

Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft

1937, Nr. 1.

— Abteilung A (Vereinsnachrichten) —

6. Januar.

Otto Hahn: Die chemischen Elemente und natürlichen Atomarten nach dem Stande der Isotopen- und Kernforschung (Bericht über die Arbeiten von Ende 1935 bis Ende 1936).

[Aus d. Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem.]

(Eingegangen am 12. Dezember 1936.)

Überblickt man die Literatur über die Isotopenforschung während des jetzt abgelaufenen Jahres, so erscheint es zweckmäßig, eine gewisse Unterteilung zu machen. Eine Anzahl von Arbeiten befaßt sich mit der möglichst genauen Massenbestimmung vor allem leichterer Atomarten aus massenspektroskopischen Ergebnissen und aus Kernprozessen. Eine größere Anzahl anderer Arbeiten bringt neue Ergebnisse über die Häufigkeit der Isotope unserer chemischen Elemente.

Die erstere Gruppe hat ihre besondere Bedeutung hauptsächlich für den Atom-Physiker. Die zweite interessiert in Verbindung mit der ersteren vor allem den Chemiker, denn aus ihnen läßt sich ja das „chemische“ Atomgewicht berechnen und mit dem auf rein chemischen Wege erhaltenen Wert vergleichen.

Im nachfolgenden werden beide Gruppen von Arbeiten getrennt behandelt, wobei aber einige Überschneidungen nicht zu vermeiden sind.

1) Massen leichter Atomarten aus massenspektroskopischen und kernphysikalischen Ergebnissen.

Die im letzten Bericht noch als vorläufig bezeichneten neuen Astonischen Massenbestimmungen der Wasserstoff-Isotope, des Heliums und des Kohlenstoffs 12 werden mit einem neuen Massenspektrographen, der theoretisch eine Genauigkeit von $1:10^5$ zuläßt, nachgeprüft. Es brauchen nur sehr kleine Änderungen vorgenommen zu werden¹⁾. Die für $^{16}\text{O} = 16$ berechneten neuen Astonischen Werte sind die folgenden:

Tabelle 1.

H	1.00812 ± 0.00004	He	4.00391 ± 0.00016
D	2.01471 ± 0.00007	C	12.0035 ± 0.0003

¹⁾ F. W. Aston, Nature **137**, 357 [1936].

In einer neueren Arbeit gibt dann Aston²⁾ auch noch die genauen Massen einiger anderer Atomarten. Sie sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Die Werte für ²⁷Al und ²⁸Si werden noch als vorläufig bezeichnet.

Tabelle 2.

	Packungsanteil × 10 ⁴	Einzelatomgewicht (¹⁶ O = 16)
¹⁰ B	16.1	10.0161 ± 0.0003
¹⁴ N	5.28	14.0073 ± 0.0005
¹⁹ F	2.36	19.0045 ± 0.0006
²⁰ Ne	—0.70	19.9986 ± 0.0006
²⁷ Al}	—3.3	26.9911 }
²⁸ Si}	—5.0	27.9860 }
²⁹ Si	—4.7	28.9864 ± 0.0008
⁴⁰ A	—6.15	39.9754 ± 0.0014

Unabhängig hiervon haben Cockcroft und Lewis³⁾, ähnlich wie Bethe⁴⁾ vorher, aus den am genauesten untersuchten Kernumwandlungsprozessen die Massen einer Reihe leichterer Atomarten berechnet. Die von Cockcroft und Lewis erhaltenen Massenzahlen finden sich in der zweiten und vierten Spalte der nächsten Tabelle, die von Oliphant⁵⁾ zusammengestellt ist. Die erste und dritte Spalte dieser Tabelle geben eine Übersicht über alle Massenzahlen vom Neutron bis zum Neon 20; die meisten Werte wurden ebenfalls auf Grund von Kernreaktionen berechnet, dabei aber die neuesten Astonschen Ergebnisse als Bezugswerte mitbewertet.

Tabelle 3.

Einzelatomgewichte (¹⁶O = 16).

nach Aston und Kern- prozessen (Oliphant)	nur aus Kern- prozessen (Cockcroft u. Lewis)	nach Aston und Kern- prozessen (Oliphant)	nur aus Kernprozessen (Cockcroft u. Lewis)
¹ n = 1.0090	1.0087	¹⁰ B = 10.0161*	10.0161
¹ H = 1.0081*	1.0082	¹¹ B = 11.0128	11.0126
² D = 2.0147*	2.0144(5)	¹² C = 12.0036*	12.0040
³ T = 3.0171	—	¹³ C = 13.0073	13.0075
³ He = 3.0171	—	¹⁴ N = 14.0073*	14.0075
⁴ He = 4.0039*	4.0037(7)	¹⁵ N = 15.0048	15.0046
⁶ Li = 6.0167	6.0168	¹⁶ O = 16.0000	16.0000
⁷ Li = 7.0180	7.0176	¹⁷ O = 17.0046	—
⁸ Be = 8.0078	—	¹⁸ F = 19.0045*	—
⁹ Be = 9.0149	9.0146	²⁰ Ne = 19.9986*	—
¹⁰ Be = 10.0164	—		

* Bezugsmassen nach Aston.

Die Übereinstimmung ist im allgemeinen sehr gut und läßt den Schluß zu, daß zwischen den Astonschen Bestimmungen und den kernphysikalischen Ergebnissen keine irgendwie ins Gewicht fallenden Unstimmigkeiten mehr bestehen. Erwähnenswert ist, daß es nun sicher festgestellt zu sein scheint, daß die Masse des Neutrons etwas größer ist als die des Protons.

²⁾ F. W. Aston, Nature **137**, 613 [1936].

³⁾ J. D. Cockcroft u. W. B. Lewis, Proceed. Roy. Soc. London **154**, 261 [1936].

⁴⁾ H. Bethe, vorjähriger Bericht. ⁵⁾ M. L. Oliphant, Nature **137**, 396 [1936].

Mit Hilfe eines neuen Massenspektrographen von sehr hohem Auflösungsvermögen gelingt Mattauch⁶⁾ erstmalig der Nachweis und die genaue Ausmessung der Linien der seltenen Massen ^{15}N und ^{18}O , getrennt von ihren immer auftretenden Begleitern CH_3 und H_2O . Dies ermöglichte eine genaue Bestimmung der Masse $^{18}\text{O} = 18,0038 \pm 0,0002$, die in der obigen Tabelle noch nicht vorhanden ist. Mattauch gibt auch eine Zusammenstellung massenspektroskopischer Werte für die acht wichtigsten Atomarten bis zum Sauerstoff, die „gegenwärtig am besten mit den Atomzertrümmerungsversuchen in Übereinstimmung“ stehen. Die Zahlen unterscheiden sich kaum von denen der Tab. 3, sie sind im allgemeinen um eine Kleinigkeit höher.

Hingewiesen sei auch noch auf eine Arbeit von H. A. Wilson⁷⁾, der die Massen von achtzehn leichten Atomarten wiederum nur aus Kernreaktionen berechnet hat. Auch hier sind die Abweichungen von den Werten der Tab. 3 nur sehr klein.

In der am Ende dieses Berichtes gebrachten Isotopen-Tabelle werden die Oliphantschen Massenzahlen vom Neutron bis zum Neon mit Einschluß des Mattauchschen Wertes für ^{18}O aufgenommen.

Unter Verwendung der neuesten Astonschen Ergebnisse und einer Reihe von Kernreaktionen hierhergehöriger Atomarten berechnen Pollard und Brasefield⁸⁾ die Massen von Ne 22 bis A 40. In Tab. 4 sind diese Angaben zusammengestellt.

Tabelle 4.

Einzelatomgewichte $^{16}\text{O} = 16$ (nach Pollard und Brasefield).

$^{20}_{10}\text{Ne}$	19.9986*	$^{31}_{15}\text{P}$	30.9844
$^{22}_{10}\text{Ne}$	21.9985	$^{32}_{16}\text{S}$	31.9812
$^{24}_{12}\text{Mg}$	23.9938	$^{34}_{16}\text{S}$	33.9799
$^{27}_{13}\text{Al}$	26.9909*	$^{35}_{17}\text{Cl}$	34.9796
$^{28}_{14}\text{Si}$	27.9860*	$^{36}_{18}\text{Ar}$	35.976
$^{29}_{14}\text{Si}$	28.9864*	$^{37}_{17}\text{Cl}$	36.9777
$^{30}_{14}\text{Si}$	29.9845	$^{38}_{18}\text{Ar}$	37.9753
		$^{40}_{18}\text{Ar}$	39.9754*

* Bezugsmassen nach Aston.

Nimmt man diese Zahlen für gesichert an, dann lassen sich aus ihnen die Packungsanteile der betreffenden Atomarten genauer als dies bisher für diese Atomarten geschehen ist, bestimmen. Die Werte sind in der Isotopen-Tabelle aufgenommen; sie können aber wohl noch nicht den hohen Grad von Sicherheit beanspruchen wie die Angaben bis zum Neon 20.

2) Isotopenzusammensetzung der einzelnen Elemente.

Lithium (Ordnungszahl 3): Das sich aus den Massenzahlen der Tab. 3 für die Lithium-Isotope ergebende Verhältnis der Massen $^7\text{Li}:^6\text{Li} = 1.16640$ wird in einer bandenspektroskopischen Arbeit von Almy und Irwin bestätigt⁹⁾. Auch für die relative Häufigkeit der Isotope $^6\text{Li}:^7\text{Li}$ werden die-

⁶⁾ J. Mattauch, Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien (IIa), **145**, 461 [1936]; *Physic. Rev.* **50**, 617 [1936]. ⁷⁾ H. A. Wilson, *Proceed. Roy. Soc. London* **154**, 560 [1936].

⁸⁾ E. Pollard u. C. J. Brasefield, *Nature* **137**, 943 [1936].

⁹⁾ G. M. Almy u. G. R. Irwin, *Physic. Rev.* **49**, 72 [1936].

selben Werte gefunden¹⁰⁾¹¹⁾, die schon in der vorjährigen Tabelle aufgenommen sind. Außerdem glaubt Brewer¹⁰⁾ noch ein sehr schwaches ^5Li in der Intensität $^5\text{Li}:^7\text{Li} = 1:20000 \pm 1000$ massenspektroskopisch nachgewiesen zu haben. Sampson und Bleakney¹²⁾ konnten diese Angabe aber nicht bestätigen, obgleich sie ein ^5Li schon bei einer Beteiligung von nur 1:100000 hätten nachweisen können.

Beryllium (Ordnungszahl 4): Oliphant, Kempton und Lord Rutherford¹³⁾ hatten die Existenz eines stabilen oder ziemlich stabilen Beryllium-Isotops 8 auf Grund ihrer Kern-Umwandlungs-Ergebnisse wahrscheinlich gemacht. Eine massenspektroskopische Analyse des Berylliums von Bleakney, Blewett, Sherr und Smoluchowski¹⁴⁾ schließt die Existenz eines ^8Be in einer Beteiligung von 1:10000 im Mischelement aus. Nach einer Privatmitteilung von Hrn. Dr. Schütze aus dem Institut von Gustav Hertz-Berlin scheint indessen das gesuchte seltene Isotop mit einer Beteiligung von ungefähr 1:50000 sichergestellt zu sein. Die in der Isotopentabelle angegebenen genauen Einzelmassen für ^8Be und ^{10}Be sind natürlich nur (aus Kernreaktionen) berechnet.

Bor (Ordnungszahl 5): Eine Neubestimmung des Packungsanteils von ^{10}B durch genaue Vergleiche mit Dubletts sehr ähnlicher, bekannter Masse durch Aston¹⁵⁾ ergibt für den Packungsanteil des ^{10}B den Wert 16.1 statt des bisher angenommenen von 14.6. Die Masse des ^{10}B (für $^{16}\text{O} = 16$) wird dadurch 10.0161.

Stickstoff (Ordnungszahl 7): Mit seinem neuen Massenspektrographen von sehr hohem Auflösungsvermögen findet Mattauch¹⁶⁾ unter Zugrundelegung der Aston'schen Massen für ^{12}C und ^1H für die Masse des seltenen Stickstoff-Isotops ^{15}N den Wert 15.0040 ± 0.0008 in Übereinstimmung mit dem Wert der Oliphantschen Tabelle.

Sauerstoff (Ordnungszahl 8): Auf die von Mattauch¹⁶⁾ für den ^{18}O bestimmte Massenzahl 18.0038 ± 0.0002 (für $^{16}\text{O} = 16$) wurde im ersten Teil dieses Berichts schon hingewiesen.

Natrium (Ordnungszahl 11): Ein von Brewer¹⁷⁾ vermutetes ^{22}Na im Verhältnis $^{22}\text{Na}:^{23}\text{Na} = 1:5000 \pm 500$ konnte von Sampson und Bleakney¹⁸⁾ nicht bestätigt werden; diese Verfasser schließen eine Beteiligung von 1:50000 sicher aus.

Aluminium (Ordnungszahl 13): Der Packungsanteil des ^{27}Al wird von Aston¹⁹⁾ mit einem als vorläufig bezeichneten Wert zu -3.3 angegeben. Die Masse des ^{27}Al , bezogen auf $^{16}\text{O} = 16$, ergibt sich daraus zu 26.9911.

Silicium (Ordnungszahl 14): Neue Bestimmungen der Packungsanteile von ^{28}Si und ^{29}Si ergeben nach Aston¹⁹⁾ die Werte -5.0 für ^{28}Si und -4.7 für ^{29}Si , wobei der erstere Wert noch als vorläufig bezeichnet wird. Die Einzel-

¹⁰⁾ A. K. Brewer, *Physic. Rev.* **49**, 635 [1936].

¹¹⁾ H. Bondy u. V. Vanicek, *Ztschr. Physik* **101**, 186 [1936].

¹²⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, *Physic. Rev.* **50**, 456 [1936].

¹³⁾ s. vorjährigen Bericht, S. 7.

¹⁴⁾ W. Bleakney, J. P. Blewett, R. Sherr u. R. Smoluchowski, *Physic. Rev.* **50**, 545 [1936].

¹⁵⁾ F. W. Aston, *Nature* **137**, 613 [1936].

¹⁶⁾ J. Mattauch, l. c.

¹⁷⁾ A. K. Brewer, *Physic. Rev.* **49**, 856 [1936].

¹⁸⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, l. c.

¹⁹⁾ F. W. Aston, *Nature* **137**, l. c. [1936].

massen (für $^{16}\text{O} = 16$) sind danach für $^{28}\text{Si} = 27.9860$, für $^{29}\text{Si} = 28.9864 \pm 0.0008$.

Argon (Ordnungszahl 18): Das vor einiger Zeit von Zeeman und de Gier gefundene seltene Argon 38 wurde von Nier²⁰⁾ bestätigt. Die Intensität der Argon-Isotope ist nach diesem Forscher $^{40}\text{A} : ^{36}\text{A} = 325$ und $^{36}\text{A} : ^{38}\text{A} = 5.1$. Eine genaue Neubestimmung des Packungsanteils von ^{40}A durch Aston¹⁹⁾ ergibt gegenüber dem bisher angenommenen Wert von -7.2 den etwas niedrigeren Wert -6.15 . Die Masse von ^{40}A ist danach 39.9754 ± 0.0014 .

Kalium (Ordnungszahl 19): Im vorjährigen Bericht wurde bereits über die Auffindung des sehr seltenen Kalium-Isotops der Masse 40 berichtet, das wahrscheinlich der Träger der natürlichen β -Strahlung dieses Elements ist. Auch Sampson und Bleakney²¹⁾ bestätigen die Existenz dieses Isotops, während sie, wie oben erwähnt, ein ^{22}Na nicht bestätigen konnten.

Das Häufigkeitsverhältnis $^{39}\text{K} : ^{41}\text{K}$ wird von Bondy und Vanicek²²⁾ noch einmal bestimmt und mit dem bisherigen Wert in Übereinstimmung gefunden.

Mangan (Ordnungszahl 25): Die Einheitlichkeit von Mangan wurde von Sampson und Bleakney²³⁾ mit einem höheren Grad von Sicherheit als bisher bestätigt. Etwaige Isotope der Massen 53 und 57 sind sicher weniger als 1:15000 im Mangan enthalten.

Eisen (Ordnungszahl 26): Außer dem von Aston vor kurzem nachgewiesenen dritten Eisen-Isotop der Masse 57²⁴⁾ machten de Gier und Zeeman²⁵⁾ das Vorhandensein eines vierten, schwachen Isotops ^{58}Fe sehr wahrscheinlich. Als relative Häufigkeiten für die Massen ^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe , ^{58}Fe geben diese Forscher die Werte 6.5, 90.2, 2.8 und 0.5% an. Auch von Dempster²⁶⁾ wird dieses vierte und schwächste Eisen-Isotop nunmehr bestätigt.

Kobalt (Ordnungszahl 27): Versuche anderer Forscher über die Absorption langsamer Neutronen in Kobalt veranlaßten Sampson, Ridenour und Bleakney²⁷⁾ zur genaueren massenspektroskopischen Prüfung dieses bisher für einheitlich gehaltenen Elements. Die Verf. finden ein neues Isotop von der Masse 57 im Verhältnis $^{57}\text{Co} : ^{59}\text{Co} = 1:600$. Die Ergebnisse werden in einer weiteren Mitteilung von Sampson und Bleakney²⁸⁾ bestätigt.

Nickel (Ordnungszahl 28): Beim Nickel hatte Aston²⁹⁾ ein viertes Isotop ^{61}Ni als sicher vorhanden, ein ^{64}Ni aber als zweifelhaft angesehen.

De Gier und Zeeman³⁰⁾ beobachteten dagegen ein ^{64}Ni , konnten aber das Atonsche ^{61}Ni nicht finden. In einer neuen, mit Nickel höchsten Reinheitsgrades durchgeführten Untersuchung zeigt nun Dempster³¹⁾, daß

²⁰⁾ A. O. Nier, *Physic. Rev.* **49**, 272 [1936].

²¹⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, l. c.

²²⁾ H. Bondy u. V. Vanicek, l. c.

²³⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, *Physic. Rev.* **50**, 732 [1936].

²⁴⁾ s. vorjährigen Bericht, S. 9.

²⁵⁾ J. de Gier u. P. Zeeman, *Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam* **38**, 959 [1935].

²⁶⁾ A. J. Dempster, *Physic. Rev.* **50**, 98 [1936].

²⁷⁾ M. B. Sampson, L. N. Ridenour u. W. Bleakney, *Physic. Rev.* **50**, 382 [1936].

²⁸⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, *Physic. Rev.* **50**, 732 [1936].

²⁹⁾ s. vorjährigen Bericht.

³⁰⁾ J. de Gier u. P. Zeeman, l. c., S. 810 [1935]. ³¹⁾ A. J. Dempster, l. c.

sowohl ^{61}Ni wie ^{64}Ni in sehr geringen, etwa gleich großen Intensitäten neben den drei Hauptisotopen 58, 60 und 62 vorhanden sind.

Zink (Ordnungszahl 30): Die von Stenvinkel und Svensson³²⁾ aus bandenspektroskopischen Messungen angenommenen Zink-Isotope ^{63}Zn und ^{65}Zn sind nach neuen massenspektroskopischen Untersuchungen von Nier³³⁾ nicht vorhanden. Die anderen fünf Isotope werden in der schon im vorjährigen Bericht angeführten Intensität bestätigt.

Gallium (Ordnungszahl 31): Neue Isotope außer den schon bekannten ^{69}Ga und ^{71}Ga wurden bisher nicht gefunden. Für die relative Beteiligung wird der vorjährige Aston'sche Befund bestätigt³⁴⁾.

Rubidium (Ordnungszahl 37): Eine genaue Untersuchung des Rubidiums auf bisher unbekannte, seltene Isotope durch Nier³⁵⁾ verläuft völlig negativ. Die bekannten Isotope ^{85}Rb und ^{87}Rb werden fast genau in der im letzten Bericht angenommenen Beteiligung gefunden. Eine neue chemische Atomgewichtsbestimmung von Archibald und Hooley³⁶⁾ ergibt gegenüber dem früheren Wert von 85.44 den etwas höheren Wert von 85.481.

Strontium (Ordnungszahl 38): In kurzer Folge wurde von drei verschiedenen Seiten ein neues Strontium-Isotop der Masse 84 zu den schon bekannten drei Isotopen hinzugefunden. Der erste Nachweis stammt von Blewett und Sampson³⁷⁾. Diese Verfasser geben die relative Beteiligung des ^{84}Sr zu 0.5% an und bringen auch gegenüber der bisher angenommenen Aston'schen eine etwas andere Beteiligung der drei stärkeren Isotope.

Atomart (Massenzahl)	84	86	87	88
Prozentische Beteiligung	0.5	9.6	7.5	82.4

Für das chemische Atomgewicht errechnet sich hieraus der Wert 87.62 gegenüber dem Wert der Tabelle 87.63. In einer späteren Mitteilung von Sampson und Bleakney³⁸⁾ werden neben diesen Werten noch Angaben darüber gemacht, bis zu welcher oberen Grenze andere Strontium-Isotope sicher nicht vorhanden sind. Bestätigt wird die Existenz des seltenen ^{84}Sr von Dempster³⁹⁾ und von Mattauch⁴⁰⁾. Mattauch findet für die Beteiligung ungefähr 0.3%.

Niob (Ordnungszahl 41): Beim Niob wird außer der bekannten Masse 93 kein weiteres Isotop gefunden; sicher nicht bis zum Verhältnis 1:400⁴¹⁾.

Molybdän (Ordnungszahl 42): Zu dem isotopenreichen Molybdän kommt nach de Gier und Zeeman⁴²⁾ noch ein weiteres, achttes Isotop ^{102}Mo hinzu. Eine neue, chemische Atomgewichtsbestimmung durch Hönigschmid und Wittmann⁴³⁾ bringt für das Atomgewicht den Wert 95.95; er ist etwas niedriger als der bisherige und stimmt mit den Ergebnissen der Massenspektroskopie sehr gut überein.

³²⁾ s. vorjährigen Bericht.

³³⁾ A. O. Nier, *Physic. Rev.* **49**, 272 [1936].

³⁴⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, *Physic. Rev.* **50**, 456 [1936].

³⁵⁾ A. O. Nier, *Physic. Rev.*, I. c.

³⁶⁾ E. H. Archibald u. J. G. Hooley, *Journ. Amer. chem. Soc.* **58**, 618 [1936].

³⁷⁾ J. P. Blewett u. M. B. Sampson, *Physic. Rev.* **49**, 778 [1936].

³⁸⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, I. c., S. 456.

³⁹⁾ A. J. Dempster, *Physic. Rev.* **50**, 186 [1936].

⁴⁰⁾ J. Mattauch, *Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien (IIa)* **145**, 461 [1936].

⁴¹⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, I. c., S. 732.

⁴²⁾ J. de Gier u. P. Zeeman, *C.* **1936** II, 1109.

⁴³⁾ O. Hönigschmid u. G. Wittmann, *Ztschr. anorgan. allgem. Chem.* **229**,

Rhodium (Ordnungszahl 45): Das bisher für ein Reinelement gehaltene Rhodium wird von Sampson und Bleakney⁴⁴⁾ noch einmal genauer auf isotope Begleiter geprüft, weil bei der Neutronenbestrahlung des Rhodiums zwei künstliche Radioelemente beobachtet wurden. Die Verfasser finden in der Tat einen schwachen Begleiter mit der Masse 101. Die Beteiligung ist etwa 1:1300. Bei einem Packungsanteil von ungefähr —6 ergibt sich hieraus das chemische Atomgewicht zu 102.89 in guter Übereinstimmung mit dem Wert der Tabelle 102.91.

Palladium (Ordnungszahl 46): Die von Dempster gefundenen 6 Palladium-Isotope⁴⁵⁾ werden von Sampson und Bleakney⁴⁴⁾ bestätigt und ihre Häufigkeit mit einer Genauigkeit von etwa 1% bestimmt.

Atomart (Massenzahl)	102	104	105	106	108	110
Prozentische Beteiligung	0.8	9.3	22.6	27.2	26.8	13.5

Bei einem zu —6 angenommenen Packungsanteil ergibt sich hieraus das chemische Atomgewicht zu 106.6 gegenüber dem Wert der Tabelle 106.7.

Cadmium (Ordnungszahl 48): Beim Cadmium konnte das sehr schwache, mit 0.8% Beteiligung angegebene Isotop 115 nicht bestätigt werden⁴⁶⁾. Auch Aston⁴⁷⁾ streicht es daher aus seiner Tabelle und gibt für die Beteiligung der einzelnen Isotope jetzt die folgenden Werte an.

Atomart (Massenzahl)	106	108	110	111	112	113	114	116
Prozentische Beteiligung	1.5	1.0	15.6	15.2	22	14.7	24.0	6.0

Das chemische Atomgewicht hieraus bei dem geschätzten Packungsanteil von —6.5 ist 112.18 gegenüber 112.41 der Tabelle.

Indium (Ordnungszahl 49): Bei der Neutronenbestrahlung des Indiums wurden drei künstlich radioaktive Atomarten nachgewiesen, wovon allerdings nur zwei durch verlangsamte Neutronen verstärkt entstehen. Blewett und Sampson⁴⁸⁾ und Sampson und Bleakney⁴⁹⁾ machten nun eine sehr genaue Untersuchung, ob außer den beiden bekannten Indium-Isotopen der Masse 113 und 115 doch noch vielleicht ein drittes existiert.

Es fand sich keinerlei Hinweis auf ein solches.

Zinn (Ordnungszahl 50): Ähnlich wie beim Cadmium ist, wie Bainbridge und Jordan⁵⁰⁾ festgestellt haben, auch beim Zinn eines der bisherigen vielen Isotope zu streichen, und zwar das ¹²¹Sn. Aston⁵¹⁾ schließt sich dem an und gibt nunmehr die folgenden Zusammenstellung:

Atomart (Massenzahl)	112	114	115	116	117	118	119	120	122	124
Prozentische Beteiligung	1.1	0.8	0.4	15.5	9.1	22.5	9.8	28.5	5.5	6.8

Das chemische Atomgewicht ergibt sich hierbei mit dem Packungsanteil des ¹²⁰Sn von —7.3 zu 118.67 in Übereinstimmung mit der Tabelle.

Tellur (Ordnungszahl 52): Zu den 7 oder 8 bisher schon bekannten Tellur-Isotopen 122—130 gesellt sich nach Dempster⁵²⁾ noch ein sehr schwaches, leichtes Isotop 120. Das schon bisher als fraglich angesehene Isotop der Masse 127 wird nicht beobachtet.

⁴⁴⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, l. c., S. 732. ⁴⁵⁾ s. vorjährigen Bericht.

⁴⁶⁾ K. T. Bainbridge u. E. B. Jordan, Physic. Rev. **50**, 282 [1936].

⁴⁷⁾ F. W. Aston, Nature **137**, 613 [1936].

⁴⁸⁾ J. P. Blewett u. M. B. Sampson, l. c., S. 778.

⁴⁹⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, l. c., S. 456.

⁵⁰⁾ K. T. Bainbridge u. E. B. Jordan, l. c.

⁵¹⁾ F. W. Aston, l. c., S. 613. ⁵²⁾ A. J. Dempster, Physic. Rev. **50**, 186 [1936].

Barium (Ordnungszahl 56): Beim Barium wurde zunächst von Blewett und Sampson⁵³⁾ ein neues Isotop ^{134}Ba nachgewiesen und von Dempster⁵⁴⁾ bestätigt. Dempster fand darüber hinaus noch zwei äußerst schwache Begleiter mit den Massen 130 und 132. Die letzteren wurden dann von Sampson und Bleakney⁵⁵⁾ bestätigt und zugleich wurde von diesen Forschern die gesamte Intensitätsverteilung der nunmehr sieben Barium-Isotope festgestellt.

Atomart (Massenzahl)	130	132	134	135	136	137	138
Prozentische Häufigkeit	0.16	0.015	1.72	5.7	8.5	10.8	73.1

Für das chemische Atomgewicht berechnet sich hieraus der Wert $137.35^{55a)}$, in vorzüglicher Übereinstimmung mit dem Wert der Tabelle 137.36.

Cerium (Ordnungszahl 58): Ganz ähnlich wie beim Cadmium, Zinn, Xenon und Barium finden sich nunmehr auch beim Ce zwei äußerst schwache Begleiter ^{136}Ce und ^{138}Ce nach der Seite der niedrigeren geraden Massenzahlen⁵⁶⁾. Ihre genaue Beteiligung wurde noch nicht ermittelt.

Erbium (Ordnungszahl 68): Beim Erbium bestand bisher eine unerklärliche Unstimmigkeit zwischen dem auf chemischem Wege ermittelten Atomgewicht und dem aus den Aston'schen massenspektroskopischen Befunden berechneten Wert. Vor allem hatte eine von Hönigschmid und Kapfenberger⁵⁷⁾ durchgeführte Atomgewichtsbestimmung den überraschend niedrigen Wert von 165.2 gegenüber dem berechneten von 167.15 ergeben. Die Ursache für diese große Abweichung wurde nunmehr in der Tatsache gefunden, daß das von anderer Seite an Hrn. Hönigschmid als spektral rein übergebene Erbiumpräparat nicht weniger als 12.43 Atomprocente fremder Erden, vor allem auch Yttrium, enthielt. Für ein von Hrn. Dr. Feit (Berlin) gewonnenes sehr viel reineres Präparat finden Hönigschmid und Schlee⁵⁸⁾ nunmehr unter Berücksichtigung der Spuren von anwesendem Yttrium und Thulium den mit Aston sehr gut stimmenden Wert von 167.24 für das praktische Atomgewicht.

Wolfram (Ordnungszahl 74): Auch für das Wolfram liegt eine neue chemische Atomgewichtsbestimmung vor. Hönigschmid und Menn⁵⁹⁾ finden hierfür den Wert 183.92 in vorzüglicher Übereinstimmung mit dem Aston'schen Wert 183.94.

Iridium (Ordnungszahl 77): Nach Sampson und Bleakney⁶⁰⁾ ist das Isotopenverhältnis in Richtung des niedrigeren Isotops zu verschieben. Statt der bisher angenommenen Beteiligung $^{191}\text{Ir} : ^{193}\text{Ir} = 33 : 67$ finden diese Forscher 38.5 und 61.5%. Als praktisches Atomgewicht ergibt sich hieraus 192.2 gegenüber 193.1 der Tabelle! Eine chemische Neubestimmung erscheint danach sehr ratsam.

Platin (Ordnungszahl 78): Neue Hyperfeinstrukturmessungen der vier stärksten Platin-Isotope durch Kopfermann und Krebs⁶¹⁾ ergaben nach

⁵³⁾ J. R. Blewett u. M. B. Sampson, l. c., S. 778.

⁵⁴⁾ A. J. Dempster, Physic. Rev. **49**, 947 [1936].

⁵⁵⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, l. c., S. 456.

^{55a)} Bei Sampson u. Bleakney steht hier 136.35, was augenscheinlich ein Druckfehler ist.

⁵⁶⁾ A. J. Dempster, l. c., S. 947.

⁵⁷⁾ O. Hönigschmid u. W. Kapfenberger, Ztschr. anorgan. allgem. Chem. **214**, 97 [1933].

⁵⁸⁾ O. Hönigschmid, Naturwiss. **24**, 619 [1936].

⁵⁹⁾ O. Hönigschmid u. W. Menn, Ztschr. anorgan. allgem. Chem. **229**, 49 [1936].

⁶⁰⁾ M. B. Sampson u. W. Bleakney, l. c., S. 732.

⁶¹⁾ H. Kopfermann u. K. Krebs, Ztschr. Physik **101**, 193 [1936].

anfänglich etwas anderen Werten durch Kopfermann und Jaeckel⁶²⁾ folgende Häufigkeiten: $^{194}\text{Pt}; ^{195}\text{Pt}; ^{196}\text{Pt}; ^{198}\text{Pt} = 19:20:13:5$. In einer genauen massenspektroskopischen Untersuchung von Sampson und Bleakney⁶⁰⁾ wird auch das sehr schwache ^{192}Pt in die Beteiligung mit eingeschlossen. Die prozentischen Anteile sind dann die folgenden:

Atomart (Massenzahl)	192	194	195	196	198
Prozentische Beteiligung	0.8	30.2	35.3	26.6	7.2

Bei einem Packungsanteil von $+0.5$ berechnen wir hieraus das chemische Atomgewicht zu $195.12^{63)}$. Aus den Kopfermann'schen Angaben ergibt sich unter Hinzuziehung der 0.8% ^{192}Pt der Wert 195.10 gegenüber dem der Tabelle von 195.23 .

Quecksilber (Ordnungszahl 80): Beim Quecksilber konnte das mit etwa 0.01% Beteiligung angegebene ^{197}Hg nicht bestätigt werden⁶⁴⁾. Über das als noch seltener angegebene ^{203}Hg ließ sich wegen des benachbarten starken ^{202}Hg eine sichere Entscheidung nicht treffen.

Blei (Ordnungszahl 82): Ähnlich wie beim ^{197}Hg liegen die Verhältnisse für die früher vermuteten Blei-Isotope ^{203}Pb , ^{205}Pb , ^{209}Pb und ^{210}Pb ⁶⁴⁾. Ihre Existenz ist äußerst zweifelhaft, und sie werden daher in die Tabelle nicht mehr aufgenommen. Für die prozentische Beteiligung der sicher nachgewiesenen vier Blei-Isotope finden sich folgende beiden Angaben:

Atomart (Massenzahl)	204	206	207	208
aus Hyperfeinstrukturmessungen ⁶⁵⁾	0.8	26.3	21.3	51.5
nach neuen Aston'schen Messungen ⁶⁶⁾	1.5	28.3	20.1	50.1

Die Übereinstimmung dieser auf ganz verschiedenem Wege erhaltenen Beteiligungen ist durchaus zufriedenstellend. In der Tabelle werden die Aston'schen Werte aufgenommen, ohne daß dadurch eine Minderbewertung der Stranathanschen Ergebnisse ausgesprochen sein soll.

Thorium (Ordnungszahl 90): Durch massenspektroskopischen Vergleich doppelt geladener Thorium-Ionen mit ^{116}Sn konnte von Dempster⁶⁷⁾ unter Heranziehung des für Zinn von Aston bestimmten Packungsanteils von -7.3 das genaue Atomgewicht des Reinelements Thorium (bezogen auf $\text{O} = 16$) zu 232.024 bestimmt werden. Der Wert der Tabelle 232.12 erscheint danach etwas hoch. Hier wie bei dem folgenden Uran verwendet Dempster als Umrechnungsfaktor für das physikalische in das chemische Atomgewicht offenbar den Wert $2.0:10000$ an Stelle des sonst in der Tabelle durchweg verwendeten Wertes $2.2:10000$.

Uran (Ordnungszahl 92): Beim Uran hat Dempster⁶⁷⁾ die Massen der Isotope ^{238}U und des schwachen ^{235}U zu 238.088 und 235.084 ($^{16}\text{O} = 16$) ganz entsprechend wie beim Thorium (s. oben) bestimmt. Unter der Annahme einer Beteiligung des ^{235}U im Uran von 0.4% errechnet Dempster hieraus das chemische Atomgewicht des Urans zu 238.028 in schöner Übereinstimmung mit der neuen chemischen Bestimmung von Hönigschmid und Wittner⁶⁸⁾, die 238.07 gefunden haben.

⁶²⁾ Barbara Jaeckel u. H. Kopfermann, Ztschr. Physik **99**, 492 [1936]; Barbara Jaeckel, ebenda **100**, 513 [1936].

⁶³⁾ Sampson und Bleakney gaben den Wert 195.23 an, den wir nach ihren Zahlenangaben nicht finden können. ⁶⁴⁾ K. T. Bainbridge u. E. B. Jordan, l. c., S. 282.

⁶⁵⁾ R. K. Stranathan, Physic. Rev. **49**, 916 [1936].

⁶⁶⁾ F. W. Aston, Nature **137**, 613 [1936].

⁶⁷⁾ A. J. Dempster, Nature **138**, 120 [1936].

⁶⁸⁾ O. Hönigschmid u. F. Wittner, Ztschr. anorgan. allgem. Chem. **226**, 289 [1936].

Isotopen- und Atomgewichts-Tabelle der gewöhnlichen chemischen Elemente, soweit Ende 1936 bekannt.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil × 10 ⁴	Einzel- atom- gewicht ¹⁶ O = 16	Chemisches Atom- gewicht für O = 16		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
0	Neutron	n	1	—	+90	1.0090	—	—	s. S. 2
1	Wasserstoff	H	1	99.98	+81	1.0081	1.0081	1.0078	s. S. 1 u. 2
	(Deuterium)	„(D)	2	0.02	+73	2.0147			
	(Tritium)	„(T)	3	7 × 10 ⁻⁸ ?	+57?	3.0171			
2	Helium	He	3	—	+57	3.0171	4.0030	4.002	s. S. 1 u. 2
	„	He	4	100	+ 9.8	4.0039			
3	Lithium	Li	6	7.9	+27.8	6.0167	6.9374	6.940	s. S. 2 u. 3
	„	Li	7	92.1	+25.7	7.0180			
4	Beryllium	Be	8	0.005*)	+ 9.8	8.0078	9.0129	9.02	s. S. 2 u. 4
	„	Be	9	99.99	+16.6	9.0149			
	„	Be	10	—	+16.4	10.0164			
5	Bor	B	10	20	+16.1	10.0161	10.811	10.82	s. S. 2 u. 4
	„	B	11	80	+11.6	11.0128			
6	Kohlenstoff	C	12	99.3	+ 3	12.0036	12.008	12.00	s. S. 1 u. 2
	„	C	13	0.7	+ 5.6	13.0073			
7	Stickstoff	N	14	99.62	+ 5.2	14.0073	14.008	14.008	s. S. 2 u. 4
	„	N	15	0.38	+ 3.2	15.0048			
8	Sauerstoff	O	16	99.8	± 0	16.0000	16.0000	16.0000	s. S. 2 u. 4
	„	O	17	0.03	+ 2.7	17.0046			
	„	O	18	0.16	+ 2.1	18.0038			
9	Fluor	F	19	100	+ 2.6	19.0049	19.000	19.000	s. S. 2
10	Neon	Ne	20	90.00	— 0.7	19.9986	20.191	20.183	s. S. 2 u. 3
	„	Ne	21	0.27	—	—			
	„	Ne	22	9.73	— 0.6	21.9985			
11	Natrium	Na	23	100	—	—	—	22.997	s. S. 4
12	Magnesium	Mg	24	77.4	— 2.6	23.9938	24.33	24.32	s. S. 3
	„	Mg	25	11.5	—	—			
	„	Mg	26	11.1	—	—			
13	Aluminium	Al	27	100	— 3.3	26.9911	26.985	26.97	s. S. 2 u. 4
14	Silicium	Si	28	89.6	— 5.0	27.9860	28.126	28.06	s. S. 3 u. 4
	„	Si	29	6.2	— 4.7	28.9864			
	„	Si	30	4.2	— 5.2	29.9845			
15	Phosphor	P	31	100	— 5.0	30.9844	30.978	31.02	s. S. 3
16	Schwefel	S	32	96	— 5.9	31.9812	32.05	32.06	s. S. 3
	„	S	33	1	—	—			
	„	S	34	3	— 5.9	33.9799			
17	Chlor	Cl	35	76	— 5.8	34.9796	35.457	—	s. S. 3
	„	Cl	37	24	— 6.0	36.9777			
18	Argon	A	36	0.31	— 6.7	35.976	39.953	39.944	s. S. 3 u. 5
	„	A	38	0.06	— 6.5	37.9753			
	„	A	40	99.63	— 6.15	39.9754			

*) Kursiv gedruckte Zahlen sind unsichere oder vorläufige Werte.

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht $^{16}\text{O} \approx 16$	Chemisches Atom- gewicht für $\text{O} = 16$		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
19	Kalium	K	39	93.4	} geschätzt zu —7		} 39.096	} 39.096	s. S. 5
	„	K	40	0.01					
	„	K	41	6.6					
20	Calcium	Ca	40	96.76	} geschätzt zu —7.2		} 40.076	} 40.08	
	„	Ca	42	0.77					
	„	Ca	43	0.17					
	„	Ca	44	2.30					
21	Scandium	Sc	45	100	geschätzt zu —7		44.96	45.10	
22	Titan	Ti	46	8.5	} geschätzt zu —8		} 47.91	} 47.90	
	„	Ti	47	7.8					
	„	Ti	48	71.3					
	„	Ti	49	5.5					
	„	Ti	50	6.9					
23	Vanadium	V	51	100				50.95	
24	Chrom	Cr	50	4.9	} —10	51.948	} 52.005	} 52.01	
	„	Cr	52	81.6					
	„	Cr	53	10.4					
	„	Cr	54	3.1					
25	Mangan	Mn	55	100				54.93	s. S. 5
26	Eisen	Fe	54	6.5	} geschätzt zu —10		} 55.84	} 55.84	s. S. 5
	„	Fe	56	90.2					
	„	Fe	57	2.8					
	„	Fe	58	0.5					
27	Kobalt	Co	57	0.17			} 58.94	} 58.94	s. S. 5
	„	Co	59	99.83					
28	Nickel	Ni	58	67.3	} —10	57.942	} 58.71	} 58.69	s. S. 5
	„	Ni	60	26.9					
	„	Ni	61	~1					
	„	Ni	62	3.8					
	„	Ni	64	~1					
29	Kupfer	Cu	63	70			} 63.57	} 63.57	
	„	Cu	65	30					
30	Zink	Zn	64	50.4	} —9.9	63.937	} 65.33	} 65.38	s. S. 6
	„	Zn	66	27.2					
	„	Zn	67	4.2					
	„	Zn	68	17.8					
	„	Zn	70	0.4					
31	Gallium	Ga	69	61.5	} geschätzt zu —9.8		} 69.71	} 69.72	s. S. 6
	„	Ga	71	38.5					
32	Germanium	Ge	70	21.2	} geschätzt zu —7.7		} 72.57	} 72.60	
	„	Ge	72	27.3					
	„	Ge	73	7.9					
	„	Ge	74	37.1					
	„	Ge	76	6.5					
33	Arsen	As	75	100	—8.8	74.934	74.92	74.91	

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufig- keit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht $^{16}\text{O} = 16$	Chemisches Atom- gewicht für $\text{O} = 16$		Bemerkungen		
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle			
34	Selen	Se	74	0.9			78.95	78.96			
	„	Se	76	9.5							
	„	Se	77	8.3							
	„	Se	78	24.0	—8.0	77.938					
	„	Se	80	48.0	—7.3	79.941					
„	Se	82	9.3								
35	Brom	Br	79	50.0	—9.0	78.929	79.91	79.916			
	„	Br	81	50.0	—8.6	80.926					
36	Krypton	Kr	78	0.42	—9.4	77.926	83.76	83.7			
	„	Kr	80	2.45	—9.1	79.926					
	„	Kr	82	11.79	—8.8	81.927					
	„	Kr	83	11.79	—8.7	82.927					
	„	Kr	84	56.85	—8.6	83.928					
„	Kr	86	16.70	—8.2	85.929						
37	Rubidium	Rb	85	72.8	} geschätzt zu —8.2		85.45	85.48	s. S. 6		
	„	Rb	87	27.2							
38	Strontium	Sr	84	0.5	} geschätzt zu —8.2		87.62	87.63	s. S. 6		
	„	Sr	86	9.6							
	„	Sr	87	7.5							
	„	Sr	88	82.4							
39	Yttrium	Y	89	100	geschätzt zu —8.1		88.91	88.92			
40	Zirkonium	Zr	90	48	} geschätzt zu —7		91.24	91.22			
	„	Zr	91	11.5							
	„	Zr	92	22							
	„	Zr	94	17							
	„	Zr	96	1.5							
41	Niob	Nb	93	100	—8	92.926	92.90	92.91	s. S. 6		
42	Molybdän	Mo	92	14.2			95.96	95.95	s. S. 6		
	„	Mo	94	10.0							
	„	Mo	95	15.5							
	„	Mo	96	17.8							
	„	Mo	97	9.6							
	„	Mo	98	23.0						—5.5	97.946
	„	Mo	100	9.8						—5.5	99.945
„	Mo	102	—								
44	Ruthenium	Ru	96	5	} geschätzt zu —6		101.1	101.7			
	„	Ru	98	—							
	„	Ru	99	12							
	„	Ru	100	14							
	„	Ru	101	22							
	„	Ru	102	30							
	„	Ru	104	17							

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom gewicht $^{16}\text{O} = 16$	Chemisches Atom- gewicht für O = 16		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
45	Rhodium	Rh	101	0.08	} geschätzt zu --5.7		} 102.92	102.91	s. S. 7
	"	Rh	103	99.92					
46	Palladium	Pd	102	0.8	} geschätzt zu --6		} 106.54	106.7	s. S. 7
	"	Pd	104	9.3					
	"	Pd	105	22.6					
	"	Pd	106	27.2					
	"	Pd	110	13.5					
47	Silber	Ag	107	52.5	} geschätzt --5.3		} 107.87	107.880	
	"	Ag	109	47.5					
48	Cadmium	Cd	106	1.5	} geschätzt zu --6.5		} 112.18	112.41	s. S. 7
	"	Cd	108	1.0					
	"	Cd	110	15.6					
	"	Cd	111	15.2					
	"	Cd	112	22.0					
	"	Cd	113	14.7					
	"	Cd	114	24.0					
	"	Cd	118	—					
49	Indium	In	113	4.5	} geschätzt --7.4		} 114.80	114.76	s. S. 7
	"	In	115	95.5					
50	Zinn	Sn	112	1.1	} geschätzt zu --7.3		} 118.67	118.70	s. S. 7
	"	Sn	114	0.8					
	"	Sn	115	0.4					
	"	Sn	116	15.5					
	"	Sn	117	9.1					
	"	Sn	118	22.5					
	"	Sn	119	9.8					
	"	Sn	120	28.5					
	"	Sn	122	5.5					
"	Sn	124	6.8						
51	Antimon	Sb	121	56	} geschätzt zu --6.3		} 121.8	121.76	
	"	Sb	123	44					
52	Tellur	Te	120	—	} geschätzt zu --5		} 127.58	127.61	s. S. 7
	"	Te	122	2.9					
	"	Te	123	1.6					
	"	Te	124	4.5					
	"	Te	125	6.0					
	"	Te	126	19.0					
	"	Te	128	32.8					
"	Te	130	33.1						
53	Jod	J	127	100	--5.3	126.932	126.904	126.92	

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom gewicht $^{16}\text{O} = 16$	Chemisches Atom- gewicht für $\text{O} = 16$		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
54	Xenon	X	124	0.08	—5.3	133.929	131.12	131.3	
		X	126	0.08					
		X	128	2.30					
		X	129	27.13					
		X	130	4.18					
		X	131	20.67					
		X	132	26.45					
		X	134	10.31					
55	Caesium	Cs	133	100	—5	132.933	132.90	132.91	
		56	Barium	Ba	130	0.16	—6.1	137.916	137.35
Ba	132			0.015					
Ba	134			1.72					
Ba	135			5.7					
Ba	136			8.5					
Ba	137			10.8					
Ba	138			73.1					
57	Lanthan			La	139	100			
58	Cer	Ce	136	—	geschätzt zu — 5 bei den leichteren Erden, bis — 3 bei		140.13	140.13	s. S. 8
		Ce	138	—					
		Ce	140	89					
		Ce	142	11					
59	Praseodym	Pr	141	100			140.91	140.92	
60	Neodym	Nd	142	36			143.5	144.27	
		Nd	143	11					
		Nd	144	30					
		Nd	145	5					
		Nd	146	18					
62	Samarium	Sm	144	3			150.1	150.43	
		Sm	147	17					
		Sm	148	14					
		Sm	149	15					
		Sm	150	5					
		Sm	152	26					
		Sm	154	20					
63	Europium	Eu	151	50.6			151.90	152.0	
		Eu	153	49.4					
64	Gadolinium	Gd	155	21			156.9	157.3	
		Gd	156	23					
		Gd	157	17					
		Gd	158	23					
		Gd	160	16					

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht $^{16}\text{O} = 16$	Chemisches Atom- gewicht für $\text{O} = 16$		Bemerkungen		
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle			
65	Terbium	Tb	159	100	den schwereren		158.19	159.2			
66	Dysprosium	Dy	161	22			}	162.5		162.46	
		Dy	162	25							
		Dy	163	25							
		Dy	164	28							
67	Holmium	Ho	165	100				164.91		163.5	
68	Erbium	Er	166	36			}	167.15		167.24	s. S. 8
		Er	167	24							
		Er	168	30							
		Er	170	10							
69	Thulium	Tm	169	100		168.91	169.4				
70	Ytterbium	Yb	171	9	}	173.2	173.04				
		Yb	172	24							
		Yb	173	17							
		Yb	174	38							
		Yb	176	12							
71	Cassiopeium	Cp	175	100		174.91	175.0				
72	Hafnium	Hf	176	5	} geschätzt zu —3	178.4	178.6				
		Hf	177	19							
		Hf	178	28							
		Hf	179	18							
		Hf	180	30							
73	Tantal	Ta	181	100	—4	180.928	180.89	181.4			
74	Wolfram	W	182	22.6	}	184.0	183.94	183.92	s. S. 8		
		W	183	17.3							
		W	184	30.2							
		W	186	29.9							
75	Rhenium	Re	185	38.2	}	186.981	186.2	186.31			
		Re	187	61.8							
76	Osmium	Os	186	1.0	}	189.98 191.98	190.30	191.5			
		Os	187	0.6							
		Os	188	13.4							
		Os	189	17.4							
		Os	190	25.1							
		Os	192	42.5							
77	Iridium	Ir	191	38.5	} geschätzt zu 0	192.2	193.1	s. S. 8			
		Ir	193	61.5							
78	Platin	Pt	192	0.8	} geschätzt zu +0.5	195.13	195.23	s. S. 8			
		Pt	194	30.2							
		Pt	195	35.3							
		Pt	196	26.6							
		Pt	198	7.2							

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht $^{16}\text{O} = 16$	Chemisches Atom- gewicht für $\text{O} = 16$		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
79	Gold	Au	197	100			unter 197.2	197.2	
80	Quecksilber	Hg	196	0.10	+0.8	200.016	} 200.60	200.61	s. S. 9
		Hg	198	9.89					
		Hg	199	16.45					
		Hg	200	23.77					
		Hg	201	13.67					
		Hg	202	29.27					
		Hg	203	0.006					
		Hg	204	6.85					
81	Thallium	Tl	203	29.4	+1.8	203.037	} 204.41	204.39	
		Tl	205	70.6	+1.8	205.037			
82	Blei	Pb	204	1.5	} geschätzt zu +1		} 207.15	207.22	s. S. 9
		Pb	206	28.3					
		Pb	207	20.1					
		Pb	208	50.1					
83	Wismut	Bi	209	100				209.00	
90	Thorium	Th	232	100	+3.0	232.070	232.02	232.12	s. S. 9
92	Uran	U	235	0.4	+3.6	235.084	} 238.02	238.07	s. S. 9
		U	238	99.6	+3.7	238.088			