

Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

1930, Nr. 1.

— Abteilung B (Abhandlungen) —

8. Januar.

X. Bericht der Deutschen Atomgewichts-Kommission.

In der Zeit vom Dezember 1928 bis Anfang November 1929 veröffentlichte Abhandlungen.

(Eingegangen am 16. November 1929.)

1930. Praktische Atomgewichte.

Ag	Silber	107.880	Mo	Molybdän	96.0
Al	Aluminium	26.97	N	Stickstoff	14.008
Ar	Argon	39.94	Na	Natrium	22.997
As	Arsen	74.96	Nb	Niobium	93.5
Au	Gold	197.2	Nd	Neodym	144.27
B	Bor	10.82	Ne	Neon	20.18
Ba	Barium	137.36	Ni	Nickel	58.69
Be	Beryllium	9.02	O	Sauerstoff	16.0000
Bi	Wismut	209.00	Os	Osmium	190.9
Br	Brom	79.916	P	Phosphor	31.02
C	Kohlenstoff	12.000	Pb	Blei	207.21
Ca	Calcium	40.07	Pd	Palladium	106.7
Cd	Cadmium	112.41	Pr	Praseodym	140.92
Ce	Cerium	140.13	Pt	Platin	195.23
Cl	Chlor	35.457	Ra	Radium	225.97
Co	Kobalt	58.94	Rb	Rubidium	85.45
Cp	Cassiopium	175.0	Re	Rhenium	188.7
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
Mn	Mangan	54.93			

Indem die Kommission hiermit ihren zehnten Bericht vorlegt, vollendet sie das erste Jahrzehnt ihrer Tätigkeit, und deshalb mag ein kurzer Rückblick auf die Entwicklung der Regelung der Atomgewichts-Frage während dieses Zeitraums gestattet sein.

Die Deutsche Atomgewichts-Kommission wurde 1920 nach dem Ausschluß Deutschlands aus der alten internationalen Kommission von der Deutschen Chemischen Gesellschaft im Einvernehmen mit der Bunsen-Gesellschaft und dem Verein Deutscher Chemiker ernannt. Sie hat dem ihr erteilten Auftrage gemäß bisher regelmäßig ihren Jahresbericht erstattet und alljährlich eine Tabelle der zuverlässigsten Atomgewichtswerte veröffentlicht. Im Vorjahre konnte diese Tabelle, nachdem das fundamentale Atomgewicht des Silbers sichergestellt schien, einer gründlichen Revision unterzogen werden, welche die Zahlen in Einklang mit dem derzeitigen Stande unserer Wissenschaft brachte, so daß anzunehmen ist, daß die Tabelle, abgesehen von kleineren Änderungen, für längere Zeit im wesentlichen unverändert bleiben wird.

Es wurde der Kommission der Vorwurf gemacht¹⁾, daß ihre Tabelle der „praktischen“ Atomgewichte eigentlich höchst unpraktisch sei, weil sie die Atomgewichte mit mehr Dezimalen angebe, als für den praktischen Analytiker erwünscht sei. Dazu wäre zu bemerken, daß die Kommission ihre Tabelle für den Gebrauch der Wissenschaft zusammenstellt, als eine Tabelle von Naturkonstanten, für die die moderne chemische und physikalische Forschung den höchst erreichbaren Grad von Genauigkeit fordert. Speziell die moderne Atomphysik stellt in dieser Beziehung immer höhere Anforderungen an den Atomgewichts-Chemiker, und deshalb erscheint es gerechtfertigt, daß die Kommission die Zahlen mit so viel Dezimalen angibt als sie bei kritischer Beurteilung vorliegender Bestimmungen verantworten kann. Dem praktischen Analytiker bleibt es ja unbenommen für seinen Gebrauch die genauen Zahlen nach bekannten mathematischen Regeln abzurunden.

Dem Beispiel Deutschlands waren etwa zu gleicher Zeit die Schweiz und Spanien gefolgt, indem sie nationale Atomgewichts-Kommissionen ernannten. Während die Schweizer Kommission 1921 eine Tabelle erscheinen ließ, die 10 Jahre unverändert bleiben soll, hat die spanische Kommission von 1922—1924 drei Berichte mit Atomgewichts-Tabellen herausgegeben, von da ab aber deren Erscheinen eingestellt.

Zu Beginn des Jahres 1925 veröffentlichte auch die von der „Union internationale de chimie pure et appliquée“ ernannte Atomgewichts-Kommission eine Tabelle, welche die bis Anfang 1924 erschienenen Arbeiten berücksichtigt.

Im Januar 1929 kam zu diesen Atomgewichts-Tabellen noch eine neue hinzu, nämlich die einer englischen, von der Chemical Society ernannten Kommission. Schließlich wäre noch zu erwähnen, daß G. P. Baxter seit 1927 seinem jährlichen Bericht über die im Vorjahr erschienenen Atomgewichts-Arbeiten eine Tabelle anfügt, für die er allein verantwortlich zeichnet.

¹⁾ G. Bruhns, Ztschr. angew. Chem. **42**, 645 [1929]; vergl. A. Thiel, Chem.-Ztg. **53**, 813 [1929].

Die wissenschaftliche Welt verfügt somit derzeit über sechs Atomgewichts-Tabellen, die untereinander recht große Abweichungen aufweisen, was sich zum Teil daraus erklärt, daß einzelne derselben veraltet sind, wie die Schweizer, die Spanische und die „Internationale“ vom Jahre 1924. Doch auch von den modernsten Tabellen, nämlich der deutschen, der Baxterschen und der englischen, die alle Anfang 1929 erschienen sind, stimmen nur die beiden erstgenannten fast vollkommen überein — vorhandene kleine Differenzen sind bedeutungslos —, während die englische recht erhebliche Unterschiede gegenüber den beiden anderen aufweist. Die sehr erfreuliche Übereinstimmung der deutschen und der Baxterschen Tabelle erklärt sich daraus, daß beide nach dem gleichen Prinzip zusammengestellt sind, fußend auf den gleichen, derzeit als wahrscheinlichste angesehenen, fundamentalen Atomgewichten unter Berücksichtigung nur der neuesten methodisch einwandfreien und verlässlichsten Bestimmungen. Die englische Kommission hingegen wählte für 36 Elemente die von Clarke 1919 berechneten Zahlen, für die anderen Elemente, deren Atomgewichte seither revidiert worden sind, änderte sie die Clarkeschen Werte entsprechend den Ergebnissen moderner Forschung ab und nahm schließlich für die neun Reinelemente H, He, C¹²), N, F, Na, P, As, J, die von Aston mit Hilfe seines neuen Massen-Spektrographen ermittelten Werte an.

Die hier geschilderte, unerfreuliche Situation erinnert lebhaft an die Zustände am Ausgang des vorigen Jahrhunderts, als die Verwirrung in der Atomgewichts-Frage so groß geworden war, daß sich eine internationale Regelung dieser für die Wissenschaft so wichtigen Frage von selbst gebieterisch aufdrängte.

Die deutsche Kommission wird jedenfalls vorerst ihre Arbeit in gleicher Weise wie bisher fortsetzen.

Die in der Berichtsperiode erschienenen Atomgewichts-Arbeiten geben keine Veranlassung zu einer Änderung der Tabelle der praktischen Atomgewichte. Es wurde lediglich das Element Rhenium neu aufgenommen mit dem Atomgewicht $Re = 188.7$ und das Atomgewicht des Sauerstoffs, $O = 16.0000$ mit vier Dezimalen geschrieben, was leider im Vorjahre verabsäumt worden war, was aber mit Rücksicht auf den mit der gleichen Dezimalenzahl notierten Wasserstoffwert notwendig ist.

Der Bericht zeigt die übliche Dreiteilung.

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

I. Nach physiko-chemischen Methoden bestimmte Atomgewichte.

Eine Neuberechnung der sog. fundamentalen Atomgewichte hat E. Moles²⁾ unternommen. Soweit sie sich auf die gewichts-analytisch ermittelten Atomgewichte bezieht, bringt sie kaum etwas Neues und geht nicht über das bereits in unseren Berichten Besprochene hinaus. Dagegen ist von besonderem Interesse die Neuberechnung der nach physiko-chemischen Methoden bestimmten Atomgewichte des Kohlenstoffs und des Schwefels, über

¹⁾ Der Kohlenstoff kann freilich heute nicht mehr als Reinelement gelten; vergl. S. 20.

²⁾ Rec. Trav. chim. Pays-Bas 48, 864 [1929].

die im folgenden berichtet wird. Moles ist bemüht zu zeigen, daß eine Differenz zwischen den physiko-chemischen Werten und den sog. „klassischen“ hauptsächlich auf die Vernachlässigung gewisser feinerer Korrekturen zurückzuführen ist, unter denen die für die Adsorption der Gase an den Glaswandungen eine Hauptrolle spielt³⁾.

Wasserstoff.

Der Wert 1.0078, der auf Grund der Neuberechnung von E. Moles³⁾ (1.00777 ± 0.00002) und auch nach der massen-spektrographischen Methode von Aston⁴⁾ jetzt allgemein angenommen wird, ist bereits in die vorjährige Tabelle aufgenommen worden. Er findet eine neue Bestätigung in den Messungen von Addingley und Gray⁵⁾, die ebenfalls schon im vorjährigen Bericht in der Zusammenstellung auf S. 3 erwähnt wurden. Es wird hier in ein- und demselben Apparat das relative Verhältnis der Kompressibilitäten von Wasserstoff und Sauerstoff bestimmt. Man geht dabei von zwei gleichen Volumen der beiden Gase aus, die in den beiden durch ein Differentialmanometer verbundenen Volumetern über Quecksilber unter gleichem Drucke stehen, expandiert sie dann durch Ablassen von Quecksilber, bis die Drucke wiederum gleich sind, und bestimmt die Volumina durch Wägung des Quecksilbers. Man vergleicht also die Volumina der Gase bei einer Reihe von gleichen Drucken, ein an sich bekanntes Prinzip. Der Vorteil der Anordnung scheint in der kompendiösen Apparatur zu liegen, die die Kontrolle der Temperatur erleichtert, ferner in der Vermeidung konstanter Fehler und vor allem in einer verfeinerten Korrektur für die Änderungen des Volums des toten Raumes mit der Höhe des Meniskus im Manometer. Durch gradlinige Extrapolation der p_v -Werte auf p_0 gewinnt man das Verhältnis der Kompressibilitäten:

$$\frac{(1 + \lambda) O}{(1 + \lambda) H} = 1.00148.$$

im Mittel aus den 7 Bestimmungen:

$$1.00150 \quad 1.00137 \quad 1.00152 \quad 1.00153 \quad 1.0015(4) \quad 1.0015(0).$$

Berechnet man andererseits obigen Quotienten aus den bekannten Kompressibilitäten von O = 1.00091 und H = 0.99942, so ergibt sich in bester Übereinstimmung mit obigem Befund für das Verhältnis der Kompressibilitäten der beiden Gase die Zahl 1.00149. Hiermit ist zugleich eine Bestätigung des modernen Atomgewichts des Wasserstoffs, H = 1.0078 gegeben.

Argon.

G. P. Baxter und H. W. Starkweather⁶⁾ haben nachträglich gefunden, daß das von ihnen bei ihrer vorjährigen Untersuchung⁷⁾ benutzte Argon noch durch einen geringen Gehalt von 0.02% Wasserstoff verunreinigt war. Sie wiederholten deshalb ihre Dichte-Messungen mit einem auf das sorgfältigste gereinigten Gas. Immerhin ist der Einfluß dieser Verunreinigung

³⁾ vergl. auch E. Moles, Ztschr. physikal. Chem. **115**, 61 [1925]; VI. Bericht, B. **59**, A. IV [1926].

⁴⁾ Proceed. Roy. Soc. **115** A, 484 [1927].

⁵⁾ Transact. Faraday Soc. **24**, 378 [1928].

⁶⁾ Proceed. National Acad. Sciences Washington **15**, 441 [1929].

⁷⁾ IX. Bericht, B. **62**, 5 [1929].

auf die Grenzdichte so gering, daß das damals errechnete Atomgewicht 39.944 davon unberührt bleibt.

Die neuen Messungen wurden im wesentlichen in der gleichen Weise und mit derselben Apparatur ausgeführt, wie die vorjährigen. Der Hauptunterschied besteht in der Verwendung von 3-Liter-Ballons aus durchsichtigem Quarz an Stelle der früher benutzten 2-Liter-Ballons aus Pyrexglas. Auch diesmal bewährte sich die Reinigung des Rohgases durch fraktionierte Adsorption an entwässertem und mit flüssiger Luft gekühltem Chabasit besonders zur Beseitigung des Stickstoffs, der wesentlichsten Verunreinigung. Eine solche Fraktionierung wird derart geführt, daß nach der üblichen Vorbehandlung mit heißem CuO, wäßrigem und festem KOH, P₂O₅ und heißem Ni das vom Adsorptionsmittel aufgenommene Gas zuerst abgepumpt wird, wodurch man eine flüchtigste Fraktion erhält, die verworfen wird. Durch Erhöhung der Temperatur durch festes CO₂ gewinnt man die mittlere Hauptfraktion und schließlich durch Erhitzen des Rückstandes auf 500° im Vakuum die schwerst flüchtige. Die letzten Anteile der Mittelfraktion enthielten zunächst eine Spur N, die aber bei Fortsetzung der Fraktionierung verschwand. Nach sechsfacher Wiederholung der fraktionierten Adsorption ergab sich die Dichte um 0.02% höher als bei der früheren Untersuchung. Es zeigte sich, daß das damals benutzte Argon, wenn man es noch vielfach mit heißem CuO, P₂O₅ und heißem Ni reinigte, ebenfalls den höheren Wert ergab, der sich dann nicht mehr änderte.

Die Dichte wurde bei 1, $\frac{2}{3}$ und $\frac{1}{3}$ Atmosphäre bestimmt. Zur Auffindung der Geraden, die zur Extrapolation auf P₀ benutzt wird, werden die Mittelwerte für die drei Drucke, jede umgekehrt nach ihrem wahrscheinlichen Fehler bewertet. Dann erhält man:

$$\frac{PV}{w} = 0.0560556 [1 + 0.001068 (1-P)].$$

Aus dieser Gleichung berechnen sich die Werte für die Dichten im Vergleich mit den gemessenen:

	Ber.	Gef.
Normaldichte	1.78394	1.78394
$\frac{2}{3}$ Atm.	1.18887	1.18884
$\frac{1}{3}$ Atm.	0.59422	0.59425
Grenzdichte	—	1.78204

Hieraus ergibt sich mit dem Gramm-Molekularvolumen 22.4146 das Atomgewicht:

$$\text{Ar} = 39.944$$

in vollkommener Übereinstimmung mit dem früheren Wert. Die Abweichung vom Avogadro'schen Gesetz ist nach obiger Gleichung:

$$1 + \lambda = 1.00107,$$

während die vorjährige Untersuchung 1.00090 ergab. Für diesen nicht unerheblichen Unterschied dürfte der H-Gehalt des damals benutzten Argons verantwortlich sein.

Kohlenstoff.

L. R. Pire und E. Moles⁶⁾ haben die Normaldichte des Kohlenoxyds von neuem gemessen. Das benutzte Gas war bei Gelegenheit einer früheren

⁶⁾ Anal. Soc. Esp. fis.-quim. 27, 267 [1929].

Untersuchung von L. R. Pire⁹⁾ aus Ameisensäure durch Wasser-Abspaltung in der Kälte im Vakuum dargestellt und durch konzentrierte KOH-Lösung, trocknes KOH, H₂SO₄ und P₂O₅ gereinigt und getrocknet worden. Auf die Apparatur zur Bestimmung des Normalitergewichts, über die bereits bei der Besprechung früherer Arbeiten von E. Moles und seinen Mitarbeitern berichtet wurde, braucht nicht noch einmal eingegangen zu werden, ebenso wenig auf die notwendigen Korrekturen, unter denen besonders der früher meist vernachlässigte Einfluß der Adsorption des Gases an den Gefäßwänden hervorzuheben ist. Als Wert für die Kompressibilität wird die von Schlatte¹⁰⁾ ermittelte Zahl $1 + \lambda = 1.00048$ in Rechnung gesetzt.

Es wurden mit 2 Ballons (Thüringer Glas) 7 Bestimmungen des Normalitergewichts ausgeführt:

L₀: 1.25031 1.25003 1.24998 1.25014 1.24995 1.25009 1.25027

Im Mittel:

$$L_0 = 1.25011 \pm 0.000052$$

Dieses Ergebnis stimmt mit dem von Rayleigh¹¹⁾ gefundenen Wert 1.25021, sowie mit dem vom Leduc¹²⁾: 1.2501 befriedigend überein. — Hiermit ergibt sich mit $R = 22.414$ das Molekulargewicht von CO zu 28.005, also

$$C = 12.005.$$

Es scheint hiernach, daß das wahre Atomgewicht des Kohlenstoffs den bisher angenommenen ganzzahligen Wert 12.000 ein wenig überschreitet. Eine Zusammenstellung bzw. Neuberechnung von E. Moles¹³⁾ der neueren Ableitungen des C-Atomgewichts aus Gasdichten zeigt durchweg diese Überschreitung. Es ergibt sich nämlich:

	L ₀	1 + λ	Atomgewicht
1) Aus CO ₂ ¹⁴⁾	1.97683 ¹⁵⁾	1.00702 ¹⁷⁾	12.001
	1.97686 ¹⁶⁾	1.00702	12.002
2) Aus CO	1.25011	1.0005	12.005
3) Aus C ₂ H ₄	1.2604 ¹⁸⁾	1.00780 ¹⁸⁾	12.001
4) Aus CH ₃ Cl	2.30734 ¹⁹⁾	1.02445	12.003

Hinzuzufügen ist noch, daß der gewichts-analytisch von Richards und Hoover bestimmte, von Moles und von Guye korrigierte Wert für C 12.001 ist²⁰⁾. Schließlich mag auch im Zusammenhang hiermit auf die

⁹⁾ Anal. Soc. Esp. fis.-quim. **27**, 192 [1929]. ¹⁰⁾ Thèse Genève No. 710 [1923].

¹¹⁾ Die ursprüngliche, von Rayleigh erhaltene Zahl ist 1.2504, Proceed. Roy. Soc. **62**, 204 [1898], korrigiert von E. Moles. ¹²⁾ Ann. Chim. Phys. [7] **15**, 1 [1898].

¹³⁾ Rec. Trav. chim. Pays-Bas **48**, 866 [1929].

¹⁴⁾ Es sind hier nicht aufgeführt die Bestimmungen von Rayleigh und von Leduc, die 11.999 bzw. 11.991 ergeben.

¹⁵⁾ Guye u. Pintza, Mém. Soc. phys. Genève **35**, 556 [1908].

¹⁶⁾ Deshusses, Thèse Genève No. 711 [1922].

¹⁷⁾ Deshusses l. c. und Guye u. Batuecas, Journ. Chim. phys. **21**, 334 [1922].

¹⁸⁾ Batuecas, Journ. Chim. phys. **22**, 101 [1925]; vergl. VI. Bericht, B. **59** A, S. VII.

¹⁹⁾ Batuecas, Anal. Soc. Esp. fis.-quim. **24**, 528 [1926], mit Berücksichtigung der von Crespi, Anal. Soc. Esp. fis.-quim. **25**, 25 [1927], bestimmten Adsorption. Vergl. VI. Bericht, B. **59** A, S. VII und VIII. Bericht, B. **61**, 9 [1928].

²⁰⁾ vergl. II. Ber., B. **55** A, LVI [1922].

Existenz eines Isotops $C = 13$ hingewiesen werden, über dessen Entdeckung auf S. 20 berichtet wird. Ob nun der letzten Stelle des Atomgewichts aus den 4 oben angeführten Bestimmungen tatsächlich eine reale Bedeutung zukommt, läßt sich mit aller Sicherheit noch nicht erkennen, so daß es vorläufig gerechtfertigt erscheint, den ganzzahligen Wert $C = 12.000$ beizubehalten.

Schwefel.

Die Bestimmungen der Dichte und der Kompressibilität von SO_2 haben bei den verschiedenen Autoren zu einer ausgezeichneten Übereinstimmung geführt; jedoch wurde bisher in allen Fällen die recht erhebliche Korrektur für die Adsorption des Gases am Glase vernachlässigt. Nachdem nun diese durch eine Untersuchung von Moles und Crespi²¹⁾ zahlenmäßig bekannt ist, hat E. Moles²²⁾ eine Neuberechnung des Atomgewichtes von S unternommen. Der Wert für $1 + \lambda (SO_2)$ wurde sowohl nach der direkten Isothermen-Methode aus den experimentellen Daten von Jacquerod und Scheuer²³⁾ als auch nach der indirekten Dichte-Methode aus den Bestimmungen von Baume²⁴⁾ (Ballons) und denen von Jacquerod und Pintza²⁵⁾ (Volumeter) abgeleitet. Es ergibt sich aus den drei Berechnungen:

$$1 + \lambda: 1.02384 \quad 1.02398 \quad 1.0238.$$

Im Mittel 1.0239. Die Normallitergewichte und die Atomgewichte (korrigiert) sind:

I_0	Atomgewicht	Autor
2.92640	32.063	Leduc ²⁶⁾
2.92632	32.062	Jacquerod u. Pintza ²⁵⁾
2.92621	32.060	Baume ²⁴⁾
2.92623	32.060	Scheuer ²⁷⁾
	<u>Mittel 32.061</u>	

Vergleicht man mit diesem Ergebnis physiko-chemischer Bestimmungen das der gravimetrischen, so ergibt sich nach den Neuberechnungen von E. Moles folgendes:

Methode	Atomgewicht	Autor
Analyse von N_4S_4	32.064	Burt und Usher ²⁸⁾
Synthese von Ag_2SO_4 ...	32.063	Scheuer ²⁹⁾
$Na_2CO_3:Na_2SO_4$	32.056	Richards und Hoover ³⁰⁾

Wenn man noch die durchaus vertrauenswürdige Bestimmung von Richards und Jones heranzieht, die von Moles nicht erwähnt wird, so ergibt sich:

$Ag_2SO_4:2AgCl$	32.068	Richards und Jones ³¹⁾
------------------------	--------	-----------------------------------

²¹⁾ Anal. Soc. Esp. fis.-quim. **24**, 452 [1926].

²²⁾ Rec. Trav. chim. Pays-Bas **48**, 868 [1929].

²³⁾ Mem. Soc. phys. Genève **35**, 673 [1908].

²⁴⁾ Journ. Chim. phys. **6**, 1 [1908]. ²⁵⁾ Mém. Soc. phys. Genève **35**, 587 [1908].

²⁶⁾ Recherches sur les gaz, 1898.

²⁷⁾ Sitzungsber. Wien. Akad. **123** IIa, 959 [1914].

²⁸⁾ Proceed. Roy. Soc. **85** A, 97 [1911].

²⁹⁾ Sitzungsber. Wien. Akad. **123**, IIa, 1004 [1914].

³⁰⁾ Journ. Amer. chem. Soc. **37**, 108 [1915].

³¹⁾ Journ. Amer. chem. Soc. **29**, 826 [1907]; Ztschr. anorgan. Chem. **55**, 72 [1907].

und eine Gesamtmittelung über die Reihen der physiko-chemischen und der chemischen Bestimmungen erscheint kaum angebracht. Es läßt sich nach den vorliegenden Ergebnissen kaum vertreten, wenn Moles das Atomgewicht des Schwefels unter die Fundamental-Atomgewichte mit dem Wert 32.062 einreihet; man wird vielmehr weitere gravimetrische Bestimmungen abwarten müssen, ehe man die dritte Dezimale mit einiger Sicherheit angeben kann.

Phosphor.

M. Ritchie^{31a)} hat, worüber er kurz berichtet, die Dichte und die Kompressibilität von Phosphorwasserstoff bestimmt und dabei folgende Werte erhalten:

Dichte von PH_3 bei 1 Atm $L_0 = 1,5317$, Dichte von PH_3 bei $\frac{1}{2}$ Atm $L_0 = 1,6243$.

Unter der Annahme, daß der Kompressibilitäts-Faktor linear ist, berechnet sich $(1 + \lambda) = 1.0097$. Werden für Sauerstoff die Werte $L_0 = 1.4290$ und $(1 + \lambda) = 1.0009$ angenommen, so berechnet sich das Molekulargewicht des PH_3 zu 34.00(2) und damit das Atomgewicht P = 30.97(9).

Die Untersuchung wird fortgesetzt durch Bestimmung der Dichte bei $\frac{3}{4}$ und $\frac{1}{4}$ Atm., um festzustellen, ob die Kompressibilität tatsächlich als lineare Funktion des Druckes betrachtet werden kann.

Die bisher bei $\frac{1}{4}$ Atm. erhaltenen Resultate ergeben $L_0 = 1,5208$ und $(1 + \lambda) = 1.0096$, woraus sich das Atomgewicht P = 30.98 berechnet. Dieser Wert würde vollkommen übereinstimmen mit dem von Aston auf massenspektroskopischem Wege ermittelten Atomgewicht des Phosphors.

II. Nach chemischen Verfahren bestimmte Atomgewichte.

Kupfer.

T. W. Richards und A. W. Phillips³²⁾ unternahmen eine Neubestimmung des Atomgewichts des Kupfers hauptsächlich zur Beantwortung der Frage nach der Konstanz des Mischungsverhältnisses der beiden Isotopen in Kupferproben verschiedener Provenienz. Sie untersuchten zwei Proben, von denen die eine aus den Minen am Lake Superior, die andere aus chilenischen Vorkommen stammte.

Da die bisherigen Bestimmungen dieser Konstante auf der Analyse von CuO , CuSO_4 und CuBr_2 basierten, sollte die Neubestimmung durch Messung des Chlorids mit Silber ausgeführt werden.

Da es nicht gelang, Cupro- oder Cuprichlorid in wasser-freier Form als definierte Verbindungen zu gewinnen, so wurden Lösungen des krystallisierten wasser-haltigen Chlorids $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ in der Weise analysiert, daß in einer gewogenen Menge der Lösung das Kupfer elektrolytisch, in einer zweiten Probe das Chlor-Ion durch nephelometrische Titration mit Silber bestimmt wurde.

Zur Herstellung des reinen Analysenmaterials wurde das vorliegende metallische Kupfer in Salzsäure unter Zusatz von etwas Salpetersäure gelöst und das durch Eindampfen erhaltene Chlorid durch wiederholte Krystallisationen gereinigt. Während der Krystallisationen wurde die Acidität der

^{31a)} Nature **123**, 838 [1929].

³²⁾ Journ. Amer. chem. Soc. **51**, 400 [1929].

Lösung mittels Methylorange kontrolliert und eventuell durch Säure-Zusatz korrigiert.

Alle Reagenzien und sonstigen Materialien waren nach den bekannten Standard-Methoden gereinigt.

Zur Ausführung der Bestimmung wurden ca. 40 g des krystallisierten Cuprichlorids in 1100 ccm Wasser gelöst und von dieser Stammlösung für jede einzelne Analyse ca. 100 ccm, bis auf 1 mg genau, in Florentiner-Flaschen abgewogen.

Für die Kupfer-Elektrolyse wurde die Lösung in einer Quarzschale mit konz. H_2SO_4 verdampft und das gebildete chlor-freie Sulfat in einen gewogenen Platin-Tiegel gespült, der bei der folgenden Elektrolyse als Kathode diente. Das stets in dichter, fest anliegender Form abgeschiedene, flecken-freie Kupfer wurde mit Alkohol abgespült und für eine erste Wägung bei 85° und für die zweite bei 120° getrocknet. Der kupfer-freie Elektrolyt, sowie die Waschwässer wurden eingedampft und mit Blutlaugensalz auf Kupfer geprüft. Durch Vergleich mit Standardlösungen ergab sich gleichmäßig für alle Analysen ein Kupfergehalt der Waschwässer von 0.06 mg pro Analyse, weshalb eine entsprechende Korrektur in Rechnung gesetzt wurde.

Zur Bestimmung des Chlor-Ions wurde eine gewogene Probe der Chlorid-Lösung mit einer der vorangegangenen Cu-Bestimmung äquivalenten Menge Silber, das in verd. Salpetersäure gelöst war, gefällt und die Äquivalenz der beiden Ionen in üblicher Weise mit Hilfe des Nephelometers ermittelt.

Eine Schwierigkeit ergab sich daraus, daß die Lösungen von Cuprichlorid nach mehrtägigem Stehen kleine Mengen eines Oxychlorids von der analytisch festgestellten Zusammensetzung $CuCl_2 \cdot 3CuO \cdot 4H_2O$ abschieden. Nachdem erwiesen worden war, daß die Bildung des Oxychlorids nicht durch Hydrolyse des Cuprichlorids unter Abgabe von HCl erfolgt, sondern auf dem Wege über das Cuprochlorid unter Abgabe von Chlor, wurden die Lösungen entweder mehrere Monate stehen gelassen und dann von den abgeschiedenen Krystallkrusten des Oxychlorids abgegossen, oder die Krystalle wurden durch HNO_3 in Lösung gebracht und bei der Analyse für das errechnete Manko eine Korrektur angebracht, was erlaubt erschien, da sich zeigte, daß die einzelnen Lösungen unter gleichen Bedingungen gleiche Mengen des krystallisierten Oxychlorids abschieden. Dabei wird allerdings vorausgesetzt, daß das gesammte, in Freiheit gesetzte Chlor aus der Lösung entwichen ist. Die Übereinstimmung der mit und ohne Oxychlorid ausgeführten Analysen scheint diese Annahme zu bestätigen.

In den folgenden Analysen wurde eine Korrektur für den Chlor-Verlust angebracht im Falle der Lösungen A III und B II, in welchen das Oxychlorid in HNO_3 gelöst wurde. Keine Korrektur wurde verwendet für die Lösungen A II und B III, welche von dem auskrystallisierten Oxychlorid abgegossen wurden.

Cuprichlorid aus dem Kupfer vom Lake Superior (Lösung AII.).

Probe	Korr. Gew. d. Probe	Kupfer-Bestimmung.			Cu pro 100 g d. Lösg.
		Korr. Gew. d. gewog. Cu	Cu-Korr.		
4	101.833	1.20672	+0.00006	1.18505	
5	101.821	1.20660	+0.00006	1.18508	
6	101.879	1.20730	+0.00006	1.18509	
				<u>1.18507</u>	

Chlor-Bestimmung.

Probe	Korr. Gew. d. Probe	Korr. Gew. d. verbrauchten Ag	Korr. Gew. d. Ag pro 100g d. Lösung
1	101.740	4.09317	4.02317
2	101.836	4.09658	4.02272
3	101.788	4.09501	4.02308
			<u>4.02299</u>

Aus dem so ermittelten Verhältnis 1.18507 : 4.02299 berechnet sich das Atomgewicht Cu = **63.557**.

Cuprichlorid aus dem Kupfer vom Lake Superior (Lösung AIII).

Kupfer-Bestimmung.

Probe	Korr. Gew. d. Probe	Korr. Gew. d. gewog. Cu	Cu-Korr.	Cu pro 100 g d. Lösg.
6	102.333	1.29116	+0.00006	1.26182
7	102.279	1.29064	+0.00006	1.26194
8	102.408	1.29229	+0.00006	1.26196
9	102.424	1.29239	+0.00006	1.26186
10	102.462	1.29298	+0.00006	1.26197
				<u>1.26191</u>

Chlor-Bestimmung.

Probe	Korr. Gew. d. Probe	Korr. Gew. d. verbrauchten Ag	Korr. Gew. d. Ag pro 100g d. Lösg.
1	102.533	4.39210	4.28360
2	102.399	4.38678	4.28400
3	102.411	4.38732	4.28400
4	102.351	4.38470	4.28395
5	102.338	4.38405	4.28390
			<u>4.28389</u>

N. B. Bei jeder dieser Chlor-Bestimmungen wurde für den Chlor-Verlust eine Korrektur von je +0.00291 g Ag angebracht.

Aus dem mittleren Verhältnis von Kupfer zu Silber berechnet sich hier das Atomgewicht Cu = **63.557**.

Cuprichlorid aus dem chilenischen Kupfer (Lösung BII).

Kupfer-Bestimmung.

Probe	Korr. Gew. d. Probe	Korr. Gew. d. gewog. Cu	Cu-Korr.	Cu pro 100 g d. Lösg.
6	102.355	1.28032	+0.00006	1.25092
7	102.398	1.28075	+0.00006	1.25082
8	102.370	1.28045	+0.00006	1.25087
9	102.366	1.28041	+0.00006	1.25088
10	102.357	1.28030	+0.00006	1.25088
				<u>1.25088</u>

Chlor-Bestimmung.

Probe	Korr. Gew. d. Probe	Korr. Gew. d. verbrauchten Ag	Korr. Gew. d. Ag pro 100g d. Lösg.
1	102.308	4.34460	4.24660
2	102.295	4.34383	4.24637
3	102.370	4.34695	4.24621
			<u>4.24639</u>

Auch bei diesen Chlor-Bestimmungen kam eine Silber-Korrektur für den Chlor-Verlust von je 0.00291 g Ag zur Anwendung.

Aus dem so ermittelten Verhältnis von Kupfer zu Silber berechnet sich das Atomgewicht $\text{Cu} = 63.557$.

Cuprichlorid aus dem chilenischen Kupfer (Lösung⁷ BIII).

Probe	Kupfer-Bestimmung.			Cu pro 100 g d. Lösg.
	Korr. Gew. d. Probe	Korr. Gew. d. gewog. Cu	Cu-Korr.	
4	101.881	1.28720	+0.00006	1.26350
5	101.941	1.28794	+0.00006	1.26348
6	101.927	1.28748	+0.00006	[1.26321]
				1.26349

Probe	Chlor-Bestimmung.		
	Korr. Gew. d. Probe	Korr. Gew. d. verbrauchten Ag	Korr. Gew. d. Ag pro 100 g d. Lösg.
1	101.897	4.37064	4.28926
2	101.974	1.37372	4.28905
3	101.929	4.37205	4.28931
			4.28921

Aus dem gefundenen Verhältnis von Kupfer zu Silber berechnet sich hier das Atomgewicht $\text{Cu} = 63.557$. Dabei wurde allerdings die dritte Cu-Analyse, die ein von den beiden anderen stark abweichendes Resultat gibt, nicht berücksichtigt.

Die vier Analysen-Serien ergeben demnach übereinstimmend für das Atomgewicht des Kupfers den Wert $\text{Cu} = 63.557$, wodurch der Tabellenwert eine Bestätigung findet.

Die Untersuchung ergibt weiter das wichtige Resultat, daß das Isotopen-Verhältnis in Kupferproben verschiedener Provenienz und verschiedenen geologischen Alters stets konstant ist.

Quecksilber-Isotope.

Harkins und Mortimer³³⁾ berichten über eine neue Versuchsserie zur Trennung der Isotope des Quecksilbers durch kombinierte Verdampfung bei niedrigem Druck und Diffusion durch Filtrierpapier. Das Ergebnis der Versuche sind zwei Endfraktionen des Quecksilbers, H 25 und L 25, deren Dichten mit der des gewöhnlichen Quecksilbers verglichen wurden.

Dichte des gewöhnlichen Quecksilbers.

Gew. d. Pyknometers	14.25046
Gew. d. Pyknometers + Quecksilber im Mittel	31.92155
Gew. d. Quecksilbers	17.67110

Dichte der schweren Hg-Fraktion H 25.

	Gew. d. Pyknom.		At.-Gew.- Zunahme
	+ H 25	v. H 25	
1. Bestimmung	31.93000	17.67955	+0.0959
2. „	31.93005	17.67960	+0.0964
3. „	31.93004	17.67959	+0.0963
4. „	31.93001	17.67956	+0.0960
5. „	31.93001	17.67956	+0.0960
		Mittel	+0.0962

Berechnetes At.-Gew. von H 25 = 200.706.

³³⁾ Phil. Mag. [7] 6, 601 [1928].

Dichte der leichten Fraktion L 25.

	Gew. d. Pyknom. + L 25	Gew. v. L 25	At.-Gew.- Abnahme
1. Bestimmung	31.91338	17.66293	— 0.0927
2. „	31.91335	17.66290	— 0.0931
3. „	31.91334	17.66289	— 0.0932
4. „	31.91333	17.66288	— 0.0933
5. „	31.91335	17.66290	— 0.0931
		Mittel	— 0.0931

Berechnetes At.-Gew. von L 25 = **200.517**.

Es wurden von jeder dieser Endfraktionen ca. 100 g gewonnen, deren Atomgewichte um 0.189 Einheiten differierten.

Bor.

1925 führten Briscoe, Robinson und Stephenson³⁴⁾ relative Atomgewichts-Bestimmungen von sechs Borproben verschiedener Herkunft durch Bestimmung der Dichte glasiger Borsäure aus und erhielten für die einzelnen Proben von einander abweichende Werte, deren Extreme 10.847 und 10.788 waren, woraus sie den Schluß zogen, daß das Isotopen-Verhältnis des Bors je nach dem Fundort ein verschiedenes sein könne.

Angesichts der Wichtigkeit dieses Befundes und der daraus gezogenen Schlußfolgerung studierten Cousen und Turner³⁵⁾ die sich ihnen aufdrängende Frage, ob die Dichte glasiger Borsäure nicht beeinflußt werde durch die Art der Herstellung der zur Dichte-Bestimmung dienenden Borsäure-Perlen.

Es zeigte sich zunächst, daß bei langsamer Abkühlung der erschmolzenen Perlen ein bedeutend höherer Wert für die Dichte resultiert, in der Art, daß bei Abkühlung von 350—160° während 6½ Stdn. die Dichte um zwei Einheiten der dritten Dezimale niedriger ist als bei einer Abkühlungsdauer von 12½ Stdn. innerhalb des gleichen Temperatur-Intervalls.

Ferner ergab sich, daß die Dichte durch Spuren von Feuchtigkeit, die von der hygroskopischen glasigen Borsäure leicht aufgenommen wird, wesentlich erniedrigt wird. Briscoe und Mitarbeiter scheinen ihre Borsäure nur bei 1000° geschmolzen zu haben, eine Temperatur, die nach Cousen und Turner, die bei 1400° arbeiteten, nicht ausreicht, um die letzten Spuren von Wasser auszutreiben.

Auch die Größe der Perlen beeinflußt die Resultate der Dichte-Bestimmung derart, daß die Dichte um so kleiner gefunden wird, je kleiner die Perlen sind.

Die Dichte-Bestimmungen wurden sowohl nach der Pyknometer-Methode als auch nach der von Briscoe und Mitarbeitern angewandten Schwebemethode mit Pentachlor-äthan und Trimethylendibromid ausgeführt. Das spezif. Gew. der glasigen Borsäure zwischen 18° und 25° ist nicht, wie Briscoe, Robinson und Stephenson angeben, 1.7952, sondern genauer 1.844.

Es besteht demnach kein Zusammenhang zwischen den durch ungeeignete Abkühlung verursachten Unterschieden der Dichte der glasigen Borsäure und den Atomgewichten der verschiedenen Borproben.

³⁴⁾ Journ. chem. Soc. London **127**, 150 [1925]; VI. Bericht, B. 59 A, XII [1926].

³⁵⁾ Journ. chem. Soc. London **1929**, 2654.

Wenn somit durch die Untersuchung von Cousen und Turner der Befund von Briscoe und Mitarbeitern, betreffend die aus Unterschieden der Dichte glasiger Borsäure geschlossene Verschiedenheit der At.-Gew. von Borproben verschiedener Herkunft widerlegt erscheint, so bleibt doch der Befund von Briscoe und Robinson³⁶⁾ bestehen, welche durch Ermittlung des Verhältnisses $\text{BCl}_3:3\text{Ag}$ für die gleichen Borproben dieselben Atomgewichts-Unterschiede konstatierten und dieses Ergebnis noch durch die von Briscoe, Robinson und Smith³⁷⁾ ausgeführte Dichte-Bestimmung des analysierten Bortrichlorids bestätigten. Allerdings erscheint das Vertrauen in diese Befunde durch die Widerlegung von Cousen und Turner stark erschüttert.

Actinium-Blei.

Fr. Lotze³⁸⁾ berechnet aus den Analysen verschiedener Uranmineralien und den Atomgewichten des aus denselben Mineralien isolierten Bleis, welches neben RaG und AcD eventuell noch TbD enthält, das Atomgewicht des AcD und erhält so aus sieben, wegen ihrer Zuverlässigkeit ausgewählten Bestimmungen den Mittelwert $\text{AcD} = 207$, der übereinstimmt mit der von Fajans und Russel aus theoretischen Gründen geforderten Zahl.

Aus diesem Atomgewicht des Actiniumbleis berechnet er dann weiter für Protactinium das Atomgewicht $\text{Pa} = 231$.

Stickstoff.

Im Hinblick auf die merkwürdige, früher von Hillebrand^{38a)} festgestellte Konstanz des Verhältnisses $\text{UO}_2:\text{N}$ in norwegischen Uraniniten, erörtern H. P. Cady und H. U. Beecher^{38b)} die Hypothese: der in solchen Mineralien enthaltene Stickstoff könne vielleicht aus radioaktivem Kalium über 6α -Umwandlungen entstanden sein (Differenz der Atomgewichte $\text{K} - \text{N} = 25$) und ein Isotop vom Atomgewicht 15 darstellen. Es wurde zur Prüfung N aus norwegischem Fergusonit in reines NH_4Cl übergeführt, darin das Cl gravimetrisch bestimmt, und das Atomgewicht des N daraus berechnet. Zur Kontrolle wurden in gleicher Weise Bestimmungen mit Stickstoff anderer Herkunft ausgeführt. Ein Unterschied zwischen den Atomgewichten beider Proben ließ sich nicht feststellen.

Arsen.

In einer kurzen Notiz in der „Nature“ teilt Krepelka³⁹⁾ mit, daß er durch acht Bestimmungen des Verhältnisses $\text{AsCl}_3:3\text{Ag}$ für das Atomgewicht des Arsens den Wert $\text{As} = 74.937$ ($\text{Ag} = 107.88$, $\text{Cl} = 35.458$) erhalten hat, welcher den von Aston auf massen-spektroskopischem Wege ermittelten Wert 74.934 vollkommen bestätigt. Nähere Angaben fehlen, werden aber für die nächste Zeit in Aussicht gestellt.

Antimon.

In unserem Bericht⁴⁰⁾ für 1924 erwähnten wir eine vorläufige Untersuchung von Muzaffar, der für vier Antimon-Proben verschiedener Her-

³⁶⁾ Journ. chem. Soc. London **127**, 696 [1925]; VI. Bericht, B. **59** A, XIV [1926].

³⁷⁾ Journ. chem. Soc. London **1927**, 282; VIII. Bericht, B. **61**, 20 [1928].

³⁸⁾ Ztschr. anorgan. Chem. **170**, 213 [1928]; Naturwiss. **16**, 558 [1928].

^{38a)} U. S. Geol. Survey Bull. **78**, 43 [1891]. ^{38b)} Science **68**, 594 [1928].

³⁹⁾ Nature **123**, 944 [1929]. ⁴⁰⁾ IV. Bericht, B. **57** A, XXV [1924].

kunft stark abweichende Atomgewichte gefunden haben will. Die größten Abweichungen zeigten Proben von Antimon aus Ungarn und Bolivien, von denen die eine ein At.-Gew. von 121.144, die andere ein solches von 122.374 ergab.

Dieser sehr auffallende Befund veranlaßte schon 1927 Krishnaswami⁴¹⁾ reines Antimon von der Firma C. A. F. Kahlbaum mit vier aus verschiedenen indischen Fundorten stammenden Antimon-Proben zu vergleichen, wobei er keine At.-Gew.-Differenz konstatieren konnte.

Während Muzaffar die Bestimmung durch Titration einer Lösung von Antimontrichlorid mit Kaliumbromat ausführte, benutzte Krishnaswami die Standardmethode der Messung einer gewogenen Menge wasser-freien SbBr_3 mit Silber.

Obwohl durch Krishnaswamis Untersuchung Muzaffars von vornherein wenig vertrauenswürdiger Befund noch unwahrscheinlicher geworden war, unternahm nunmehr Mc Alpine⁴²⁾ noch eine Nachprüfung, indem er sich ungarisches und bolivianisches Antimon aus gleicher Quelle wie Muzaffar beschaffte und den Vergleich der beiden Proben einerseits durch Bestimmung der Dichte und andererseits durch Titration mit Bromat ausführte.

Die Reinigung des Antimon-Materials erfolgte in üblicher Weise auf dem Wege über das gefällte Oxychlorid durch wiederholte Krystallisation der Metachlorantimonsäure. Diese wurde schließlich mit Wasser hydrolysiert, der Niederschlag mit Salpetersäure abgedampft, zu Oxyd verglüht und dieses mit reinem KCN zu Metall reduziert.

Zur Bestimmung der Dichte wurde das reine Metall im Wasserstoffstrom geschmolzen und vollkommen blanke und hohlraum-freie Stücke zunächst in Luft und dann unter Wasser gewogen.

Dichte des Antimons verschiedener Herkunft:

	Gew. d. Sb in Luft	Gew. d. Sb in Wasser	Temp. d. Wassers	Dichte d. Sb
Kahlbaum	15.3981	13.1024	22.3°	6.694
Ungar. Antimonit.....	14.9260	12.7342	22.3°	6.703
Bolivian. Antimonit (a)	13.5033	11.4907	22.3°	6.696
„ „ (b)	12.9599	11.0275	22.3°	6.695

Diese Bestimmungen ergaben keinerlei Andeutung für Unterschiede in der Dichte der verschiedenen Antimonproben.

Zur Ausführung der Titration wurden ca. 3 g des reinen Metalls genau ausgewogen, in möglichst wenig konz. H_2SO_4 gelöst, die Lösung mit verd. Salzsäure versetzt, das gebildete SO_2 im CO_2 -Strom ausgekocht und unter Vermeidung von Luft-Zutritt festes KBrO_3 zugefügt, dessen Menge 2—3 mg weniger betrug als berechnet worden war. Nachdem die Oxydation in der Kälte vollendet war, wurde die Reaktion durch Titration mit einer Standardlösung, die 1 mg des Salzes pro ccm enthielt, bei 60° unter Zusatz von Methylorange zu Ende geführt. In einzelnen Fällen wurde die oxydierte Lösung mit SO_2 reduziert und die Titration wiederholt.

⁴¹⁾ VIII. Bericht, B. 61, 26 [1928].

⁴²⁾ Journ. Amer. chem. Soc. 51, 1745 [1929].

Verhältnis von Kaliumbromat zu Antimon verschiedener Herkunft.

Herkunft	Gew. d. Sb	Titration	KBrO ₃	KBrO ₃ /Sb	ber. KBrO ₃ /Sb
Kahlbaum	2.3965	1.	1.0976	0.4580	0.4571
		2.	1.0962	0.4574	0.4571
		3.	1.0952	0.4570	0.4571
„	2.1560	1.	0.9874	0.4580	0.4571
Ungarn	2.1234	1.	0.9730	0.4582	0.4571
		2.	0.9726	0.4580	0.4571
		2.8452	1. a)		
Bolivien	2.0906	2.	1.3018	0.4575	0.4571
		1.	0.9569	0.4577	0.4571
		2.	0.9568	0.4577	0.4571
	2.0695	1.	0.9478	0.4580	0.4571

a) Die 1. Titration ging verloren, da aus Versehen zuviel festes Bromat zugefügt wurde.

Diese Daten zeigen 1., daß bei Wiederholung der Titration die Werte für das gesuchte Verhältnis etwas kleiner ausfallen, und 2., daß die Resultate der ersten Titrationen weitgehende Übereinstimmung zeigen, ein Beweis für die Identität der untersuchten Antimon-Proben. Als Mittel der ersten Titrationen ergibt sich für das Verhältnis KBrO₃:Sb der Wert 0.4580. Die maximale Abweichung beträgt 0.0003. Die At.-Gew. der untersuchten Antimon-Proben stimmen demnach innerhalb 0.05 Einheiten unter einander überein, während nach Muzaffar die Differenz zwischen ungarischem und bolivianischem Antimon 1.23 Einheiten betragen sollte. Damit dürfte Muzaffars Befund endgültig als irrtümlich erwiesen sein.

Chlor-Isotope.

Harkins und Broecker⁴³⁾ beschreiben näher das Verfahren, nach welchem sie schon 1919 eine partielle Trennung der Isotopen des Chlors durchgeführt haben. Das Ergebnis der Versuche war eine Zunahme des Atomgewichtes von ca. 10 g Chlor um 0.055 Einheiten; es wurde dadurch erreicht, daß man Chlorwasserstoffgas durch die Wände von 12.2 m langen irdenen Röhren, wie sie für Raucherpipen Verwendung finden, in Luft hindurch diffundieren ließ. Dabei blieb von der ursprünglichen Menge Chlorwasserstoff der Bruchteil $\frac{1}{8000}$ übrig. Die Zunahme des Atomgewichtes, wie sie nach der herrschenden Diffusions-Theorie zu erwarten ist, beträgt unter diesen Umständen 0.089 Einheiten. Zur Bestimmung kleiner Atomgewichts-Differenzen wurde eine neue Methode ausgearbeitet, die eine Genauigkeit von 0.001—0.002 Einheiten gewährleistet. Das Prinzip der Methode besteht darin, daß die Dichten äquimolekularer Lösungen des gewöhnlichen und des isotopischen Chlorwasserstoffs verglichen werden. Fünf Bestimmungen der Atomgewichts-Zunahme ergaben 0.052, 0.059, 0.057, 0.055 und 0.053 Einheiten.

Auch H. Grimm⁴⁴⁾ berichtet jetzt ausführlich über seine Versuche zur Ermittlung von Dampfdruck-Unterschieden von Isotopen durch fraktionierte Destillation. Über die von Hönigschmid und Birckenbach im Zusammen-

⁴³⁾ Ztschr. Physik 50, 537 [1929]; s. auch Phys. Rev. [2] 15, 74 [1920].

⁴⁴⁾ Ztschr. physikal. Chem. B 2, 181, 200 [1929].

hang mit dieser Untersuchung ausgeführten Atomgewichts-Bestimmungen des Chlors wurde schon im Bericht für 1928⁴⁵⁾ ausführlich referiert.

Rhenium.

Schon im vorjährigen Bericht⁴⁶⁾ wurde über die von W. und I. Noddack ausgeführte vorläufige Atomgewichts-Bestimmung des Rheniums referiert, wobei sich die Kommission auf den Standpunkt stellte, daß der mitgeteilte Atomgewichtswert nicht in die Tabelle aufgenommen werden könne, da in der angeführten Veröffentlichung keine näheren Zahlenangaben über die zur Analyse angewandten Gewichtsmengen gemacht wurden und somit die zur Beurteilung der Ergebnisse notwendigen Grundlagen fehlten.

Die Autoren haben nunmehr der Kommission eine nähere Beschreibung ihrer Arbeitsweise nebst ihrem ganzen Zahlenmaterial zur Verfügung gestellt, das hier zum ersten Male zum Abdruck gelangt.

Zur Bestimmung des Re-Atomgewichts wurde das Verhältnis $\text{Re} : \text{S}_2$ benutzt. Die flüchtigen Re-Oxyde wurden in eine Quarzvorlage destilliert, ein wenig Wasser zugegeben und unter Erwärmen der Vorlage auf 80° ein Strom von reinem H_2S durchgeleitet. Dabei wird schwarzes Rheniumsulfid gebildet (wahrscheinlich ReS_3). Dann wurde dieses Sulfid in der Vorlage im CO_2 -Strom bei 800° in Rheniumdisulfid, ReS_2 , übergeführt und dieses in der Vorlage gewogen. Hierauf wurde das ReS_2 im Wasserstoffstrom bei 1000° zu metallischem Re reduziert und dieses wiederum gewogen.

Die Wägungen wurden mit einer Wage der Physikalisch-technischen Reichsanstalt ausgeführt, die bei 50 g Belastung 0.01 mg direkt abzulesen gestattete. Der Gewichtssatz bestand aus Messing, die Bruchgramme aus Platin; er war von der P. T. R. geeicht. Sämtliche Wägungen wurden durch Substitution mit Gegengewichten ausgeführt und unter Berücksichtigung des Luftdrucks, der Temperatur und der Feuchtigkeit auf das Vakuum bezogen.

Die verwendeten Materialien hatten die spezif. Gewichte:

Messinggewichte 8.3. — ReS_2 8.0. — Re-Metall 21.0.

Als Atomgewicht des Schwefels wurde der Wert $\text{S} = 32.06$ benutzt.

Verhältnis $\text{Re} : \text{S}_2$.

Nr.	ReS_2 im Vak. mg	Re im Vak. mg	$\text{Re} : \text{S}_2$	Atom- gew.
1	106.15	79.23	2.9432	188.7
2	113.80	84.92	2.9405	188.5
3	93.83	70.05	2.9458	188.9
4	137.80	102.82	2.9394	188.5
	451.58	337.02	Mittel: 2.9422	Mittel: 188.7 ± 0.15

Aus diesen 4 Bestimmungen ergibt sich als Mittel für das Verhältnis $\text{Re} : \text{S}_2$ der Wert 2.9422 und daraus das Atomgewicht $\text{Re} = 188.7$ mit einer mittleren Abweichung vom Mittel von ± 0.15 .

Dieser vorläufige Wert **Re** = 188.7 wird nunmehr in die Tabelle aufgenommen.

⁴⁵⁾ VIII. Bericht, B. 61, 15 [1928].

⁴⁶⁾ IX. Bericht, B. 62, 19 [1929].

Nickel.

Nachdem G. P. Baxter^{46a)} in zwei früheren Untersuchungen terrestrisches und meteorisches Nickel durch die Analyse des Oxyds und des Chlorids verglichen hatte, wobei der mexikanische Cumpas-Meteorit das Ausgangsmaterial lieferte, stellte er sich jetzt die Frage, ob Nickel aus Meteoriten verschiedener Provenienz nicht Unterschiede im Isotopen-Verhältnis aufweise. Er untersuchte deshalb das Nickel aus dem Meteoriten von Canon Diablo und analysierte mit Ishimaru⁴⁷⁾ das daraus gewonnene Nickelbromid.

Der Meteorit wurde in HNO_3 gelöst, der Hauptteil des Eisens als Nitrat abgeschieden und fast der ganze Rest desselben nach der Fällung der Sulfide mit HCl extrahiert. Kobalt wurde als Fischersches Salz abgetrennt und desgleichen die Metalle, welche schwerlösliche Sulfide liefern, durch Fällung mit H_2S in salzsaurer Lösung. Der Salz-Rückstand wurde wieder in Nitrat verwandelt, noch vorhandenes Eisen mit Ammoniak ausgefällt und aus dem eingeeengten Filtrat Ammonium-nickel-nitrat auskrystallisiert. Dieses Salz wurde 4-mal umkrystallisiert, dann mit viel Wasser hydrolysiert, das erhaltene Hydroxyd verglüht, nochmals in Nitrat verwandelt und als solches 3-mal aus konz. HNO_3 umkrystallisiert. Das durch Calcinieren des Nitrats erhaltene Oxyd wurde in Bromwasserstoffsäure gelöst und das Bromid 4-mal umkrystallisiert. In gleicher Weise wurde auch terrestrisches Nickelmaterial gereinigt.

Zur Gewinnung des für die Analyse erforderlichen wasser-freien Bromids wurde das krystallisierte Salz zunächst über geschmolzenem KOH möglichst entwässert und der Rest des Krystallwassers durch Erhitzen im HBr -Strom bei 360° ausgetrieben. Das wasser-freie Salz wurde im Quarzrohr des „bottling apparatus“ 3-mal umsublimiert, wobei nach den ersten zwei Sublimationen ein Rückstand von SiO_2 zurückblieb. Das sublimierte Bromid wurde in einem Vorratsgefäß gesammelt und aliquote Teile davon für die einzelnen Analysen verwendet. Jede einzelne Probe wurde vor der Wägung in einem Gemisch von N und HBr bis nahe zum Sublimationspunkt erhitzt. Die gleiche Methode hatte Baxter seinerzeit gelegentlich der Herstellung des wasser-freien Chlorids verwendet. Der Ref. möchte auf seine Kritik verweisen, die er im IV. Bericht für 1924⁴⁸⁾ an diesem Verfahren geübt hat und die auch für den vorliegenden Fall gilt.

Die Analysen des Nickelbromids erfolgten in üblicher Weise durch Bestimmung der beiden Verhältnisse $\text{NiBr}_2 : 2 \text{Ag} : 2 \text{AgBr}$ mit Hilfe des Nephelometers.

Alle verwendeten Reagenzien wurden nach den Standardmethoden gereinigt. Die Wägungen wurden durch Substitution mit Gegengewichten ausgeführt und für das Vakuum korrigiert.

In der folgenden Tabelle der Analysenresultate werden die Proben von terrestrischem Nickel mit T und die von meteorischem mit M bezeichnet.

^{46a)} III. Bericht, B. 56 A, XXVIII [1923]; IV. Bericht, B. 57 A, XXXI [1924].

⁴⁷⁾ Journ. Amer. chem. Soc. 51, 1729 [1929].

⁴⁸⁾ IV. Bericht, B. 57 A, XXXIII [1924].

Verhältnis von $\text{NiBr}_2:2\text{Ag}$. Serie I.

		NiBr_2 i. Vak.	Ag i. Vak.	$\text{NiBr}_2/2\text{Ag}$	At.-Gew. d. Ni
1	T	4.97931	4.91621	1.012835	58.697
2	T	5.33870	5.27101	1.012842	58.699
3	T	7.91596	7.81580	1.012815	58.693
4	T	4.63096	4.57242	1.012803	58.690
5	T	5.35138	5.28348	1.012851	58.701
			Mittel	1.012829	58.696

Serie II.

6	M	6.31054	6.23068	1.012817	58.693
7	M	5.66561	5.59419	1.012767	58.683
8	M	6.08659	6.00948	1.012831	58.696
			Mittel	1.012805	58.691

Verhältnis $\text{NiBr}_2:2\text{AgBr}$. Serie III.

		NiBr_2 i. Vak.	AgBr i. Vak.	$\text{NiBr}_2:2\text{AgBr}$	At.-Gew. d. Ni
9	T	4.97931	8.55787	0.581840	58.702
10	T	7.91596	13.60533	0.581828	58.698
11	T	4.63096	7.95995	0.581783	58.681
			Mittel	0.581818	58.694

Serie IV.

12	M	6.31054	10.84628	0.581816	58.693
13	M	5.66561	9.73797	0.581806	58.690
14	M	6.08659	10.46106	0.581833	58.700
			Mittel	0.581817	58.694

Mittel d. Serien I u. III (terr. Ni) 58.695

Mittel d. Serien II u. IV (meteor. Ni) 53.693

Mittel aller Serien 58.694

Aus diesen Bestimmungen folgt, daß das Isotopen-Verhältnis für terrestrisches und meteorisches Nickel innerhalb der Versuchsfehler vollkommen gleich ist.

Die modernen Atomgewichts-Bestimmungen des Nickels ergeben für diese Konstante die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werte:

Richards u. Cushman	(1898)	$\text{NiBr}_2:2\text{Ag}:2\text{AgBr}$	58.682
"	"	(1899) $\text{NiBr}_2:\text{Ni}$	58.682
		Mittel	58.682
Baxter u. Parsons	(1921)	$\text{NiO}:\text{Ni}$	58.702
Baxter u. Hilton	(1923)	$\text{NiCl}_2:2\text{Ag}:2\text{AgCl}$	58.701
Baxter u. Ishimaru	(1929)	$\text{NiBr}_2:2\text{Ag}:2\text{AgBr}$	58.694
		Mittel	58.698

Als Gesamtmittel aller modernen Nickel-Bestimmungen ergibt sich somit der Wert $\text{Ni} = 58.69$, der auch schon im Vorjahre Aufnahme in die Tabelle gefunden hat.

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

A. Inaktive Elemente.

Die Methoden zur Isotopen-Forschung sind in den letzten Jahren außerordentlich verfeinert worden. Man kann in der Entwicklung der Isotopen-

Forschung jetzt drei Hauptabschnitte unterscheiden: Der erste Abschnitt umfaßt die grundlegenden Arbeiten Astons über die Isotopie der gewöhnlichen chemischen Elemente. Eine große Reihe chemischer Elemente erwiesen sich als Mischungen mehr oder weniger zahlreicher isotoper Atomarten, deren Atomgewichte sich mit ganz wenigen Ausnahmen (vor allem des Wasserstoffs) als ganze Zahlen, verglichen mit dem Sauerstoff, darstellen ließen. Die Genauigkeit der Massen-Bestimmung betrug etwa 1:1000. Zu diesem Abschnitt gehören auch die Untersuchungen von Dempster über die Isotopen des Calciums, Zinks und Kupfers.

Der zweite Abschnitt wurde 1926 von Aston durch die wesentliche Verbesserung seines Massen-Spektrographen eingeleitet, wodurch die Genauigkeit seiner Massen-Bestimmungen auf 1:10000 erhöht wurde. Einerseits wurden dadurch eine ganze Anzahl neuer isotoper Atomarten festgestellt, andererseits ergab sich die Möglichkeit, genauere Atomgewichts-Angaben für die einzelnen Atomarten zu gewinnen. Dabei zeigte es sich, daß für zahlreiche Atomarten auch in Bezug auf O keine absolute Ganzzahligkeit der Atomgewichte besteht. Die Untersuchungen gipfelten in der Tabelle über die „Packungs-Anteile“ einer großen Zahl von Atomarten⁴⁹⁾. Neben den Astonschen Arbeiten gehören hierzu die Untersuchungen von Costa über die Isotopen des Lithiums⁵⁰⁾.

Ein dritter Hauptabschnitt hat jetzt begonnen: Die Verwendung der Molekül-Bandenspektren für den Nachweis neuer isotoper Atomarten. Es liegen ja allerdings schon eine ganze Reihe älterer Arbeiten über Isotopen-Effekte in Bandenspektren vor, bei denen aus optischen Daten Astonsche Ergebnisse bestätigt wurden. Beim Silicium hatte Mulliken sogar schon die schwächste Komponente Si_{30} sichergestellt, als sie aus den Astonschen Befunden noch zweifelhaft war⁵¹⁾. Die neueste Entwicklung der Bandenspektroskopie ist jetzt aber in der Lage, isotope Atomarten nachzuweisen, die neben ihren Hauptkomponenten in solch geringer Konzentration vorhanden sind, daß ihr Nachweis nach der Astonschen Methode bisher nicht möglich ist. Am Schlusse dieses Abschnittes soll noch auf einige, sich aus der neuesten Entwicklung ergebende Konsequenzen hingewiesen werden. Zuerst seien die Ergebnisse besprochen; sie beziehen sich auf den Sauerstoff und den Kohlenstoff, also die Elemente, die man bisher geradezu als die Prototypen einheitlicher Atomarten angesehen hat.

Sauerstoff: Bei einer genauen optischen Analyse der Absorptionsbanden von atmosphärischem Sauerstoff hatten Dieke und Babcock⁵²⁾, sowie Mulliken⁵³⁾ eine Anzahl äußerst schwacher Dubletts der Hauptbanden festgestellt, deren Einordnung in das Termschema schwierig war. Giauque und Johnston⁵⁴⁾ geben nun an, daß diese schwachen Dubletts einem Sauerstoff-Molekül zuzuschreiben sind, das aus den Atomen O_{18} und O_{16} besteht. Die Abweichungen zwischen den beobachteten und den für $\text{O}_{18}\text{O}_{16}$ berechneten Daten stimmen innerhalb der Genauigkeitsgrenze überein. Aston⁵⁵⁾ erwidert auf diese Mitteilung, daß auf Grund seiner massenspektrographischen Beobachtungen eine Komponente O_{18} im gewöhnlichen

⁴⁹⁾ VIII. Bericht, B. 61 A, 31 [1928].

⁵⁰⁾ VII. Bericht, B. 60 A, 18 [1927].

⁵¹⁾ V. Bericht, B. 58 A, XXIV [1925].

⁵²⁾ Proceed. Wash. Acad. 18, 670 [1927].

⁵³⁾ Nature 122, 505 [1928].

⁵⁴⁾ Nature 123, 318 [1929].

⁵⁵⁾ Nature 123, 488 [1929].

Sauerstoff höchstens zu 1 Promille enthalten sein könne, weil er sie sonst gefunden hätte. Babcock⁵⁶⁾ bestätigt die Angaben von Giaque und Johnston. Durch neue exakte Aufnahmen des Sauerstoff-Spektrums wurde die frühere Zahl von 26 Linien für die schwachen Dubletts auf 73 erhöht. Von diesen sind etwa die Hälfte dem unsymmetrischen Molekül $O_{18} \cdot O_{16}$ zuzuordnen. Die Intensität der neuen Sauerstoff-Banden zu den gewöhnlichen ist 1:1250, so daß es verständlich erscheint, daß Aston das neue Sauerstoff-Isotop bisher nicht hat nachweisen können.

In einer weiteren Mitteilung von Giaque und Johnston⁵⁷⁾ wird unter voller Bestätigung der früheren Beobachtungen über die Existenz von $O_{18} \cdot O_{16}$ darauf hingewiesen, daß sich aus neuen, von Babcock auf dem Mount Wilson gemachten Aufnahmen die Existenz auch eines dritten Sauerstoff-Isotops O_{17} folgern läßt. Von 22 neuen, äußerst schwachen Linien gehören 19 dem Molekül $O_{17} \cdot O_{16}$ an. Die Intensität dieser Linien zu den gewöhnlichen Sauerstoff-Linien ist schätzungsweise 1:10000.

Eine neue Bestätigung der Existenz der drei Sauerstoff-Isotopen bringt Birge⁵⁸⁾. Er berichtigt einen Irrtum in den früheren Zahlenangaben von Dieke und Babcock und zeigt, daß bei exakter Berechnung die bisher noch bestehenden kleinen Diskrepanzen zwischen Rechnung und gefundenem Isotopen-Effekt für $O_{18} \cdot O_{16}$ wesentlich verkleinert, für $O_{17} \cdot O_{16}$ fast auf Null herabgedrückt werden. Der Beweis für die Existenz zweier neuer Sauerstoff-Isotope O_{18} und O_{17} erscheint daher sichergestellt. Die Intensität der neuen Atomarten zu O_{16} ist nach den obigen Angaben $O_{16} : O_{17} : O_{18} = 10000 : 1 : 8$.

Kohlenstoff: Hier liegen zwei Arbeiten vor über ein C-Isotop von der Masse 13. King und Birge⁵⁹⁾ untersuchten das dem neutralen C_2 zugeschriebene sog. Swan-Spektrum des Kohlenstoffs. Die im elektrischen Ofen bei etwa 2400° erscheinenden Swan-Banden werden oberhalb 2600° intensiv und scharf begrenzt. Es werden sechs sehr schwache Trabanten der Hauptbanden festgestellt, die augenscheinlich einem Molekül $C_{13} \cdot C_{12}$ angehören.

Diese Beobachtungen werden von Birge⁶⁰⁾ bestätigt durch die Untersuchung von Absorptionsspektren des Kohlenoxyds und von Emissionsspektren des Cyans. Im ersteren Fall wird ein Molekül $C_{13} \cdot O_{16}$, im letzteren $C_{13} \cdot N_{14}$ festgestellt. Obgleich die neuen Isotopen-Linien sehr schwach sind, konnten sie unter günstigen Bedingungen dennoch mit hinreichender Genauigkeit gemessen werden, so daß Verwechslungen ausgeschlossen erscheinen. So liegen die berechneten Linien für etwaige Moleküle $C_{12} \cdot O_{18}$ oder $C_{12} \cdot N_{15}$ durchaus außerhalb des Bereichs der oben genannten Linien. Man kann daher weiter den Schluß ziehen, daß etwa ein Stickstoffatom N_{15} , falls es existieren sollte, sicher in viel geringerer Menge im gewöhnlichen Stickstoff enthalten sein kann, als das jetzt festgestellte C_{13} im Kohlenstoff (vergl. S. 6). Über das genaue Intensitäts-Verhältnis $C_{13} : C_{12}$ läßt sich noch nichts Definitives aussagen. Sicher ist C_{13} hunderte mal schwächer als C_{12} .

Bei der Diskussion der Frage, ob man für die hier beobachteten neuen Isotope eine Bestätigung mittels der Astonschen Methode erwarten kann,

⁵⁶⁾ Nature 123, 761 [1929].

⁵⁷⁾ Nature 123, 831 [1928]; Journ. Amer. chem. Soc. 51, 1436 [1929].

⁵⁸⁾ Nature 124, 13 [1929].

⁵⁹⁾ Nature 124, 127 [1929].

⁶⁰⁾ Nature 124, 182 [1929].

gelangen Giauque und Johnston zu dem Schluß⁶¹⁾, daß die Massen-Spektroskopie nur schwer eindeutige Aussagen über diese äußerst schwachen Isotopen Bestandteile gewöhnlicher Elemente wird machen können. Dies liegt an der Methode, bei der ja nicht nur die einzelnen Atome und Moleküle mit ihren Isotopen, sondern noch ihre verschiedensten, mehr oder weniger stabilen Verbindungs-Typen in den verschiedensten Ionisierungs-Zuständen als Kanalstrahlen wirksam sein und auf der Platte erscheinen können. In den Bandenspektren lassen sich dagegen die Isotopen Bestandteile unter günstigen Bedingungen, auch wenn sie im Vergleich zu ihrem Haupt-Isotop äußerst schwach sind, nicht nur nachweisen, sondern es werden sich darüber hinaus die Unterschiede in den Einzelatomgewichten isotoper Elemente (Packungs-Anteile) mit äußerster Genauigkeit festlegen lassen. Die bandenspektroskopische Methode ist aber begrenzt auf den Vergleich isotoper Atomarten untereinander. Absolute Atomgewichte im Vergleich zu anderen Elementen lassen sich nicht damit bestimmen. Um dies zu tun, muß man etwa nach der Aston'schen Methode das Atomgewicht des Hauptbestandteils eines Elementes genau ermitteln; das Atomgewicht des schwachen Isotops ergibt sich dann nach der optischen Methode beim exakten Vergleich mit der starken Komponente⁶²⁾.

Ein Einfluß der Entdeckung dieser neuen Isotopen für die praktische Chemie ist übrigens — wenigstens zurzeit — nicht zu erwarten. Die Chemie bestimmt ihre praktischen Atomgewichte mit den in der Natur sich darbietenden Elementen, seien dies nun Reinelemente oder Isotopen-Mischungen. Das sehr genau bestimmte Verhältnis der praktischen Atomgewichte von Wasserstoff zu Sauerstoff wird nicht davon beeinflusst, ob der Sauerstoff einheitlich oder komplex ist. Voraussetzung ist dabei allerdings, daß das Isotopen-Verhältnis im Sauerstoff immer das gleiche ist.

Anders steht es — wenigstens theoretisch — mit den Atomgewichts-Bestimmungen nach der Aston'schen Methode. Wenn dem Mischelement Sauerstoff das praktische Atomgewicht 16.0000 zugeschrieben wird, dann hat die von Aston gefundene Hauptkomponente des Sauerstoffs das Einzelatomgewicht 15.9984. Dieser Wert ergibt sich unter der Annahme, daß das Mischelement Sauerstoff = 16.0000 aus 1250 Teilen der einen und 1 Teil der um 2 Atomgewichts-Einheiten höheren Sauerstoff-Komponente besteht. Der Einfluß der viel schwächeren Komponente O_{17} ist so gering, daß er auch in der Rechnung vernachlässigt werden kann. Da die Massen-Bestimmungen nach Aston's Angaben bisher aber nur auf $\frac{1}{10000}$ genau angebar sind, so lassen sich massen-spektroskopisch die Werte 15.9984 und 16.0000 noch nicht sicher unterscheiden; und dasselbe ist der Fall bei den höheren Atomarten, deren Atomgewichte massen-spektroskopisch geprüft worden sind.

Die Entscheidung einer Frage von prinzipieller Wichtigkeit wird in der nächsten Zukunft aber wohl notwendig werden: die Frage nach der Basis unserer Atomgewichte. Wenn die Entwicklung der Isotopen-Forschung durch Massen-Spektroskopie und Banden-Spektroskopie in der gleichen Weise fortschreitet, wie es jetzt den Anschein hat, dann kann sich bald eine Schwierigkeit daraus ergeben, daß das Bezugselement der praktischen Atomgewichts-Chemie das Mischelement Sauerstoff ist, als Bezugslinie bei den physikalischen Atomgewichts-Bestimmungen aber nur die Haupt-

⁶¹⁾ Nature 128, 831 [1929].

⁶²⁾ W. F. Giauque, Nature 124, 265 [1929].

komponente des Sauerstoffs verwendet wird. Die sich hieraus möglicherweise schon bald ergebenden Schwierigkeiten würden beseitigt, wenn wieder wie früher der Wasserstoff als Basis-Element für alle anderen Elemente herangezogen würde⁶³⁾. Der Wasserstoff als Verbindung eines Protons mit einem Elektron ist eine einheitliche Substanz; bei ihm sind Isotope nicht zu erwarten.

B. Radioaktive Elemente.

Bei den radioaktiven Elementen sind im Berichtsjahr keine so sicheren Ergebnisse erzielt worden, daß sie eine Änderung der bisherigen Tabelle notwendig machten; immerhin liegen Ansätze vor, die eine zukünftige Änderung einzelner Werte erwarten lassen.

Radium: Das Atomgewicht des Radiums: 225.97 paßt nicht gut zu dem Atomgewicht des Urans: 238.14, aus dem es durch Emission dreier Heliumkerne entsteht. Ebenso wenig paßt es zu dem Atomgewicht des Uranbleis, in das es durch Emission von fünf Helium-Kernen zerfällt, denn das Atomgewicht des Uranbleis ist vermutlich nicht tiefer als 206.00. Nach St. Meyer⁶⁴⁾ würde sich ein Atomgewicht des Radiums von etwa 226.09 mit den energetischen Beziehungen der Uran-Radium-Reihe wesentlich besser vereinbaren lassen. Eine Neubestimmung des Atomgewichts des Radiums erscheint daher als eine wichtige Aufgabe.

Protactinium: Über das Atomgewicht des Elementes 91, Protactinium, ist bisher nichts Sicheres bekannt. Je nachdem man die Actinium-Reihe sich aus dem gewöhnlichen Uran als sog. Seitenlinie entstanden denkt oder ihr ein bisher unbekanntes Uran-Isotop als eigene Muttersubstanz zuerteilt, ergeben sich für das Protactinium die wahrscheinlichsten Atomgewichte von rund 230 oder 231.

Aston⁶⁵⁾ hat nun in derselben Weise, wie früher das gewöhnliche Blei, ein Uranblei als Bleitetramethyl massen-spektroskopisch untersucht. Während das gewöhnliche Blei die 3 Atomarten 206, 207 und 208 in den Verhältnissen 100 : 75 : 175 enthält⁶⁶⁾, ist die Intensitäts-Verteilung für das von ihm untersuchte Uranblei etwa $100 : 10.7 \pm 3 : 4.5 \pm 2$. Die Komponente 206 als letztes Zerfallsprodukt des Urans ist naturgemäß weitaus am stärksten. Das Intensitäts-Verhältnis für die Atomarten 207 und 208 ist aber umgekehrt wie beim gewöhnlichen Blei. Daß die Komponente 208 (Thorblei) überhaupt anwesend ist, rührt von einem gewissen Thor-Gehalt des verarbeiteten Uran-Minerals her⁶⁷⁾.

Die relativ große Intensität der Komponente 207 ist kaum anders zu erklären, als daß sie dem Actiniumblei zugehört. Wenn nun das Actiniumblei das Atomgewicht 207 hat, dann folgt hieraus für das Atomgewicht des Protactiniums der Wert rund 231 (vgl. auch „Actinium-Blei“, S. 13). Es ergibt sich dann weiter die Konsequenz, daß im gewöhnlichen Uran ein Uran-Isotop Actinouran enthalten ist, dessen Existenz schon früher vermutet wurde. Genaueres über dieses Isotop läßt sich noch nicht sagen. Einen merkbaren Einfluß auf das Atomgewicht des Urans I als der Muttersubstanz der Radium-Reihe dürfte es kaum haben⁶⁸⁾.

⁶³⁾ L. Strum, Ztschr. Physik 50, 555 [1928].

⁶⁴⁾ Sitzungsber. Wien. Akad. IIa, 137, 599 [1929], 188, 431 [1929].

⁶⁵⁾ Nature 123, 313 [1929]. ⁶⁶⁾ VIII. Bericht, B. 61, 28 [1929].

⁶⁷⁾ C. N. Fenner und C. S. Piggot, Nature 123, 793 [1929].

⁶⁸⁾ E. Rutherford, Nature 123, 313 [1929].

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

Ordnungs- zahl	Symbol	Element	Praktisches Atomgew.	Anzahl der Atom- arten	Einzel-Atomgew. ⁶⁹⁾
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 + [1]	12a, [13b]
7	N	Stickstoff ..	14.008	1	14
8	O	Sauerstoff .	16.0000	1 + [2]	16a, [17c], [18b]
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 ...	32.06	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 ⁷⁰⁾)
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 ⁷⁰⁾)
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)

⁶⁹⁾ Die Buchstaben-Indices geben nach Aston die relative Beteiligung der betreffenden Atomart in dem Mischelement an (a = stärkste, b = schwächere Komponente usw.). Die rund eingeklammerten Zahlen sind zweifelhafte Werte, die nur der Vollständigkeit halber mit angeführt sind. Die in eckiger Klammer stehenden isotopen Atomarten sind aus banden-spektroskopischen Messungen festgestellt. Ihre Intensität ist äußerst gering.

⁷⁰⁾ 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. ⁶⁹⁾
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 ₄₀	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