

Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

1929 Nr. I.

— Abteilung B (Abhandlungen) —

9. Januar.

IX. Bericht der Deutschen Atomgewichts-Kommission.

In der Zeit vom Dezember 1927 bis Ende November 1928 veröffentlichte Abhandlungen.

(Eingegangen am 24. November 1928.)

1929. Praktische Atomgewichte.

Ag	Silber	107.880	Mn	Mangan	54.93
Al	Aluminium	26.97	Mo	Molybdän	96.0
Ar	Argon	39.94	N	Stickstoff	14.008
As	Arsen	74.96	Na	Natrium	22.997
Au	Gold	197.2	Nb	Niobium	93.5
B	Bor	10.82	Nd	Neodym	144.27
Ba	Barium	137.36	Ne	Neon	20.18
Be	Beryllium	9.02	Ni	Nickel	58.69
Bi	Wismut	209.00	O	Sauerstoff	16.000
Br	Brom	79.916	Os	Osmium	190.9
C	Kohlenstoff	12.000	P	Phosphor	31.02
Ca	Calcium	40.07	Pb	Blei	207.21
Cd	Cadmium	112.41	Pd	Palladium	106.7
Ce	Cerium	140.13	Pr	Praseodym	140.92
Cl	Chlor	35.457	Pt	Platin	195.23
Co	Kobalt	58.94	F	Radium	225.97
Cp	Cassiopeium	175.0	I	Rubidium	85.45
Cr	Chrom	52.01	Rh	Rhodium	102.9
Cs	Caesium	132.81	Ru	Ruthenium	101.7
Cu	Kupfer	63.57	S	Schwefel	32.06
Dy	Dysprosium	162.46	Sb	Antimon	121.76
Em	Emanation	222	Sc	Scandium	45.10
Er	Erbium	167.64	Se	Selen	79.2
Eu	Europium	152.0	Si	Silicium	28.06
F	Fluor	19.00	Sm	Samarium	150.43
Fe	Eisen	55.84	Sn	Zinn	118.70
Ga	Gallium	69.72	Sr	Strontium	87.63
Gd	Gadolinium	157.3	Ta	Tantal	181.5
Ge	Germanium	72.60	Tb	Terbium	159.2
H	Wasserstoff	1.0078	Te	Tellur	127.5
He	Helium	4.002	Th	Thorium	232.12
Hf	Hafnium	178.6	Ti	Titan	47.90
Hg	Quecksilber	200.61	Tl	Thallium	204.39
Ho	Holmium	163.5	Tu	Thulium	169.4
In	Indium	114.8	U	Uran	238.14
Ir	Iridium	193.1	V	Vanadium	50.95
J	Jod	126.93	W	Wolfram	184.0
K	Kalium	39.104	X	Xenon	130.2
Kr	Krypton	82.9	Y	Yttrium	88.93
La	Lanthan	138.90	Yb	Ytterbium	173.5
Li	Lithium	6.940	Zn	Zink	65.38
Mg	Magnesium	24.32	Zr	Zirkonium	91.22

Die Kommission hatte sich 1921, als sie ihre Tätigkeit begann, auf den Standpunkt gestellt, daß angesichts der Unsicherheit von 1:10000, die dem Atomgewicht des Silbers anhaftete, „alle Atomgewichte, die mehr oder weniger indirekt von der sekundären Silber-Basis abhängen, eine noch größere Unsicherheit aufweisen, die bis zu 1:2500 betragen kann, so daß sie in der Tabelle nicht mit größerer Genauigkeit angegeben werden sollten, als ihnen tatsächlich zukommt. Man muß deshalb in den angegebenen Fällen auf die zweite Dezimale verzichten, auch wenn die angewandte Bestimmungsmethode bei kritischer Prüfung ihrer Ausführung und die nahe Übereinstimmung der Einzelergebnisse an sich eine größere Genauigkeit gewährleistet, als in den mit einer Dezimale notierten Werten zum Ausdruck kommt¹⁾.“

An diesem Prinzip hat die Kommission bisher festgehalten. Nachdem sie aber nunmehr, wie in dem folgenden Bericht näher dargelegt wird, zu der Überzeugung gelangt ist, daß durch die im Laufe der letzten Jahre ausgeführten Neubestimmungen des Verhältnisses Silber:Sauerstoff genügend vertrauenswürdiges Material zur Entscheidung der Frage nach dem wahren Atomgewicht des Silbers beigebracht worden ist, hat sie diese Entscheidung zugunsten des Wertes $\text{Ag} = 107.880$ getroffen. Die Unsicherheit dieser Zahl dürfte wohl nicht mehr als ± 0.001 betragen.

Wenn damit die sekundäre Silber-Basis als sichergestellt angesehen wird, so besteht kein Grund mehr für die bisher geübte Zurückhaltung. Die Kommission hat deshalb die auf Silber bezogenen Atomgewichte, soweit sie mit allen Feinheiten der vervollkommenen Technik der Halogen-Bestimmung ermittelt wurden, auf Grund der vertrauenswürdigsten Bestimmungsreihen mit dem jetzt gültigen Silber-Atomgewicht umgerechnet und gibt sie nun mit so viel Dezimalen an, daß die letzte jedenfalls bis auf wenige Einheiten als richtig angesehen werden darf.

Schon in der vorjährigen Tabelle wurde eine Reihe dieser Werte mit zwei resp. drei Dezimalen angegeben, von denen die letzte als Subindex angeschrieben wurde. Abgesehen davon, daß diese Ziffer jetzt als letzte Dezimale erscheint, mußte im Hinblick auf die Verfeinerung, die die Tabelle nunmehr im ganzen erfährt, noch eine Reihe von Atomgewichten unter Berücksichtigung neuerer Untersuchungen geändert werden, über die schon zum großen Teil im Laufe der letzten Jahre berichtet worden war, ohne daß damals eine Änderung des Tabellen-Wertes vorgenommen wurde.

Die folgende Zusammenstellung enthält sämtliche Atomgewichte nebst den zugehörigen Literatur-Nachweisen, die in der diesjährigen Tabelle eine Änderung erfahren haben:

Barium: Ba = 137.36

Hönigschmid und Sachtleben, $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$:
 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{Ag}$; Ztschr. anorgan. allg. Chem. 178, Heft 1 (1929).

Cadmium: Cd = 112.41

Siehe III. Bericht S. XVII (1923).

Kohlenstoff: C = 12.000

S. Moles in Landolt-Börnstein, Erg.-Bd. S. 160ff.: Dichte von CO_2 — Batuecas, Dichte von C_2H_4 ; Journ. Chim. physique 22, 101 (1925). — Richards und Hoover, $\text{Na}_2\text{CO}_3 : 2\text{NaBr}$; Journ. Amer. chem. Soc. 37, 95 (1915), s. hierzu Moles, Journ. Chim. physique 15, 55 (1926).

¹⁾ B. 54, A 182 [1921], 55, A III [1922].

Cerium: Ce = 140.13	Hönigschmid und Holch, $\text{CeCl}_3:3\text{Ag}:3\text{AgCl}$; Ztschr. anorgan. allg. Chem. 177, 91 (1928).
Kobalt: Co = 58.94	Baxter und Dorcas, $\text{CoCl}_2:2\text{Ag}$; Journ. Amer. chem. Soc. 46, 357 (1924).
Dysprosium: Dy = 162.46	Hönigschmid und Auer von Welsbach., $\text{DyCl}_3:3\text{Ag}:3\text{AgCl}$; Ztschr. anorgan. allg. Chem. 165, 289 (1927).
Erbium: Er = 167.64	Boss und Hopkins, $\text{ErCl}_3:3\text{Ag}$; Journ. Amer. chem. Soc. 50, 298 (1928).
Wasserstoff: H = 1.0078	Moles: Neuberechnung fundamentaler At.-Gew.; Ztschr. physikal. Chem. 115, 61 (1925). — Addingley und Gray, Trans. Faraday Soc. 24, 378 (1928).
Helium: He = 4.002	Siehe VIII. Bericht, S. 8 (1928).
Jod: J = 126.93	Baxter, J:Ag = 1.176603; Ztschr. anorgan. allg. Chem. 70, 34 (1911).
Lithium: Li = 6.940	Richards und Willard, $\text{LiCl}:\text{Ag}:\text{AgCl}$; Ztschr. anorgan. allg. Chem. 66, 229 (1910).
Neon: Ne = 20.18	Baxter, Dichte von Ne; Proceed. National Acad. Sciences Washington 14, 50 u. 57 (1928).
Nickel: Ni = 58.69	Richards und Cushman, $\text{NiBr}_2:2\text{Ag}:2\text{AgBr}$; Ztschr. anorgan. allg. Chem. 16, 167 (1898) und 20, 352 (1899); Baxter und Hilton, $\text{NiCl}_2:2\text{Ag}:2\text{AgCl}$; Journ. Amer. chem. Soc. 45, 694 (1923).
Phosphor: P = 31.02	Baxter, Moore und Boylston, $\text{PBr}_3:3\text{Ag}:3\text{AgBr}$; Journ. Amer. chem. Soc. 34, 259 (1912); Baxter und Moore, $\text{PCl}_3:3\text{Ag}:3\text{AgCl}$; Journ. Amer. chem. Soc. 34, 1644 (1912).
Blei: Pb = 207.21	Siehe VII. Bericht, S. 16 (1927).
Platin: Pt = 195.23	Archibald, Pt:Ag; Proceed. Roy. Soc. Edinburgh 29, 721 (1909).
Schwefel: S = 32.06	S. Moles in Landolt-Börnstein, Erg.-Bd. S. 162: Dichte von SO_2 . — Burt und Usher, N:S; Proceed. Roy. Soc. London 85, 97 (1911). — Scheuer, $2\text{Ag}:\text{Ag}_2\text{SO}_4:2\text{Ag}:\text{SO}_2:2\text{AgCl}:\text{Ag}_2\text{SO}_4$; Sitzber. Akad. Wien 123, IIa, 1 (1914). — Richards und Hoover, $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_2\text{SO}_4$; Journ. Amer. chem. Soc. 37, 108 (1915).
Samarium: Sm = 150.43	Steward und James, $\text{SmCl}_3:3\text{Ag}$; Journ. Amer. chem. Soc. 39, 2605 (1917); Owens, Balke und Kremers, $\text{SmCl}_3:3\text{Ag}$; Journ. Amer. chem. Soc. 42, 515 (1920).

Uran: $U = 238.14$

Hönigschmid und Schilz, $UCl_4:4Ag:4AgCl$; Ztschr. anorgan. allg. Chem. 170, 145 (1928).

Vanadium: $V = 50.95$

Briscoe und Little, $VOCl_3:3Ag:3AgCl$; Journ. chem. Soc. London 105, 1310 (1914).

Zink: $Zn = 65.38$

Siehe III. Bericht, S. 15 (1923).

Zirkonium: $Zr = 91.22$

Hönigschmid und Zintl, $ZrBr_4:4Ag:4AgBr$; Ztschr. anorgan. allg. Chem. 139, 293 (1924).

Unter den angeführten Elementen sind es die folgenden, deren Atomgewichte auf Grund von in der Berichtsperiode ausgeführten Untersuchungen geändert wurden:

$Ba = 137.36$ statt 137.37; $Ce = 140.13$ statt 140.2; $Er = 167.64$ statt 167.7; $Ne = 20.18$ statt 20.2 und $U = 238.14$ statt 238.18.

Die bisherige Einteilung des Berichtes wurde beibehalten. Er zerfällt wieder in 3 Teile, von denen der erste die nach physiko-chemischen, der zweite die nach chemischen Verfahren bestimmten Atomgewichte behandelt, während der dritte über die Fortschritte in der Isotopen-Frage bei den gewöhnlichen, nicht radioaktiven Elementen berichtet.

M. Bodenstein, O. Hahn,
O. Hönigschmid (Vors.), R. J. Meyer.

I. Nach physiko-chemischen Methoden bestimmte Atomgewichte.

Die Berichtsperiode bringt hier nur zwei Untersuchungen von Baxter und Starkweather über Neon und Argon²⁾, von denen die zweite auch eine allgemein wertvolle, wenn auch praktisch kaum sich auswirkende Bemerkung enthält.

Neon.

Das von der Air Reduction Company zur Verfügung gestellte Roh-Neon enthielt etwa 60% Helium und Stickstoff. Es wurde zunächst chemisch gereinigt durch festes Kali, heißes Calcium, heißes Kupfer, heißes Kupferoxyd, Kalilauge, festes Kali, Phosphorperoxyd, heißes Kupfer und heißes Calcium. Der dabei bleibende Gasrückstand enthielt noch etwa 15% Helium und wenig Stickstoff. Die weitere Reinigung geschah durch fraktionierte Adsorption an Chabasit, der in flüssigem Stickstoff — gelegentlich aushilfsweise in flüssigem Sauerstoff — gekühlt wurde, wobei zur Kontrolle der Reinheit spektroskopische Beobachtungen dienten und vor allem die Konstanz der Diclite, natürlich der Mittelfraktionen.

Eine nicht ganz aufgeklärte Beobachtung wurde dabei gemacht: es trat nach der ersten chemischen Reinigung das Wasserstoff-Spektrum

²⁾ Proceed. National Acad. Sciences Washington 14, 50, 57 [1928].

auf. Versuche, es durch Passieren des Gases über heißes Kupferoxyd, Phosphorpentoxyd und heißes Nickel zu beseitigen, schlugen fehl, doch ist es offensichtlich gelungen, das Neon frei von Wasserstoff zu gewinnen.

Das Schema der Fraktionierung wird in allen Einzelheiten gegeben. Die schließlichen Dichte-Bestimmungen wurden in dem Apparat ausgeführt, der schon für die Messungen am Sauerstoff, Stickstoff und Helium gedient hatte, mit den Zwei-Liter-Ballonen der späteren dieser Arbeiten^{3).}

Die zur Berechnung verwendeten Konstanten sind:

Dichte des Wassers bei 0°	0.999868
Kubischer Ausdehnungskoeffizient des Quecksilbers	0.0001818
Schwere-Beschleunigung 45° Breite und Seehöhe.....	980.616
Schwere-Beschleunigung im Coolidge-Laboratorium ..	980.399

Es wurden im ganzen 26' Messungsreihen ausgeführt, allerdings 8 mit nur einem Ballon, diese und 6 weitere bei 1 Atmosphäre, 6 bei $\frac{2}{3}$ Atmospären, 6 bei $\frac{1}{3}$ Atmospären. Die Mittelwerte sind, unter Verwerfung von drei einander folgenden Messungen, bei denen offensichtlich noch leichteres Gas als Verunreinigung vorhanden war:

Drucke	Reihe	Ballon VI	Ballon VII	Gesamtmittel
I Atm.	I, 2, 4	—	0.89989	—
I „	9, 10	—	0.89991	—
I „	11, 13, 15, 17, 19, 21	0.89987	0.89993	0.89990 ⁴⁾
$\frac{2}{3}$ „	3, 12, 16, 18, 23, 25	0.60001	0.60007	0.60004 ⁴⁾
$\frac{1}{3}$ „	5, 14, 20, 22, 24, 26	0.30007	0.30011	0.30009 ⁴⁾

P	PV
I Atm.	1.00000,
$\frac{2}{3}$ „	0.99982,
$\frac{1}{3}$ „	0.99959.

Das liefert für $P = 0$ bei linearer Extrapolation und gleicher Bewertung der drei Bestimmungen $PV = 1 + \lambda = 0.99942$, und hieraus folgt mit den eigenen Bestimmungen der Verfasser für Sauerstoff ($L_0 = 1.42897$, $1 + \lambda = 1.00092$)

$$\mathbf{Ne = 20.182}$$

eine Bestätigung und Präzisierung der bisher benutzten Zahl 20.2. Die Zahl wird zu 20.183 durch eine etwas andere Berechnungsart, die in der unmittelbar folgenden Abhandlung über Argon diskutiert wird. In die Tabelle wird die Zahl **20.18** statt 20.2 aufgenommen.

Argon.

Das von der gleichen Firma zur Verfügung gestellte Roh-Argon war wesentlich reiner als das Neon, es enthielt gegen 99% Argon, der Rest war Stickstoff und Sauerstoff, während die selteneren Edelgase auch bei der

³⁾ VI. Bericht, B. 59, II und VI [1926]; VII. Bericht, B. 60, 5 [1927]; VIII. Bericht, B. 61, 5 [1928].

⁴⁾ Ballon VI gibt hier jedesmal um etwa $\frac{1}{10000}$ kleinere Werte als Ballon VII. Bei den anderen Arbeiten, wo diese Ballone ebenfalls benutzt wurden, ist nichts dergleichen zu bemerken.

späteren Reinigung sich niemals zeigten. Diese geschah zunächst chemisch analog der von Neon, danach durch fraktionierte Destillation. Obschon sie viermal wiederholt wurde, jedesmal mit Perlen des Dampfes durch die Flüssigkeit, enthielt der flüchtigste Anteil noch viel Stickstoff. Verfasser führen das auf zu vorsichtiges Erhitzen des Calciums bei der chemischen Vorbehandlung zurück. Die inzwischen von v. Antropoff und Germann⁵⁾ mitgeteilten Beobachtungen über die beschleunigende Wirkung des Natriums bei der oft launenhaften Stickstoff-Aufnahme seitens des Calciums würden diese Schwierigkeiten sicherlich behoben haben, wenn sie den Autoren schon zur Verfügung gestanden hätten.

Es wurde auch hier die fraktionierte Adsorption an Chabasit benutzt, in völliger Analogie zur Arbeitsweise beim Neon. Die Ergebnisse der Dichte-Messungen sind, ebenso berechnet wie dort:

Druck	Reihe	Ballon VI	Ballon VII	Mittel
1 Atm.	2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 14 ⁶⁾	1.78364	1.78364	1.78364
2/3 ,,	4, 8, 10, 16 ⁶⁾	1.18872	1.18875	1.18874
1/3 ,,	6, 12, 13, 17 ⁶⁾	0.59421	0.59416	0.59419

Daraus folgt:

P	PV
1 Atm.	1.00000,
2/3 ,,	1.00030,
1/3 ,,	1.00060

und für $P = 0$ linear extrapoliert $PV = 1 + \lambda = 1.00090$, und hieraus mit den Daten für Sauerstoff $L_0 = 1.42897$ und $1 + \lambda = 1.00092$ für das Atomgewicht

Ar = 39.943

Diese Zahl stimmt mit der in die Tabelle aufgenommenen 39.94 gut überein.

Die Verfasser führen nun noch Folgendes aus: Diese übliche Methode der Berechnung geht davon aus, daß der Wert von PV für 1 Atm. korrekt ist; man sollte aber zur Auffindung der geraden Linie, welche zur Extrapolation auf $P = 0$ benutzt wird, auch die Beobachtungen von $2/3$ Atm. und $1/3$ Atm. ebenso heranziehen, jede bewertet umgekehrt nach ihrem wahrscheinlichen Fehler. Dann erhält man für die vier untersuchten Gase nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$\begin{aligned} \text{Sauerstoff} \dots & \quad PV/w = 0.699807. \quad (1 + 0.000927 (1-p)) \\ \text{Stickstoff} \dots & \quad PV/w = 0.799763. \quad (1 + 0.000401 (1-p)) \\ \text{Neon} \dots \dots & \quad PV/w = 1.111237. \quad (1 - 0.000592 (1-p)) \\ \text{Argon} \dots \dots & \quad PV/w = 0.560651. \quad (1 + 0.000901 (1-p)) \end{aligned}$$

Die mit diesen Gleichungen für die Versuchsdrücke berechneten Dichten stimmen bei Sauerstoff und Argon vollkommen mit den gemessenen überein, bei Stickstoff und Neon gibt es einige Abweichungen um eine Einheit der letzten Stelle (0.01 mg). Der Einfluß auf die Atomgewichte ist kleiner als

⁵⁾ Ztschr. physikal. Chem. 137, 209 [1928].

⁶⁾ Bei Reihe 13 zerbrach Ballon VI, die späteren wurden daher nur mit VII ausgeführt.

eine Einheit der dritten Dezimale, trotzdem werden die von Neon und Argon zufällig um diesen Betrag anders. Die Endergebnisse nach dieser Rechnung sind:

	Sauerstoff	Stickstoff	Neon	Argon
Grenzdichte	1.42764	1.24987	0.90043	1.78204
Atomgewichte	16.000	14.008	20.183	39.944
$1 + \lambda$	1.00093	1.00040	0.99941	1.00090

Daß Helium in dieser Zusammensetzung fehlt, liegt natürlich daran, daß seine Abweichungen von den Gasgesetzen unmerklich klein sind.

II. Nach chemischen Verfahren bestimmte Atomgewichte.

Kalium.

Wie schon im vorjährigen Bericht angekündigt wurde, haben Höngschmid und Goubeau⁷⁾ in Ergänzung ihrer Kaliumchlorid-Analyse⁸⁾ nunmehr auch das Kaliumbromid mit Silber gemessen, um den von ihnen gefundenen Atomgewichtswert $K = 39.104$ einer unabhängigen Prüfung zu unterziehen.

Zur Gewinnung des Bromids wurde Kaliumoxalat durch wiederholte Krystallisation gereinigt, dann mit reinstem elementaren Brom umgesetzt und das erhaltene Bromid noch zweimal aus Wasser umkristallisiert.

Das Kaliumbromid kam geschmolzen zur Wägung. Die Trocknung und das Schmelzen des Bromids bereiteten einige Schwierigkeiten wegen seiner Empfindlichkeit gegen Spuren von Sauerstoff oder Feuchtigkeit. Ein in Wasser mit neutraler Reaktion lösliches, geschmolzenes Salz konnte nur dann erhalten werden, wenn der Stickstoff, in welchem die Trocknung vorgenommen wurde, vollkommen frei war von Sauerstoff und jeder Spur Wasserdampf, und wenn das Präparat selbst vor dem Schmelzen lange Zeit auf hohe Temperatur erhitzt worden war.

Es wurden nach der klassischen Methodik die beiden Verhältnisse $KBr:Ag$: $Ag:AgBr$ bestimmt.

Die Wägungen, mit Gegengewichten durch Substitution ausgeführt, wurden für das Vakuum korrigiert.

Verhältnis $KBr:Ag$

Nr.	KBr im Vak.	Ag im Vak.	$KBr:Ag$	At.-Gew. von K
1	6.43476	5.83244	1.103271	39.103
2	7.37102	6.68104	1.103274	39.105
3	4.70287	4.26274	1.103250	39.103
4	5.72267	5.18704	1.103263	39.104
5	5.05508	4.58197	1.103250	39.103
6	4.96244	4.49799	1.103257	39.103
7	5.60505	5.08032	1.103287	39.107
8	4.68275	4.24433	1.103295	39.108
9	6.37343	5.77996	1.103250	39.103
10	6.60947	5.99069	1.103290	39.107
	57.51954	52.13552	1.103270	39.105 ± 0.0018

⁷⁾ Höngschmid und Goubeau, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **177**, 102 [1928].

⁸⁾ Höngschmid und Goubeau, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **163**, 93 [1927].

Verhältnis KBr:AgBr				
Nr.	KBr im Vak.	AgBr im Vak.	KBr:AgBr	At.-Gew. von K
1 a	6.43476	10.15286	0.633788	39.107
2 a	7.37102	11.63067	0.633757	39.101
3 a	4.70287	7.42057	0.633767	39.102
4 a	5.72267	9.02972	0.633759	39.102
6 a	4.96244	7.83013	0.633762	39.102
7 a	5.60505	8.84400	0.633769	39.103
8 a	4.68275	7.38862	0.633779	39.105
9 a	6.37343	10.05611	0.633787	39.107
10 a	6.60947	10.42840	0.633795	39.108
	<u>52.46446</u>	<u>82.78108</u>	<u>0.633774</u>	<u>39.104 ± 0.002</u>

Die 19 ausgeführten Analysen ergeben damit als Mittel für das Atomgewicht des Kaliums $K = 39.104 \pm 0.002$, identisch mit dem schon mitgeteilten Chlorid-Wert, der bereits im Vorjahre Aufnahme in die Tabelle gefunden hat.

In diesem Zusammenhang soll auch eine Untersuchung erwähnt werden, welche sich mit einem Versuch zur partiellen Trennung der Isotopen des Kaliums beschäftigt. G. v. Hevesy und Lögstrup⁹⁾ führten eine „ideale“ Destillation von metallischem Kalium aus und erhielten dabei als Rückstand, d. h. als schwerstflüchtige Fraktion, 25 g „schweres“ Kalium, für welches sie unter der Voraussetzung, daß das Atomgewicht des Kaliums 39.104 beträgt, und daß demnach im Mischelement Kalium 5.2% K_{41} vorhanden sind, einen Gehalt an K_{41} von 5.69% berechneten. Im Falle einer theoretischen Trennungs-Ausbeute sollte das Atomgewicht dieses „schweren“ Kaliums 39.1138 betragen.

Die experimentelle Bestimmung des Atomgewichtes dieses „schweren“ Kaliums wurde von Hönigschmid und Goubeau ausgeführt. Das Ergebnis derselben teilten bereits v. Hevesy und Lögstrup¹⁰⁾ mit, während die Analysen selbst hier erstmalig veröffentlicht werden.

Das metallische Kalium wurde zunächst durch Einwirkung feuchter Kohlensäure in das Carbonat überführt, dieses in reinster Salpetersäure gelöst, das erhaltene Nitrat durch mehrmalige Krystallisation gereinigt und schließlich in einem Quarzkolben durch Einleiten von HCl in die Nitrat-Lösung in Chlorid verwandelt.

Das geschmolzene Chlorid wurde in üblicher Weise durch Bestimmung der Verhältnisse $KCl:Ag:AgCl$ analysiert.

Verhältnis $KCl:Ag$				
Nr.	KCl im Vak.	Ag im Vak.	$KCl:Ag$	At.-Gew.
1	4.28546	6.19999	0.691204	39.110
2	2.52627	3.65490	0.691201	39.110
3	<u>3.93957</u>	<u>5.69971</u>	<u>0.691188</u>	<u>39.108</u>
	<u>10.75130</u>	<u>15.55460</u>	<u>0.691197</u>	<u>39.109</u>

Verhältnis $KCl:AgCl$				
Nr.	KCl im Vak.	$AgCl$ im Vak.	$KCl:AgCl$	At.-Gew.
1 a	4.28546	8.23794	0.520210	39.108
2 a	2.52627	4.85610	0.520226	39.111
3 a	<u>3.93957</u>	<u>7.57303</u>	<u>0.520211</u>	<u>39.108</u>
	<u>10.75130</u>	<u>20.66707</u>	<u>0.520216</u>	<u>39.109</u>

⁹⁾ v. Hevesy und Lögstrup, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **171**, 1 [1928].

¹⁰⁾ vergl. hierzu S. 21 dieses Berichtes.

Als Mittel dieser 6 Analysen ergibt sich für das Atomgewicht dieses „schweren“ Kaliums der Wert $K = 39.109$, der um 0.005 Einheiten höher ist als das Atomgewicht des normalen Kaliums.

Caesium.

Während die chemischen Methoden für das Atomgewicht des Caesiums den von Richards und Archibald¹¹⁾ gefundenen und derzeit gültigen Wert $Cs = 132.81$ ergeben, nimmt Aston auf Grund seiner massen-spektroskopischen Untersuchungen an, daß das Caesium ein Reinelement mit der Masse 133 ± 0.2 sei. Da nun negative Packeffekte für gewöhnlich kleiner zu sein pflegen als im Falle des Caesiums anzunehmen wäre, unternahmen Richards und Françon¹²⁾ eine Revision dieses Atomgewichtes, hoffend, damit auch zur Klärung einiger anderer, mit der Stabilität des Caesiumatoms zusammenhängender Fragen beitragen zu können. Alle verwendeten Reagenzien und Materialien, wie auch das Silber wurden nach den in Harvard üblichen Methoden gereinigt.

Caesiumchlorid wurde aus Pollucit von Maine gewonnen und über den Caesiumalaun gereinigt, der dreimal krystallisiert wurde. Wie schon Murmann¹³⁾ und Godeffroy¹⁴⁾ zeigten, eignet sich dieser Alaun ausgezeichnet zur vollständigen Abtrennung von Kalium und Rubidium, und die Autoren konnten selbst feststellen, daß auf diesem Wege auch das Natrium am sichersten zu entfernen ist. Die Alaun-Lösung wurde mit $BaCl_2$ gefällt und aus dem Filtrat das Caesium mit reinster Überchlorsäure als schwerlösliches Perchlorat gefällt. Dieses wurde durch thermische Zersetzung in Chlorid verwandelt und letzteres durch 2 Krystallisationen aus Wasser gereinigt.

Das im „bottling apparatus“ in einem Gemisch von Stickstoff und wenig HCl geschmolzene Chlorid löste sich in Wasser mit vollkommen neutraler Reaktion. Die spektroskopische Untersuchung ergab Abwesenheit von Al, Ba, K und Tl. Na konnte nur in geringsten Spuren zugegen sein.

Die Wägung des geschmolzenen Chlorids erfolgte durch Substitution mit Gegengewichten und wurde für das Vakuum korrigiert. Die Lösung des Chlorids wurde mit Silber unter Benutzung des Nephelometers gemessen.

Wir haben die in der Originalmitteilung nicht angegebenen Verhältniswerte für $CsCl:Ag$ berechnet und dabei festgestellt, daß sich in die Analyse Nr. 2 ein Druckfehler eingeschlichen haben muß, denn aus den mitgeteilten Gewichtsmengen von CsCl und Ag berechnet sich dort das Atomgewicht 132.840 und nicht 132.832, wie von den Autoren angegeben wird. Dies hat auch zur Folge, daß der Mittelwert von 132.809 auf 132.811 erhöht wird. Eine Antwort auf eine diesbezügliche nach Amerika gerichtete Anfrage war bis zur Fertigstellung der Korrektur dieses Berichtes nicht eingelangt.

¹¹⁾ Richards und Archibald, Proceed. Amer. Acad. Arts Sciences **38**, 443 [1903].

¹²⁾ Richards und Françon, Journ. Amer. chem. Soc. **50**, 2162 [1928].

¹³⁾ Murmann, Österr. Chemiker-Ztg. **27**, 129 [1924].

¹⁴⁾ Godeffroy, A. **181**, 176 [1876].

Verhältnis CsCl:Ag				
Nr.	CsCl im Vak.	Ag im Vak.	CsCl:Ag	At.-Gew. von Cs
1	4.42344	2.83610	1.55969	132.802
2	5.01421	3.21416	1.56004	132.840
3	4.14983	2.66099	1.55951	132.783
4	4.48842	2.87747	1.55985	132.820
	18.07590	11.58872	1.55977	132.811

Der gefundene Mittelwert $Cs = 132.811$ bestätigt vollkommen unseren derzeitigen Tabellenwert.

Kupfer.

Ruer¹⁵⁾ setzt seine 1924 begonnenen Untersuchungen über das Verhältnis CuO:Cu fort und studiert jetzt die Aufnahmefähigkeit des aus dem Oxyd durch Reduktion mit Wasserstoff erhaltenen metallischen Kupfers für Luft-Sauerstoff. Er konnte dabei feststellen, daß das seinerzeit für die Atomgewichts-Bestimmung verwendete Kupfer vor der Wägung nur 1.02 mg O₂ auf 100 g aufgenommen haben kann. Dies würde einen Wägefehler von nur 1:100000 verursachen, der auch bei Atomgewichts-Bestimmungen durchaus zulässig ist. Unter Berücksichtigung dieser geringen Oxydation werden die früher von Ruer und Bode gelegentlich ihrer Atomgewichts-Bestimmung des Kupfers mitgeteilten Gewichte von CuO und Cu korrigiert und die Analysen neuberechnet. In der folgenden Tabelle sind die zu korrigierenden Werte und die daraus berechneten Atomgewichte zusammengestellt. Wir haben nur statt des Verhältnisses Cu:CuO das für die Berechnung des Atomgewichtes bequemere Verhältnis CuO:Cu eingefügt.

Verhältnis CuO:Cu				
Nr.	CuO im Vak. korrig.	Cu im Vak. korrig.	CuO:Cu	At.-Gew. von Cu
1	4.84405	3.86977	1.251767	63.551
2	3.28111	2.62110	1.251806	63.541
3	4.67555	3.73502	1.251814	63.539
4	2.57200	2.05456	1.251849	63.530
5	4.49774	3.52122	1.251765	63.551
6	3.07800	2.45885	1.251805	63.541
7	4.92488	3.93434	1.251768	63.551
8	6.17511	4.93311	1.251768	63.551
	33.95844	27.12797	1.251776	63.544

Diese Analysen ergeben als Mittelwert für das Atomgewicht des Kupfers Cu = 63.544. Ruer hat mit seinen Mitarbeitern seit seiner ersten diesbezüglichen Mitteilung vom Jahre 1924 die möglichen Fehlerquellen seiner Methodik mit außerordentlicher Gründlichkeit studiert, so daß der Referent (Hönigschmid) nicht ansteht, die früher dieser Atomgewichts-Bestimmung gegenüber geäußerten Bedenken fallen zu lassen und zuzugeben, daß durch die verschiedenen nachfolgenden Mitteilungen Ruers alle mit seiner Atomgewichts-Bestimmung zusammenhängenden Einzelfragen, namentlich was die Reinheit der gewogenen Substanzen betrifft, geklärt erscheinen. Da

¹⁵⁾ Ruer, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **169**, 251 [1927]; Ruer und Kuschmann, ebd. **166**, 257 [1927], sowie ebd. **154**, 69 [1926]; Ruer und Bode, ebd. **137**, 101 [1924].

aber der bisherige Tabellenwert Cu = 63.57 durch eine längere Reihe nach verschiedenen chemischen und elektrochemischen Methoden ausgeführten Untersuchungen von Richards, die sehr übereinstimmende Resultate ergeben, gestützt erscheint, kann sich die Kommission vorläufig nicht dazu entschließen, ihn zugunsten des neuen Wertes von Ruer aufzugeben.

Silber.

Im Münchener Atomgewichts-Laboratorium wurden die der Bestimmung des Verhältnisses von Silber zu Sauerstoff gewidmeten Untersuchungen von Höngschmid und Sachtleben¹⁶⁾ fortgesetzt, und zwar wurde der Versuch unternommen, mit Hilfe eines Abbaues von Perchloraten zu Chloriden und Messung der letzteren mit Silber, das gesuchte Verhältnis auf einem möglichst direkten Wege scharf zu fassen.

Nachdem quantitative Vorversuche erwiesen hatten, daß weder das Silberperchlorat, noch die entsprechenden Kalium- und Lithiumsalze aus mannigfachen Gründen für den gedachten Zweck geeignet sind, wurde im Bariumperchlorat ein den gestellten Bedingungen genügendes Ausgangsmaterial gefunden.

Es wurde von dem Perchlorat verlangt, daß es in wohl definierter Form, vollkommen wasserfrei und gewichtskonstant, wenn möglich geschmolzen, gewogen werden könne, daß es sich ferner relativ leicht und quantitativ durch Erhitzen im HCl-Strom in das entsprechende Chlorid umwandeln lasse, und daß dieses die hierzu benötigte Temperatur von ca. 500° ohne jede Spur von Verdampfung aushalte.

Das Bariumperchlorat kann zwar nicht ohne Zersetzung geschmolzen werden, doch läßt es sich bei 260° zur sicheren Gewichtskonstanz bringen; der Abbau zum BaCl₂ gelingt relativ rasch und vollkommen quantitativ bei 550°, bei welcher Temperatur das Chlorid absolut gewichtskonstant bleibt.

Da sowohl das Perchlorat, wie auch das Chlorid in pulverförmiger Form zur Wägung kam, erfolgte die letztere zur Vermeidung einer Fälschung der Wägungsresultate durch Luft-Absorption in evakuierten Wägegläsern, wofür im Münchener Laboratorium eine Präzisionsmethodik ausgearbeitet und schon von Zintl und Goubeau¹⁷⁾ beschrieben worden war.

Reinstes Bariummaterial wurde durch oftmalige Krystallisation von Bariumnitrat gewonnen, welche Methode schon Richards seinerzeit als die geeigneteste zur Entfernung der nächsten Homologen des Bariums, nämlich von Sr und Ca, erkannt hatte. Aus dem Nitrat wurde auf dem Wege über das mit destilliertem, reinem Ammoniumcarbonat gefällte BaCO₃ durch Auflösen desselben in reinster Perchlorsäure das Perchlorat dargestellt und dieses durch wiederholte Krystallisation gereinigt. Es erwies sich als praktisch frei von Chlor-Ion, da es in 10 g des Salzes höchstens 0.003 mg Cl' enthalten konnte, wahrscheinlich aber nur einen Bruchteil dieser Menge.

Das Perchlorat wurde bei 260° in einer geschlossenen Apparatur in einem Strom gereinigter und filtrierter Luft getrocknet, mit Hilfe einer hierfür konstruierten Überführungs-Apparatur, ohne mit der Außenluft in Berührung zu kommen, ins Hochvakuum überführt, daselbst in sein Wägeglas eingeschlossen und dann zur Einwage gebracht.

¹⁶⁾ Höngschmid und Sachtleben, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **178**, Heft 1 [1929].

¹⁷⁾ Zintl und Goubeau, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **163**, 302 [1927].

Das gewichtskonstante Perchlorat wurde in der gleichen Apparatur, in welcher die Trocknung erfolgte, durch Erhitzen im HCl-Strom bis auf 550° quantitativ in Bariumchlorid umgewandelt und dieses in gleicher Weise wie das Perchlorat in evakuierten Wägegläsern gewogen. Das gewogene Chlorid wurde dann in üblicher Weise mit Silber gemessen.

Es ergaben sich so die beiden Verhältnisse $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 : \text{BaCl}_2 : 2\text{Ag}$, ermittelt an ein und derselben Probe des Perchlorats. Durch die Messung mit Silber wurde diejenige Silbermenge quantitativ erfaßt, welche der vom Perchlorat beim Abbau zum Chlorid abgegebenen Sauerstoffmenge äquivalent ist und dadurch auch gleichzeitig direkt das Verhältnis $\text{Ag} : 4\text{O}$ erhalten.

Wägungsresultate

Nr.	$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ evak.	BaCl_2 evak.	Sauerstoff evak.	Silber im Vak.
1	7.14254	4.42378	2.71876	4.58277
2	12.02482	7.44756	4.57726	7.71567
3	10.32340	6.39382	3.92958	6.62360
4	10.64966	6.59588	4.05378	6.83327
5	11.69950	7.24609	4.45341	7.50692
Sa.	51.83992	32.10713	19.73279	33.26223

Aus diesen Wägungsdaten berechnen sich die in folgender Tabelle zusammengestellten Verhältnis- und Atomgewichtswerte:

Nr.	$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 : \text{BaCl}_2$	$\text{Ag} : 4\text{O}$	At.-Gew. von Ag
1	1.61458	1.68561	107.879
2	1.61460	1.68565	107.882
3	1.61459	1.68558	107.877
4	1.61459	1.68565	107.882
5	1.61459	1.68566	107.882
Mittel	1.61459	1.68564	107.880

Für das Atomgewicht des Silbers bezogen auf O = 16.000 ergibt sich als Mittel dieser 5 Bestimmungen bei einer maximalen Abweichung der Einzelresultate von 1:20000 der Wert $\text{Ag} = 107.880 \pm 0.001$.

Dieses Ergebnis steht in voller Übereinstimmung mit den 3 früheren Revisionsarbeiten des Münchener Laboratoriums, welche die Untersuchung von Nitraten zwecks Bestimmung des Verhältnisses Silber:Sauerstoff zum Gegenstande hatten.

Es stehen demnach für die Festsetzung des Atomgewichts des Silbers folgende moderne Werte zur Diskussion:

Autoren:	Verhältnis:	At.-Gew. von Ag:
1907 Richards und Forbes ¹⁸⁾	$\text{Ag} : \text{AgNO}_3$	107.879
1910 Richards und Willard ¹⁹⁾	$\text{LiClO}_4 : \text{LiCl} : \text{Ag}$	107.871
1924 Zintl und Meuwesen ²⁰⁾	$\text{NaNO}_3 : \text{NaCl} : \text{Ag}$	107.880
1927 Zintl und Goubeau ²¹⁾	$\text{KNO}_3 : \text{KCl} : \text{Ag}$	107.879
1927 Höninghschmid, Zintl und Thilo ²²⁾	$\text{AgNO}_3 : \text{Ag}$	107.879
1928 Höninghschmid und Sachtleben ²³⁾	$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 : \text{BaCl}_2 : 2\text{Ag}$	107.880

¹⁸⁾ Richards und Forbes, Ztschr. anorgan. Chem. **55**, 34 [1907].

¹⁹⁾ Richards und Willard, Ztschr. anorgan. Chem. **66**, 229 [1910].

²⁰⁾ Zintl und Meuwesen, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **136**, 223 [1924].

²¹⁾ Zintl und Goubeau, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **163**, 302 [1927].

²²⁾ Höninghschmid, Zintl und Thilo, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **163**, 65 [1927].

²³⁾ Höninghschmid und Sachtleben, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **178**, Heft 1 [1929].

Fünf dieser Untersuchungen ergeben demnach übereinstimmend den höheren Silberwert 107.880 und nur eine einzige, die Lithiumperchlorat-Arbeit von Richards und Willard, den niedrigeren Wert 107.871, den Richards, allerdings noch vor der Veröffentlichung der vier zuletzt angeführten Münchener Untersuchungen, den Vorzug geben zu müssen glaubte.

Die Kommission ist der Meinung, daß das vorliegende Material ausreicht, um eine Wahl zwischen den 2 möglichen Atomgewichts-Werten des Silbers, nämlich 107.880 und 107.871, zu treffen. In der Erwägung, daß der aus der klassischen Silbernitrat-Synthese von Richards und Forbes hervorgegangene Wert durch alle neueren Bestimmungen des Münchener Laboratoriums eindeutig bestätigt wird, entscheidet sie sich für das Atomgewicht des Silbers bezogen auf O = 16.000

$$\mathbf{Ag=107.880,}$$

welcher Wert bisher schon Aufnahme in die Tabelle gefunden hatte.

Barium.

Bei der Besprechung des Atomgewichts des Silbers wurde über eine von Hönigschmid und Sachtleben²³⁾ ausgeführte Untersuchung berichtet, in der reines gewogenes Bariumperchlorat durch Erhitzen im HCl-Strom zum Bariumchlorid abgebaut und dieses mit Silber gemessen wurde. Die hierbei gewonnenen Daten lassen sich auch für die Bestimmung des Atomgewichts des Bariums auswerten. Es ergeben sich aus dieser Untersuchung 4 Verhältnisse, die für die Berechnung des Barium-Atomgewichts verwendbar sind.

Aus den auf S. 11 angeführten Wägungsresultaten berechnen sich die in folgender Tabelle zusammengestellten Verhältniswerte.

Nr.	$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 : \text{BaCl}_2$	$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 : 2\text{Ag}$	$\text{BaCl}_2 : 2\text{Ag}$
1	1.61458	1.55856	0.96531
2	1.61460	1.55849	0.96525
3	1.61459	1.55858	0.96531
4	1.61459	1.55850	0.96526
5	1.61459	1.55850	0.96525
Mittel	1.61459	1.55853	0.96528

Aus den gefundenen Verhältniswerten ergeben sich die folgenden Atomgewichte des Bariums:

Verhältnis	At.-Gew. von Ba
$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 : \text{BaCl}_2 = 1.61459 \dots$	137.355
$\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 : 2\text{Ag} = 1.55853 \dots$	137.354
$\text{BaCl}_2 : 2\text{Ag} = 0.96528 \dots$	137.355
Mittel	137.355

Schließlich wurde noch in 3 der angeführten Analysen das gefällte Chlor-silber gewogen und damit das Verhältnis $\text{BaCl}_2 : 2\text{AgCl}$ ermittelt:

Verhältnis $\text{BaCl}_2 : 2\text{AgCl}$.				
Nr.	BaCl_2 evak.	AgCl im Vak.	$\text{BaCl}_2 : 2\text{AgCl}$	At.-Gew. von Ba
3	6.39382	8.80070	0.72651	137.358
4	6.59588	9.07900	0.72650	137.354
5	7.24609	9.97378	0.72651	137.359
	20.23579	27.85348	0.72650	137.357

Als Mittel dieser 3 Bestimmungen ergibt sich der Wert $Ba = 137.357$.

Die ersten 3 Werte sind, was Genauigkeit der angewandten Methode betrifft, mit größerer Präzision bestimmt, als der zuletzt angeführte, weshalb dieser bei der Berechnung des Gesamtmittels nicht berücksichtigt wird. Als wahrscheinlichstes Atomgewicht des Bariums ergibt sich demnach der Wert $Ba = 137.355$.

Mit Rücksicht darauf, daß die vor 35 Jahren ausgeführte Untersuchung von Richards²⁴⁾, auf die sich der derzeit gültige Wert von 137.37 gründet, in Bezug auf Genauigkeit und Vollkommenheit der Methode an die späteren Arbeiten des Harvard-Laboratoriums nicht heranreicht, gibt die Kommission der hier besprochenen modernen Untersuchung den Vorzug und nimmt den abgerundeten Wert **$Ba = 137.36$** in die Tabelle auf, zumal er nur um eine Einheit der zweiten Dezimale von dem bisher gültigen abweicht.

Cerium.

Das Atomgewicht des Cers $Ce = 140.25$ hat sich seit 25 Jahren unverändert in allen Atomgewichts-Tabellen erhalten. Es basiert auf den Bestimmungen von Brauner²⁵⁾, die nach der Sulfat- resp. Oxalat-Methode ausgeführt wurden. Seither hat sich die Forschung mit diesem Atomgewicht nicht beschäftigt.

Hönigschmid und Holch²⁶⁾, denen W. Prandtl ein nach optisch- und röntgen-spektroskopischem Befund vollkommen reines Cermaterial zur Verfügung stellte, haben jetzt eine Revision des Cer-Atomgewichts durch Analyse des Cerochlorids ausgeführt.

Sie gewannen das Chlorid auf nassem Wege, indem sie reines, aus der salpetersauren Lösung des Ceroxalats mit Ammoniak gefälltes Cerhydroxyd in Salzsäure lösten und durch Einleiten von gasförmigem Chlorwasserstoff das krystallisierte Chlorid ausfällten. Diese Fällung mit HCl wurde 5-mal wiederholt.

Da das Chlorid geschmolzen zur Einwage kommen sollte, mußte es zunächst sorgfältigst durch Erhitzen im HCl -Strom entwässert werden, wofür eine genaue Arbeitsvorschrift gegeben wird, nach welcher es sicher gelingt, ein analysenreines, definiertes und geschmolzenes $CeCl_3$ zu erhalten, das keine Spur von Oxychlorid enthält. Im Wesen kommt es darauf an, vor Erreichung der Schmelz-Temperatur jede Spur von Wasser auszutreiben, da sonst während des Schmelzens im HCl -Strom Oxychlorid entsteht, das nicht mehr in das neutrale Chlorid zurückverwandelt werden kann.

Das gewogene Chlorid wurde durch Bestimmung der Verhältnisse $CeCl_3 : 3Ag : 3AgCl$ unter Zuhilfenahme des Nephelometers analysiert.

²⁴⁾ Richards, Ztschr. anorgan. Chem. **3**, 456 [1893], **6**, 89 [1894].

²⁵⁾ Brauner und Batěk, Ztschr. anorgan. Chem. **34**, 103 [1903]; Brauner, Ztschr. anorgan. Chem. **34**, 207 [1903].

²⁶⁾ Hönigschmid und Holch, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **177**, 102 [1928].

CeCl ₃ :3Ag				
Nr.	CeCl ₃ im Vak.	Ag im Vak.	CeCl ₃ :3Ag	At.-Gew. von Ce
1	3.43507	4.51018	0.76163	140.122
2	2.39181	3.14058	0.76158	140.107
3	3.05998	4.01767	0.76163	140.123
4	4.17583	5.48247	0.76167	140.136
5	1.34828	1.77015	0.76168	140.138
6	2.04994	2.69147	0.76164	140.127
7	2.38287	3.12846	0.76168	140.138
8	2.57235	3.37733	0.76165	140.130
9	2.16635	2.84432	0.76164	140.127
	23.58248	30.96263	0.76164	140.127

CeCl ₃ :3AgCl				
Nr.	CeCl ₃ im Vak.	AgCl im Vak.	CeCl ₃ :3AgCl	At.-Gew. von Ce
1a	3.43507	5.99272	0.57321	140.114
2a	2.39181	4.17266	0.57321	140.116
3a	3.05998	5.33803	0.57324	140.130
4a	4.17583	7.28454	0.57325	140.131
5a	1.34828	2.35210	0.57322	140.122
6a	2.04994	3.57628	0.57320	140.113
7a	2.38287	4.15673	0.57326	140.135
8a	2.57235	4.48755	0.57322	140.120
9a	2.16635	3.77918	0.57323	140.126
	23.58248	41.13979	0.57323	140.123

Die 18 angeführten Analysen, deren Resultate eine extreme Abweichung der Einzelwerte von 0.03 Einheiten des Atomgewichtes aufweisen, ergeben als Mittel für das Atomgewicht des Cers den Wert Ce = 140.125 \pm 0.007, den die Autoren als das derzeit wahrscheinlichste Atomgewicht dieses Elementes ansehen.

Die Kommission hat den abgerundeten Wert **Ce = 140.13** in die Tabelle aufgenommen, da sie die nach moderner Methodik durchgeführte Chlorid-Analyse für zuverlässiger ansieht als die mit verschiedenen unvermeidlichen Mängeln und Fehlerquellen behaftete Sulfat- resp. Oxalat-Bestimmung, wie sie Brauner ausführte.

Erbium.

In Fortsetzung der Studien über die seltenen Erden im chemischen Laboratorium der Universität von Illinois haben Boss und Hopkins²⁷⁾ die seinerzeit von Wickers, Hopkins und Balke²⁸⁾ begonnene Reindarstellung von Erbium aus einer nur Erbium und Yttrium enthaltenden Fraktion fortgesetzt, und zwar teils nach der klassischen Methode der thermischen Zersetzung der Nitrate, teils durch fraktionierte Fällung mit Natriumnitrit. Ob die vollständige Abtrennung des Yttriums nach diesen beiden Verfahren gelungen war, konnte nicht erwiesen werden. Die Autoren sehen in der Übereinstimmung der Atomgewichts-Werte der verschiedenen Kopffraktionen einen Beweis für die Reinheit ihres Materials.

²⁷⁾ Boss und Hopkins, Journ. Amer. chem. Soc. **50**, 298 [1928].

²⁸⁾ Wickers, Hopkins und Balke, Journ. Amer. chem. Soc. **40**, 1615 [1918].

Die Atomgewichts-Bestimmung erfolgte durch Analyse des Erbiumchlorids. Zur Darstellung des wasserfreien Chlorids wurde das durch Vergrühen des Oxalats erhaltene Er_2O_3 in einem gewogenen Quarzkolben in Salzsäure gelöst, die Lösung im Stickstoffstrom abgedampft und das erhaltene feste Chlorid im HCl-Strom geschmolzen und dann gewogen. Die Wägungen wurden durch Substitution mit Gegengewichten ausgeführt und für das Vakuum korrigiert.

Die Bestimmung des Verhältnisses $\text{ErCl}_3 : 3\text{Ag}$ erfolgte nach der Harvard-Methode unter Benutzung des Nephelometers. Für die Dichte des ErCl_3 wurde 4.1 angenommen.

Verhältnis $\text{ErCl}_3 : 3\text{Ag}$

Nr.	Frakt.	ErCl_3 im Vak.	Ag im Vak.	$\text{ErCl}_3 : 3\text{Ag}$	At.-Gew. von Er
1	18	2.25485	2.66270	0.84683	167.69
2	19	0.30165	0.35630	0.84663	167.63
3	17	1.02242	1.20761	0.84665	167.64
4	8 D	0.38998	0.46068	0.84654	167.60
5	8 E	0.38219	0.45144	0.84662	167.63
6	8 D	0.17445	0.20604	0.84668	167.65
				0.84666	167.64

Die 6 Analysen des Erbiumchlorids ergeben demnach als Mittel für das Atomgewicht des Erbiums den Wert $\text{Er} = 167.64$.

Da die Chlorid-Analyse, nach moderner Methodik durchgeführt, zuverlässigere Resultate liefert als die Sulfat-Methode, mit deren Hilfe der bisher²⁹⁾ gültige Wert 167.7 bestimmt worden war, gibt die Kommission dem neuen Werte **Er = 167.64** den Vorzug und nimmt ihn in die Tabelle auf.

Titan.

Baxter³⁰⁾ hatte in den letzten Jahren in 2 Mitteilungen die Reinigung und die Analyse des Titanetrachlorids beschrieben, welche zu dem Atomgewicht $\text{Ti} = 47.90$ führte. Diese Untersuchung ergänzt er nun in Gemeinschaft mit Butler³¹⁾ durch die Analyse des Titanetetrabromids, deren Ergebnis den Chlorid-Wert bestätigt.

Das TiBr_4 wurde durch Einwirkung von Brom bei hoher Temperatur auf metallisches Titan oder ein Gemisch von Titanoxyd mit Zuckerkohle dargestellt. Da Stickstoff mit metallischem Titan bei hoher Temperatur leicht unter Bildung des Nitrids reagiert, wurde an seiner Statt gereinigtes und trocknes Helium als Vehikel für das Brom verwendet.

Die Gewinnung des metallischen Titans erfolgte durch Reduktion des Oxyds mit überschüssigem Magnesium. Das TiBr_4 wurde durch fraktionierte Destillation im Hochvakuum unter Verwendung von Hempel-Kolonnen gereinigt und in zugeschmolzenen, evakuierten Glaskugeln zur Wägung gebracht.

Zur Analyse wurden die Glaskugeln unter verd. Salpetersäure, die auf 1 $n/10$ - HNO_3 0.3 g As_2O_3 enthielt, zerbrochen, die Glasscherben in einem Platin-Gooch-Tiegel gesammelt und zurückgewogen. In der filtrierten

²⁹⁾ Hofmann, B. 43, 2635 [1910].

³⁰⁾ Baxter und Fertig, Journ. Amer. chem. Soc. 45, 1228 [1923]; Baxter und Butler, Journ. Amer. chem. Soc. 48, 3117 [1926].

³¹⁾ Baxter und Butler, Journ. Amer. chem. Soc. 50, 408 [1928].

Lösung des Bromids wurde in üblicher Weise das Verhältnis $TiBr_4:4Ag$ mit Hilfe des Nephelometers bestimmt.

Verhältnis $TiBr_4:4Ag$				
Nr.	$TiBr_4$ im Vak.	Ag im Vak.	$TiBr_4:4Ag$	At.-Gew. von Ti
1	10.02147	11.76512	0.851796	47.903
2	9.20373	10.80493	0.851808	47.908
3	4.33488	5.08901	0.851812	47.910
4	8.22722	9.65886	0.851780	47.896
5	9.59208	11.26116	0.851784	47.898
6	5.09864	5.98582	0.851786	47.899
7	5.29301	6.21411	0.851773	47.893
8	6.53582	7.67324	0.851768	47.891
9	6.14520	7.21447	0.851788	47.900
10	4.72253	5.54427	0.851786	47.899
			0.851788	47.900

Diese 10 Bestimmungen ergeben als Mittel für das Atomgewicht des Titans den Wert $Ti = 47.900$. Es wurden verschiedene, bei der Destillation erhaltenen Fraktionen analysiert, doch gibt sich bei Anordnung der Resultate nach abnehmender Flüchtigkeit der Titanbromid-Fraktionen kein sichtbarer Gang zu erkennen, was zu gunsten der Reinheit und Einheitlichkeit des Analysenmaterials spricht. Das Ergebnis dieser Untersuchung bildet mithin eine willkommene Bestätigung des bereits in unsere Tabelle aufgenommenen Wertes $Ti = 47.90$.

Uran.

Die Unstimmigkeiten zwischen den experimentell bestimmten und den von der Theorie geforderten Werten der Atomgewichte der Radioelemente Uran, Radium und Radium G, die den Wunsch nach einer Revision dieser Konstanten laut werden ließen, veranlaßten Hönigschmid in Gemeinschaft mit Schilz³²⁾, dieses Problem nochmals aufzugreifen und seine vor 14 Jahren ausgeführten Analysen des Uranobromids durch solche des entsprechenden Chlorids zu ergänzen.

Reines Uran(IV)-chlorid wurde nach der gleichen Methode, wie seinerzeit das Bromid, durch Einwirkung von Chlor auf das Gemisch von Uranoxyd und Zuckerkohle bei hoher Temperatur hergestellt, durch nochmalige Sublimation im Chlorstrom oder einem Gemisch von Stickstoff und Chlor gereinigt, mit Hilfe des bekannten Einfüllapparates von Richards in ein Wägeglas eingeschlossen und gewogen. Die Analyse des in Wasser gelösten Chlorids erfolgte nach vorheriger Oxydation mittels Wasserstoff-peroxyds zum Uranylchlorid in üblicher Weise durch Bestimmung der beiden Verhältnisse $UCl_4:4Ag:4AgCl$. Alle Wägungen wurden durch Substitution mit Gegengewichten ausgeführt und für den luftleeren Raum korrigiert. Für das geschmolzene UCl_4 wurde das spezif. Gewicht 2.73 ermittelt.

Es wurden 3 Serien von Analysen ausgeführt, für welche das Analysenmaterial unter verschiedenen Versuchsbedingungen hergestellt wurde.

1. Serie: Das Uranchlorid wurde das zweitemal in reinem Stickstoff destilliert, geschmolzen und erstarrten gelassen.

³²⁾ Hönigschmid und Schilz, Ztschr. anorgan. allg. Chem. **170**, 145 [1928].

2. Serie: Die zweite Sublimation des Uranchlorids wurde in reinem Chlorstrom vorgenommen, das Sublimat in reinem Stickstoff oder verdünntem Chlor geschmolzen und in reinem Stickstoff erstarrten gelassen.

3. Serie: Die zweite Sublimation wurde in mit Stickstoff verdünntem Chlor vorgenommen, das Sublimat zweimal hintereinander in reinem Stickstoff geschmolzen und erstarrten gelassen.

I. Serie.

$\text{UCl}_4 \cdot 4\text{Ag}$

Nr.	Präp.	UCl_4 im Vak.	Ag im Vak.	$\text{UCl}_4 \cdot 4\text{Ag}$	At.-Gew. von U
1	A	1.86485	2.11805	0.880456	238.11
2	A	2.49763	2.83641	0.880569	238.15
3	A	4.75974	5.40512	0.880598	238.17
9	A	4.97877	5.65443	0.880508	238.13
10	A	4.90253	5.56780	0.880515	238.13
11	B	3.09615	3.51621	0.880536	238.14
12	B	2.61129	2.96561	0.880524	238.14
13	B	3.28471	3.73029	0.880551	238.15
Mittel				0.880535	238.14.

$\text{UCl}_4 \cdot 4\text{AgCl}$

Nr.	Präp.	UCl_4 im Vak.	AgCl im Vak.	$\text{UCl}_4 \cdot 4\text{AgCl}$	At.-Gew. von U
1 a	A	1.86485	2.81388	0.662733	238.14
2 a	A	2.49763	3.76866	0.662737	238.16
3 a	A	4.75974	7.18174	0.662756	238.16
9 a	A	4.97877	7.51270	0.662714	238.14
10 a	A	4.90253	7.39765	0.662715	238.14
11 a	B	3.09615	4.67190	0.662718	238.14
13 a	B	3.28471	4.95638	0.662724	238.14
Mittel				0.662728	238.15

2. Serie.

$\text{UCl}_4 \cdot 4\text{Ag}$

Nr.	Präp.	UCl_4 im Vak.	Ag im Vak.	$\text{UCl}_4 \cdot 4\text{Ag}$	At.-Gew. von U
4	A	3.36146	3.81768	0.880498	238.12
5	A	3.48180	3.95413	0.880548	238.15
6	A	3.05228	3.46649	0.880510	238.13
7	A	2.23307	2.53616	0.880493	238.12
8	A	2.87576	3.26616	0.880471	238.11
17	B	5.17799	5.88081	0.880489	238.12
18	B	6.06599	6.88877	0.880562	238.15
19	B	5.35148	6.07749	0.880541	238.14
Mittel				0.880514	238.13

$\text{UCl}_4 \cdot 4\text{AgCl}$

Nr.	Präp.	UCl_4 im Vak.	AgCl im Vak.	$\text{UCl}_4 \cdot 4\text{AgCl}$	At.-Gew. von U
4 a	A	3.36146	5.07211	0.662734	238.15
5 a	A	3.48180	5.25351	0.662757	238.16
6 a	A	3.05228	4.60579	0.662705	238.13
7 a	A	2.23307	3.36983	0.662666	238.11
8 a	A	2.87576	4.33961	0.662677	238.12
17 a	B	5.17790	7.81333	0.662712	238.14
18 a	B	6.06599	9.15306	0.662728	238.15
19 a	B	5.35148	8.07478	0.662740	238.15
Mittel				0.662720	238.14

3. Serie.					
$\text{UCl}_4 : 4 \text{Ag}$					
Nr.	Präp.	UCl_4 im Vak.	Ag im Vak.	$\text{UCl}_4 : 4 \text{Ag}$	At.-Gew. von U
14	B	4.59686	5.22090	0.880473	238.11
15	B	3.94272	4.47757	0.880549	238.15
16	B	3.68049	4.17994	0.880513	238.13
			Mittel	0.880507	238.13
$\text{UCl}_4 : 4 \text{AgCl}$					
Nr.	Präp.	UCl_4 im Vak.	AgCl im Vak.	$\text{UCl}_4 : 4 \text{AgCl}$	At.-Gew. von U
14 a	B	4.59686	6.93657	0.662699	238.13
15 a	B	3.94272	5.94951	0.662697	238.13
16 a	B	3.68049	5.55357	0.662725	238.14
			Mittel	0.662707	238.13

Diese 3 Analysen-Serien ergeben demnach folgende Mittelwerte.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Serie} & \dots \dots \quad U = 238.14 \\
 2. \text{ Serie} & \dots \dots \quad U = 238.135 \\
 3. \text{ Serie} & \dots \dots \quad U = 238.130 \\
 \text{Mittel} & \quad \quad \quad U = 238.136
 \end{aligned}$$

Als Mittel aller 37 Bestimmungen ergibt sich für das Atomgewicht des Urans der Wert von 238.14, dem der Bromid-Wert $U = 238.17$ gegenübersteht. Die Autoren sind geneigt, dem neuen Chlorid-Wert den Vorzug zu geben, da das Chlorid bei der Sublimation im Stickstoff offenbar beständiger ist als das Bromid. Die mit Hilfe des letzteren ermittelten Atomgewichte wären als Maxima anzusehen, da das analysierte Tetrabromid infolge von Dissoziation Spuren von Tribromid enthalten konnte, durch welches eine Erhöhung des Atomgewichtes bedingt wird.

Die Kommission folgt den Autoren in dieser Auffassung und nimmt den Wert **U = 238.14** in die Tabelle auf.

Rhenium.

Walter und Ida Noddack³³⁾ haben aus norwegischen Nickelerzen und aus Molybdänglanz ca. 120 mg Rhenium dargestellt. Dieses Präparat erwies sich bei röntgen-spektroskopischer Untersuchung als sehr rein. Da es durch mehrfache Sublimation des flüchtigen Oxyds im Sauerstoffstrom gereinigt war, konnte es an metallischen Verunreinigungen nur As, Mo und Os enthalten. As und Os ließen sich weder chemisch noch spektroskopisch nachweisen, Mo nur durch seine letzten Linien im Bogenspektrum. Der Molybdän-Gehalt wurde auf weniger als 0.002 % geschätzt.

Dieses Rhenium-Präparat wurde zu vorläufigen Atomgewichts-Bestimmungen verwendet.

Aus der gemessenen spezifischen Wärme lässt sich nach der Regel von Dulong und Petit das Atomgewicht 185 berechnen.

Direkte Atomgewichts-Bestimmungen wurden durch die Analyse verschiedener Rheniumverbindungen ausgeführt.

³³⁾ W. und I. Noddack, Ztschr. Elektrochem. 34, 627, 630 [1928].

Aus der Analyse des krystallisierten ReO_3 ergab sich das Verhältnis $\text{Re} : 3\text{O} = 1 : 0.2529$ und daraus $\text{Re} = 189.8$. Diesen Wert halten die Autoren für zu hoch, da das Trioxyd, wie aus lokaler Blaufärbung desselben hervorgeht, partiell reduziert war.

Die Analyse des weißen Heptoxyds Re_2O_7 ergab $2\text{Re} : 7\text{O} = 1 : 0.2857$, woraus sich für das Atomgewicht der Wert $\text{Re} = 196.0$ berechnet, der ganz unsicher ist, weil das Heptoxyd teilweise in das Trioxyd übergeht.

Aus der Analyse des Hexachlorids ReCl_6 finden sie $\text{Re} = 189.2$, doch geben sie nicht an, wie diese Analyse ausgeführt wurde.

Den zuverlässigsten Atomgewichts-Wert lieferte ihnen die Reduktion des Disulfids ReS_2 zu Metall.

Metallisches Rhenium-Pulver wurde im Sauerstoff zu flüchtigem Re_2O_7 verbrannt, dieses in einer gekühlten Vorlage kondensiert und durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff in schwarzes Sulfid von noch unbestimmter Zusammensetzung verwandelt. Da alle Rheniumsulfide beim Glühen im CO_2 -Strom in das stabilste Sulfid ReS_2 übergehen, wurde das erhaltene schwarze Sulfid noch in der Vorlage längere Zeit im CO_2 -Strom auf 900° erhitzt, wobei bald Gewichtskonstanz erreicht wurde.

Das gewogene Disulfid wurde durch Erhitzen im Wasserstoff auf 1000° zu Metall reduziert.

Es werden lediglich die Resultate von vier derartigen Reduktionen mitgeteilt:

Verhältnis Re:2S.	
Re:2S	At.-Gew. von Re
1:0.33978	188.77
1:0.34008	188.60
1:0.33947	188.94
1:0.34019	188.54
Mittel 188.71 \pm 0.25	

Als Mittel dieser vier Bestimmungen ergibt sich für das Atomgewicht des Rheniums der Wert $\text{Re} = 188.71$, den die Autoren als einen vorläufigen ansehen.

Da keine näheren Zahlenangaben über die zur Analyse angewandten Gewichtsmengen gemacht werden, fehlen zur Beurteilung der mitgeteilten Ergebnisse noch die notwendigen Grundlagen, weshalb die Kommission vorläufig davon absehen möchte, den mitgeteilten Wert in die Tabelle aufzunehmen.

III. Die chemischen Elemente und Atomarten nach dem Stande der Isotopen-Forschung.

In der Isotopen-Tabelle der gewöhnlichen chemischen Elemente sind, entsprechend der fortschreitenden Genauigkeit der Bestimmungsmethoden, wieder eine Anzahl Verbesserungen vorzunehmen.

Neon.

Außer den beiden sicher vorhandenen Atomarten Ne_{20} und Ne_{22} hatte Aston schon früher die Anwesenheit einer sehr schwachen Komponente Ne_{21} vermutet. Ne_{21} wurde daher bisher in der Tabelle eingeklammert

mitgeführt. Hogness und Kvalnes³⁴⁾ haben nun nach der Methode von Dempster den sicheren Nachweis für die Existenz von Ne₂₁ erbracht. Die prozentische Zusammensetzung atmosphärischen Neons schätzen die Verfasser wie folgt: Neon₂₀ = 88%, Neon₂₁ = 2%, Neon₂₂ = 10%. Die mittlere Komponente ist also in der Tat äußerst schwach.

Kalium³⁵⁾.

Durch „ideale“ Destillation von Kalium haben v. Hevesy und Lögstrup eine partielle Trennung der Isotopen K₃₉ und K₄₁ durchgeführt³⁶⁾. Genaue Aktivitäts-Messungen von Biltz und Ziegert³⁷⁾ des schwereren und des leichteren Anteils ergaben eine Aktivitäts-Erhöhung des schwereren um 4.2% gegenüber gewöhnlichem Kalium. Eine Atomgewichts-Bestimmung am gleichen Präparat, von Höngschmid und Goubeau ausgeführt, zeigte entsprechend ein um 4.8% höheres Atomgewicht. Hieraus ergibt sich, daß von den beiden Kalium-Isotopen nur das schwerere K₄₁ radioaktiv ist. Derselbe Schluß wurde von v. Hevesy auf das Rubidium gezogen, von dessen beiden Isotopen Rb₈₅ und Rb₈₇ danach nur Rb₈₇ radioaktiv sein dürfte.

Zink.

Der Nachweis der isotopen Zusammensetzung des Zinks und die bisherige Feststellung der einzelnen Atomarten war von Dempster durchgeführt worden³⁸⁾, Nun ist es auch Aston gelungen, mit Hilfe seines Massen-Spektrographen das Zink, und zwar unter Verwendung von Zinkmethyl als flüchtiger Zinkverbindung, einwandfrei zu untersuchen³⁹⁾.

Die Ergebnisse stehen in vorzüglicher Übereinstimmung mit den früheren Dempsterschen Messungen. Außer den bekannten Linien konnten auch einige neue Linien aufgefunden werden, so daß die bisher festgestellte Anzahl der Zink-Isotopen sich jetzt auf 7 beläßt. Die Atomarten Zn₆₅, Zn₆₉ und Zn₇₀ sind isobar mit den entsprechenden Atomarten Cu₆₅, Ga₆₉ und Ge₇₀.

Germanium.

Beim Germanium kommen zu den bisher bekannten drei Atomarten Ge₇₀, Ge₇₂, Ge₇₄ nicht weniger als fünf neue hinzu⁴⁰⁾. Dieser Erfolg wurde durch Verwendung der flüchtigen bzw. gasförmigen Verbindungen Germaniumtetraäthyl und Germaniumtetrafluorid erzielt. Die Atomarten des Germaniums haben fortlaufend die Atomgewichte 70 bis 77. Es ist nach Aston außerordentlich unwahrscheinlich, daß irgendwelche Germanium-Wasserstoff-Verbindungen diese Resultate vorgetäuscht haben könnten.

Von den acht Atomarten sind nicht weniger als sechs isobar mit anderen Atomarten (siehe Tabelle 2).

³⁴⁾ Hogness und Kvalnes, Nature 122, 441 [1928].

³⁵⁾ vergl. diesen Bericht S. 8.

³⁶⁾ v. Hevesy, Nature 120, 838 [1927]. — v. Hevesy und Lögstrup, Ztschr. anorgan. allg. Chem. 171, 1 [1928].

³⁷⁾ v. Hevesy, I. c. — Biltz und Ziegert, Physikal. Ztschr. 29, 197 [1928].

³⁸⁾ vergl. den III. Bericht, B. 56, XXIX [1923].

³⁹⁾ Aston, Nature 122, 345 [1928].

⁴⁰⁾ Aston, Nature 122, 167 [1928].

Tabelle I.

Isotopen-Tabelle der gewöhnlichen chemischen Elemente, soweit bisher bekannt.

Ordnungszahl	Symbol	Element	Praktisches Atomgew.	Anzahl der Atomarten	Einzel-Atomgew. ⁴¹⁾
1	H	Wasserstoff	1.0078	1	1.0078
2	He	Helium	4.002	1	4
3	Li	Lithium . . .	6.940	2	6b, 7a
4	Be	Beryllium .	9.02	1	9
5	B	Bor	10.82	2	10b, 11a
6	C	Kohlenstoff	12.000	1	12
7	N	Stickstoff ..	14.008	1	14
8	O	Sauerstoff .	16.000	1	16
9	F	Fluor	19.00	1	19
10	Ne	Neon	20.18	3	20a, 21c, 22b
11	Na	Natrium . . .	22.997	1	23
12	Mg	Magnesium .	24.32	3	24a, 25b, 26c
13	Al	Aluminium .	26.97	1	27
14	Si	Silicium . . .	28.06	3	28a, 29b, 30c
15	P	Phosphor . . .	31.02	1	31
16	S	Schwefel . . .	32.05	3	32a, 33c, 34b
17	Cl	Chlor	35.457	2	35a, 37b
18	Ar	Argon	39.94	2	36b, 40a
19	K	Kalium	39.104	2	39a, 41b ⁴²⁾
20	Ca	Calcium . . .	40.07	2	40a, 44b
21	Sc	Scandium . . .	45.10	1	45
22	Ti	Titan	47.90	1 (2)	48 (50)
23	V	Vanadium . . .	50.95	1	51
24	Cr	Chrom	52.01	1	52
25	Mn	Mangan	54.93	1	55
26	Fe	Eisen	55.84	2	54b, 56a
27	Co	Kobalt	58.94	1	59
28	Ni	Nickel	58.69	2	58a, 60b
29	Cu	Kupfer	63.57	2	63a, 65b
30	Zn	Zink	65.38	7	64a, 65e, 66b, 67d, 68c, 69g, 70f
31	Ga	Gallium . . .	69.72	2	69a, 71b
32	Ge	Germanium	72.60	8	70c, 71g, 72b, 73d, 74a, 75e, 76f, 77h
33	As	Arsen	74.96	1	75
34	Se	Selen	79.2	6	74f, 76c, 77e, 78b, 80a, 82d
35	Br	Brom	79.916	2	79a, 81b
36	Kr	Krypton	82.9	6	78f, 80e, 82c, 83d, 84a, 86b
37	Rb	Rubidium . . .	85.45	2	85a, 87b ⁴²⁾
38	Sr	Strontium . . .	87.63	2	86b, 88a
39	Y	Yttrium . . .	88.93	1	89
40	Zr	Zirkonium . .	91.22	3 (4)	90a, 92c, 94b, (96)

⁴¹⁾ Die Buchstaben-Indices geben nach Aston die relative Beteiligung der betreffenden Atomart in dem Mischelement an (a = stärkste, b = schwächere Komponente usw.). Die eingeklammerten Zahlen sind zweifelhafte Werte, die nur der Vollständigkeit halber mit angeführt sind.

⁴²⁾ Die kursiv gedruckten Atomgewichte sind dem radioaktiven Bestandteil des betr. Elements zuzuordnen. (Für das Rubidium 87 ist dieser Schluß noch hypothetisch.)

Fortsetzung der Tabelle I.

Ordnungszahl	Symbol	Element	Praktisches Atomgew.	Anzahl der Atomarten	Einzel-Atomgew. ⁴¹⁾
47	Ag	Silber	107.880	2	107a, 109b
48	Cd	Cadmium ..	112.41	6	110c, 111e, 112b, 113d, 114a, 116f
49	In	Indium	114.8	1	115
50	Sn	Zinn	118.70	11	112, 114, 115, 116c, 117f, 118b, 119e, 120a, 121h, 122g, 124d
51	Sb	Antimon ...	121.76	2	121a, 123b
52	Te	Tellur	127.5	3	126b, 128a, 130a
53	J	Jod.....	126.93	1	127
54	X	Xenon ...	130.2	9	124, 126, 128, 129a, 130, 131c, 132b, 134d, 136e
55	Cs	Caesium ...	132.81	1	133
56	Ba	Barium ...	137.36	1 (2)	(136), 138
57	La	Lanthan ...	138.90	1	139
58	Ce	Cerium ...	140.13	2	140a, 142b
59	Pr	Praseodym .	140.92	1	141
60	Nd	Neodym ...	144.27	3 (4)	142, 144, (145), 146
80	Hg	Quecksilber	200.61	7	196g, 198d, 199c, 200b, 201e, 202a, 204f
82	Pb	Blei	207.21	3 (4)	206b, 207c, 208a, (209)
83	Bi	Wismut	209.00	1	209

Tabelle 2.

Tabelle der bisher festgestellten isobaren Atomarten inaktiver Elemente.

Ar ₄₁	Cu ₆₅	Zn ₆₉	Zn ₇₀	Ga ₇₁	Ge ₇₄	Ge ₇₅	Ge ₇₆
Ca ₄₀	Zn ₆₅	Ga ₆₉	Ge ₇₀	Ge ₇₁	Se ₇₄	As ₇₅	Se ₇₆
Ge ₇₇	Se ₇₈	Se ₈₀	Se ₈₂	Kr ₈₆	Cd ₁₁₂	Cd ₁₁₄	In ₁₁₅
Se ₇₇	Kr ₇₈	Kr ₈₀	Kr ₈₂	Sr ₈₆	Sn ₁₁₂	Sn ₁₁₄	Sn ₁₁₅
Cd ₁₁₆	Sn ₁₂₁	Sn ₁₂₄	Te ₁₂₆	Te ₁₂₈	Te ₁₃₀	X ₁₃₆	Ce ₁₄₂
Sn ₁₁₆	Sb ₁₂₁	X ₁₂₄	X ₁₂₆	X ₁₂₈	X ₁₃₀	Ba ₍₁₃₆₎	Nd ₁₄₂

An der im letzten Bericht der Atomgewichts-Kommission gebrachten Astonschen Tabelle der Einzel-Atomgewichte, berechnet aus dem experimentell ermittelten Packungsanteil, hat sich nichts geändert; es kann daher auf diese verwiesen werden⁴³⁾.

⁴³⁾ Ein von der Astonschen Tabelle übernommener Druckfehler sei hier berichtet: An Stelle Kr₈₁ soll es heißen Br₈₁.