

Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft

1936, Nr. 2.

— Abteilung A (Vereinsnachrichten) —

5. Februar.

Otto Hahn: Die chemischen Elemente und natürlichen Atomarten nach dem Stande der Isotopen- und Kern-Forschung (Bericht über die Arbeiten von Ende 1934 bis Ende 1935).

(Eingegangen am 16. Januar 1936.)

Wie im vorjährigen Bericht sei auch hier gleich darauf hingewiesen, daß die zahlreichen, künstlich herstellbaren, radioaktiven Atomarten der gewöhnlichen chemischen Elemente, ebenso wie die radioaktiven Umwandlungsprodukte der Uran- und Thor-Zerfallsreihen in den Bericht nicht aufgenommen worden sind.

Für die genaue Bestimmung der Einzel-atomgewichte stabiler Atome haben aber die vor allem an leichten Atomen durchgeführten Kern-Umwandlungen eine sehr große Bedeutung. Die Auswertung der Energie-Bilanzen bei solchen künstlichen Kern-Umwandlungen führte nun zu gewissen Widersprüchen mit den aus massen-spektroskopischen Messungen bestimmten Einzel-atomgewichten dieser Stoffe. Bezugs-Element für die Wasserstoff- und Lithium-Isotope war bei den massen-spektroskopischen Bestimmungen das Helium, für Beryllium und die Bor-Isotope der Sauerstoff. Die Massen-Unterschiede wurden in Wasserstoff-Einheiten gemessen. Es ist klar, daß für solche Eichungen das Massen-Verhältnis Sauerstoff zu Helium einerseits, Helium zu Wasserstoff andererseits, sehr genau bekannt sein muß. Solche Präzisions-Bestimmungen sind aber ungemein schwierig durchzuführen, weil sich trotz Vermeidung aller erkennbaren Fehler doch noch unkontrollierbare Einflüsse geltend machen können. Alle kern-physikalischen Bestimmungen deuteten nun darauf hin, daß das bisher angenommene Massen-Verhältnis $O\ 16:He\ 4$ nicht ganz richtig ist¹⁾; die Ergebnisse sprechen für ein etwas höheres Atomgewicht des Heliums und damit auch für ein höheres Atomgewicht des Wasserstoffs. Bethe²⁾ hat deshalb für die Masse des Heliums, bezogen auf $^{16}O=16$, den Wert so gewählt, daß er zu einer Übereinstimmung mit den aus den Kern-Reaktionen erhaltenen Massen der leichten Elemente vom Wasserstoff bis zum Sauerstoff gelangte. Auf ähnliche Weise haben Oliphant, Kempton und Lord Rutherford³⁾ die Massen der leichten Elemente berechnet. Sie kamen, mit Ausnahme des Kohlenstoffs 12, fast zu den gleichen Werten wie Bethe.

¹⁾ vergl. z. B. F. Kirchner, Naturwiss. **22**, 480 [1934]; s. a. F. W. Aston, Mass-spectra and Isotopes, 1933 (E. Arnold, London), S. 102.

²⁾ H. Bethe, Phys. Rev. **47**, 633 [1935].

³⁾ M. L. E. Oliphant, A. E. Kempton u. Lord Rutherford, Proceed. Roy. Soc. **150**, 241 [1935].

In einer als vorläufig bezeichneten Mitteilung hat nun auch Aston⁴⁾ neue Angaben über die Atomgewichte von Wasserstoff, Deuterium, Helium und Kohlenstoff gemacht, und er findet Werte, die von den bisherigen teilweise so stark abweichen, daß die Unstimmigkeiten zwischen den atom-physikalischen und den massen-spektroskopischen Befunden beim H 1, H 2 und He 4 größtenteils beseitigt werden. In Tabelle 1 sind die neuen

Tabelle 1.

	Astons bisherige Werte für die Einzel-atomgewichte	Astons neue Werte für die Einzel-atomgewichte bezogen auf $^{16}\text{O} = 16$
H 1	1.00777	1.0081
H 2	2.01363	2.0148
He 4	4.00216	4.0041
C 12	12.0036	12.0048

Werte von Aston seinen bisherigen gegenübergestellt. Er selbst warnt aber davor, den massen-spektroskopischen Daten einen allzugroßen Genauigkeits-Bereich zuzuschreiben — keinesfalls seien sie genauer als 1 : 10000 — und er kündigt noch weitere Versuche über diese fundamentalen Massen an.

Für den Chemiker sind die hier vielleicht noch in Frage kommenden Korrekturen innerhalb der Fehlergrenzen seiner Bestimmungsmethoden und daher von keiner praktischen Bedeutung. Für den Atom-Physiker hat aber die möglichst genaue Kenntnis der Massen reiner Atomarten eine ausschlaggebende Bedeutung. Aus ihrer Kenntnis lassen sich Kern-Reaktionen als möglich voraussagen, andere als unmöglich ausschalten, der Verlauf verwickelter Vorgänge analysieren. Da nun die Isotopen-Tabelle die jeweils am meisten gesicherten Werte der Atomarten bringen soll, werden diesmal die von Bethe aus kern-physikalischen Daten errechneten Einzel-atomgewichte der leichten Elemente angegeben.

Bei den Atomarten und Elementen jenseits Sauerstoff liegen die Verhältnisse bezüglich der Einzel-atomgewichte klarer, denn sie sind alle auf $^{16}\text{O} = 16$ bezogen.

Für die aus den Einzel-atomgewichten zu berechnenden chemischen Atomgewichte besteht noch allgemein eine gewisse Unsicherheit. Zu ihrer Berechnung ist die Kenntnis der isotopischen Zusammensetzung des Sauerstoffs notwendig. Mancherlei neuere Bestimmungen lassen Zweifel darüber aufkommen, ob der bisher angenommene Mecke-Childssche Faktor 630 : 1 für $^{16}\text{O} : ^{18}\text{O}$ der beste Wert ist (s. weiter unten beim Sauerstoff). Eine Änderung wird aber vorerst nicht vorgenommen.

Der Vollständigkeit halber ist diesmal auch das Neutron in den Bericht aufgenommen.

Neutron (Ordnungszahl 0): Chadwick und Goldhaber⁵⁾ haben durch γ -Strahlen des Radiums den Kern des schweren Wasserstoffs (Deuteron) dissoziiert in ein Proton und ein Neutron. Aus der Energie-Bilanz und aus den Betheschen Massen-Werten für das Proton und das Deuteron haben sie das Atomgewicht des Neutrons (für $^{16}\text{O} = 16$) zu 1.0084 bestimmt.

⁴⁾ F. W. Aston, Nature **135**, 541 [1935].

⁵⁾ J. Chadwick u. M. Goldhaber, Proceed. Roy. Soc. **151**, 479 [1935].

Dieser Wert stimmt sehr gut mit dem von Bethe auf Grund anderer Umwandlungs-Prozesse errechneten Wert für das Neutron von 1.0085.

Wasserstoff und Helium (Ordnungszahlen 1 und 2). Die für die Wasserstoff-Isotope und das Helium von den verschiedenen Forschern angegebenen Werte für die Einzel-atomgewichte sind in Tabelle 2 angegeben

Tabelle 2.

	Bethe ⁶⁾	Oliphant, Kempton, Lord Rutherford ⁷⁾	Aston ⁸⁾
¹ H	1.00807 ± 0.00007	1.0081 ± 0.0001	1.0081
² H	2.01423 ± 0.00015	2.0142 ± 0.0002	2.0148
⁴ He	4.00336 ± 0.00023	4.0034 ± 0.0004	4.0041

Die Masse des ³H wurde übereinstimmend von Bethe und von Oliphant, Kempton und Rutherford zu 3.01610 ± 0.0003 berechnet, während für ³He Bethe die Masse 3.01699 ± 0.00046 gegenüber 3.0172 ± 0.0003 der englischen Forscher erhält. Wie schon oben mitgeteilt, sind die Betheschen Werte in die Tabelle aufgenommen.

Lithium (Ordnungszahl 3): Die Einzel-atomgewichte der Li-Isotope sind nach Bethe: 6.01614 ± 0.0050 und 7.01694 ± 0.00048 , nach den englischen Forschern 6.0163 ± 0.0006 bzw. 7.0170 ± 0.0007 .

Eine massen-spektroskopische Neubestimmung des Verhältnisses ⁶Li:⁷Li durch Brewer⁹⁾ bestätigt den in der vorjährigen Tabelle schon angeführten Wert 1:11. Der Verf. findet $1:11.60 \pm 0.06$ entsprechend 7.9% ⁶Li und 92.1% ⁷Li im Gegensatz zu dem aus optischen Daten berechneten Wert $1:8.1 \pm 0.4^{10)}$.

Beryllium (Ordnungszahl 4): Bei Zertrümmerungs-Versuchen von Beryllium mit Protonen kamen Kirchner und Kirchner und Neuert¹¹⁾ zu einer niedrigeren Masse des Be als sie Bainbridge massen-spektroskopisch erhalten hatte. Diese Unstimmigkeit war mit ein Anlaß für Bethe, die Massen der leichten Kerne neu zu überprüfen. Durch die heute allgemein anerkannte kleinere Masse des Be von 9.0135 nach Bethe, bzw. 9.0138 nach Oliphant, Kempton und Lord Rutherford gegenüber dem bisherigen Bainbridgeschen Wert 9.0155 ist die Stabilität dieses Beryllium-Isotops verständlich.

Oliphant, Kempton und Lord Rutherford¹²⁾ haben in ihrer Untersuchung über die künstlichen Umwandlungs-Vorgänge bei Beryllium und Bor deutliche Anzeichen für die Entstehung zweier neuer Beryllium-Isotope mit den Massen 8 und 10 gefunden. Nach ihren Befunden handelt es sich vermutlich um stabile oder ziemlich stabile Atomarten, die in sehr kleiner Menge dann wohl auch in Beryll-Mineralien vorkommen dürften.

Bor (Ordnungszahl 5): Für die beiden Bor-Isotope berechnete Bethe die Massen: 10.0146 ± 0.0010 und 11.0111 ± 0.0011 . Die englischen Forscher fanden für ¹⁰B den Wert 10.0143 ± 0.0003 und für ¹¹B völlige Übereinstimmung.

⁶⁾ H. Bethe, l. c.

⁷⁾ M. L. Oliphant, A. E. Kempton u. Lord Rutherford, l. c.

⁸⁾ F. W. Aston, l. c., Nature **135**, 541 [1935].

⁹⁾ A. K. Brewer, Phys. Rev. **47**, 571 [1935].

¹⁰⁾ L. S. Ornstein, Vreeswijk u. Wolfsohn, Physica **1**, 53 [1934].

¹¹⁾ F. Kirchner, l. c.; F. Kirchner u. H. Neuert, Physikal. Ztschr. **36**, 54 [1935].

¹²⁾ l. c., S. 248.

Kohlenstoff (Ordnungszahl 6): Beim Kohlenstoff sind die „physikalischen Werte“ für ^{12}C untereinander in nicht ganz so guter Übereinstimmung wie beim Wasserstoff und Helium:

	^{12}C
nach Bethe	12.0037 ± 0.0007
nach Oliphant, Kempton und Lord Rutherford..	12.0027 ± 0.0003
nach Aston	12.0048

Für ^{13}C berechnete Bethe 13.0060 ± 0.0007 .

Stickstoff (Ordnungszahl 7): Für die beiden Stickstoff-Isotope ^{14}N und ^{15}N fand Bethe die Massen 14.0076 ± 0.0004 und 15.0053 ± 0.0005 .

Sauerstoff (Ordnungszahl 8): Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die relative Beteiligung des ^{16}O : ^{18}O noch nicht ganz sicher feststeht. Statt des Mecke-Childsschen Faktors 630:1 wurden von einer Reihe von Forschern etwas niedrigere Werte, also eine stärkere Beteiligung von ^{18}O , gefunden. Dabei sei daran erinnert, daß Aston¹³⁾ schon 1932 das Verhältnis mit 536:1 angab. In guter Übereinstimmung hiermit und mit Smythe (503:1)¹⁴⁾ stehen Befunde von Bleakney an Sauerstoff-Proben, die von Taylor und Gould bei der stufenweisen Zersetzung von PbO_2 gewonnen wurden. Sechs verschiedene Fraktionen ergaben immer ungefähr denselben Wert, der nahe bei 470 lag¹⁵⁾. Für eine Reihe von Stein-Meteoriten wurde im Mittel 514 ± 13 gefunden¹⁶⁾. Für die atmosphärischen Sauerstoff-Banden im Sonnen-Spektrum geben Jeropkin und Kondratjew¹⁷⁾ den Wert 595 an, also eine gute Annäherung an den Mecke-Childsschen Wert. Stark hiervon abweichend sind Bestimmungen von Muckenthaler¹⁸⁾, dessen Befunde zwischen 830 und 1300 schwanken und im Mittel 1058 ergeben¹⁹⁾. Nach alledem erschien es richtig, den bisherigen Umrechnungsfaktor ^{16}O : ^{18}O = 630:1 vorerst nicht zu verändern. Bethe berechnet aus Kern-Reaktionen für das ^{17}O die Masse 17.0040.

Kalium (Ordnungszahl 19): Über das Kalium liegt eine Reihe von massen-spektroskopischen Untersuchungen vor:

Von Nier¹⁹⁾ wurde das seltene K-Isotop mit der Masse 40 gefunden. Von diesem Isotop, an dessen Existenz aus verschiedenen Gründen schon vorher kaum mehr zu zweifeln war, dürfte die Radioaktivität des Kaliums herrühren²⁰⁾. Nier schloß durch eine Reihe von Kontrollversuchen eine mögliche Verwechslung mit gleich schweren Masseträgern anderer Elemente aus.

Kurze Zeit danach wurde die Entdeckung des ^{40}K durch Brewer²¹⁾ bestätigt. Auch die relative Menge des neuen Isotops wurde von ihm in sehr guter Übereinstimmung zu Nier gefunden. Nach Nier kommt auf 8600 Atome ^{39}K — 1 Atom ^{40}K ; nach Brewer ist dieses Verhältnis 8250:1. Die

¹³⁾ s. Bericht 1933, S. 2.

¹⁴⁾ s. vorjähriger Bericht, S. 4.

¹⁵⁾ H. S. Taylor u. A. J. Gould, Journ. Amer. chem. Soc. 53, 1323 [1934].

¹⁶⁾ S. H. Manian, H. C. Urey, W. Bleakney, Journ. Amer. chem. Soc. 56, 2610 [1934].

¹⁷⁾ D. I. Jeropkin u. W. N. Kondratjew, C. 1935 I, 1824.

¹⁸⁾ H. Muckenthaler, Physikal. Ztschr. 35, 851 [1934].

¹⁹⁾ A. O. Nier, Phys. Rev. 48, 283 [1935].

²⁰⁾ I. Meitner, Naturwiss. 14, 719 [1926]; G. v. Hevesy u. Mitarbeiter, s. zusammenfassend G. v. Hevesy, Naturwiss. 28, 583 [1935]; O. Klemperer, Proceed. Roy. Soc., London, 148, 638 [1935].

²¹⁾ A. K. Brewer, Phys. Rev. 48, 640 [1935].

Beteiligung ist jedenfalls so gering, daß sie auf das Atomgewicht ohne Einfluß ist.

Über die Bestimmungen des Häufigkeits-Verhältnisses der anderen zwei K-Isotope ^{39}K und ^{41}K wird in Tabelle 3 eine Übersicht gegeben.

Tabelle 3.

	% ^{39}K	% ^{41}K
Bisheriger Wert (Dempster)	94.7	5.3
Brewer und Kueck ²³⁾	93.3	6.7
Bondy, Johannsen und Popper ²²⁾	94.2	5.8
Nier ¹⁹⁾	93.32	6.68
Brewer ²¹⁾	93.44	6.56

In die Tabelle am Schluß wird der abgerundete Wert von Brewer aufgenommen.

Titan (Ordnungszahl 22): Für die schon im vorjährigen Isotopen-Bericht aufgenommenen neuen Titan-Isotopen hat Aston²⁴⁾ nunmehr auch ihre relative Beteiligung photometrisch bestimmt. Folgende Werte wurden gefunden:

Atomart (Massenzahl)	46	47	48	49	50
Prozentische Häufigkeit	8.5	7.8	78.3	5.5	6.9

Hieraus folgt eine mittlere Massenzahl 47.945. Unter der plausiblen Annahme eines Packungs-Anteils von etwa -8 und der Umrechnung auf $O = 16$ ergibt sich für Titan das chemische Atomgewicht 47.91 ± 0.01 in ausgezeichneter Übereinstimmung mit dem internationalen Wert 47.90.

Eisen (Ordnungszahl 26): Beim Eisen hat Aston²⁵⁾ neben den schon bekannten Isotopen 56 und 54 ein schwaches drittes mit der Masse 57 festgestellt. Als Intensitäts-Verhältnis wird angegeben:

Atomart (Massenzahl)	54	56	57
Prozentische Häufigkeit	6.5	90.7	2.8

mittlere Massenzahl 55.90, Packungs-Anteil vermutlich -10 .

Das chemische Atomgewicht ist danach 55.84 ± 0.02 , identisch mit dem internationalen Wert.

Nickel (Ordnungszahl 28): Die im Vorjahre nachgewiesenen neuen Nickel-Isotopen 61 und 62 wurden von Aston²⁶⁾ auf ihren prozentischen Gehalt geprüft. Es darf nach Aston wohl mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß es sich dabei in der Tat um Nickel-Isotope handelt. Die bei den Massenzahlen 56 und 64 beobachteten, sehr schwachen Linien dürften dagegen von spurenweisen Verunreinigungen hergerührt haben.

Atomzahl (Massenzahl)	58	60	61	62
Prozentische Häufigkeit	67.5	27.0	1.7	3.8

Mittelwert 58.74, Packungs-Anteil des ^{58}Ni -10 . Chemisches Atomgewicht hieraus 58.68 ± 0.02 , praktisch identisch mit dem Wert der internationalen Tabelle 58.69.

²²⁾ H. Bondy, G. Johannsen u. K. Popper, Ztschr. Physik. **95**, 46 [1935].

²³⁾ A. K. Brewer u. R. D. Kueck, Phys. Rev. **46**, 894 [1934].

²⁴⁾ F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. **149**, 397 [1935].

²⁵⁾ F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. **149**, 402 [1935].

²⁶⁾ F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. **149**, 401 [1935].

Zink (Ordnungszahl 30): Beim Zink stimmen die Befunde verschiedener Beobachter, was seine schwachen Isotope anbelangt noch nicht ganz miteinander überein. Stenvinkel und Svensson²⁷⁾ teilen in einer bandenspektroskopischen Untersuchung die seinerzeit von Aston dem Zink selbst, von Bainbridge aber dem Zinkhydrür zugeschriebene Masse 65 wieder dem Zink selbst zu. Außerdem finden sich auf ihren Platten deutlich Banden, die von einem Isotop 63 herrühren müssen. Es ist nach den Verfassern wesentlich intensiver vertreten als das nur eben noch erkennbare schwächste Isotop Zn 70.

Gallium (Ordnungszahl 31): Für die beiden Gallium-Isotope 69 und 71 wurde von Aston²⁸⁾ die Beteiligung zu 61.5% und 38.5% festgestellt. Aus der sich hieraus ergebenden mittleren Massenzahl und einem plausiblen Packungs-Anteil von -9.8 berechnet sich das chemische Atomgewicht zu 69.71 ± 0.02 , praktisch identisch mit dem internationalen Wert 69.72.

Rubidium (Ordnungszahl 37): Massen-spektroskopische Häufigkeits-Bestimmungen der beiden bisher bekannten Rb-Isotope führten Brewer und Kueck²⁹⁾ zu den Werten 72.1% ⁸⁵Rb und 27.9% ⁸⁷Rb (bisher nach Aston 75 bzw. 25%). Bondy, Johannsen und Popper³⁰⁾ fanden ebenfalls massen-spektroskopisch 73.3% ⁸⁵Rb und 26.7% ⁸⁷Rb.

Beide Untersuchungen lassen nunmehr keinen Zweifel, daß ⁸⁷Rb etwas häufiger ist, als bisher angenommen. In die Tabelle am Schluß wird das abgerundete Mittel aus diesen zwei Bestimmungen aufgenommen: 72.7% ⁸⁵Rb und 27.3% ⁸⁷Rb. Damit berechnet sich das chemische Atomgewicht des Rubidiums unter der Annahme des von Aston geschätzten Packungs-Anteils von -8.2 und nach der üblichen Skalen-Korrektur zu 85.46 gegen 85.44 der internationalen Tabelle und 85.41 nach Aston.

Viele der für die Existenz des radioaktiven Isotops ⁴⁰K angeführten Gründe lassen sich auch auf Rubidium übertragen (s. Kalium S. 00). Es wird hier ein radioaktives ⁸⁶Rb vermutet, daß jedoch vorerst noch nicht aufgefunden wurde.

Zirkon (Ordnungszahl 40): Schon im vorjährigen Bericht wurden neue Ergebnisse Astons mit Zirkon mitgeteilt. Nunmehr folgt die prozentische Beteiligung der einzelnen Atomarten ³¹⁾:

Atomzahl (Massenzahl)	90	91	92	94	96
Prozentische Beteiligung	48	11.5	22	17	1.5

In der üblichen Weise ergibt sich hieraus das chemische Atomgewicht zu 91.24 ± 0.05 gegenüber dem sehr ähnlichen Wert der Tabelle 91.22.

Rhodium (Ordnungszahl 45): In Übereinstimmung mit Aston (s. vorjährigen Bericht) findet auch Dempster³²⁾ beim Rhodium nur eine einzelne Atomart. Bei einem Vergleich mit den Massen doppelt geladener

²⁷⁾ G. Stenvinkel u. E. Svensson, Nature **135**, 955 [1935].

²⁸⁾ F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. **149**, 399 [1935].

²⁹⁾ K. A. Brewer, P. D. Kueck, Phys. Rev. **46**, 894 [1934].

³⁰⁾ H. Bondy, G. Johannsen, K. Popper, Ztschr. Physik **95**, 46 [1935].

³¹⁾ F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. **149**, 397 [1935].

³²⁾ A. J. Dempster, Nature **135**, 993 [1935].

Platin-Ionen (s. weiter unten) ergibt sich als Mittelwert aus 6 Aufnahmen das chemische Atomgewicht des Rhodiums zu 102.92 ± 0.03 in sehr guter Übereinstimmung mit dem internationalen Wert 102.91.

Palladium (Ordnungszahl 46): Als eine sehr glückliche Ergänzung zu den Aston'schen Methoden für die Gewinnung geladener Massen-Teilchen hat neuerdings Dempster eine besondere Art von „Strahlen-Quellen“ ausgearbeitet und mit großem Erfolg gerade bei den Elementen verwandt, bei denen geladene Teilchen nach den Aston'schen Herstellungs-Bedingungen nicht zu erhalten waren³³⁾. Statt der von Aston nach Möglichkeit benutzten flüchtigen Metallverbindungen (Alkyle, Carbonyle, Halogenide) verwendet Dempster das zu untersuchende Metall als Elektroden bei einer hochfrequenten Funken-Entladung. Es ist Dempster auf diese Weise gelungen, gute Massen-Spektrogramme von Gold, den Platin-Metallen und Uran zu erhalten, also gerade den Elementen, deren Analyse noch ausstand.

Das Palladium besteht aus 6 Isotopen mit den Massen 102, 104, 105, 106, 108 und 110. Die 4 mittleren Komponenten sind ungefähr gleich stark, 110 ist schwächer, 102 das schwächste³⁴⁾.

Silber (Ordnungszahl 47): Unter Verwendung von geschmolzenem Silberchlorid als Anoden-Substanz konnte Aston³⁵⁾ die Beteiligung der beiden ungefähr gleich starken Komponenten 107 und 109 sehr genau bestimmen: $^{107}\text{Ag} : ^{109}\text{Ag} = 52.5 : 47.5$. Mit den üblichen Umrechnungen findet man hieraus das chemische Atomgewicht zu 107.87 ± 0.02 in vorzüglicher Übereinstimmung mit dem als sekundäre Bezugsbasis sehr gut fundierten internationalen Wert 107.880.

Cadmium (Ordnungszahl 48): Schon im vorjährigen Bericht wurde auf gewisse Unstimmigkeiten hingewiesen zwischen neueren Befunden Aston's über das sehr isotonen-reiche Cadmium und banden-spektroskopischen Ergebnissen von Svensson über das gleiche Element. Von Aston liegt nunmehr die Zusammenstellung der prozentischen Beteiligung der 9 von ihm beobachteten Atomarten vor³⁶⁾. Aston findet folgende Werte:

Atomart (Massenzahl)	106	108	110	111	112	113	114	115	116
Prozentische Beteiligung	1.5	1.0	15.2	15.2	21.8	14.9	23.7	0.8	5.9

Als mittlere Massenzahl ergibt sich hieraus 112.30 und nach der Umrechnung als chemisches Atomgewicht 112.2 ± 0.1 , ein Wert, der tiefer liegt, als der internationale Wert 112.41. In einer neuen banden-spektroskopischen Untersuchung von Stenvinkel und Svensson³⁷⁾ bestätigen diese Forscher aber das schon früher von Svensson aufgefundene, von Aston angezweifelte Isotop Cd 118. Nach den Verfassern beteiligt sich Cd 118 in dem Misch-element entschieden stärker als Cd 106; auch Cd 108 wird im Gegensatz zu Aston stärker gefunden als Cd 106. Man erkennt, daß durch diese Befunde das mittlere Atomgewicht des Cadmiums etwas

³³⁾ A. J. Dempster, Nature **135**, 542 [1935].

³⁴⁾ A. J. Dempster, Nature **136**, 65 [1935].

³⁵⁾ F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. **149**, 399 [1935].

³⁶⁾ F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. **149**, 401 [1935].

³⁷⁾ G. Stenvinkel u. E. Svensson, Nature **135**, 955 [1935].

höher herauskommt. Die Übereinstimmung mit dem internationalen Wert würde also besser. Vorerst werden in die Tabelle am Schluß die Aston'schen Häufigkeiten eingesetzt und die Beteiligung von Cd 118 offen gelassen.

Indium (Ordnungszahl 49): Das von Wehrli aufgefundene schwache Indium-Isotop 113³⁸⁾ wurde jetzt auch von Aston³⁹⁾ nach Überwindung ziemlich großer experimenteller Schwierigkeiten als schwacher Begleiter der Hauptatomart 115 bestätigt. Aston findet mit nicht sehr großer Genauigkeit die Beteiligung der schwachen Komponente zu $4.5 \pm 1\%$, gegenüber etwa 7% bei Wehrli. Das chemische Atomgewicht ist dadurch ungefähr 114.80 ± 0.05 gegenüber dem derzeitigen Wert der Tabelle 114.76.

Terbium (Ordnungszahl 65): Für das von Aston⁴⁰⁾ als Rein-element erkannte Terbium errechnet sich ein Atomgewicht von 158.91 gegenüber dem internationalen, auf chemischem Wege erhaltenen höheren Wert 159.2. Eine neuere chemische Atomgewichts-Bestimmung des Terbioms aus dem Oxalat von Marsh⁴¹⁾ scheint nunmehr den Aston'schen Befund zu bestätigen. Je nachdem, ob man für das Atomgewicht des Kohlenstoffs 12.00 oder 12.01 einsetzt, findet Marsh für das Atomgewicht des Terbioms 158.9 oder 158.92. Als sicher wird aber nur die erste Stelle hinter dem Komma beansprucht. Der internationale Wert scheint also in der Tat zu hoch zu liegen.

Hafnium (Ordnungszahl 72): Für die schon in den vorjährigen Bericht aufgenommenen 5 Hafnium-Isotope wurde von Aston⁴²⁾ ihre Beteiligung folgendermaßen bestimmt:

Atomart (Massenzahl)	176	177	178	179	180
Prozentische Häufigkeit	5	19	28	18	30

Wegen der vielen direkt benachbarten Linien beanspruchen die Werte keine große Genauigkeit. Aus der mittleren Massenzahl 178.5 und dem zu etwa — 3 geschätzten Packungs-Anteil ergibt sich das chemische Atomgewicht zu 178.4 ± 0.2 in befriedigender Übereinstimmung mit dem internationalen Wert 178.6.

Iridium (Ordnungszahl 77): Das Iridium besteht aus den beiden Atomarten 191 und 193. Dieses Ergebnis wurde unabhängig einerseits von Venkatesachar und Sibaiya⁴³⁾ aus Hyperfeinstruktur-Aufnahmen, andererseits massen-spektroskopisch von Dempster⁴⁴⁾ nach seiner neuen Methode (s. oben bei Palladium) erhalten.

Als Beteiligung geben die indischen Forscher für Iridium 191 : 193 etwa 1 : 2 an; auch nach Dempster ist 193 stärker vorhanden als 191.

Auf alle Fälle liegt danach das chemische Atomgewicht tiefer als 193, so daß der bisherige internationale Wert von 193.1 wohl sicher zu hoch ist.

³⁸⁾ s. vorjährigen Bericht S. 6.

³⁹⁾ F. W. Aston, *Proceed. Roy. Soc.* **149**, 403 [1935].

⁴⁰⁾ s. vorjährigen Bericht S. 7.

⁴¹⁾ J. K. Marsh, *Journ. chem. Soc. London* **1935**, 772.

⁴²⁾ F. W. Aston, *Proceed. Roy. Soc.* **149**, 396 [1935].

⁴³⁾ B. Venkatesachar u. L. Sibaiya, *Nature* **136**, 437 [1935].

⁴⁴⁾ A. J. Dempster, *Nature* **136**, 909 [1935].

Platin (Ordnungszahl 78): Auch das Platin wurde im Berichtsjahr von verschiedenen Seiten untersucht und es wurden im wesentlichen übereinstimmende Ergebnisse erzielt. Fuchs und Kopfermann⁴⁵⁾ finden aus der Hyperfeinstruktur-Analyse der im Sichtbaren gelegenen Platin-Linien 3 Isotope mit den Massen 194, 195 und 196, im Verhältnis 5:8:8. Weitere Massen werden zwar nicht ausgeschlossen, sie können dann nur in wesentlich geringerer Intensität vorhanden sein als die genannten.

In der Tat findet Dempster⁴⁶⁾, außer den von Fuchs und Kopfermann beobachteten Massen noch zwei weitere, nämlich 192 und 198 in geringerer Intensität. Nach Dempster ist die prozentische Beteiligung für die Isotope 194, 195 und 196 ungefähr gleich groß, 198 ist schwächer, 192 sehr schwach.

Eine dritte, unabhängige Untersuchung machten Venkatesachar und Sibaiya⁴⁷⁾. Ebenfalls aus Hyperfeinstruktur-Messungen finden sie die vier Isotope 192, 194, 195 und 196 und zwar in derselben Intensitäts-Reihenfolge, wie die anderen Forscher; die von Dempster gefundene Masse 198 geben sie allerdings nicht an.

Gold (Ordnungszahl 79): Gold hat in der internationalen Atomgewichts-Tabelle den Wert 197.2. Als Element ungerader Ordnungszahl sollte es danach aus zwei Isotopen bestehen, mit den Massen 197 und 199. In einer sorgfältigen Untersuchung findet Dempster⁴⁸⁾ aber nur eine einzige Atomart mit der Masse 197; von einer Linie bei 199 war auch bei stärkster Überexposition der Linie 197 keine Spur zu entdecken. Zu dem gleichen Ergebnis kommt Imanishi⁴⁹⁾ auf Grund banden-spektroskopischer Untersuchungen. Das Gold ist danach ein Reinelement und das bisher gültige Atomgewicht zweifellos zu hoch.

Uran (Ordnungszahl 92): Die massen-spektroskopische Untersuchung des Urans durch Dempster⁵⁰⁾ ließ neben der Hauptkomponente mit der Masse 238 bei langen Expositionen eine sehr schwache Komponente mit der Masse 235 erkennen, deren Intensität weniger als 1% der Hauptkomponente ausmacht. Es handelt sich hierbei wohl sicher um die Muttersubstanz des Protactiniums, das Actino-Uran, dessen Gehalt im Uran aus radioaktiven Daten zu ungefähr 0.4% geschätzt wird.

Mit der erfolgreichen Massen-Analyse des Goldes und der Platin-Metalle sind nunmehr alle stabilen chemischen Elemente auf ihre isotopische Zusammensetzung untersucht. Alle Massenzahlen sind vertreten mit der einzigen Ausnahme der Masse 5, die vermutlich einem Helium-Isotop zuzuschreiben ist. Nach Rutherford ist es sehr wahrscheinlich, daß man dieses Helium-Isotop mit Hilfe einer bisher noch nicht genauer analysierten Kernreaktion wird herstellen können. Die Versuche, He 5 in der Natur aufzufinden, schlugen allerdings bisher fehl.

⁴⁵⁾ Barbara Fuchs u. H. Kopfermann, *Naturwiss.* **28**, 372 [1935].

⁴⁶⁾ A. J. Dempster, *Nature* **135**, 993 [1935].

⁴⁷⁾ B. Venkatesachar u. L. Sibaiya, *Nature* **136**, 65 [1935].

⁴⁸⁾ A. J. Dempster, *Nature* **136**, 65 [1935].

⁴⁹⁾ Sunao Imanishi, *Nature* **136**, 476 [1935].

⁵⁰⁾ A. J. Dempster, *Nature* **136**, 180 [1935].

Isotopen- und Atomgewichts-Tabelle der gewöhnlichen chemischen Elemente, soweit Ende 1935 bekannt.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht	Chemisches Atom- gewicht für O = 16		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
0	Neutron	N	1	—	—	1.0085	—	—	s. diesen Bericht S. 6
1	Wasserstoff	H	1	99.98	+80.7	1.00807	1.00805 ¹⁾	1.0078	s. S. 7
	"	(D)	2	0.02	+71.1	2.01423			
	"	(T)	3	10^{-7}	+54	3.01610			
2	Helium	He	3	—	+56.6	3.01699	—	—	s. S. 7
	"	He	4	100	+ 8.4	4.00336	4.00248	4.002	s. S. 7
3	Lithium	Li	6	7.9	+26.9	6.01614	6.9364	6.940	s. S. 7
	"	Li	7	92.1	+24.2	7.01694			
4	Beryllium	(Be)	(8)	(ca. 0.05)	—	—	9.0115	9.02	s. S. 7
	"	Be	9	99.95	+15.0	9.0135			
	"	(Be)	(10)	(—)	—	—			
5	Bor	B	10	20.6	+14.6	10.0146	10.803	10.82	s. S. 7
	"	B	11	79.4	+10.1	11.0111			
6	Kohlenstoff	C	12	99.0	+ 3.0	12.0037	12.011	12.00	s. S. 8
	"	C	13	~ 1	+ 5.0	13.0069			
7	Stickstoff	N	14	99.7	+ 5.4	14.0076	14.0075	14.008	s. S. 8
	"	N	15	0.3	+ 3.5	15.0053			
8	Sauerstoff	O	16	99.8	0.00	16.0000	16.0000	16.0000	s. S. 8
	"	O	17	0.03	+ 2.3	17.0040			
	"	O	18	0.16	+ 3.6	18.0065			
9	Fluor	F	19	100	0.0 \pm 1	19.0000	18.996	19.000	
10	Neon	Ne	20	90.0	—1.6 \pm 0.5	19.9967	20.189	20.183	
	"	Ne	21	0.27	—	—			
	"	Ne	22	9.73	—2.4 \pm 0.5	21.9947			
11	Natrium	Na	23	—	—	—	—	22.997	
12	Magnesium	Mg	24	[ca. 78] ²⁾	—	—	—	24.32	
	"	Mg	25	[ca. 11]	—	—	—		
	"	Mg	26	[ca. 11]	—	—	—		
13	Aluminium	Al	27	—	—	—	—	26.97	
14	Silicium	Si	28	89.6	} geschätzt zu —6.5 \pm 1.0	}	28.122	28.06	
	"	Si	29	6.2					
	"	Si	30	4.2					
15	Phosphor	P	31	100	—5.6 \pm 1.5	30.9825	30.976	31.02	
16	Schwefel	S	32	[ca. 97]	—	—	—	—	
	"	S	33	[ca. 0.8]	—	—	—	32.06	
	"	S	34	[ca. 2.2]	—	—	—	—	
17	Chlor	Cl	35	ca. 75	—4.8 \pm 1.5	34.983	—	—	
	"	Cl	37	ca. 25	—5.7 \pm 1.5	36.980	—	35.457	
18	Argon	A	36	0.330	(—6.6 \pm 0.5)	(35.976)	39.948	39.944	
	"	A	38	0.05	—	—			
	"	A	40	99.62	—7.2 \pm 0.3	39.971			

¹⁾ Wenn die Beteiligung von D:H = 1:30 000 ist (wie bei Elektrolytwasserstoff), dann ergibt sich das Atomgewicht zu 1.00788.

²⁾ Die in eckigen Klammern angegebenen Häufigkeiten sind nur Schätzungen.

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht	Chemisches Atom- gewicht für O = 16 nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung		Wert der Inter- nationalen Tabelle	Bemerkungen
19	Kalium	K	39	93.4	} geschätzt zu — 7	—	—	—	39.096	s. S. 8
	"	K	40	0.01		—	—	39.096		
	"	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	s. S. 9
	"	Ti	47	7.8		—	—			
	"	Ti	48	78.3		—	—			
	"	Ti	49	5.5		—	—			
	"	Ti	50	6.9		—	—			
23	Vanadin	V	51	—	—	—	—	—	50.95	
24	Chrom	Cr	50	4.9	— 10 \pm 3	51.948	—	52.005	52.01	
	"	Cr	52	81.6						
	"	Cr	53	10.4						
	"	Cr	54	3.1	—	—	—			
25	Mangan	Mn	55	—	—	—	—	—	54.93	
26	Eisen	Fe	54	6.5	} geschätzt zu — 10	—	—	55.84	55.84	s. S. 9
	"	Fe	56	90.7						
	"	Fe	57	2.8						
27	Kobalt	Co	59	—	—	—	—	—	58.94	
28	Nickel	Ni	58	67.5	— 10	57.942	—	58.68	58.69	s. S. 9
	"	Ni	60	27.0	—	—				
	"	Ni	61	1.7	—	—				
	"	Ni	62	3.8	—	—				
29	Kupfer	Cu	63	[ca. 70]	—	—	—	—	63.57	
	"	Cu	65	[ca. 30]	—	—	—	—		
30	Zink	(Zn) (63)	—	—	—	—	63.937	65.327	65.38	s. S. 10
	"	Zn	64	50.4	— 9.9	—				
	"	(Zn) (65)	—	—	—	—				
	"	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. 10
	"	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 \pm 1.5	74.934	—	74.918	74.91	

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht	Chemisches Atom- gewicht für 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 ± 2	79.941			
	"	Se	82	9.3	—	—			
35	Brom	Br	79	50.0	-9.0 ± 1.5	78.929	79.910	79.916	
	"	Br	81	50.0	-8.6 ± 1.5	80.926			
36	Krypton	Kr	78	0.42	-9.4 ± 2	77.926	83.76	83.7	
	"	Kr	80	2.45	-9.1 ± 2	79.926			
	"	Kr	82	11.79	-8.8 ± 1.5	81.927			
	"	Kr	83	11.79	-8.7 ± 1.5	82.927			
	"	Kr	84	56.85	-8.6 ± 1.5	83.928			
	"	Kr	86	16.70	-8.2 ± 1.5	85.929			
37	Rubidium	Rb	85	72.7	} geschätzt zu —8.2		85.46	85.44	s. S. 10
	"	Rb	87	27.3					
38	Strontium	Sr	86	10	} geschätzt zu —8.2		87.64	87.63	
	"	Sr	87	6.6					
	"	Sr	88	83.4					
39	Yttrium	Y	89	—	—	—	—	88.92	
40	Zirkonium	Zr	90	48	} geschätzt zu —7		91.24	91.22	s. S. 10
	"	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	
42	Molybdän	Mo	92	14.2	—	—	95.96	96.0	
	"	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			
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					
45	Rhodium	Rh	103	100	geschätzt zu —5.7		102.92	102.91	s. S. 10

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht	Chemisches Atom- gewicht für O = 16		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
46	Palladium	Pd	102	c	—	—	—	106.7	s. S. 11
	"	Pd	104	a	—	—			
	"	Pd	105	a	—	—			
	"	Pd	106	a	—	—			
	"	Pd	108	a	—	—			
	"	Pd	110	b	—	—			
47	Silber	Ag	107	52.5	} geschätzt zu —5.3		107.87	107.880	s. S. 11
	"	Ag	109	47.5					
48	Cadmium	Cd	106	1.5	} geschätzt zu —6.5		112.2	112.41	s. S. 11
	"	Cd	108	1.0					
	"	Cd	110	15.2					
	"	Cd	111	15.2					
	"	Cd	112	21.8					
	"	Cd	113	14.9					
	"	Cd	114	23.7					
	"	Cd	115	0.8					
	"	Cd	116	5.9					
	"	(Cd)	(118)	—					
49	Indium	In	113	4.5	} geschätzt zu —7.4		114.80	114.76	s. S. 12
	"	In	115	95.5					
50	Zinn	Sn	112	1.07	} —7.3 \pm 2	119.912	118.70	118.70	
	"	Sn	114	0.74					
	"	Sn	115	0.44					
	"	Sn	116	14.19					
	"	Sn	117	9.81					
	"	Sn	118	21.48					
	"	Sn	119	11.02					
	"	Sn	120	27.04					
	"	Sn	121	2.96					
	"	Sn	122	5.03					
	"	Sn	124	6.19					
51	Antimon	Sb	121	56	} zwischen —7.3 und —5.3		121.78	121.76	
	"	Sb	123	44					
52	Tellur	Te	122	2.9	} geschätzt zu —5		127.58	127.61	
	"	Te	123	1.6					
	"	Te	124	4.5					
	"	Te	125	6.0					
	"	Te	126	19.0					
	"	(Te)	(127)	—					
	"	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	Häufig- keit in %	Packungs- Anteil × 10 ⁴	Einzel- atom- gewicht	Chemisches Atom- gewicht für O = 16		Bemerkungen		
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle			
54	Xenon	X	124	0.08	geschätzt zu — 5 bei den leichten Erden, bis — 3 bei den	—	131.125	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		—5.3 ± 2					
	"	X	136	8.79		—					
55	Caesium	Cs	133	100		—5.4 ± 2.0	132.933	132.90		132.91	
56	Barium	Ba	135	5.9	—6.1 ± 2	—	137.43	137.36			
	"	Ba	136	8.9		—					
	"	Ba	137	11.1		—					
	"	Ba	138	74.1		—					
57	Lanthan	La	139	100		—	137.916	138.91		138.92	
58	Cer	Ce	140	89		—	140.13	140.13			
	"	Ce	142	11		—					
59	Praseodym	Pr	141	100		—	140.91	140.91			
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		geschätzt zu — 5 bei den leichten Erden, bis — 3 bei den	—	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					—		
65	Terbium	Tb	159	100		158.19	159.2	s. S. 12			
66	Dysprosium	Dy	161	22					—		
	"	Dy	162	25					—		
	"	Dy	163	25					—		
	"	Dy	164	28					—		
67	Holmium	Ho	165	100		164.91	163.5				
68	Erbium	Er	166	36					—		
	"	Er	167	24					—		
	"	Er	168	30					—		
	"	Er	170	10					—		
69	Thulium	Tm	169	100	—	168.91	169.4				

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht	Chemisches Atom- gewicht für O = 16		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
70	Ytterbium	Yb	171	9	schwereren	—	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	s. S. 12
	..	Hf	177	19		—			
	..	Hf	178	28		—			
	..	Hf	179	18		—			
	..	Hf	180	30		—			
73	Tantal	Ta	181	100	—4	180.928	180.89	181.4	der neue, von Hönigschmid auf chem. Wege bestimmte Wert ist ebenfalls 180.89; s. vor- jährigen Bericht S. 9.
74	Wolfram	W	182	22.6	—	—	183.94	184.0	
	..	W	183	17.3	—	—			
	..	W	184	30.2	(0)	(184.0)			
	..	W	186	29.9	—	—			
75	Rhenium	Re	185	38.2	—	—	186.2	186.31	
	..	Re	187	61.8	—1 ± 2	186.981			
76	Osmium	Os	186	1.0	—	—	190.30	191.5	
	..	Os	187	0.6	—	—			
	..	Os	188	13.4	—	—			
	..	Os	189	17.4	—	—			
	..	Os	190	25.1	—1 ± 2	189.98			
	..	Os	192	42.5	—1 ± 2	191.98			
77	Iridium	Ir	191	ca. 33	—	—	unter 103	193.1	s. S. 12
	..	Ir	193	ca. 67	—	—			
78	Platin	Pt	192	d	—	—	195.23	s. S. 13	
	..	Pt	194	b	—	—			
	..	Pt	195	a	—	—			
	..	Pt	196	a	—	—			
	..	Pt	198	c	—	—			
79	Gold	Au	197	100	—	—	—	197.2	s. S. 13

Fortsetzung der Tabelle.

Ordnungszahl	Element	Symbol	Massen-Zahl	Häufigkeit in %	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom- gewicht	Chemisches Atom- gewicht für O = 16		Bemerkungen
							nach Ergeb- nissen der Isotopen- Forschung	Wert der Inter- nationalen Tabelle	
80	Quecksilber	Hg	196	0.10	—	—	200.60	200.61	
	"	Hg	197	ca. 0.01	—	—			
	"	Hg	198	9.89	—	—			
	"	Hg	199	16.45	—	—			
	"	Hg	200	23.77	$+0.8 \pm 2$	200.016			
	"	Hg	201	13.67	—	—			
	"	Hg	202	29.27	—	—			
	"	Hg	203	ca. 0.006	—	—			
	"	Hg	204	6.85	—	—			
81	Thallium	Tl	203	29.4	$+1.8 \pm 2$	203.037	204.41	204.39	
	"	Tl	205	70.6	$+1.8 \pm 2$	205.037			
82	Blei	(Pb)	(203)	—	geschätzt zu + 1	—	207.15	207.22	
	"	Pb	204	1.52		—			
	"	(Pb)	(205)	—		—			
	"	Pb	206	28.03		—			
	"	Pb	207	20.40		—			
	"	Pb	208	50.05		—			
	"	(Pb)	(209)	—		—			
	"	(Pb)	(210)	—		—			
83	Wismut	Bi	209	100	—	—	—	209.00	
90	Thorium	Th	232	—	—	—	—	232.12	n. Aston scheint das chem. be- stimmte Atom- gew. zu hoch zu sein; s. vorjähri- gen Bericht S. 9.
92	Uran	U	235	<1	—	—	238.14		s. S. 13
	"	U	238	>99	—	—			