

# Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

1932, Nr. 1.

— Abteilung A (Vereinsnachrichten) —

6. Januar.

## O. Hahn: Die chemischen Elemente und Atomarten nach dem Stande der Isotopen-Forschung (Bericht über die Arbeiten vom Ende 1930 bis Ende 1931.<sup>1)</sup>).

(Eingegangen am 1. Dezember 1931.)

Vorbemerkung: Zur Frage des Bezugssystems der „Atomgewichte“.

Die Bestimmung der „praktischen Atomgewichte“ nach chemischen und physikalisch-chemischen Methoden geschieht bekanntlich unter Bezugnahme auf das Misch-element  $O = 16$ . Als Bezugssubstanz für die physikalischen Bestimmungen dient dagegen die reine Atomart  $O_{18} = 16$ . Um den hierdurch möglicherweise auftretenden Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, wurden verschiedene Vorschläge gemacht, dahin gehend, ein anderes Element als den Sauerstoff als Atomgewichtsbasis zu wählen<sup>2)</sup>. Aston regt dagegen an, für die Bedürfnisse des Chemikers den bisherigen Basiswert  $O = 16$  beizubehalten, weil Mißverständnisse eigentlich nicht vorkommen können<sup>3)</sup>. Wir sprechen z. B. vom (praktischen) Atomgewicht des Chlors und beziehen dieses auf  $O = 16$ ; wir sprechen vom Gewicht des Atoms Chlor<sub>35</sub> und beziehen es auf  $O_{18} = 16$ . Die Umrechnung von der einen Basis auf die andere hängt dann von der Beteiligung der Sauerstoff-Isotope  $O_{18}$  und  $O_{17}$  im Misch-element Sauerstoff ab.

Während bisher als Beteiligung von  $O_{18}:O_{16}$  1:1250 angenommen wurde (der Einfluß der noch schwächeren Komponenten  $O_{17}$  kann außer Betracht bleiben), geben Mecke und Childs in neueren Untersuchungen<sup>4)</sup> die Beteiligung zu 1:630 an. Im ersteren Fall ist das Atomgewicht von  $O_{16}$  bezogen auf  $O = 16$  15.9984, im letzteren 15.9965.

<sup>1)</sup> Nachdem die neue Internationale Atomgewichts-Kommission zusammengetreten ist und wie vor dem Kriege ihre jährlichen Berichte herausgibt, hat sich die „Deutsche Atomgewichts-Kommission“ aufgelöst. Da die Darstellung des jeweiligen Standes der Isotopen-Lehre nicht zu dem Aufgabenkreis der Internationalen Atomgewichts-Kommission gehört, hat die Deutsche Chemische Gesellschaft den Verfasser beauftragt, den bisherigen Teil III des Deutschen Atomgewichts-Berichts: „Die Chemischen Elemente und Atomarten nach dem Stande der Isotopen-Forschung“ in der gewohnten Weise so lange fortzuführen, bis auch hierfür eine internationale Kommission gegründet ist und diese ihre Tätigkeit aufgenommen hat.

<sup>2)</sup> vergl. hierzu St. Meyer, Naturwiss. 15, 623 [1927]; A. v. Grosse, Ztschr. physikal. Chem. (B) 10, 395 [1931]; F. W. Aston, Nature 126, 953 [1930]; X. Bericht d. Dtsch. Atomgewichts-Kommission B. 63, 21 [1930].

<sup>3)</sup> F. W. Aston, Nature 128, 731 [1931].

<sup>4)</sup> vergl. Mecke u. Childs, dieser Bericht S. 7.

Entsprechend müßte die Umrechnung der „physikalischen“ Atomgewichte auf die „chemischen“ im ersteren Falle durch Multiplikation mit 0.99988, im letzteren Falle mit 0.99978 geschehen. In beiden Fällen liegen die umgerechneten Werte noch innerhalb der üblichen Meßgenauigkeit bei Atomgewichts-Bestimmungen.

Während der Nachweis von Isotopen geringer prozentischer Beteiligung und ihr genaues Atomgewicht im Vergleich zur Hauptkomponente sich durch bandenspektroskopische Messungen augenscheinlich recht sicher durchführen lassen, scheinen die Bestimmungen der relativen Beteiligungen im Falle sehr großer Intensitäts-Unterschiede noch recht schwierig zu sein. Das zeigen ja gerade auch die Erfahrungen beim Sauerstoff. Birge und Menzel<sup>5)</sup> meinen daher, man solle von einer Umrechnung der nach physikalischen Methoden erhaltenen Atomgewichte auf die „chemischen“ so lange absehen, als der Umrechnungsfaktor  $O_{16}:O$  noch nicht ganz sicher festgestellt ist.

Aston führt indessen bei den im folgenden referierten Arbeiten die Umrechnung aus und benutzt den älteren Wert, multipliziert also mit 0.99988.

#### A. Massenspektroskopische Ergebnisse\*).

**Lithium:** Das Lithium wurde in Form seines Dampfes zur Verwendung gebracht. Für die Beteiligung der Isotope  $Li_7:Li_6$  wurde der vorläufige Wert  $10.2 \pm 0.5$  gefunden<sup>6)</sup> (91.1%  $Li$  und 8.9%  $Li_6$ ). Ein Anspruch auf sehr große Genauigkeit kann nicht erhoben werden. Als praktisches Atomgewicht ergibt sich nach Aston der Wert  $Li = 6.923 \pm 0.006$  (Wert der Atomgewichts-Tabelle = 6.940).

**Bor:** Als Strahlenquelle diente Bortrifluorid<sup>7)</sup>. Die Einzel-atomgewichte von  $B_{10}$  und  $B_{11}$  sind mit besonderer Genauigkeit zu 10.0135 und 11.0110 (für  $O_{16} = 16$ ) ermittelt worden. Die Bestimmung der prozentischen Beteiligung  $B_{10}:B_{11}$  ergab das Verhältnis 20.6:79.4, doch ist hier die Genauigkeit nicht so groß wie bei der Feststellung der Einzel-atomgewichte.

Als mittleres Atomgewicht findet Aston 10.805; korrigiert für Packungsanteil und umgerechnet auf  $O = 16$ , folgt für das praktische Atomgewicht der Wert 10.804. Dieser Wert stimmt vorzüglich mit einer Bestimmung von Stock und Kuss<sup>8)</sup>, die 10.805 gefunden haben, während der Wert der Tabelle 10.82 ist (vergl. auch banden-spektroskopische Bestimmung, dieser Bericht S. 7).

**Zink:** Die Anzahl seiner isotopen Atomarten wurde schon früher bestimmt. Bei der neuen Untersuchung<sup>9)</sup> konnte die genaue Beteiligung der einzelnen Isotope und der Packungs-anteil von  $Zn_{64}$  zu — 9.9 bestimmt werden.

Einzel-atomgewichte .....	64	65	66	67	68	69	70
Prozentische Häufigkeit .....	48.0	2.5	25.9	5.3	17.1	0.85	0.38

<sup>5)</sup> R. T. Birge u. D. H. Menzel, Phys. Rev. **37**, 1669 [1931].

<sup>\*</sup> In der von Aston (Proceed. Roy. Soc. **132**, 487 [1931]) veröffentlichten zusammenfassenden Arbeit finden sich bei den Zahlen-Angaben ein paar unbedeutende Druckfehler resp. Unstimmigkeiten, die im Einverständnis mit Hrn. Aston in dem vorliegenden Bericht verbessert sind.

<sup>6)</sup> F. W. Aston, Nature **128**, 149 [1931].

<sup>7)</sup> F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. [A] **132**, 490 [1931].

<sup>8)</sup> A. Stock u. E. Kuss, B. **56**, 314 [1923].

<sup>9)</sup> F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. [A] **130**, 303 [1931].

Hieraus ergibt sich als mittleres Atomgewicht  $65.45_2$ ; unter Berücksichtigung des Packungs-anteils von  $-9.9$  und nach Umrechnung auf  $O = 16$  als praktisches Atomgewicht  $65.38_0 \pm 0.02$  in absoluter Übereinstimmung mit dem Wert der Atomgewichts-Tabelle.

Germanium: Durch Verwendung von Germaniumtetramethyl gelang es Aston, gute Massenspektren zu erhalten, deren Linienschärfe und -intensität genaue Beteiligungs-Bestimmungen ermöglichten<sup>10)</sup>. Der Packungs-anteil der Germanium-Isotope wurde nicht ermittelt, doch läßt sich annehmen, daß er zwischen denen von Zink ( $-9.9$ ) und von Selen ( $-7.3$ ) liegt.

Einzel-Atomgewichte .....	70	71	72	73	74	75	76	77
Prozentische Häufigkeit .....	19.72	1.53	25.41	9.22	35.07	2.26	6.09	0.70

Mittleres Atomgewicht hieraus =  $72.73_0$ ; korrigiert auf Packungs-anteil und auf  $O = 16$ , ist das praktische Atomgewicht des Germaniums  $72.65 \pm 0.05$  in guter Übereinstimmung mit dem Wert  $72.60$  der Atomgewichts-Tabelle.

Selen: Als Strahlenquelle diente elementares Selen, das in der Röhre verdampft werden konnte<sup>11)</sup>. Die Intensitäten der 5 starken Linien ließen sich befriedigend genau feststellen; eine geringe Intensitäts-Verschiebung der Linie 76 durch ein fast immer in Spuren anwesendes Gas 76 ( $CS_2$ ?) fällt nicht ins Gewicht. Der Packungs-anteil des Selens 80 (der stärksten Selen-Komponente) wurde zu  $-7.3$  bestimmt mit einer Fehler-Möglichkeit von höchstens  $\pm 2$ . Da auch der Packungs-anteil von Krypton 80 bekannt ist — er ist  $-9.1$  —, liegt hier zum ersten Mal ein Paar isobarer Atomarten vor, deren Einzel-atomgewichte ermittelt wurden. Auf  $O_{16} = 16$  bezogen, findet man für

$$Se_{80} = 79.941, \quad Kr_{80} = 79.926.$$

Das Atom niedrigerer Ordnungszahl (Se) scheint also das höhere Gewicht zu haben. Doch liegt nach Aston dieser Unterschied noch innerhalb der Meßgenauigkeit.

Einzel-atomgewichte .....	74	76	77	78	80	82
Prozentische Häufigkeit .....	0.9	9.5	8.3	24.0	48.0	9.3

Mittleres Atomgewicht hieraus  $79.023$ ; korrigiert auf Packungs-anteil und umgerechnet auf die chemische Basis, ist das praktische Atomgewicht  $78.96$ , ein Wert, der beträchtlich unter dem zurzeit gültigen Wert  $79.2$  liegt.

Brom: Beim Brom wurde die frühere visuelle Beobachtung, daß es aus praktisch gleichen Teilen von  $Br_{79}$  und  $Br_{81}$  besteht, durch Ausphotometrieren bestätigt. Aus den schon früher erhaltenen Werten  $78.929$  und  $80.926$  für  $Brom_{79}$  und  $Brom_{81}$  erhält man für das praktische Atomgewicht des Broms den Wert  $79.917_5 \pm 0.002$  in sehr guter Übereinstimmung mit dem auch nach chemischen Methoden sehr genau ermittelten Wert.

Strontium: Außer den schon lange bekannten Atomarten  $Sr_{86}$  und  $Sr_{88}$  wurde von Aston jetzt eine dritte schwächere Komponente  $Sr_{87}$  (isobar mit Rubidium 87) nachgewiesen<sup>12)</sup>. Genaue Intensitäts-Bestimmungen stehen noch aus.

<sup>10)</sup> F. W. Aston, *Proceed. Roy. Soc. [A]* **132**, 495 [1931].

<sup>12)</sup> F. W. Aston, *Proceed. Roy. Soc. [A]* **132**, 487 [1931].

<sup>13)</sup> F. W. Aston, *Nature* **128**, 221 [1931].

Ruthenium: Die Versuche wurden mit Rutheniumtetroxyd durchgeführt, trotz der technischen Schwierigkeiten, die das Arbeiten mit dieser Verbindung verursacht<sup>13)</sup>. Das Ruthenium besteht aus 6 Atomarten, zu denen möglicherweise noch eine sehr schwache siebente hinzukommt.

Die relativen Intensitäten konnten nur ungefähr etwa folgendermaßen geschätzt werden:

Einzel-atomgewichte .....	96	98	99	100	101	102	104
Prozentische Häufigkeit .....	5	?	12	14	22	30	17

Unter Berücksichtigung des auf — 6 geschätzten (nicht gemessenen) Packungs-anteils ergibt sich aus dem mittleren Atomgewicht von 101.18 der Wert (für O = 16) zu 101.1. Doch ist diese Zahl vielleicht etwas zu niedrig, weil vermutlich die Linien 99, 100 und 101 des Rutheniums im Vergleich zu den schwereren Bestandteilen durch die entsprechenden Linien zweifach geladenen Quecksilbers etwas zu stark bewertet werden. Dennoch bleibt eine Unstimmigkeit mit dem derzeitigen Wert der Tabelle von 101.7.

Die Atomarten Ru<sub>96</sub>, Ru<sub>98</sub> und Ru<sub>100</sub> sind isobar mit den entsprechenden Isotopen des Molybdäns. Sollte das bisher als noch zweifelhaft angegebene Zirkon-Isotop 96 sichergestellt werden, so hätte man beim Atomgewicht 96 den ersten Fall dreier Isobaren mit den Ordnungszahlen 40, 42 und 44.

Zinn: Dieses isotope-reichste Element — es sind 11 Isotope von ihm bekannt — wurde, wie schon früher, als Zinntetramethyl verwendet<sup>14)</sup>. Die prozentische Häufigkeit der einzelnen Atomarten zeigt die folgende Tabelle:

Einzel-atomgewichte .....	112	114	115	116	117	118	119	120	121	122	124
Prozentische Häufigkeit .....	1.07	0.74	0.44	14.19	9.81	21.48	11.02	27.04	2.96	5.03	6.19

Aus dem hieraus berechneten mittleren Atomgewicht 118.82 und dem schon früher ermittelten Packungs-anteil von — 7.3 findet man als praktisches Atomgewicht für das Zinn den Wert 118.72 ± 0.03 in guter Übereinstimmung mit dem chemischen Wert 118.70.

Antimon: Die prozentische Häufigkeit der beiden Antimon-Arten 121 und 123 beträgt ungefähr 56% Sb<sub>121</sub> und 44% Sb<sub>123</sub><sup>15)</sup>. Der Packungs-anteil konnte noch nicht bestimmt werden; er liegt vermutlich zwischen dem des Zinns (— 7.3) und des Xenons (— 5.3). Korrigiert hierauf, ergibt sich für das praktische Atomgewicht des Antimons 121.79 in Übereinstimmung mit dem Wert der Tabelle 121.76.

Tellur: Beim Tellur bestand schon lange ein Widerspruch zwischen dem von Aston massenspektroskopisch zu mindestens 128 geschätzten Atomgewicht<sup>16)</sup> und dem chemischen Wert 127.5. Eine Neubestimmung mit Hilfe der verbesserten Methoden war daher von großem Interesse<sup>17)</sup>. Es gelang Aston, neben den drei schon früher festgestellten Atomarten 126, 128, 130 eine schwache vierte Komponente 125 nachzuweisen. Doch wird hierdurch der erwähnte Widerspruch zwischen dem massenspektroskopischen und dem chemischen Befund nicht beseitigt. Eine den Aston'schen Befund erniedri-

<sup>13)</sup> F. W. Aston, Nature **127**, 233 [1931]; Proceed. Roy. Soc. [A] **132**, 493 [1931].

<sup>14)</sup> F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. [A] **130**, 305 [1931].

<sup>15)</sup> F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. [A] **132**, 492 [1931].

<sup>16)</sup> F. W. Aston, Phil. Mag. **49**, 1197 [1925].

<sup>17)</sup> F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. [A] **132**, 494 [1931].

gende Atomart 127 ist nicht vorhanden. Die Tabelle gibt die Beteiligung der einzelnen Komponenten.

Einzel-atomgewichte .....	125	126	128	130
Prozentische Häufigkeit .....	6.6	20.9	36.1	36.4

Das mittlere physikalische Atomgewicht beträgt danach 128.11. Unter Einsetzung eines plausiblen Packungs-anteils von  $-5 \pm 2$  ergibt sich (für  $O = 16$ ) der Wert  $128.03 \pm 0.1$ ; also Übereinstimmung mit dem früheren Aston'schen Wert und starke Abweichung vom chemischen.

Caesium: Im Gegensatz zu Kalium und Rubidium ist das Caesium ein Rein-element. Zwei nach verschiedenen Methoden vorgenommene neue Untersuchungen haben diesen schon älteren Aston'schen Befund bestätigt. Bainbridge<sup>15)</sup> verwendet die Dempstersche Methode der magnetischen Ablenkung positiver Caesium-Strahlen und schließt auf Einheitlichkeit der Strahlen. Die Existenz von nur 0.3% eines zweiten Caesium-Isotops hätte sich nach Bainbridges Angaben nachweisen lassen müssen.

Aston<sup>16)</sup> fand ebenfalls nur die eine Atomart  $Cs_{133}$  und bestimmte deren Packungs-anteil zu  $-5 \pm 2.0$ . Hieraus ergibt sich für das chemische Atomgewicht der Wert  $132.91 \pm 0.02$  gegenüber dem etwas niedrigeren der Atomgewichts-Tabelle von 132.81.

Barium: Schon das praktische Atomgewicht von 137.36 wies darauf hin, daß das Barium außer der Atomart 138 niedrigere Isotope enthält. Eine Atomart 136 war von Aston bereits früher andeutungsweise gefunden worden. In dem verbesserten Spektrographen mit seinem viel größeren Auflösungsvermögen gelingt nun Aston der Nachweis von nicht weniger als drei benachbarten leichteren Isotopen 137, 136 und 135. Genauere Intensitäts-Bestimmungen sollen später folgen. Vermutlich wird dann der jetzt bestehende Unterschied zwischen massenspektroskopischer und chemischer Bestimmung verschwinden.

Wolfram: Wolfram, in ähnlicher Weise wie vorher schon das Chrom und Molybdän, als Hexacarbonyl zur Verwendung gebracht, zeigt vier isotope Atomarten 182, 183, 184 und 186<sup>20)</sup>, von denen die beiden stärksten praktisch in gleicher Intensität vorkommen.

Einzel-atomgewichte .....	182	183	184	186
Prozentische Beteiligung .....	22.6	17.3	30.2	29.9

Der Packungs-anteil für dieses dem Quecksilber (Packungs-anteil  $+0.8$ ) im Atomgewicht nahe stehende Element ist vermutlich von Null nicht merkbar verschieden. So ergibt sich aus obigen Werten nach Umrechnung auf  $O = 16$  das praktische Atomgewicht zu 183.96 in guter Übereinstimmung mit dem chemischen bisherigen Wert 184.0.

Rhenium: Nach mancherlei vergeblichen Versuchen gelang die Aufnahme des Rhenium-Massenspektrums<sup>21)</sup>. Es besteht aus zwei Isotopen Re 185 und Re 187, die als Re,  $ReO$ ,  $ReO_2$  und  $ReO_3$  aufgefunden wurden.  $Re_{187}$  ist isobar mit der schwächsten Osmium-Komponente  $Os_{187}$ . Die pro-

<sup>15)</sup> K. T. Bainbridge, Phys. Rev. **36**, 1668 [1930].

<sup>16)</sup> F. W. Aston, Nature **127**, 813 [1931].

<sup>20)</sup> F. W. Aston, Nature **126**, 913 [1930]; Proceed. Roy. Soc. [A] **182**, 491 [1931].

<sup>21)</sup> F. W. Aston, Nature **127**, 591 [1931]; Proceed. Roy. Soc. [A] **182**, 496 [1931].

zentische Häufigkeit  $\text{Re}_{185} : \text{Re}_{187}$  verhält sich wie 38.2 : 61.8. Der Packungsanteil ließ sich ohne große Schwierigkeit zu  $-1 \pm 2$  feststellen.

Unter Anbringung der üblichen Korrekturen erhält man hieraus das praktische Atomgewicht des Rheniums (für  $O = 16$ ) zu  $186.22 \pm 0.07$  in guter Übereinstimmung mit dem jüngsten Wert von Hönigschmid 186.31.

Osmium: Bei den Aufnahmen mit Osmiumtetroxyd galt es, dieselben Schwierigkeiten zu überwinden, wie beim Ruthenium<sup>22)</sup>. Schließlich gelang die Feststellung von vier starken und zwei sehr schwachen Komponenten.

Einzel-atomgewichte . . . . .	186	187	188	189	190	192
Prozentische Häufigkeit ..	1.0	0.6	13.5	17.3	25.1	42.6

Mittleres Atomgewicht hieraus 190.35.

Von  $\text{Os}_{190}$  und  $\text{Os}_{192}$  wurden die Packungs-anteile zu  $-1 \pm 2$  gefunden. Für  $O = 16$  folgt hieraus für das praktische Atomgewicht  $190.31 \pm 0.06$ , während der chemisch ermittelte Wert beträchtlich höher, nämlich bei 190.9 liegt.

Thallium: Vorläufige Versuche, mit Thalliumtriäthyl ausgeführt, beweisen die isotope Zusammensetzung des Thalliums aus  $\text{Tl}_{203}$  und  $\text{Tl}_{205}$ <sup>23)</sup>. Letzteres ist das intensivere, wie aus dem praktischen Atomgewicht 204.31 zu erwarten. Über quantitative Ergebnisse beim Thallium mittels bandenspektroskopischer Methoden vergl. diesen Bericht S. 11.

Uran: Auch das Uran konnte unlängst auf massenspektroskopischem Wege geprüft werden<sup>24)</sup>. Es scheint mindestens zu 97—98% aus der Atomart 238 zu bestehen. Für das im Uran anzunehmende Actino-uran bleiben also 2%, höchstens 3%, übrig. Da die Strahlungsintensität der Actiniumreihe zwischen 3 und 4 liegt, müßte man aus dem Aston'schen Befund auf eine höhere Umwandlungs-Geschwindigkeit des hypothetischen Actino-urans schließen (Anmerk. d. Ref.).

Der Packungs-anteil des Urans konnte noch nicht ermittelt werden.

## B. Bandenspektroskopische Ergebnisse.

Mittels bandenspektroskopischer Methoden wurden einerseits einige isotope Atomarten neu aufgefunden bzw. bestätigt, andererseits wurde das Intensitäts-Verhältnis schon bekannter Isotopen-Gemische genauer zu bestimmen gesucht.

Wie schon eingangs (S. 2) erwähnt wurde, scheint die Bestimmung der relativen Intensität, besonders auch im Falle großer Unterschiede (also bei sehr geringer prozentischer Beteiligung der einen Komponente), eine recht schwierige Aufgabe zu sein, deren Fehler-Möglichkeiten noch nicht alle klar erkannt sind<sup>24)</sup>. Die Arbeiten, die sich mit diesen Aufgaben befassen, werden daher in ihrem Ergebnis mitgeteilt, ohne daß der Referent ein kritisches Urteil darüber aussprechen kann.

Lithium: Aus dem bisher gültigen praktischen Atomgewicht des Lithiums 6.940 sollte das Verhältnis von  $\text{Li}_7 : \text{Li}_6$  den Wert 13 haben. Die

<sup>22)</sup> F. W. Aston, Nature **127**, 233 [1931]; Proceed. Roy. Soc. [A] **132**, 492 [1931].

<sup>23)</sup> F. W. Aston, Nature **128**, 725 [1931].

<sup>24)</sup> Hr. Kollege Hettner vom Physikal. Institut d. Universität hatte die Freundlichkeit, mir die Schwierigkeiten dieser Methoden auseinanderzusetzen und die Ergebnisse mit mir zu diskutieren.

massenspektroskopischen Befunde von Aston (s. oben S. 2) haben den etwas niedrigeren Wert 10.2 ergeben, und entsprechend als praktisches Atomgewicht  $= 6.923$ . In einer sehr sorgfältigen bandenspektroskopischen Untersuchung finden van Wijk und van Koevinge<sup>25)</sup> für das Intensitäts-Verhältnis  $\text{Li}_7:\text{Li}_6$  nur 7.2, was einem praktischen Atomgewicht von nur 6.890 entspricht. Schüler<sup>26)</sup> gibt dagegen in Übereinstimmung mit Aston den Wert 10.5 an. Van Wijk diskutiert die Unstimmigkeiten zwischen den verschiedenen Werten und weist auf Irrtums-Möglichkeiten bei Aston und vor allem bei Schüler in der Auswertung ihrer Ergebnisse hin<sup>27)</sup>. — In einer kurzen Notiz über das Bandenspektrum von  $\text{LiH}$  bestätigt Nakamura<sup>28)</sup> im wesentlichen die Befunde von van Wijk und van Koevinge.

Beryllium: Wird eine Beryllium-Bogenentladung in einer Wasserstoff-Atmosphäre niederen Druckes erzeugt, so werden intensive  $\text{BeH}$ -Banden emittiert, deren Bandensysteme sehr schwache Linien an den für  $\text{Be}_8\text{H}$  berechneten Stellen aufweisen<sup>29)</sup>. Die Verfasser schließen hieraus auf die Existenz eines bisher unbekannten Isotops  $\text{Be}_8$ . Die Intensität ist sehr gering; als Beteiligung  $\text{Be}_8:\text{Be}_9$  wird ungefähr 1:2000 angegeben. Da das praktische Atomgewicht des Berylliums 9.02 ist, könnte man außerdem an die Existenz eines höheren Isotops  $\text{Be}_{10}$  denken, doch ist dies nach Watson unwahrscheinlich.

Bor: Das Bor war in den letzten Jahren mehrfach Gegenstand von Atomgewichts-Untersuchungen; besonders auch im Hinblick darauf, daß für Borproben verschiedener Herkunft etwas verschiedene Atomgewichte angegeben worden waren, was also auf ein unterschiedliches Isotopen-Verhältnis in den verschiedenen Proben hätte schließen lassen<sup>30)</sup>. Über die neue Astonsche Bestimmung s. diesen Bericht S. 2.

Nach bandenspektroskopischen Methoden prüft Elliot das Intensitäts-Verhältnis  $\text{B}_{10}\text{O}:\text{B}_{11}\text{O}$ <sup>31)</sup>. Er findet zwar dieses Verhältnis für verschiedene Banden bei direkter Messung etwas verschieden, das korrigierte Verhältnis dagegen ist konstant. Elliot findet  $\text{B}_{11}:\text{B}_{10} = 3.63 \pm 0.02:1$ . Der daraus berechnete Wert für das praktische Atomgewicht ist  $10.794 \pm 0.001$ , also noch niedriger als der neue Astonsche, mit Stock und Kuss übereinstimmende Wert von 10.804.

Sauerstoff: Als Intensitäts-Verhältnis  $\text{O}_{18}:\text{O}_{16}$  war von Babcock<sup>32)</sup> 1:1250, von Naudé 1:1075 gefunden worden. Letzterer Wert lag innerhalb der von Babcock angegebenen Fehlergrenzen. In einer neuen ausführlichen Untersuchung prüfen Mecke und Childs<sup>33)</sup> diese Werte und kommen auf eine wesentlich stärkere Beteiligung von  $\text{O}_{18}$  und auch  $\text{O}_{17}$  im Misch-element.

<sup>25)</sup> W. R. van Wijk u. A. J. van Koevinge, *Proceed. Roy. Soc.* **132**, 58 [1931].

<sup>26)</sup> H. Schüler, *Naturwiss.* **19**, 772 [1931].

<sup>27)</sup> W. R. van Wijk, *Naturwiss.* **19**, 894 [1931].

<sup>28)</sup> G. Nakamura, *Nature* **128**, 759 [1931].

<sup>29)</sup> W. W. Watson, *Phys. Rev.* **36**, 1019 [1930]; W. W. Watson u. A. E. Parker, *Phys. Rev.* **37**, 167 [1931].

<sup>30)</sup> siehe 10. Bericht d. Dtsch. Atomgewichts-Kommission, *B.* **63**, 12 [1930].

<sup>31)</sup> A. Elliott, *Nature* **126**, 845 [1930]; *Ztschr. Phys.* **67**, 75 [1931].

<sup>32)</sup> vergl. 10. Bericht d. Dtsch. Atomgewichts-Kommission, *B.* **63**, 19 [1930]; 11. Bericht d. Dtsch. Atomgewichts-Kommission, *B.* **64**, 16 [1931].

<sup>33)</sup> R. Mecke u. W. H. J. Childs, *Ztschr. Phys.* **68**, 362 [1931]; vergl. auch W. H. J. Childs u. R. Mecke, *Ztschr. Phys.* **68**, 344 [1931].

Nach einer Nullmethode, die Linien gleicher Intensität der atmosphärischen Sauerstoff-Banden  $O_{16} \cdot O_{16}$  mit  $O_{16} \cdot O_{18}$  miteinander vergleicht, wird das Mischungsverhältnis der drei Sauerstoff-Isotopen  $O_{16} : O_{18} : O_{17}$  zu  $630 \pm 20 : 1 : 0.2$  bestimmt. Auf die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Umrechnung der „physikalisch“ bestimmten Atomgewichte ( $O_{16} = 16$ ) auf die chemisch ermittelten „praktischen“ Atomgewichte ( $O = 16$ ) wurde schon eingangs (S. 1) hingewiesen.

Birge und Menzel<sup>34)</sup> nehmen nun an einer Anzahl physikalisch bestimmter Atomgewichte die Umrechnung auf die chemische Basis vor, indem sie den neuen (wahrscheinlicheren) Wert von Mecke und Childs der Rechnung zugrunde legen. Im allgemeinen ergibt die Umrechnung der Astonischen Werte auf die chemisch ermittelten mit dem Mecke-Childsschen Faktor eher eine bessere Übereinstimmung als mit dem früheren Faktor. Eine Ausnahme bildet der Wasserstoff. Das praktische Atomgewicht des Wasserstoffs ist 1.00777; die Umrechnung des Astonischen Wertes 1.00778 mit dem Meckeschen Faktor 0.99978 ergibt 1.00756, also einen Unterschied, der wohl außerhalb der Versuchs-Fehler liegt. Die Unstimmigkeit könnte nach Birge und Menzel behoben werden, wenn man die Existenz eines Wasserstoff-Isotops  $H_2$  im Verhältnis 1 : 4500 annähme. Es muß nach den Verfassern aber darauf hingewiesen werden, daß auch der neue Wert für die Beteiligung der Sauerstoff-Isotope vielleicht noch nicht so sicher — und für Sauerstoff verschiedenen Vorkommens so unveränderlich — ist, als daß man heute schon genaue Umrechnungs-Faktoren angeben könnte. Daher der schon oben (S. 2) erwähnte Vorschlag von Birge und Menzel, auf die Umrechnung zunächst überhaupt noch zu verzichten und bei den Werten nur anzugeben, ob sie nach physikalischen oder chemischen Methoden gewonnen sind.

Stickstoff: In der beim Sauerstoff erwähnten Arbeit von Birge und Menzel haben die Verfasser auch berechnet, welche relative Beteiligung man dem  $N_{15}$  im Stickstoff zuschreiben müßte, um unter Annahme des Mecke-Childsschen Wertes für  $O_{18} : O_{16}$  das Astonische „physikalische“ Atomgewicht des  $N_{14}$  mit dem praktischen Atomgewicht des Misch-elements Stickstoff in Einklang zu bringen. Die Verfasser berechnen dafür  $N_{14} : N_{15} = 320 : 1$ , also eine stärkere Beteiligung von  $N_{15}$  als sie Naudé<sup>35)</sup> angegeben hat. Urey und Murphy<sup>36)</sup> vergleichen nun die Bandenspektren von  $N_{15}O_{16}$  und  $N_{14}O_{18}$  miteinander und finden unter Einsetzung des Mecke-Childsschen Wertes für Sauerstoff die Beteiligung von  $N_{14} : N_{15}$  zu 347 : 1, also einen Wert, der mit dem von Birge und Menzel in befriedigender Übereinstimmung steht. Die Versuche werden noch als vorläufige betrachtet.

Chlor: Aus dem Ultrarot-Spektrum von  $HCl$  hat Becker<sup>37)</sup> auf die Existenz eines in sehr geringer Menge vorkommenden dritten Chlor-Isotops  $Cl_{39}$  geschlossen. Ashley und Jenkins<sup>38)</sup> können (in einer vorläufigen Notiz) dieses neue Isotop in den ultravioletten Absorptionsbanden des  $AgCl$  nicht finden und schließen, daß ein  $Cl_{39}$  im Verhältnis 1 : 1000, bezogen auf  $Cl_{37}$ ,

<sup>34)</sup> R. T. Birge u. D. H. Menzel, Phys. Rev. **37**, 1669 [1931].

<sup>35)</sup> S. M. Naudé, Phys. Rev. **36**, 333 [1930]; 11. Bericht d. Dtsch. Atomgewichts-Kommission, B. **64**, 17 [1931].

<sup>36)</sup> H. C. Urey u. G. M. Murphy, Phys. Rev. **38**, 575 [1931].

<sup>37)</sup> 11. Bericht d. Dtsch. Atomgewichts-Kommission, B. **64**, 18 [1931].

<sup>38)</sup> M. Ashley u. F. A. Jenkins, Phys. Rev. **37**, 1712 [1931].



Tabelle 1.

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

Ord.- zahl	Symbol	Element	Prakt. Atomgew.	Anzahl d. Atom- arten	Einzel-Atomgew. <sup>39)</sup>
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	2	[8b], 9a
5	B	Bor .....	10.82	2	10b, 11a
6	C	Kohlenstoff	12.000	2	12a, [13b]
7	N	Stickstoff ..	14.008	2	14a, [15b]
8	O	Sauerstoff ..	16.0000	3	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	3	35a, 37b, [39c]
18	Ar	Argon .....	39.94	2	36b, 40a
19	K	Kalium ....	39.104	2	39a, 41b <sup>40)</sup>
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	4	50c, 52a, 53b, 54d
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, 69f, 70g
31	Ga	Gallium ...	69.72	2	69a, 71b
32	Ge	Germanium	72.60	8	70c, 71g, 72b, 73d, 74a, 75f, 76e, 77h
33	As	Arsen .....	74.93	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	78e, 80d, 82c, 83c, 84a, 86b
37	Rb	Rubidium ..	85.45	2	85a, 87b <sup>40)</sup>

<sup>39)</sup> Die Buchstaben-Indices geben nach Aston die relative Beteiligung der betreffenden Atomart in dem Misch-element 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 bandenspektroskopischen Messungen festgestellt.

<sup>40)</sup> Die kursiv gedruckten Atomgewichte sind dem radioaktiven Bestandteil des betr. Elements zuzuordnen. (Für das Rubidium 87 ist dieser Schluß noch hypothetisch.)

Fortsetzung von Tabelle 1.

Ordn.- zahl	Symbol	Element	Prakt. Atomgew.	Anzahl d. Atom- arten	Einzel-Atomgew. <sup>(1)</sup>
38	Sr	Strontium .	87.63	2	86b, 87c, 88a
39	Y	Yttrium ...	88.93	1	89
40	Zr	Zirkonium .	91.22	3 (4)	90a, 92c, 94b, (96)
42	Mo	Molybdän .	96.0	7	92d, 94e, 95c, 96b, 97g, 98a, 100f
44	Ru	Ruthenium	101.7	6 (7)	96f, (98), 99e, 100d, 101b, 102a, 104c
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	112i, 114k, 115l, 116c, 117e, 118b, 119d, 120a, 121h, 122g, 124f
51	Sb	Antimon ..	121.76	2	121a, 123b
52	Te	Tellur .....	127.5	4	125d, 126c, 128b, 130a
53	I	Jod .....	126.93	1	127
54	X	Xenon ....	130.2	9	124h, 126h, 128g, 129a, 130f, 131c, 132b, 134d, 136e
55	Cs	Caesium ...	132.81	1	133
56	Ba	Barium ...	137.36	4	135, 136, 137, 138a
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
74	W	Wolfram ..	184.0	4	182c, 183d, 184a, 186b
75	Re	Rhenium...	186.3	2	185b, 187a
76	Os	Osmium ...	190.9	6	186e, 187f, 188d, 189c, 190b, 192a
80	Hg	Quecksilber	200.61	7	196g, 198e, 199c, 200b, 201d, 202a, 204f
81	Tl	Thallium...	204.39	2	203b, 205a
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.

[Cl <sub>39</sub> ]	Ar <sub>40</sub>	(Ti <sub>50</sub> )	Cr <sub>54</sub>	Cu <sub>65</sub>	Zn <sub>69</sub>	Zn <sub>70</sub>	Ga <sub>71</sub>	Ge <sub>74</sub>	Ge <sub>75</sub>
K <sub>39</sub>	Ca <sub>40</sub>	Cr <sub>50</sub>	Fe <sub>54</sub>	Zn <sub>65</sub>	Ga <sub>69</sub>	Ge <sub>70</sub>	Ge <sub>71</sub>	Se <sub>74</sub>	As <sub>75</sub>
Ge <sub>76</sub>	Ge <sub>77</sub>	Se <sub>78</sub>	Se <sub>80</sub>	Se <sub>82</sub>	Kr <sub>86</sub>	Rb <sub>87</sub>	Zr <sub>92</sub>	Zr <sub>94</sub>	(Zr <sub>96</sub> )
Se <sub>74</sub>	Se <sub>77</sub>	Kr <sub>78</sub>	Kr <sub>80</sub>	Kr <sub>82</sub>	Sr <sub>86</sub>	Sr <sub>87</sub>	Mo <sub>97</sub>	Mo <sub>94</sub>	Mo <sub>96</sub> Ru <sub>96</sub>
Mo <sub>98</sub>	Mo <sub>100</sub>	Cd <sub>112</sub>	Cd <sub>114</sub>	In <sub>115</sub>	Cd <sub>116</sub>	Sn <sub>121</sub>	Sn <sub>124</sub>	Te <sub>126</sub>	Te <sub>128</sub>
Ru <sub>98</sub>	Ru <sub>100</sub>	Sn <sub>112</sub>	Sn <sub>114</sub>	Sn <sub>115</sub>	Sn <sub>116</sub>	Sb <sub>121</sub>	X <sub>124</sub>	X <sub>126</sub>	X <sub>128</sub>
Te <sub>130</sub>	X <sub>136</sub>	Ce <sub>142</sub>	W <sub>186</sub>	Re <sub>187</sub>	(Pb <sub>209</sub> )				
X <sub>130</sub>	Ba <sub>136</sub>	Nd <sub>142</sub>	Os <sub>186</sub>	Os <sub>187</sub>	Bi <sub>209</sub>				

also 1:4200, bezogen auf das Gesamtchlor, nicht vorhanden ist. Hettner und Böhme<sup>41)</sup> bestätigen indessen das Ergebnis von Becker und schließen, daß an der Existenz von  $\text{Cl}_3$  nicht mehr gezweifelt werden kann. Dieses Ergebnis ist insofern bemerkenswert, als bisher bei allen Elementen mit ungerader Ordnungszahl höchstens zwei Isotope bekannt waren.

Thallium: Schüler und Keyston<sup>42)</sup> schließen aus den Hyperfeinstrukturen einiger Thalliumlinien auf die Existenz zweier Isotope beim Thallium. Sie finden als Intensitäts-Verhältnis der schwereren zur leichteren Komponente den Wert 2.3:1. Unter der plausiblen Annahme, daß die beiden Isotope die Atomgewichte 205 und 203 haben, ergibt sich aus der gefundenen Beteiligung für das praktische Atomgewicht des Thalliums der Wert 204.4 in sehr guter Übereinstimmung mit dem Wert 204.39 der Atomgewichtstabelle. Auf S. 6 wurde schon angegeben, daß inzwischen auch Aston beim Thallium zwei Isotope nachgewiesen hat. Sie besitzen die von Schüler und Keyston vermuteten Einzel-atomgewichte 205 und 203.

---

## Bericht

### der von der Internationalen Union für Chemie eingesetzten Kommission für Reform der Nomenklatur der organischen Chemie<sup>1)</sup>.

#### Einleitung.

In der organischen Chemie lassen sich für eine und dieselbe Verbindung gewöhnlich mehrere Namen bilden. Dies hat den Vorteil, daß man für den klaren Ausdruck eines Gedankens, die Hervorhebung von Struktur-Analogien usw. den jeweils geeignetsten Namen auswählen kann. Diesem wesentlichen Nutzen der Namensvielfältigkeit steht aber die große Erschwerung der Herstellung von alphabetischen Sachregistern gegenüber.

Diese Schwierigkeit wurde bereits im Jahre 1892 empfunden. Der bekannte Genfer Kongreß, an dem 34 der berufensten Chemiker aus 9 europäischen Ländern teilnahmen und von dem die Genfer Nomenklatur ihren Ursprung genommen hat, suchte die Lösung auf dem durch Regel 1 seiner Denkschrift gekennzeichneten Wege: „Neben den gebräuchlichen Bezeichnungen soll für jede organische Verbindung ein offizieller Name eingeführt werden, welcher gestattet, die betreffende Verbindung an einer bestimmten Stelle der Register und chemischen Handwörterbücher aufzufinden.“ Dieser Plan des Genfer Kongresses ist bekanntlich nicht zur Durchführung gelangt. Die Genfer Nomenklatur ist nur für die acyclischen Verbindungen hinreichend ausgearbeitet worden; und auch für diese führt ihre Anwendung oft zu viel zu komplizierten Namen. Dies ist wohl auch der Grund gewesen, weshalb die Kommission von 1892 die Arbeit nicht zu Ende geführt hat.

---

<sup>41)</sup> G. Hettner u. J. Böhme, Naturwiss. 19, 252 [1931]; Ztschr. Phys. 72, 95 [1931].

<sup>42)</sup> H. Schüler u. J. E. Keyston, Naturwiss. 19, 320 [1931]; Ztschr. Phys. 70, 1 [1931].

<sup>1)</sup> Übersetzung aus den von der Union Internationale de Chimie veröffentlichten Comptes rendus de la dixième Conférence, Liège, 14.—20. Sept. 1930.