

2. O. Hönigschmid und L. Birckenbach: Revision des Atomgewichtes des Berylliums. Analyse des Berylliumchlorids.

[Aus d. Chem. Laborator. d. Bayer. Akademie d. Wissenschaften in München.]

(Eingegangen am 18. November 1921.)

Das Atomgewicht des Berylliums erscheint in mehrfacher Beziehung aus theoretischen Gründen besonders interessant und hat daher schon wiederholt die Aufmerksamkeit der Forschung auf sich gezogen.

Hatte schon die Wahl des Atomgewichtes gerade beim Beryllium wegen des Versagens der Regel von Dulong und Petit Schwierigkeiten bereitet, die sich erst durch die Einreihung dieses Elementes in das periodische System endgültig beseitigen ließen, wobei auch der Streit um das Atomgewicht zugunsten der Zahl 9 entschieden wurde, so war es in neuerer Zeit gerade wiederum dieser Wert, der dem Beryllium unter seinen Nachbarn im System eine gewisse Ausnahmestellung zuwies. Ist es doch unter den ersten 27 Elementen des periodischen Systems das einzige mit paarer Ordnungszahl, dessen Atomgewicht nicht einem ganzzahligen Multiplum vom Helium entspricht, wie es die von Rydberg¹⁾ für die Atomgewichte dieser Elemente aufgestellte Formel $\text{At.-Gew.} = 4n$ verlangt, wobei n eine ganze Zahl bedeutet. Demnach müßte das Beryllium das Atomgewicht 8 besitzen, während der tatsächlich experimentell ermittelte Wert 9 der Rydbergschen Formel für die Elemente mit unpaarer Ordnungszahl, $\text{At. Gew.} = 4n + 1$ entspricht. Diese Abweichung von der Gesetzmäßigkeit legt Rydberg Verunreinigungen der analysierten Berylliumpräparate mit Grundstoffen höheren Atomgewichts zur Last. Die Unhaltbarkeit dieser Vorstellung glauben wir durch die vorliegende Untersuchung erwiesen zu haben.

Vom Standpunkte der neueren Anschauungen über den Atombau könnte die ungerade Atomgewichtszahl $\text{Be} = 9$ auch so gedeutet werden, daß das, was wir heute als das Element Beryllium ansehen, tatsächlich ein Isotopen-Gemisch aus $\text{Be} = 8$ und $\text{Be} = 12$ ist. Auch die Annahme des Aufbaues des Berylliumkerns aus drei Heliumatomen vom $\text{At.-Gew. He} = 3$ findet sich ausgesprochen, doch hält Rutherford die Existenz von $\text{He} = 3$ nicht für streng erwiesen. Endlich kann noch ein Atomaufbau aus zwei Heliumatomen und einem Wasserstoffatom ins Auge gefaßt werden, d. h. $2 \text{ He} + 1 \text{ H} = 2 \times 4 + 1 = 9$.

Ihrer Ursache nach ungeklärt und vielleicht in einem gewissen Zusammenhange mit dem Atomgewicht des Berylliums stehend, ist

¹⁾ Z. a. Ch. 14, 66 [1897]

auch die Beobachtung von Strutt¹⁾, daß der Beryll beträchtliche Mengen von Helium eingeschlossen enthält, obwohl solche Gaseinschlüsse sonst nur bei Mineralien zu beobachten sind, die Thor oder Uran enthalten.

Für die allgemeine Erörterung dieser zurzeit noch offenen Fragen bildet der genaue Zahlenwert dieses Atomgewichtes den ersten unentbehrlichen Anhaltspunkt, ja die Grundlage.

Die ersten Versuche, das Atomgewicht des Berylliums zu ermitteln, rühren von Berzelius²⁾ her, der das Chlorid und das Sulfat analysierte mit dem Ergebnis $\text{Be} = 10.48$ und $\text{Be} = 10.86$. Es folgen dann Awdejew³⁾, Weeren⁴⁾ und Klatzo⁵⁾ mit Analysen von Berylliumsulfat, die darauf hinauskommen, daß die Schwefelsäure durch Chlorbarium gefällt und im Filtrat die Beryllerde bestimmt wurde; die Resultate sind: $\text{Be} = 9.34$, 9.27 und 9.28 . Debray⁶⁾ fand bei der Analyse des Ammonium-Beryllium-Oxalats $\text{Be} = 9.34$. Im Hinblick auf die offensichtlichen Fehlerquellen, die diese älteren Arbeiten entstellen, erübrigt sich ein Eingehen auf dieselben. Beachtenswert ist der von Nilson und Petterson⁷⁾ 1880 unternommene Versuch, das Atomgewicht des Berylliums durch die Analyse des wasserfreien Berylliumchlorids zu ermitteln. Sie haben die Methode aufgeben müssen, da die zur Darstellung des Chlorids verwendeten Glasröhren bei der Sublimation desselben stets angegriffen wurden und das Analysenpräparat durch Kalk aus dem Glase verunreinigt erschien. Sie nahmen ihre Zuflucht zur Analyse des krystallisierten Sulfats, das sie durch starkes Glühen in Oxyd verwandelten und so zu dem Verhältnis $\text{BeSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}:\text{BeO}$ gelangten. Was die Reinheit des Materials und die Ausführung anbelangt, sind die Bestimmungen, die zu dem Resultat $\text{Be} = 9.11$ führten, als exakt zu bezeichnen. Die gleiche Methode verwendeten Krüß und Morath⁸⁾ und kamen zu dem Werte $\text{Be} = 9.06$. Indessen entbehrt diese Methode der Schärfe, da die Krystalle des Sulfats, worauf schon Brauner⁹⁾ hingewiesen hat, sowohl kleine Mengen der Mutterlauge, als auch freier Schwefelsäure eingeschlossen haben konnten. Schließlich analysierte Parsons¹⁰⁾ mit modernen Mitteln zwei organische Berylliumsalze, nämlich das Acetylacetonat, $\text{Be}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_2$ und das basische Acetat, $\text{Be}_4\text{O}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_6$; gewogene Mengen der beiden Salze wurden in Nitrat und durch Glühen des letzteren in Oxyd verwandelt. Er gelangte zu dem At.-Gew. $\text{Be} = 9.105$.

Die internationale Atomgewichtskommission rundete den Mittelwert aus den Analysen der drei letztgenannten Forscher, den einzigen Bestimmungen, denen unter den bisher ausgeführten ernstliche Beachtung zukommt, auf $\text{Be} = 9.1$ ab. Dieser Wert soll nach allgemeiner Anschauung der Wahrheit

¹⁾ Proc. Royal Soc. 80, 572 [1907/08], Le Radium 5, 202 [1908].

²⁾ Pogg. Ann. 8, 187 [1826].

³⁾ Pogg. Ann. 56, 106 [1842].

⁴⁾ Pogg. Ann. 92, 124 [1854].

⁵⁾ J. pr. [1] 106, 235 [1869]; Fr. 8, 523 [1869].

⁶⁾ A. Ch. [3] 44, 37 [1855].

⁷⁾ B. 13, 1451, 1459 [1880].

⁸⁾ A. 262, 38 [1891].

⁹⁾ Abegg, Handbuch d. anorg. Chem. 2, II, 30.

¹⁰⁾ Am. Soc. 26, 721 [1904]; 27, 1204 [1905].

sehr nahe kommen. Dennoch bleibt der berechtigte Zweifel bestehen, daß er noch etwas zu hoch ist, denn bei allen Bestimmungen, auf welchen er beruht, kam pulverförmiges Oxyd zur Wägung, das, wie in vielen anderen ähnlichen Fällen bereits direkt nachgewiesen wurde, bei der Wägung trockene Luft adsorbieren muß, wodurch sein Gewicht erhöht und damit auch ein höheres Atomgewicht des Berylliums vorgetäuscht wird.

Wir unternahmen die Revision des Atomgewichtes des Berylliums, um eine möglichst sichere Grundlage für die eingangs besprochenen theoretischen Überlegungen zu schaffen, und um die Zweifel zu beseitigen, denen der derzeit für diese Konstante gültige Wert $Be = 9.1$ schon öfter begegnet war.

Nach unserer Ansicht kann keine der bisher angewandten Bestimmungsmethoden Anspruch auf hohe Zuverlässigkeit erheben, aus Gründen, die schon oben dargelegt worden sind. Wir entschieden uns daher für die stets als zuverlässig erkannte Methode der Analyse der wasserfreien Halogenide, hoffend, daß es uns mit Hilfe unserer Quarzapparatur und der schon öfter für ähnliche Zwecke mit Erfolg erprobten Arbeitsweise gelingen würde, jene Schwierigkeiten zu überwinden, denen frühere Forscher bei der Darstellung des wasserfreien Berylliumchlorids begegnet waren.

Ausgangsmaterial.

Wir gingen von käuflichem Berylliumcarbonat aus. Von den Verunreinigungen, die Berylliumpräparaten für gewöhnlich anhaften, ist das Aluminium am schwierigsten zu entfernen, da ja die beiden Elemente die typischen Reaktionen gemein haben. Wir verfahren zur Darstellung des reinen Berylliumoxyds in der folgenden Weise:

Durch Auflösen des Carbonats in Eisessig stellten wir das basische Acetat her, das sich leicht aus Eisessig umkrystallisieren läßt und durch mehrmalige Wiederholung die-er Operation leicht und rasch von beigemischtem Eisen befreit werden kann. Während der Destillationsrückstand der ersten Mutterlauge noch dunkelrot gefärbt erschien, ist nach 2—3-maligem Umkrystallisieren in der Mutterlauge keine Spur von Eisen mehr nachweisbar. Offenbar wird mit dem Eisen auch das sicher gleichzeitig vorhandene Aluminium entfernt, das mangels empfindlicher Reaktionen in der Mutterlauge nicht nachgewiesen werden konnte. Das so gereinigte Acetat wurde nun in einem weiten Glasrohr aus glasiertem Porzellanschiffchen sublimiert. Es hinterließ in dem Schiffchen kein glühbeständiger Rückstand. Die Sublimation des basischen Berylliumacetats stellt eine ausgezeichnete Methode dar, es von den nicht flüchtigen Acetaten verwandter Metalle zu trennen.

Das sublimierte Acetat verwandelten wir in das Nitrat, was uns am besten in der Weise gelang, daß wir es in einem Rundkolben mit eingeschnürtem Hals mit reiner konz. Salpetersäure erhitzen und die freigemachte Essigsäure abdestillierten. Die saure Nitratlösung wurde zur Entfernung überschüssiger Säure eingedampft, der Rückstand in einer Platinschale in Wasser gelöst und nun soviel von einer mit Platinkühler destillierten Lösung von Ammoniumcarbonat zugesetzt, bis das ursprünglich gefällte Berylliumcarbonat wieder gelöst war. Etwa vorhandenes Aluminium müßte beim Erhitzen der Lösung gefällt werden. Obwohl die Lösung auch nach längerem Stehen vollkommen klar erschien, wurde sie filtriert und dann erst in einem Platinbecher solange gekocht, bis das Berylliumcarbonat wieder vollständig krystallinisch ausgefallen war. Dasselbe wurde in Platintrichtern abgesaugt, mit frisch destilliertem Alkohol gewaschen, getrocknet und schließlich in einer Platinschale im elektrisch geheizten Muffelofen calciniert.

Das so erhaltene lockere Berylliumoxyd mußte vollkommen frei sein von seinem hartnäckigsten Begleiter, dem Aluminium, da wir drei Methoden zu dessen Entfernung angewandt haben, nämlich die Krystallisation des Acetats aus Eisessig, die Sublimation desselben, und schließlich die Auflösung des reinen Berylliumcarbonats in über-schüssigem Ammoncarbonat.

Reagenzien.

Wasser: Das destillierte Wasser des Laboratoriums wurde nochmals mit alkalischem Permanganat mittels Glaskühlers und ein zweites Mal unter Zusatz von etwas Kaliumbisulfat mittels eines Kühlers aus reinem Blockzinn destilliert. Die Kühler waren direkt ohne weitere Dichtung in die Einschnürung der Jenenser Rundkolben eingesetzt.

Salpetersäure: Wir gelangten zu sehr reiner Salpetersäure, wenn wir die chemisch reine Salpetersäure »pro analysi« von Merck aus Glaskolben mit eingeschnürtem Hals mittels Quarkühlers destillierten und die erste Hälfte des Destillats als Vorlauf verwarfen. Bei der regelmäßig vorgenommenen Prüfung im Nephelometer erwies sich diese Säure als vollkommen halogenfrei.

Chlor: Über die einwandfreie Beschaffenheit unseres Chlors, das wir der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik in Ludwigshafen verdanken, finden sich genauere Angaben in unserer Mitteilung über das Atomgewicht des Wismuts¹⁾.

Silber: Die Darstellung des reinen Silbers ist an der gleichen Stelle¹⁾ beschrieben worden, so daß wir uns hier die Wiederholung sparen können.

Zuckerkohle: Als Ausgangsmaterial benutzten wir die reinste Saccharose »Kahlbaum«, die in einer großen Platinschale solange der Verkohlungs-

¹⁾ B. 54, 1873 [1921].

unterworfen wurde, als noch die Entwicklung brennbarer Gase erfolgte. Die erkaltete Kohle wurde in einem Achatmörser auf das feinste gepulvert und dann im Quarzschiffchen im Chlorstrom auf Gelbglut erhitzt. Dabei werden große Mengen von Chlor unter Entwicklung von Chlorwasserstoff verbraucht und dadurch noch alle vorhandenen Kohlenwasserstoff-Verbindungen zersetzt. Sobald diese Reaktion beendet erschien, wurde das Chlor durch Stickstoff verdrängt und die Erhitzung in diesem Gase solange fortgesetzt, bis kein Chlorwasserstoff mehr in den abziehenden Gasen nachzuweisen war. Durch diese Behandlung der Kohle werden auch alle etwa vorhandenen anorganischen Verunreinigungen, die flüchtige Chloride geben, zuverlässig entfernt, was auch daran zu erkennen war, daß die so bereitete Kohle rückstandslos verbrannte. Wir bewahrten die reine Kohle, die äußerst fein gepulvert sein muß, in sehr gut schließenden Glasröhren auf.

Stickstoff: Der benötigte Stickstoff wurde einer Stahlflasche entnommen und von den letzten Spuren Sauerstoff durch auf 400° elektrisch erhitzte Kupfernetzspiralen befreit und in Glastürmen, die mit Glaskugeln und konz. Schwefelsäure beschickt waren, sowie schließlich in einem U-Rohr mit im Sauerstoff sublimiertem Phosphorpentoxyd getrocknet.

Wage und Gewichte.

Alle Wägungen wurden auf unserer Rüprecht-Wage, die bis auf 0.01 mg empfindlich ist, ausgeführt. Die benutzten Gewichte aus Bergkrystall waren nach T. W. Richards geeicht.

Die Wägungen wurden durch Substitution mittels Gegengewichten ausgeführt, die in Form, Volumen, Gewicht und Material dem zu wägenden Originalobjekt genau nachgebildet und in aller Strenge vergleichbar waren.

Die Reduktion der Wägungen auf den luftleeren Raum erfordert die Kenntnis des spez. Gew. des geschmolzenen Berylliumchlorids. Wir bestimmten diese bi-her nicht bekannte Konstante in Xylol vom spez. Gew. 0.856 (25°/4°). Zwei Bestimmungen gaben die folgenden Resultate:

Temp.	Gew. d. BeCl_2 im Vak.	Gew. d. ver- drängt. Xylols	Spez. Gew. d. BeCl_2
25°	2.42053	1.0880	1.904
25°	1.58134	0.7143	1.895
		Mittel	1.8995

Unsere Vakuum-Korrekturen sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

	Spez. Gew.	Vak.-Korr. für 1 g
Quarzegewichte . . .	2.65	—
BeCl_2	1.90	+ 0.18 mg
Ag	10.49	— 0.338 »
Ag Cl	5.6	— 0.24 »

Die Apparatur und ihre Handhabung.

Zur Darstellung des Chlorids wurde regelmäßig ein sehr inniges, im Achatmörser hergestelltes Gemisch von 1.2 g Berylliumoxyd und 0.8 g Zuckerkohle in einem Strom von reinem, trockenem Chlor erhitzt, das ge-

bildete Chlorid ein zweites Mal im Chlorstrom in ein gewogenes Quarzröhrchen sublimiert und darin geschmolzen, wobei der Chlorstrom nach und nach durch Stickstoff abgelöst wurde. Das Quarzröhrchen mit dem Chlorid wurde schließlich, nachdem es im Stickstoff abgekühlt und dieser durch trockne Luft verdrängt worden war, in sein Wägegias eingeschoben und darin abgeschlossen, ohne daß es mit der Außenluft in Berührung gekommen wäre. So gelang es, ein definiertes, geschmolzenes Berylliumchlorid zur genauen Wägung zu bringen. Wir haben erst kürzlich gelegentlich unserer Mitteilung über das Atomgewicht des Wismuts in diesen »Berichten«¹⁾ den von uns verwendeten Quarzapparat und seine Handhabung sehr ausführlich beschrieben, so daß, nachdem hier die Operation in genau der gleichen Weise durchgeführt wurde, sich eine Wiederholung erübrigt und der Hinweis genügt.

Auflösung des Berylliumchlorids.

Die Auflösung des geschmolzenen Berylliumchlorids beanspruchte die größte Aufmerksamkeit, da dieses mit Wasser äußerst heftig unter Entwicklung von Chlorwasserstoff reagiert, der zu lebhafter Nebelbildung Anlaß gibt. Wir benutzten zur Auflösung einen 1-Liter-Erlenmeyer-Kolben mit eingeschliffenem 4-Kugel-Rohr. Der Kolben wurde mit 250 ccm reinsten Wassers beschickt, das Kugelrohr mit Wasser durchspült und nun das gewogene Quarzröhrchen mit dem Chlorid an einem dünnen Platindraht, der durch das Kugelrohr hindurchging, in dem Kolben schwebend aufgehängt, so daß sich das Chlorid zunächst unmittelbar über der Wasseroberfläche befand, ohne diese zu berühren. Nachdem es einige Zeit der Wirkung des Wasserdampfes ausgesetzt war, wurde das Röhrchen ganz allmählich in das Wasser gesenkt, wobei die Auflösung so langsam geleitet werden konnte, daß keine Spur von Nebelbildung auftrat. Durch eigens angestellte Versuche war konstatiert worden, daß bei raschem Eintauchen des Quarzröhrchens, wobei lebhafte Nebelbildung zu beobachten war, höchstens im Innenraum der Schliffkuppel des Kugelrohrs Säure mit Methylrot nachzuweisen war, keineswegs aber in den Kugeln selbst. Wir trugen dieser Beobachtung Rechnung und haben vorsichtshalber einen Abschluß des Kugelrohrs mit Wasser dadurch hergestellt, daß wir in dasselbe ein passendes Glasrohr einführten, das nahe dem oberen Ende zu einer kleinen Kugel aufgeblasen war, mittels welcher es in der obersten Einschnürung des Kugelrohrs festgehalten wurde, während es am unteren Ende in eine Capillare auslief, durch die der Platindraht gerade noch hindurchging. So konnte die oberste Kugel und das Glasrohr selbst mit Wasser gefüllt und somit ein Wasser-

¹⁾ B. 54, 1889 [1921].

abschluß im Kugelrohr hergestellt werden, der zu kontrollieren gestattete, ob beim Auflösen eine Gasentwicklung stattfand, die an dem Entweichen von Luftblasen durch den Wasserabschluß hindurch zu erkennen war. Wir waren in der Lage, die Auflösung so langsam zu leiten, daß ein Entweichen von Luftblasen vollständig vermieden werden konnte.

Die erzielte Lösung wurde nach Entfernung des Quarzröhrchens quantitativ in den Fällungskolben übertragen, der einen Inhalt von 3 l hatte und mit einem präzis eingeschliffenen Stopfen versehen war.

Fällung, Filtration und Titration.

Die Art unserer Arbeitsweise bei der Fällung des Chlorsilbers, der Filtration desselben und der gravimetrischen Titration des Chlorions mit gemessener Silberlösung unter Zuhilfenahme des Nephelometers, haben wir erst vor kurzem beschrieben¹⁾, so daß sich hier eine nähere Ausführung erübrigt, zumal keinerlei Veränderungen derselben vorgenommen wurden. Es genüge der Hinweis, daß wir die übliche Arbeitsweise der Richards-Schule befolgten.

Nachdem durch gravimetrische Bestimmung des Verhältnisses $\text{BeCl}_2 : 2\text{AgCl}$ ein erster Wert für das gesuchte Atomgewicht ermittelt war, wurde durch gravimetrische Titration mit genau abgewogenen Silbermengen mittels des Nephelometers das Verhältnis $\text{BeCl}_2 : 2\text{Ag}$ bestimmt und sodann die Analyse durch Wägung des bei der Titration erhaltenen Silberchlorids vervollständigt.

Resultate.

Vorläufige Serie.

Verhältnis $\text{BeCl}_2 : 2\text{AgCl}$.

Nr. d. Anal.	BeCl_2 i. Vak.	AgCl i. Vak.	$\text{BeCl}_2 : 2\text{AgCl}$	At.-Gew. v. Be
1	1.11820	4.01060	0.278811	9.015
2	1.71704	6.15797	0.278832	9.020
3	1.75631	6.29918	0.278815	9.015
	4.59155	16.46775	0.278819	9.016

Diese vorläufige Analysenserie ergab als Atomgewicht des Berylliums den Wert $\text{Be} = 9.016$. Derselbe wurde bei den nachfolgenden Bestimmungen des Verhältnisses $\text{BeCl}_2 : 2\text{Ag}$ als Basis zur Berechnung der für die einzelnen Analysen benötigten Silbermenge verwendet.

¹⁾ B. 54, 1894 [1921].

*Definitive Serie.*Verhältnis $\text{BeCl}_2 : 2 \text{ Ag}$.

Nr. d. Anal.	BeCl_2 i. Vak.	Ag i. Vak.	$\text{BeCl}_2 : 2 \text{ Ag}$	At.-Gew. v. Be
4	2.24141	6.05027	0.370464	9.017
5	2.79454	7.54344	0.370460	9.016
6	2.53396	6.84001	0.370449	9.017
7	2.25154	6.07739	0.370478	9.020
8	2.66893	7.20124	0.370467	9.018
9	1.98998	5.37161	0.370462	9.017
10	1.95621	5.28047	0.370461	9.017
11	2.82716	7.63133	0.370467	9.018
12	2.10571	5.68367	0.370484	9.022
13	1.81164	4.89023	0.370461	9.017
	23.18108	62.57266	0.370465	9.018

$$P_1 : P_2^1) = 1 : 1.4; \mathcal{A} = 6.6 : 10.000; \mathcal{A}_2 = 2 : 10.000; \mathcal{A}_3 = 0.63 : 10.000$$

Verhältnis $\text{BeCl}_2 : 2 \text{ AgCl}$.

Nr. d. Anal.	BeCl_2 i. Vak.	AgCl i. Vak.	$\text{BeCl}_2 : 2 \text{ AgCl}$	At.-Gew. v. Be
5 a	2.79454	10.02296	0.278813	9.015
6 a	2.53396	9.08798	0.278825	9.018
7 a	2.25154	8.07476	0.278837	9.021
8 a	2.66893	9.57180	0.278832	9.019
10 a	1.95621	7.01603	0.278820	9.016
	12.20518	43.77353	0.278825	9.018

$$P_1 : P_2 = 1 : 1.5; \mathcal{A} = 6.6 : 10.000; \mathcal{A}_2 = 2.7 : 10.000; \mathcal{A}_3 = 1.2 : 10.000.$$

Es ergaben somit 10 Bestimmungen des Verhältnisses $\text{BeCl}_2 : 2 \text{ Ag}$ als Mittel das Atomgewicht $\text{Be} = 9.018$ mit einer mittleren Abweichung vom Mittel von ± 0.0013 .

Insgesamt verbrauchten dabei 23.18108 g BeCl_2 zur Fällung des Chlor-Ions 62.57266 g Ag, woraus sich das Verhältnis $\text{BeCl}_2 : 2 \text{ Ag} = 0.370465$ und das At.-Gew. $\text{Be} = 9.018$ berechnet.

Ferner gaben in dieser Serie 5 Bestimmungen des Verhältnisses $\text{BeCl}_2 : 2 \text{ AgCl}$ als Mittelwert für das gesuchte Atomgewicht $\text{Be} = 9.018$ mit einer mittleren Abweichung vom Mittel von ± 0.0018 .

Es gaben dabei 12.20518 g BeCl_2 bei der Fällung 43.77353 g AgCl , woraus sich das Verhältnis $\text{BeCl}_2 : 2 \text{ AgCl} = 0.278826$ und das Atomgewicht $\text{Be} = 9.018$ berechnet.

¹⁾ Wir bezeichnen hier mit $P_1 : P_2$ das extreme Verhältnis der angewandten Substanzmengen, mit \mathcal{A} die maximale Abweichung der Einzelresultate, mit \mathcal{A}_2 den mittleren Fehler der Einzelbestimmungen und mit \mathcal{A}_3 den mittleren Fehler des gefundenen Mittelwertes.

Als sekundäre Basis zur Berechnung des Atomgewichts wurde das Atomgewicht des Silbers zu $\text{Ag} = 107.88$ angenommen und dementsprechend auch $\text{Cl} = 35.457$.

Zusammenfassung.

Es wurde eine Methode zur Darstellung und zur Analyse von reinstem, wasserfreiem und geschmolzenem Berylliumchlorid ausgearbeitet.

Als Mittel aller ausgeführten Analysen wurde das Atomgewicht des Berylliums zu

$$\text{Be} = 9.018$$

gefunden. Diesen Wert betrachten wir als das derzeit wahrscheinlichste Atomgewicht des Berylliums. Er ist um ca. 1 % niedriger als der international angenommene.

S. F. Arndt: Über einige Triazole.

(Zu der Mitteilung von E. Fromm)

(Gemeinsam mit Hrn. Dr. E. Milde, Hrn. F. Tschenschner, Frll. F. Bielich und Hrn. G. Eckert.)

[Aus dem Chem. Institut d. Universität Breslau.]

(Eingegangen am 26. November 1921.)

Im letzten Heft dieser Berichte¹⁾ teilt Hr. E. Fromm mit, daß die in unserer Abhandlung im September-Heft²⁾ beschriebenen Stoffe teilweise auch Gegenstand einer von ihm bei den »Annalen« liegenden Arbeit seien, und bittet zum Schluß um ungestörte Fortsetzung seiner anschließenden Arbeiten. Inzwischen haben wir uns privatim verständigt, und Hr. Fromm hat mir in liebenswürdiger Weise durch Übersendung des Korrektur-Abzuges den Inhalt seiner Annalen-Arbeit zugänglich gemacht, von dem übrigens nur wenige Versuche mit den von uns beschriebenen parallel gehen. Unsere genannte Abhandlung zeigt andererseits, daß auch sie nur die erste Veröffentlichung einer größeren Versuchsreihe ist, welche mit meinen oben genannten Mitarbeitern im Gange und meist weit vorgeschritten ist. Von neuen Versuchsreihen will ich nunmehr absehen und nur die bereits in Angriff genommenen in dem zur Abrundung der Doktor-Arbeiten nötigen Maße zu Ende führen. Ein gelegentliches Zusammenfallen der von beiden Seiten erhaltenen Stoffe wird sich dabei nicht vermeiden lassen, schadet aber m. E. nicht viel, da beide Teile, wie ein Vergleich der bisher erschienenen Mitteilungen zeigt, von recht verschiedenen Gesichtspunkten aus arbeiten. Uns kommt es auf die Ring-

¹⁾ B. 54, 2840 [1921].

²⁾ B. 54, 2089 [1921].