetersäure wurde wieder Uranylнитrat hergestellt und dieses achtmal in Platinschalen aus

verdünnter Salpetersäure krystallisiert und jedesmal in Platintrichtern zentrifugiert. Das sicherlich schon ganz reine Nitrat wurde entsprechend einer Vorschrift von P. Lebeau¹ im Phosphorpenoxydvakuum bis zum Dihydrat entwässert und dieses in absolutem Äther gelöst, wobei gar kein Rückstand blieb und auch keine Schichtenbildung erfolgte, wie es sonst beim Hexahydrat geschieht. Aus der mit Wasser versetzten ätherischen Lösung wurde der Äther abdestilliert und nunmehr das Nitrat noch zweimal krystallisiert. Schließlich wurde es wieder als Oxalat gefällt und dieses durch Erhitzen in schwarzes, sehr lockeres Oxyd verwandelt, das sich sehr gut zur Darstellung des Bromids eignet.

Das Präparat *B* wurde mir von Direktor L. Haitinger zur Verfügung gestellt. Über dessen Veranlassung hatte Dr. Hoernes 3 kg Kaliumuranooxalat fraktioniert krystallisiert. Ich erhielt zirka 500 g der Mittelfraktion der XVI. Krystallisationsreihe sowie eine kleine Menge der Kopffraktion, die ich mit *B*₁ bezeichnete. Für die Überlassung dieses kostbaren Präparates sei Herrn Direktor Haitinger auch an dieser Stelle mein wärmster Dank ausgesprochen.

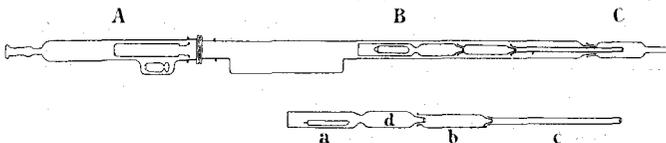
Das Kaliumuranooxalat verarbeitete ich in folgender Weise: Durch Salpetersäure wurde das Uranooxalat gefällt, durch Dekantation gewaschen, in reinstem Ammonooxalat gelöst, neuerdings mit Salpetersäure gefällt, gewaschen und endlich durch Oxydation mit Wasserstoffsperoxyd in Gegenwart von Salpetersäure in Uranylнитrat verwandelt. Dieses wurde in genau gleicher Weise weiter gereinigt wie das Präparat *A* nach der Auflösung des Uranosulfids in Salpetersäure.

Darstellung des Uranobromids.

Zur Darstellung des Uranobromids diente der in der beistehenden Zeichnung in der Ansicht von oben wiedergegebene Apparat; er stellt eine Modifikation des Richards'schen Einfüllapparates dar. Mittels des in der Zeichnung ersichtlichen Schlifves wird er an ein Trockensystem angeschlossen,

¹ P. Lebeau, Privatmitteilung.

welches je nach der Stellung gewisser Glashähne gestattet, den Apparat mit absolut trockener Luft, Stickstoff oder Bromdampf zu füllen. Dieser komplizierte Trockenapparat wurde in ähnlicher Ausführung schon öfter beschrieben und abgebildet, weshalb es genügt, hier auf die betreffenden Literaturstellen¹ zu verweisen. Die mittels Wasserstrahlpumpe in den Apparat gepreßte Luft wurde zunächst mit alkalischem Permanganat gewaschen, passierte dann ein 1 *m* langes, mit geschmolzenem Ätzkali gefälltes Rohr und ein U-Rohr, das im Sauerstoff sublimiertes Phosphorpentoxyd enthielt. Der Stickstoff wurde, nachdem er von Stauerstoff befreit war, durch ein Trockensystem geleitet, bestehend aus drei mit Glaskugeln und konzentrierter Schwefelsäure beschickten Glastürmen, und gelangte von da in dasselbe Phosphorpentoxydrohr, welches zur Trocknung der Luft diente. Zur Füllung des Apparates mit Bromdampf wurde trockener Stickstoff durch einen mit Brom beschickten Kolben geleitet; da das Brom nur mit Calciumbromid getrocknet war, somit noch Spuren von Feuchtigkeit enthalten konnte, so wurde der mit Bromdampf beladene Stickstoff nochmals durch ein mit Phosphorpentoxyd gefülltes langes U-Rohr geleitet. Dieses Phosphorpentoxyd wurde vorher 3 Stunden lang in einem Bromstrom auf zirka 200 bis 250° erhitzt, so daß wohl kaum zu befürchten war, daß es bei gewöhnlicher Temperatur mit Brom irgend welche flüchtigen Phosphorbromverbindungen geben könnte. Alle Teile dieses Trockenapparates waren aneinandergeschmolzen oder durch lange Glasschliffe verbunden, während Gummiverbindungen absolut vermieden waren.



Der Einfüllapparat besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, dem Glasteile A und dem Quarzrohre B mit der Vor-

¹ Z. B. Baxter und Thorvaldson, Zeitschr. für anorg. Chemie, 70, 335 (1911); Hönigschmid, M., 34, 295 (1913).

lage *C*. Der Glasteil *A* dient zur Aufnahme des Wägeglasses und dessen Stöpsels; mittels breiten Flanschschliffes wird dieser Teil mit dem Quarzrohr *B* verbunden, das mit einer seitlichen sackartigen Ausbauchung versehen ist, die eine Höhe gleich der einfachen und eine Breite gleich der doppelten Rohrweite besitzt; die breiten Wände derselben sind planparallel. Die beiläufigen Dimensionen sind: Gesamtlänge des Rohres *B* zirka 50 cm, innere Weite 20 mm, Länge der Ausbuchtung 17 cm.

In dieses Quarzrohr wird ein System von drei Quarzröhren geschoben, die mittels Schliffen miteinander verbunden werden. Dieses Rohrsystem ist in der Zeichnung nochmals für sich allein, und zwar in der Seitenansicht wiedergegeben. In das Rohr *a*, welches in der Mitte mit einer Einschnürung versehen ist, wird das mit dem Gemisch von Oxyd und Kohle beschickte Quarzschiffchen eingeschoben. Das Rohr *b*, welches in dem erwähnten Wägeglaß gewogen wird, dient zur Aufnahme des reinen geschmolzenen Uranobromids; das Rohr *c* hat den Zweck, die nicht kondensierten Bromiddämpfe in die Vorlage abzuführen, weshalb es auch bei montiertem Apparat in dieselbe hineinragt.

Zur Ausführung eines Versuches wird zunächst das Quarzröhrchen *b* in seinem Wägeglaß ausgewogen, sodann wird der Apparat in der angedeuteten Weise zusammengesetzt, das Quarzschiffchen mit einem in der Achatschale innig verriebenen Gemisch von 1 Teil Zuckerkohle und 4 Teilen Oxyd beschickt und in das Rohr *a* eingeschoben. Der Flanschschliff wird mit syrupösem Phosphorperoxyd gedichtet, ebenso alle Hähne, welche mit Bromdampf in Berührung kommen müssen. Die Flanschverbindung wird durch starke Metallfedern zusammengehalten, die an dem Glasteil und dem Quarzrohr mittels dort angebrachter Häkchen befestigt werden. Zum Erhitzen des Apparates dienen kleine elektrische Öfen, welche aus verschiedenen langen Quarzröhren mit Nichromwicklung bestehen und sich leicht in der ganzen Länge des Quarzrohres bis zu der Ausbuchtung verschieben lassen.

Der so zusammengestellte Apparat wird nun zunächst mit Stickstoff gefüllt und das Quarzrohr von der Ausbuchtung

an in seiner ganzen Länge erhitzt, um die Substanz zu trocknen. Sodann wird Brom mittels eines Stickstoffstromes eingeleitet und die Öfen so verschoben, daß das ganze Röhrensystem bis auf den Teil *d* des Rohres *a* erhitzt werden kann. Die Temperatur wird auf Gelbglut gesteigert, worauf bald die Bildung des Bromids beginnt, das sich in *d* kondensiert. Die Röhren *b* und *c* bleiben vollkommen sauber und nur eine geringe Menge Bromid sammelt sich in der Vorlage *C*. In einer Stunde haben sich etwa 5 g Bromid gebildet. Nunmehr werden die Öfen so verschoben, daß das gewogene Röhren *b* kalt bleibt und andererseits das Sublimat in *d* erhitzt wird. Durch Erhitzen auf Gelbglut kann das Sublimat aus *d* nach *b* destilliert werden. Diese zweite Sublimation wird nun entweder in Bromdampf oder in reinem Stickstoff vorgenommen. Um das Bromid möglichst ohne Verlust und ohne es zu lange hoher Temperatur auszusetzen, zu schmelzen, wird nach Beendigung der Sublimation das ganze Röhrensystem mittels eines durch die Vorlage *C* eingeführten Quarzstabes, so lange noch alle Öfen auf die Höchsttemperatur erhitzt sind, gegen die Ausbauchung zu vorgeschoben, so daß das Röhren *b* samt dem Bromid an die heißeste Stelle des Apparates kommt. In wenigen Augenblicken schmilzt das Sublimat zusammen und darauf werden die Öfen sofort abgestellt und fortgezogen. Eine unnötige Überhitzung des Bromids wird hierdurch vermieden. Die Abkühlung wird im Stickstoffstrom bewirkt und der Apparat sodann mit trockener Luft gefüllt. Beim Auseinandernehmen des Röhrensystems wird zunächst die Vorlage *C* entfernt und nun mittels eines langen, mit einem Häkchen versehenen Glasstabes die einzelnen Schliffe gelöst, wobei ständig ein lebhafter trockener Luftstrom durchgeleitet wird, so daß der Zutritt der Außenluft hintangehalten wird. Das Rohr *a* wird bis in die Ausbauchung vorgeschoben und durch sanftes Drehen des ganzen Apparates in diese gleiten gelassen. Dann wird das Röhren *b* mit dem geschmolzenen Sublimat in sein Wägegglas geschoben und dieses in üblicher Weise verschlossen. Die ganze Operation nimmt vom Momente des Anheizens an bis zum Auseinandernehmen des Apparates nicht mehr als drei Stunden in Anspruch.

Der Apparat funktioniert vollkommen tadellos. Dabei ist zu bemerken, daß das zur Aufnahme des geschmolzenen Uranobromids bestimmte Quarzröhrchen im Laufe zahlreicher Analysen sein Gewicht nur um 0·05 bis 0·1 *mg* ändert, woraus der sichere Schluß zu ziehen ist, daß das Quarz bei der angewandten Temperatur von Uranobromid nicht angegriffen wird.

Analysenmethoden.

Das Bromid wurde in seinem Wägegglas, nachdem es mindestens zwei Stunden im Exsikkator bei der Wage gestanden, mittels Gegengewicht ausgewogen. Der Glasstopfen des Wägeglasses war an der Schlifffläche mit einem feinen Einschnitt versehen, welcher einen Druckausgleich im Innern ermöglichte; dabei schloß er aber doch so dicht, daß eine Diffusion von Außenluft nicht stattfand, denn während der ganzen, längere Zeit in Anspruch nehmenden Wägung war nicht die geringste Gewichtsänderung wahrzunehmen, sobald das Wägegglas nach einem mehrere Minuten langen Verweilen auf der Wagschale einmal zur Gewichtskonstanz gelangt war. Als Gegengewicht diente ein gleiches Wägegglas mit einem Glasröhrchen von der Form und dem Gewichte des Quarzrohres.

Zum Auflösen des Bromids dienten 3 *l* fassende Erlenmeyerkolben aus Jenaglas mit präzise eingeschliffenen Glasstopfen; in diese wurde zirka 1 *l* reinstes Wasser gefüllt und nun bei schief gehaltenem Kolben das Quarzröhrchen mit dem Bromid aus dem Wägegglas ins Wasser gleiten gelassen. Es versteht sich von selbst, daß das Wägegglas unmittelbar über der Öffnung des Kolbens geöffnet und alle Vorsichtsmaßregeln ergriffen wurden, um zu verhindern, daß das Bromid mit feuchter Luft in Berührung komme. Während des Untersinkens füllte sich das Quarzrohr infolge seiner engen Öffnung so langsam mit Wasser, daß es schon ganz unter Wasser gesunken war, bevor dieses zum Bromid gelangte. Die entweichende Luft war somit gezwungen, durch Wasser zu streichen, wodurch ein Verlust an Bromwasserstoff, der sich im ersten Moment der Reaktion zwischen

Bromid und Wasser entwickeln konnte, vermieden wurde. Im übrigen reagiert das geschmolzene Bromid weit weniger heftig mit Wasser als das sublimierte.

Das Bromid löste sich rasch mit grüner Farbe auf. Das Glasröhrchen, welches mit einem Henkel versehen war, ließ sich leicht mittels eines hakenförmig gebogenen Platindrahtes hinausheben und konnte ohne Schwierigkeit gründlichst ausgewaschen werden.

Die grüne Uranolösung mußte zunächst zum Uranyl-salz oxydiert werden, da sie Silbernitrat zu Metall reduziert. Diese Oxydation wurde nach den Angaben von T. W. Richards mit Wasserstoffsuperoxyd bewirkt. Die zirka dreiprozentige H_2O_2 -Lösung, deren Gehalt genau bekannt war, wurde nur in ganz geringem Überschusse abgemessen, auf 100 cm^3 verdünnt, mit 1 cm^3 verdünnter Schwefelsäure versetzt und nun allmählich zu der Uranolösung zugefügt. Die Oxydation geht glatt und rasch vor sich, indem die grüne Farbe in das Gelbgrün der Uranylsalze umschlägt. Wie Richards durch direkte Versuche gezeigt hat, ist bei der in der geschilderten Weise bewirkten Oxydation absolut kein Bromverlust zu befürchten.

Zur Bestimmung des Verhältnisses von Uranobromid zu Silberbromid, die auf rein gravimetrischem Wege erfolgte, wurde das zur Fällung benötigte Silber in geringem Überschusse (0.05 g pro Liter) abgewogen, in Salpetersäure gelöst und auf 1000 cm^3 verdünnt; mit dieser Silberlösung wurde in der Dunkelkammer bei gelbem Lichte die Fällung vorgenommen. Das Volumen der Lösung betrug nach der Fällung zirka 2500 cm^3 . Durch wiederholtes langandauerndes Schütteln des verschlossenen Kolbens wurde der Niederschlag zum Zusammenballen und Absitzen gebracht. Nach zirka 48 Stunden, wenn die Lösung vollkommen klar geworden war, wurde sie durch Platin-Gooch-Tiegel filtriert. Durch Dekantation wurde der Niederschlag zehnmal mit schwach salpetersaurem Wasser gewaschen, schließlich im Tiegel gesammelt und im elektrisch geheizten Porzellantrockenschrank 16 Stunden lang bei 270° getrocknet. Bei dieser Temperatur wird von dem Silberbromid jede Spur von Feuchtigkeit abgegeben, denn, wie

zahlreiche Versuche zeigten, konnte beim nachfolgenden Schmelzen des Niederschlages absolut kein Gewichtsverlust konstatiert werden.

Das im Waschwasser gelöste Silberbromid wurde durch Vergleich mit Standardlösungen mit Hilfe des Nephelometers in üblicher Weise bestimmt und im Durchschnitte 0.12 mg pro Liter gefunden.

Nachdem der Tiegel samt Niederschlag mindestens zwei Stunden neben der Wage gestanden, wurde er gewogen, wobei als Gegengewicht ein gleicher Platintiegel diente.

Zur Ermittlung des Verhältnisses von Uranobromid zu Silber wurde das zur Fällung einer genau gewogenen Menge von Uranobromid benötigte Silber unter Zugrundelegung des auf rein gravimetrischem Wege ermittelten Atomgewichtes des Urans genau ausgewogen, in dem hierfür gewöhnlich benutzten Erlenmeyerkolben mit eingeschliffenem Kugelkühlrohr in 15 cm^3 frisch destillierter Salpetersäure, die mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt war, gelöst und bis zur vollständigen Entfernung der salpetrigen Säure erhitzt. Sodann wurde auf 1000 cm^3 verdünnt und diese Lösung quantitativ zu der oxydierten Bromidlösung hinzugefügt. Durch mindestens 15 Minuten langes intensives Schütteln des verschlossenen Kolbens wurde der Silberniederschlag zusammengeballt und fein verteilt. Der Kolben blieb nun im Dunkelraum unter gelegentlich wiederholtem Schütteln mindestens 48 Stunden stehen, bevor die erste Probe der ganz klaren Lösung zur nephelometrischen Bestimmung von überschüssigem Silber- oder Bromion entnommen wurde. Diese Bestimmung wurde in der öfter beschriebenen Weise durch Zufügen von Brom- oder Silberion aus entsprechenden Standardlösungen (0.1 g Ag pro 1000 cm^3) durchgeführt. Nach Beendigung der Titration — es waren zur Erreichung des Endpunktes kaum jemals mehr als 0.1 bis 0.2 mg von Silber oder Brom nötig — wurde zu der Lösung ein Überschuß von Silber zugefügt, und zwar 0.05 g Ag pro 1000 cm^3 der Lösung. Hierdurch wurde das in Lösung gehaltene Silberbromid ausgefällt und nunmehr nach vollständiger Klärung der Flüssigkeit durch Filtration und Wägung des Silber-

bromids die Analyse auf gravimetrischem Wege zu Ende geführt. So wurden von ein und derselben Bromidprobe zwei unabhängige Resultate erhalten, die einander kontrollierten.

Wage und Wägung.

Alle Wägungen werden auf einer Rueprechtwage ausgeführt, welche bis auf 0.01 mg empfindlich war. Diese Wage zeichnet sich durch besondere Konstanz und Gleichmäßigkeit der Schwingungen aus. Zwei unabhängige Wägungen ein und desselben Objektes differieren niemals um mehr als höchstens 0.02 mg . Jedenfalls genügt sie allen Anforderungen, die man an eine Präzisionswage zu stellen berechtigt ist. Besonders zu erwähnen wäre der Präzisionsgewichtssatz, der von Rueprecht über Bestellung eigens hergestellt wurde und der so ausgezeichnet justiert war, daß, wie sich nach der Eichung der Gewichte nach der Methode von T. W. Richards¹ zeigte, bei keinem Gewichtsstück eine größere als 0.03 mg betragende Korrektur anzubringen war. Die Gewichte waren aus gezogenen Messingstäben in einem Stück abgedreht, stark vergoldet und die Justierung durch einen Messingstift bewirkt, der in den Kopf des Gewichtsstückes eingelassen war. Zahlen waren in die Gewichte überhaupt nicht eingraviert oder eingestanz, da sie unnötig sind und nur Veranlassung zur Ansammlung von Schmutz geben. Die gleichen Gewichtsstücke waren durch ganz flache kleine Vertiefungen voneinander unterschieden.

Zur Reduktion der Wägungen auf das Vakuum wurden folgende Korrekturen zur Anwendung gebracht:

	Spezifisches Gewicht	Vakuumkorrektur
Gewichte	8.33	—
Silber	10.494	— 0.000031
Silberbromid	6.473	+ 0.000041
Uranobromid	4.84	+ 0.000103

¹ T. W. Richards, Journ. am. chem. Soc., 22, 144 (1900), und Zeitschr. f. phys. Chemie, 33, 605 (1900).

Resultate der Analysen.

Es erhob sich nun die Frage, ob in der weiter oben geschilderten Weise ein definiertes Uranobromid erhalten werden könne. Zwei Fehlerquellen waren vor allem zu berücksichtigen. Entweder konnte neben dem Tetrabromid durch Addition von Brom ein höheres Bromid entstehen oder durch Dissoziation ein Tribromid. Höhere Uranbromide als das Tetrabromid sind zwar nicht bekannt und alle Versuche, sie darzustellen, blieben resultatlos; doch konnte es immerhin geschehen, daß das geschmolzene Bromid Brom in fester Lösung zurückhält. Das Urantribromid entsteht aus dem Tetrabromid durch Reduktion im Wasserstoffstrom bei höherer Temperatur. Eine Dissoziation des Tetrabromids beim Erhitzen desselben im Stickstoffstrom war immerhin möglich.

Zur Aufklärung dieser Frage wurden zwei extreme Analysenserien ausgeführt.

1. Das erste Sublimat vom Uranobromid wurde ein zweites Mal in konzentriertem Bromdampf destilliert, geschmolzen und erstarren gelassen. Erst dann wurde der Bromstrom unterbrochen und die Abkühlung in reinem Stickstoff vorgenommen. Hier waren also die günstigsten Bedingungen für eine Bromaddition gegeben. Während des Erstarrens des so behandelten Bromids wurde immer ein Spratzen beobachtet, was vermuten läßt, daß von dem geschmolzenen Bromid Brom gelöst, jedoch beim Abkühlen wenigstens zum größten Teile wieder abgegeben wird.

Einige Analysen dieser Serie wurden mit Bromid ausgeführt, welches in einem Apparat dargestellt war, der nur eine einmalige Sublimation gestattete. Es sind dies die Analysen Nr. 1, 2, 3, 4, 5. Sie gaben die gleichen Werte wie das zweimal sublimierte Bromid, dennoch ist nicht zu leugnen, daß die zweimalige Sublimation eine höhere Garantie für die Reinheit des Bromids bietet.

Bei der zweiten Sublimation im Bromstrom hinterließ das Bromid nur Spuren eines braunschwarzen Rückstandes, vielleicht aus feinen Kohle- und Oxydteilchen bestehend, welche bei der Darstellung des Bromids von den Dämpfen desselben mitgeführt wurden.

I. Analysenserie.

Verhältnis von Uranobromid zu Silberbromid.

Nummer der Analyse	Uran- präparat	Gewicht des geschmolzenen		$\frac{\text{UBr}_4}{4 \text{ AgBr}}$	Atom- gewicht des Urans Ag 107·88
		UBr ₄	AgBr		
		im Vakuum			
1	A	3·40006	4·57930	0·742484	238·079
2	B	3·91408	5·27180	0·742456	238·057
3	B	3·73118	5·02536	0·742470	238·068
4	B	4·52766	6·09791	0·742493	238·085
5	B	5·13497	6·91566	0·742513	238·100
6	B	4·68978	6·31652	0·742462	238·062
7	A	3·28480	4·42400	0·742495	238·087
8	A	3·91067	5·26715	0·742464	238·063
		32·59320	43·89770	0·742467	238·075

Verhältnis von Uranobromid zu Silber.

Nummer der Analyse	Silber- präparat	Uran- präparat	Gewicht des geschmolzenen		$\frac{\text{UBr}_4}{4 \text{ Ag}}$	Atom- gewicht des Urans Ag 107·88
			UBr ₄	Ag		
			im Vakuum			
4 a	II.	B	4·52766	3·50286	1·292560	238·102
5 a	I.	B	5·13497	3·97256	1·292609	238·122
6 a	I.	B	4·68978	3·62849	1·292488	238·070
7 a	I.	A	3·28480	2·54131	1·292561	238·102
8 a	I.	A	3·91067	3·02567	1·292497	238·074
9	II.	A	4·16254	3·22038	1·292561	238·102
			25·71042	19·89127	1·292546	238·095

Es war die Möglichkeit, ja sogar die Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß das so dargestellte Bromid noch Spuren von überschüssigem Brom gelöst enthält, wodurch natürlich eine Erniedrigung des Atomgewichtes des Urans bewirkt würde. Die erhaltenen Analysenwerte wären also zu niedrig.

Als Mittel dieser Analysenserie ergibt sich das Atomgewicht des Urans zu $U = 238.085$ mit einer mittleren Abweichung vom Mittel von ± 0.0162 . Dieser Wert stellt ein Minimum für das gesuchte Atomgewicht dar, unterhalb dessen der wahre Wert nicht liegen kann, denn möglicherweise enthielt das Analysenpräparat Spuren überschüssigen Broms und infolgedessen wäre das gefundene Atomgewicht zu niedrig.

2. Bei der Herstellung des Uranobromids für die zweite extreme Versuchsreihe wurde die zweite Sublimation des Bromids in reinem Stickstoff bewirkt und das Sublimat in diesem Gas geschmolzen und abkühlen gelassen. Beim Erstarren der Schmelze wurde unter diesen Versuchsbedingungen niemals ein Spratzen beobachtet. Es erschien deshalb wohl die Gefahr ausgeschlossen, daß überschüssiges Brom von der Schmelze zurückgehalten wird. Andererseits zeigte es sich, daß das Bromid bei der Sublimation im Stickstoff in geringem Maße dissoziiert unter Bildung von Tribromid, das bei der angewandten Versuchstemperatur nicht flüchtig ist und als Rückstand in der Röhre *a* zurückbleibt. Das in dem Quarzröhrchen *b* gesammelte Tetrabromid war aber wohl als reine und definierte Verbindung anzusehen. Beim Schmelzen des Sublimats im Stickstoff mußte ängstlich eine Überhitzung vermieden werden, denn, wie eigens anstellte Versuche zeigten, genügte es, das geschmolzene Bromid kurze Zeit auf helle Rotglut zu erhitzen, um sofort höhere Atomgewichtswerte zu erhalten.

So wurde eine Probe des Bromids aus dem Uranpräparat B_1 so hoch erhitzt, daß die Schmelze nach dem Zurückziehen des Ofens hellrotglühend erschien. Die Analyse ergab das folgende Resultat:

$2.45073 \text{ g } \text{UBr}_4$ gaben $3.31169 \text{ g } \text{AgBr}$; Atomgewicht
des Urans $U = 238.27$.

II. Analysenserie.

Verhältnis von Uranobromid zu Silberbromid.

Nummer der Analyse	Uran- präparat	Gewicht des geschmolzenen		$\frac{\text{UBr}_4}{4 \text{ AgBr}}$	Atom- gewicht des Urans Ag = 107·88
		UBr	AgBr		
		im Vakuum			
1	A	2·89549	3·89900	0·742623	238·183
2	A	2·82823	3·80830	0·742648	238·202
3	A	3·95050	5·31979	0·742604	238·169
4	A	3·57277	4·81110	0·742609	238·173
5	A	3·91948	5·27803	0·742602	238·167
6	A	3·77074	5·07761	0·742621	238·181
7	A	4·31113	5·80562	0·742578	238·149
8	A	3·33325	4·48823	0·742664	238·214
9	B	5·14622	6·93002	0·742598	238·164
10	B	5·05193	6·80279	0·742626	238·185
11	B	5·33502	7·18387	0·742638	238·194
12	A	4·84910	6·52962	0·742631	238·189
13	A	5·24735	7·06581	0·742639	238·195
14	B ₁	4·56095	6·14204	0·742579	238·149
		58·77216	79·14183	0·742614	238·180

Verhältnis von Uranobromid zu Silber.

Nummer der Analyse	Silber- präparat	Uran- präparat	Gewicht des geschmolzenen		$\frac{\text{UBr}_4}{4 \text{ Ag}}$	Atom- gewicht des Urans Ag = 107·88
			UBr ₄	Ag		
			im Vakuum			
5 a	I.	A	3·91948	3·03190	1·292747	238·182
6 a	II.	A	3·77074	2·91689	1·292726	238·173
7 a	I.	A	4·31113	3·33505	1·292673	238 150
9 a	II.	B	5·14622	3·98089	1·292731	238·175
10 a	I.	B	5·05193	3·90789	1·292751	238·183
11 a	II.	B	5·33502	4·12698	1·292721	238·170
12 a	I.	A	4·84910	3·75106	1·292727	238·174
13 a	II.	A	5·24735	4·05913	1·292727	238·174
14 a	II.	B ₁	4·56095	3·52825	1·292694	238·160
			42·19192	32·63704	1·292722	238·171

Bei der Erhitzung der Schmelze auf die hohe Temperatur war etwa ein Drittel derselben absublimiert und gleichzeitig hatte bereits Dissoziation stattgefunden.

Daß der bei der Sublimation des Bromids im Stickstoff zurückbleibende Rückstand tatsächlich Tribromid ist, konnte dadurch gezeigt werden, daß sich derselbe durch Erhitzen im Bromstrom vollkommen verflüchtigen ließ.

Andererseits wurde die Frage untersucht, ob die Dauer der zweiten Sublimation auf die Zusammensetzung der Analysensubstanz einen Einfluß ausübe. Es wäre ja immerhin möglich, daß auch die Dämpfe des Bromids bei der hohen Sublimationstemperatur von zirka 1000° , wenn sie nicht sehr rasch aus der heißesten Zone weggeführt werden, eine spurenweise Dissoziation erfahren und sich als ein Gemisch von Tribromid und Tetrabromid kondensieren. Während für gewöhnlich diese zweite Sublimation so geleitet wurde, daß sie, sobald sie einmal begonnen hatte, in etwa 1 bis 2 Minuten beendet war, was durch rasche Steigerung der Temperatur leicht zu erreichen ist, wurde sie einmal absichtlich so langsam, d. h. bei so niedriger Temperatur durchgeführt, daß sie etwa 10 Minuten in Anspruch nahm. Die Analyse dieses Bromids findet sich in der Serie auf p. 69 als Nr. 5. Da sie denselben Wert ergibt wie die übrigen rasch sublimierten Proben des Bromids, so spricht dies wohl für die Annahme, daß Temperatur und Dauer der Sublimation keinen Einfluß auf die Zusammensetzung des Sublimats ausübt.

Die Werte auf p. 69 wurden als Resultate einer ununterbrochenen Analysenserie erhalten.

Die Bestimmung des Verhältnisses von Uranobromid zu Silberbromid ergibt somit als Mittel von 14 Analysen, ausgeführt mit zwei Uranpräparaten verschiedener Provenienz, für das Atomgewicht des Urans den Wert $U = 238 \cdot 180$ mit einer mittleren Abweichung vom Mittel von $\pm 0 \cdot 0151$.

Die Ermittlung des Verhältnisses von Uranobromid zu Silber führt als Mittel von 9 Analysen zu dem Atomgewichtswert $U = 238 \cdot 171$ mit einer mittleren Abweichung vom Mittel von $\pm 0 \cdot 0078$.

Als Gesamtmittel dieser beiden Analysenserien ergibt sich somit als wahrscheinlichstes Atomgewicht des Urans der Wert $U = 238 \cdot 175$ mit einer mittleren Abweichung vom Mittel von $\pm 0 \cdot 0125$, wobei für Silber und Brom die Atomgewichte: $Ag = 107 \cdot 88$ und $Br = 79 \cdot 916$ in Rechnung gesetzt wurden.

Die Übereinstimmung der Werte ist in Anbetracht des hohen Atomgewichtswertes eine sehr gute, was eine Bürgschaft dafür ist, daß, so weit die Brombestimmung in Frage kommt, nicht ernsthafte konstante Fehler vorliegen können. Dies ergibt sich auch weiter aus der folgenden Tabelle, in welcher die Verhältnisse von angewandtem Silber und erhaltenem Silberbromid in den verschiedenen zusammengehörigen Analysen wiedergegeben werden.

I. Analysenserie.

Nr. der Analyse	Ag: AgBr
4 und 4 a.....	0·574436
5 » 5 a.....	0·574429
6 » 6 a.....	0·574444
7 » 7 a.....	0·574437
8 » 8 a.....	0·574441

Mittel..0·574439

II. Analysenserie.

Nr. der Analyse	Ag: AgBr
5 und 5 a.....	0·574437
6 » 6 a.....	0·574461
7 » 7 a.....	0·574451
8 » 8 a.....	0·574441
9 » 9 a.....	0·574454
10 » 10 a.....	0·574348
12 » 12 a.....	0·574468
13 » 13 a.....	0·574474

Mittel..0·574454

Baxter¹ fand dieses Verhältnis gelegentlich seiner Atomgewichtsbestimmung des Broms gleich 0·574453, womit der Mittelwert meiner Bestimmungen in ausgezeichneter Übereinstimmung steht.

Zusammenfassung der Resultate.

Es wurde zunächst ein Quarzapparat konstruiert, der es ermöglichte, Uranobromid durch Erhitzen eines Gemisches von Uranoxyd und Kohle im Bromstrom darzustellen, das Bromid ein zweites Mal im Brom- oder reinem Stickstoffstrom zu sublimieren und zu schmelzen. Das in einem geeigneten Quarzröhrchen gesammelte Bromid konnte dann, ohne an die Außenluft gebracht zu werden, im trockenen Luftstrom in sein Wägglas eingeschlossen und vollkommen gefahrlos genauest ausgewogen werden.

Es wurde dann gezeigt, daß Uranobromid, welches im Bromdampf geschmolzen wurde, dabei Brom auflöst, den größten Teil desselben aber beim Erstarren unter Spratzen wieder abgibt. Analysen, die mit einem so dargestellten Bromid ausgeführt wurden, gaben für das gesuchte Atomgewicht einen offenbar zu niedrigen Wert.

25·71042 g dieses Uranobromids verbrauchten 19·89127 g Silber, entsprechend dem Atomgewicht $U = 238·095$, und 32·59320 g $U Br_4$ gaben 43·89770 g $Ag Br$, entsprechend dem Atomgewicht $U = 238·075$. Als Mittel ergibt sich daraus für dieses Atomgewicht der Wert 238·085, $\pm 0·0162$. Diese Zahl ist offenbar als ein Minimumwert aufzufassen, unterhalb dessen der wahre Atomgewichtswert des Urans wohl kaum liegen kann, da das zur Analyse verwandte Bromid wahrscheinlich Spuren von überschüssigem Brom gelöst enthielt.

Andererseits wurde gezeigt, daß das Urantetrabromid bei der Destillation im Stickstoffstrom partiell Dissoziation erleidet zu Tribromid und Brom. Das Tribromid bleibt als nicht flüchtiger Rückstand im Destillationsgefäß zurück. Das Sublimat ist wohl definiertes Uranobromid $U Br_4$, wenn beim

¹ Baxter, Journ. am. chem. Soc., 28, 1322 (1906); Zeitschr. f. anorg. Chemie, 50, 389 (1906).

Schmelzen desselben jede unnötige Überhitzung vermieden wird.

42·19192 g des im Stickstoffstrom resublimierten und geschmolzenen Bromids verbrauchten 32·63704 g Silber, entsprechend dem Atomgewicht $U = 238·171, \pm 0·0078$.

58·77216 g desselben Bromids gaben 79·14183 g Ag Br, entsprechend einem Atomgewicht $U = 238·180, \pm 0·0151$.

Als Gesamtmittel dieser beiden letzten Analysenserien ergibt sich somit der Wert $U = 238·175, \pm 0·0125$, wobei für Silber und Brom die Atomgewichte Ag 107·88 und Br 79·916 in Rechnung gesetzt werden.

Diesen Wert $U = 238·175$ betrachte ich als das derzeit wahrscheinlichste Atomgewicht des Urans. Jedenfalls stellt er offenbar eine obere Grenze dar, oberhalb welcher das Atomgewicht des Urans wohl nicht liegen dürfte. Möglicherweise ist das zur Bestimmung dieses Atomgewichtswertes benutzte Uranobromid infolge der Sublimation im Stickstoff schon spurenweise dissoziiert, was eine Erhöhung des scheinbaren Atomgewichtes zur Folge hätte. Auf Grund der vorliegenden Untersuchung kann aber der Schluß gezogen werden, daß das wahre Atomgewicht des Urans zwischen den extremen Werten $U = 238·085$ und $U = 238·175$ liege, wobei die Wahrscheinlichkeit zugunsten des letzteren Wertes spricht.
