

Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

1934, Nr. 1.

— Abteilung A (Vereinsnachrichten) —

10. Januar.

Otto Hahn: Isotopen-Bericht. Die chemischen Elemente und Atomarten nach dem Stande der Isotopen-Forschung (Bericht über die Arbeiten von Ende 1932 bis Ende 1933).

(Eingegangen am 6. Dezember 1933.)

Wasserstoff (Ordnungszahl 1).

Die Auffindung des neuen Wasserstoff-Isotops von der Masse 2 (H^2), über die im vergangenen Jahr bereits eingehend berichtet wurde, erweist sich mehr und mehr als eine Entdeckung von fundamentaler Wichtigkeit. Durch den Massen-Unterschied von 100 % sind hier viel größere Verschiedenheiten im chemischen Verhalten der beiden Isotopen zu erwarten, als bei den schwereren Elementen, und Lewis¹⁾ weist mit Recht darauf hin, daß man im Falle der Wasserstoff-Isotope fast von zwei verschiedenen Elementen sprechen könne.

Begünstigt wird das Studium durch die verhältnismäßig einfache Herstellung „schweren Wassers“ (H_2^2O) durch Elektrolyse. Es ist kaum zweifelhaft, daß in nicht zu langer Zeit an H^2 angereichertes oder reines H_2^2O fabrikmäßig hergestellt werden wird. Auf alle Arbeiten über das neue Isotop und die Eigenschaften des „schweren Wasser“ im einzelnen einzugehen, liegt außerhalb des Rahmens dieses Berichtes. Von Bedeutung an dieser Stelle sind: 1) die Herstellung von H^2 , 2) die relative Beteiligung von H^2 im Misch-element und 3) die genauen Atomgewichte von H^1 und H^2 .

1) Die Anreicherung geschieht am zweckmäßigsten durch Elektrolyse von Wasser; sie wurde, im Anschluß an die Beobachtungen von Washburn und Urey²⁾, von Gilbert Lewis zuerst systematisch durchgeführt³⁾. In einem ersten Versuch wurden 9 l Wasser mit Nickel-Elektroden bei 250 Amp. in alkalischer Lösung auf 0.5 ccm eingeengt. Das zurückbleibende Wasser hatte eine Dichte von 1.035, entsprechend einer H^2 -Menge von 31.5 % des Wasserstoff-Gehalts. Bei späteren Versuchen wurden 20 l auf 0.3, schließlich sogar auf 0.12 ccm herunter elektrolysiert. Letztere enthielten vermutlich nicht mehr als 0.01 % H^1 im Gesamt-wasserstoff. Aus der innerhalb der Versuchsfehler gleichen Dichte der beiden Proben (0.3 und 0.12 ccm) schließen Lewis und Macdonald, daß schon die 0.3 ccm reines „schweres Wasser“

¹⁾ G. N. Lewis, Journ. Americ. chem. Soc. **55**, 1297 [1933].

²⁾ vergl. Isotopen-Bericht für 1932, S. 8.

³⁾ G. N. Lewis, I. c.; G. N. Lewis u. R. T. Macdonald, Journ. chem. Physics **1**, 341 [1933].

waren. Seine Dichte wird bei 25° im Mittel zu 1.1056 angegeben. Der Schmelzpunkt ist $+3.8^{\circ}$, der Siedepunkt 101.42° ⁴⁾.

Bisher kann noch nicht entschieden werden, zu welchen Teilen die Unterschiede in dem Verhalten bei der Elektrolyse, die zu der Trennung der Wasserstoff-Isotope führen, auf die Unterschiede in der Ionen-Beweglichkeit, auf die verschiedenen Diffusions-Geschwindigkeiten der beiden Isotope an der Nickel-Oberfläche oder auf eine verschiedene Rekombinations-Geschwindigkeit der Atome zurückzuführen sind.

Eine für die elektrolytische Herstellung des „schweren Wassers“ geeignete Apparatur beschreiben Harkins und Doede⁵⁾.

Außer dieser elektrolytischen Methode wurden auch andere Methoden zur Anreicherung des schweren H-Isotops ausprobiert. Erwähnt sei hier die fraktionierte Destillation von Wasser durch Lewis und Cornish⁶⁾, die fraktionierte Destillation von flüssigem Wasserstoff durch Keesom, van Dijk und Hantjes⁷⁾ und eine fraktionierte Desorption von gasförmigem Wasserstoff an adsorbierender Holzkohle durch Taylor, Gould und Bleakney⁸⁾. In allen Fällen wurden deutliche Konzentrations-Verschiebungen zwischen den Isotopen erzielt; die Methoden sind aber bei weitem nicht so wirksam wie die Elektrolyse.

Dagegen scheint sich die Hertzsche Methode der Isotopen-Trennung in seinem Vielzellen-Diffusionsapparat, der bereits zur quantitativen Trennung der Neon-Isotope verwendet wurde⁹⁾, für die Gewinnung von völlig reinem H_2^2 vorzüglich zu eignen. Ausgehend von einem Wasserstoff, der etwa 1 $^0/_{100}$ H_2^2 enthielt, stellte Hertz innerhalb von 8 Std. 1 ccm H_2^2 von Atmosphären-Druck her, in welchem H^1 spektralanalytisch weder im Massen-, noch im optischen Spektrum mehr nachweisbar war. Der Gehalt an H^1 war wohl sicher unter 1 $^0/_{100}$ ¹⁰⁾.

Für die Gewinnung größerer Mengen von „schwerem Wasserstoff“ dürfte die Lewissche elektrolytische Methode wegen ihrer größeren Einfachheit und den zu erhaltenden größeren Mengen der Hertzschen Methode überlegen sein. Die Gewinnung von H_2^2 größter Reinheit für besondere physikalische Untersuchungen kann dagegen, besonders wenn man von angereichertem Wasserstoff ausgeht, in der Hertzschen Apparatur mit fast unbegrenzter Genauigkeit durchgeführt werden.

2) Was die relative Beteiligung des H_2^2 im gewöhnlichen Wasserstoff anbelangt, so schien diese nach einer ganzen Reihe von Untersuchungen¹¹⁾ etwa 1:30000 oder 40000 zu sein. Mit diesem kleinen Gehalt wäre die Unstimmigkeit zwischen physikalischem und chemischem Atomgewicht des Wasserstoffs nicht aus der Welt geschafft. Birge und Menzel hatten ja zur Beseitigung dieser Unstimmigkeit die Hypothese über die Existenz eines H_2^2 -Isotops ausgesprochen und eine Beteiligung von etwa 1:4500 berechnet¹²⁾.

⁴⁾ G. N. Lewis u. R. T. Macdonald, Journ. Americ. chem. Soc. **55**, 3057 [1933].

⁵⁾ W. D. Harkins u. C. Doede, Journ. Americ. chem. Soc. **55**, 4330 [1933].

⁶⁾ G. N. Lewis u. R. E. Cornish, Journ. Americ. chem. Soc. **55**, 2616 [1933].

⁷⁾ W. H. Keesom, H. van Dijk u. Hantjes, Koningl. Akad. Wetensch. Amsterdam Proceed. **36**, 248 [1933].

⁸⁾ H. S. Taylor, A. J. Gould u. W. Bleakney, Physical Rev. **43**, 496 [1933].

⁹⁾ vergl. Isotopen-Bericht für 1932, S. 2; G. Hertz, Naturwiss. **20**, 493 [1932]; Ztschr. Physik **79**, 108 [1932]. ¹⁰⁾ G. Hertz, Naturwiss. **21**, 884 [1933].

¹¹⁾ Isotopen-Bericht für 1932, S. 7. ¹²⁾ Isotopen-Bericht für 1932, S. 6.

Der Wert 1:30000 wurde auch in einer neueren Diskussion von Urey¹³⁾ über diesen Gegenstand aufrecht erhalten.

Lewis und Macdonald schließen dagegen auf einen Gehalt von 1:6500 im städtischen Leitungswasser von Berkeley¹⁴⁾, und Bleakney und Gould finden in einer kürzlich abgeschlossenen Untersuchung von Wasserstoff aus Regenwasser sogar 1:5000 \pm 10%¹⁵⁾.

Der Grund für die gegenüber den ersten Bestimmungen Bleakneys höhere Beteiligung des H² liegt nach den Verfassern an dem Umstände, daß sie diesmal ihren Wasserstoff durch Zersetzung von Wasserdampf an erhitzen Eisen herstellten, während Bleakney früher elektrolytisch abgeschiedenen Wasserstoff verwendet hat¹⁶⁾.

Vielleicht liegt in der Tat der Grund für die großen Schwankungen nicht an den Beobachtungen, sondern an dem zur Untersuchung verwendeten Wasserstoff. Nachdem festgestellt ist, daß durch Elektrolyse eine weitgehende Trennung der Isotope statthaben kann, muß man vorsichtig sein in der Bewertung des Ausgangsmaterials. Die ersten Anteile eines elektrolytisch gewonnenen Wasserstoffs sind bestimmt leichter als der Durchschnitt. Es wäre lehrreich, die üblichen Atomgewichts-Bestimmungen von Wasserstoff zu wiederholen, das eine Mal aber die ersten Anteile eines elektrolytisch gewonnenen Wasserstoffs, das andere Mal einen durch chemische Zersetzung von Wasserdampf gewonnenen normalen Wasserstoff zu verwenden. Das chemische Atomgewicht des letzteren wäre wahrscheinlich höher als das des elektrolytisch bereiteten.

Auf alle Fälle ist jetzt zu erwarten, daß die bisherigen Unstimmigkeiten zwischen physikalischem und chemischem Atomgewicht des Wasserstoffs bald völlig verschwinden; unter Einsetzen des neuesten Bleakney-Gouldschen Wertes 1:5000 stimmen die „praktischen Atomgewichte“ aus den physikalischen und den chemischen Methoden überein.

3) Genaue Atomgewichts-Bestimmungen, sowohl von H¹ als von H² hat Bainbridge massen-spektroskopisch durchgeführt. Die Bestimmung von H¹ geschah durch Vergleich des einfach geladenen H₂-Molekül-Ions mit dem zweifach geladenen Helium-Ion¹⁷⁾. Die dabei erhaltenen Massen-Spekrogramme ergeben Dubletts entsprechend der Atomgewichts-Differenz von H₁¹—He₂¹. Bezogen auf O¹⁶ = 16 ist diese Differenz 0.01447 Atomgewichts-Einheiten. Den Linien-Abstand für diese kleine Differenz glaubt Bainbridge auf ungefähr 1:2000 genau messen zu können. Man erkennt hieraus die außerordentliche Genauigkeit der massen-spektroskopischen Methode. Unter Einsetzen des Astonschen Helium-Atomgewichts 4.00216 findet Bainbridge für H¹ den Wert 1.00775 \pm 0.000035 in vorzüglicher Übereinstimmung mit Astons Wert 1.00778, bezogen auf O¹⁶ = 16.

In ähnlicher Weise führte Bainbridge eine genaue Massen-Bestimmung des schweren Wasserstoff-Isotops aus und findet dafür 2.01363 \pm 0.00008¹⁸⁾

¹³⁾ H. C. Urey, Rev. Scient. Instruments **4**, 423 [1933].

¹⁴⁾ G. N. Lewis u. R. T. Macdonald, Journ. chem. Physics **1**, 1. c.

¹⁵⁾ W. Bleakney u. A. J. Gould, Physical Rev. **44**, 265 [1933].

¹⁶⁾ Isotopen-Bericht für 1932, S. 7.

¹⁷⁾ K. T. Bainbridge, Physical Rev. **43**, 103 [1933].

¹⁸⁾ K. T. Bainbridge, Physical Rev. **44**, 57 [1933].

in nunmehr voller Übereinstimmung mit dem Wert aus dem Ultrarot-Spektrum von Hardy, Baxter, Dennison 2.01367 ± 0.0001 ¹⁹⁾.

Lithium (Ordnungszahl 3).

Neue Massen-Bestimmungen der Lithium-Isotope Li^6 und Li^7 durch Bainbridge²⁰⁾ führten zu etwas höheren Werten, als sie aus Costas Messungen bisher angenommen wurden²¹⁾. Bezogen auf O^{16} , findet Bainbridge für Li^6 den Wert 6.0145 ± 0.0003 , für Li^7 7.0146 ± 0.0006 . Das Massen-Verhältnis der beiden Isotope ergibt sich daraus zu 1.16628 in sehr guter Übereinstimmung mit dem von Costa gefundenen Verhältnis 1.1663 ± 0.00051 . Etwas weniger gut stimmt damit das aus banden-spektroskopischen Daten von Mac Kellar²²⁾ ermittelte Verhältnis der beiden Isotope von 1.16750 und der auf dem gleichen Wege von Jenkins und Mac Kellar²³⁾ erhaltene neuere Wert 1.1690 . Unter Verwendung der Bainbridgeschen Werte für die genauen Massen und der relativen Beteiligungen $\text{Li}^6: \text{Li}^7 = 8.3: 91.7$ findet man für das chemische Atomgewicht des Misch-elements den Wert 6.930 , gegenüber dem Wert der Tabelle 6.940 .

Beryllium (Ordnungszahl 4).

Das massen-spektroskopisch ermittelte Atomgewicht von Be^9 ergab sich zu 9.0155 ± 0.0006 , verglichen mit $\text{O}^{16} = 16$ ²⁴⁾. Als Packungs-Anteil folgt hieraus der Wert $+17.2 \times 10^{-4}$, der gut auf der Astonschen Kurve für die Packungs-Anteile der verschiedenen Atomarten liegt. Nimmt man die Existenz eines Be^8 im Verhältnis $1:2000$ als gesichert an²⁵⁾, dann erhält man für das chemische Atomgewicht des Berylliums den Wert 9.0130 ± 0.0007 gegenüber 9.02 der internationalen Tabelle. Ohne Be^8 ergäbe die Berechnung den etwas höheren Wert 9.0135 .

Bor (Ordnungszahl 5).

Eine neue Bestimmung des Verhältnisses der Bor-Isotope $\text{B}^{10}: \text{B}^{11}$ ²⁶⁾ von Ornstein und Vreeswijk²⁷⁾ führte zu dem Wert $1:4.43$, was einer prozentischen Verteilung $18.4:81.6$ entspricht. In dem von den Verfassern daraus berechneten Atomgewicht 10.816 , wurde der Packungs-Anteil der Bor-Isotope nicht berücksichtigt. Tut man dies, dann ergibt sich das chemische Atomgewicht zu 10.825 in voller Übereinstimmung mit dem Wert der Tabelle.

Kohlenstoff (Ordnungszahl 6).

Die Beteiligung des Kohlenstoff-Isotops C^{13} im Misch-element wurde bisher auf etwa 0.25% geschätzt. Sowohl bei massen-spektroskopischen, als bei banden-spektroskopischen Messungen wird jetzt eine stärkere Beteiligung des C^{13} im Misch-element angegeben. Jenkins und Ornstein²⁸⁾

¹⁹⁾ vergl. Isotopen-Bericht für 1932, S. 8.

²⁰⁾ K. T. Bainbridge, Physical Rev. **44**, 56 [1933].

²¹⁾ vergl. Isotopen-Bericht für 1932, S. 10.

²²⁾ Andrew Mac Kellar, Physical Rev. **43**, 215 [1933].

²³⁾ F. A. Jenkins u. A. Mac Kellar, Physical Rev. **44**, 325 [1933].

²⁴⁾ K. T. Bainbridge, Physical Rev. **43**, 367 [1933].

²⁵⁾ vergl. Isotopen-Bericht für 1931, S. 7 u. Isotopen-Bericht für 1932, S. 8.

²⁶⁾ vergl. Isotopen-Bericht für 1931, S. 2 und S. 7; Isotopen-Bericht für 1932, S. 8.

²⁷⁾ L. S. Ornstein u. J. A. Vreeswijk, Ztschr. Physik **80**, 57 [1933].

²⁸⁾ F. A. Jenkins u. L. S. Ornstein, Koningkl. Akad. Wetensch. Amsterdam Proceed. **35**, 1212 [1933]; C. **1933**, I 3269.

finden dafür eine Beteiligung von $1:106$; Tate, Smith und Vaughan²⁹⁾ geben 1% an. Falls sich diese gut miteinander übereinstimmenden Befunde bestätigen, dann muß das chemische Atomgewicht des Kohlenstoffs höher sein, als bisher angenommen.

Die „chemischen“ Atomgewichts-Bestimmungen der letzten Jahre ließen auch schon den Schluß zu, daß der Wert 12.000 zu niedrig sei. Man glaubte jedoch nur an eine Unsicherheit in der dritten Dezimale, so daß die Deutsche Atomgewichts-Kommission vor 3 Jahren den Wert auf 12.00 abrundete³⁰⁾. Nunmehr liegt eine ausführliche, neue „chemische“ Atomgewichts-Bestimmung des Kohlenstoffs durch Woodhead und Whytlaw-Gray³¹⁾ vor. Diese Verfasser bestimmten das praktische Atomgewicht durch Vergleich der Dichten von CO und O_2 und finden dafür den Wert 12.011 , anstatt des bisherigen Wertes 12.00 . Berechnet man andererseits das praktische Atomgewicht des Kohlenstoffs aus der zu 1% bestimmten Beteiligung des C^{18} und dem von Aston geschätzten Packungs-Anteil von $+3 \cdot 10^{-4}$, dann ergibt sich ein Wert von 12.011 . Die Übereinstimmung mit dem neuen experimentellen Wert wäre also vollständig.

Sauerstoff (Ordnungszahl 8).

Als Verhältnis von $\text{O}^{18}:\text{O}^{16}$ wurde von Kallmann und Lasareff³²⁾ der Mecke-Childsche Faktor $1:630$ bestätigt, was der Zuverlässigkeit der Umrechnung der „physikalischen“ auf die praktischen „chemischen“ Atomgewichte eine neue Stütze gibt.

Fluor (Ordnungszahl 9).

Bainbridge³³⁾ weist darauf hin, daß das Einzel-atomgewicht des Fluors, bezogen auf $\text{O}^{16} = 16$, etwas höher sein sollte als der bisher angenommene Astonsche Wert 19.0000 . Dieser Schluß ergibt sich einerseits aus Berechnungen der Energie-Bilanz bei der Bildung von Ne^{22} aus $\text{F}^{19} + \text{He}^4$, wobei ein Proton emittiert wird, andererseits aus früheren Atomgewichts-Bestimmungen von Moles und Batuecas³⁴⁾. Für den ersten Fall berechnet Bainbridge einen Minimalwert von 19.0022 , im letzteren Fall ergibt die Umrechnung des Molesschen Wertes 18.999_2 auf $\text{O}^{16} = 16$ den Wert 19.0034 ± 0.005 . Hierzu sei bemerkt, daß sowohl Moles und Batuecas, als auch die kritische Bewertung durch die frühere Deutsche³⁵⁾ und jetzt durch die Internationale Atomgewichts-Kommission³⁶⁾ nur die zweite Dezimale des Atomgewichts von Fluor als gesichert ansehen. Eine Heranziehung der chemischen Bestimmungen zur Sicherung der dritten und vierten Dezimale des Einzel-atomgewichts von Fluor geht daher wohl über die Grenze der Genauigkeit.

²⁹⁾ J. T. Tate, P. T. Smith, L. Vaughan, Physical Rev. **43**, 1054 [1933].

³⁰⁾ 10. Bericht d. Deutschen Atomgewichts-Kommission, B. **63**, 6 [1930]; International. Bericht B. **65**, 35 [1932].

³¹⁾ M. Woodhead u. R. Whytlaw-Gray, Journ. chem. Soc. London **1933**, 846.

³²⁾ H. Kallmann u. W. Lasareff, Ztschr. Physik **80**, 237 [1933].

³³⁾ K. T. Bainbridge, Physical Rev. **43**, 424 [1933].

³⁴⁾ E. Moles u. T. Batuecas, Journ. Chim. Phys. **18**, 353 [1920].

³⁵⁾ B. **55** (A), XXIV [1922]; vergl. auch daselbst S. LXXXII.

³⁶⁾ B. **65** (A), 34; vergl. auch daselbst S. 36.

Neon (Ordnungszahl 10).

Über die Massen von Ne^{20} und Ne^{22} liegen sehr exakte massen-spektroskopische Ergebnisse von Bainbridge³⁷⁾ vor. Für Ne^{20} findet Bainbridge den Wert 19.9967 ± 0.0009 , für $\text{Ne}^{22} 21.9947 \pm 0.0009$, beide bezogen auf $\text{O}^{16} = 16$. Die Neon-Isotope haben also einen geringen negativen Packungs-Anteil; er beträgt für $\text{Ne}^{20} -1.6 \times 10^{-4}$, für $\text{Ne}^{22} -2.4 \times 10^{-4}$. Die früheren Astonischen Angaben für die Neon-Isotope lagen etwas höher (Aston fand einen ganz geringen positiven Packungs-Anteil). Bainbridge versucht, die etwas zu hohen Astonischen Werte auf Grund seiner experimentellen Bedingungen zu erklären. Auch die Ergebnisse über den künstlichen Aufbau von Ne^{22} aus F^{19} durch Einfangen eines Helium-Kerns und Emission eines Protons sprechen aus energetischen Gründen für die von Bainbridge gefundenen niedrigeren Werte.

Eine Anzahl von Experimental-untersuchungen bezieht sich auf die relative Beteiligung $\text{Ne}^{20}:\text{Ne}^{22}:\text{Ne}^{21}$. In der vorjährigen Tabelle sind hierfür die vorläufigen Werte 88:10:2 angegeben. Die neuen Bestimmungen stammen von Kallmann und Lasareff³⁸⁾, sowie von Bleakney³⁹⁾. Erstere Autoren finden die relative Beteiligung $\text{Ne}^{20}:\text{Ne}^{22}:\text{Ne}^{21} = 89.7:9.33:0.96$. Bleakney findet noch weniger Ne^{21} und auch etwas weniger Ne^{22} , nämlich als Mittel aus zwei Versuchsreihen die relativen Werte 91.75:7.98:0.27. Lukanow und Schütze schätzen das Ne^{21} auf 1 %, sie beanspruchen aber keine große Genauigkeit⁴⁰⁾. Die Beteiligung von Ne^{21} war also bisher überschätzt worden. Da aber die neuen Zahlen für die Beteiligung noch keine gute Übereinstimmung geben, wäre es wohl verfrüht, aus diesen Angaben das praktische Atomgewicht des Misch-elements zu berechnen.

Die Frage über die Existenz eines weiteren Neon-Isotops Ne^{23} ist im negativen Sinne zu beantworten. Weder Bleakney⁴¹⁾, noch Bainbridge⁴²⁾ konnten eine Andeutung dafür finden. Eine von Kallmann und Lasareff⁴³⁾ beim Neon beobachtete Linie mit der Masse 23 im Verhältnis 1:2000 ist zwar vorhanden, röhrt aber nicht von einem neuen Isotop her, sondern entspricht einem Neonhydrid Ne^{22}H ⁴⁴⁾.

Chlor (Ordnungszahl 17).

Über die Existenz des dritten Chlor-Isotops Cl^{39} herrscht noch immer keine Übereinstimmung⁴⁵⁾. Falls es vorhanden ist, kann es nur in äußerst geringer Konzentration vorkommen. Ashley und Jenkins⁴⁶⁾ schließen es bis zu einer Beteiligung von 1:4400 (verglichen mit Cl^{35}) aus, Kallmann und Lasareff⁴⁷⁾ glauben an ein Vorkommen 1:6000. Bei der prinzipiellen Bedeutung, die einem dritten Isotop eines Elements mit ungerader Ordnungszahl zukäme, wäre eine Klärung dieser Frage sehr erwünscht.

³⁷⁾ K. T. Bainbridge, Physical Rev. **43**, 424 [1933].

³⁸⁾ H. Kallmann u. W. Lasareff, l. c.

³⁹⁾ W. Bleakney, Physical Rev. **43**, 1056 [1933].

⁴⁰⁾ H. Lukanow u. W. Schütze, Ztschr. Physik **82**, 610 [1933].

⁴¹⁾ W. Bleakney, Physical Rev. **43**, 1056 [1933].

⁴²⁾ K. T. Bainbridge, Physical Rev. **43**, 1060 [1933].

⁴³⁾ H. Kallmann u. W. Lasareff, l. c.

⁴⁴⁾ Nach einer freundlichen Privatmitteilung von Hrn. G. Hertz.

⁴⁵⁾ vergl. Isotopen-Bericht für 1932, S. 9.

⁴⁶⁾ M. F. Ashley u. F. A. Jenkins, Physical Rev. **42**, 438 [1932].

⁴⁷⁾ H. Kallmann u. W. Lasareff, l. c.

Gallium (Ordnungszahl 31).

Aus einer Untersuchung über die Hyperfeinstruktur der Gallium-Isotope 69 und 71 schließt Campbell⁴⁸⁾ auf eine Beteiligung $\text{Ga}^{69}:\text{Ga}^{71} = 1.5:1$. Bisher war dieses Verhältnis zu 2:1 geschätzt worden.

Germanium (Ordnungszahl 32).

Von den beim Germanium bisher angenommenen 8 Isotopen sind nach Bainbridge⁴⁹⁾ die drei sehr schwachen Komponenten Ge^{71} , Ge^{75} und Ge^{77} nicht den reinen Atomarten, sondern Hydriden der starken Komponenten Ge^{70} , Ge^{74} und Ge^{76} zuzuschreiben. Das daraus berechnete Atomgewicht ändert sich dadurch nicht wesentlich. Der Fall liegt hier also ähnlich wie beim Zink, wo die massen-spektroskopisch beobachteten Massenteilchen 65 und 69 ebenfalls keine reine Atomarten, sondern Hydride vorstellen⁵⁰⁾.

Rubidium (Ordnungszahl 37).

Beim Rubidium ist vom vorigen Jahre nachzutragen, daß die früher wie 3:1 geschätzte Intensität der Isotopen 85 und 87 von Aston nach seinen genaueren neuen Methoden bestätigt worden ist⁵¹⁾. Die relative Beteiligung im Misch-element ist also 75 % Rb^{85} und 25 % Rb^{87} . Bei dem von Aston zu -8.2×10^{-4} geschätzten Packungs-Anteil berechnet sich das chemische Atomgewicht des Rubidiums zu 85.41; der internationale chemische Wert ist 85.44.

Cadmium (Ordnungszahl 48).

Zu den bisherigen 6 Isotopen, die zwischen 110 und 116 liegen, scheinen zwei weitere Isotope hinzukommen. Swensson⁵²⁾ findet in verschiedenen Banden des Cadmiumhydrids zwei bisher nicht beobachtete schwache Komponenten, die er den Isotopen Cd^{118} und Cd^{108} zuschreibt.

Quecksilber (Ordnungszahl 80).

Durch Verwendung besonders empfindlicher Schumann-Platten konnte Aston⁵³⁾ im Quecksilber Spuren zweier neuer Isotope nachweisen. Sie haben die Masse 197 und 203. 197 ist bestimmt ein neues Isotop, und auch 203 röhrt wohl nicht von einem Hydrid des starken Hg^{202} her. Ihre relative Beteiligung wird auf 0.01 % und 0.006 % geschätzt. Für das mittlere Atomgewicht machen die neuen Isotope nichts aus.

Zum Schluß dieses Berichts noch ein Wort über die Isotopen-Untersuchungen nach der „magneto-optischen“ Methode⁵⁴⁾ von Allison und seiner Schule. Im Berichtsjahre wurden 13 verschiedene Elemente nach der Allison-Methode untersucht und bei diesen überall neue Isotope gefunden. So soll z. B. das Caesium 6, das Blei 16, das Uran und Thor je 8 Isotope enthalten.

An einer Reihe amerikanischer Hochschulen wird jetzt über diesen, in seinen theoretischen Grundlagen noch nicht fundierten Effekt⁵⁵⁾ gearbeitet, und es ist zu hoffen, daß die sehr widersprechenden Meinungen über die

⁴⁸⁾ J. S. Campbell, Nature **131**, 204 [1933].

⁴⁹⁾ K. T. Bainbridge, Physical Rev. **43**, 1056 [1933].

⁵⁰⁾ Isotopen-Bericht für 1932, S. 2.

⁵¹⁾ F. W. Aston, Proceed. Roy. Soc. **134**, 571 [1932].

⁵²⁾ E. Swensson, Nature **131**, 28 [1933].

⁵³⁾ F. W. Aston, Nature **130**, 847 [1932]. ⁵⁴⁾ Isotopen-Bericht für 1932, S. 6.

⁵⁵⁾ J. S. Webb u. D. R. Morey, Physical Rev. **44**, 589 [1933].

Zuverlässigkeit der Allison-Methode für den Nachweis neuer Isotopen einer Klärung entgegengehen. So lange diese Klärung noch nicht erreicht ist, muß man die Ergebnisse mit großer Zurückhaltung aufnehmen. Es wird deshalb hier auf eine Einzelwiedergabe der im Berichtsjahre erschienenen Arbeiten verzichtet. Sie finden sich alle im Physical Review und im Journal American chemical Society.

Von einer Wiedergabe der gesamten Isotopen-Tabelle wird diesmal abgesehen. Viele bemerkenswerte Unterschiede gegenüber dem Vorjahr liegen ja nicht vor. Als sichergestellte Änderungen dürfte man wohl folgende anführen:

Nachtrag zu der Isotopen- und Atomgewichts-Tabelle 1932.

Ordn. Zahl	Element	Häufig- keit in %	Atom- art	Packungs- Anteil $\times 10^4$	Einzel- atom gewicht	Chem. Atomgewicht für O = 16 nach den Ergebnissen d. Isotopen- Forschung	Wert der inter- nationalen Tabelle
1	Wasserstoff	99.98	H ¹	+77.75 ± 0.35	1.007775	1.00776	1.0078
	"	0.02	H ²	+68.2 ± 0.2	2.01363		
3	Lithium	8.3	Li ⁶	+24.0 ± 0.5	6.0145	6.930	6.940
	"	91.7	Li ⁷	+21.0 ± 0.9	7.0146		
4	Beryllium	(ca. 0.05)	(Be ⁸)			9.02	
	"	99.95	Be ⁹	+17.2 ± 0.7	9.0155		
6	Kohlenstoff	99.0	C ¹²	3.0 ± 1	12.0036	12.011	12.00
	"	1	C ¹³				
10	Neon	—	Ne ²⁰	—1.6 ± 0.5	19.9967	—	—
	"	—	Ne ²¹	—	—	—	20.183
	"	—	Ne ²²	—2.4 ± 0.5	21.9947	—	—
32	Germanium	21.2	Ge ⁷⁰		—	—	—
	"	27.3	Ge ⁷²	geschätzt	—	—	—
	"	7.9	Ge ⁷³	zu	—	72.57	72.60
	"	37.1	Ge ⁷⁴	—9.7	—	—	—
	"	6.5	Ge ⁷⁶	—	—	—	—
37	Rubidium	75.0	Rb ⁸⁵	geschätzt	—	85.41	85.44
	"	25.0	Rb ⁸⁷	zu —8.2	—		
48	Cadmium	gering	Cd ¹⁰⁸	—	—	—	—
	"	c	Cd ¹¹⁰	—	—	—	—
	"	e	Cd ¹¹¹	—	—	—	—
	"	b	Cd ¹¹²	—	—	—	—
	"	d	Cd ¹¹³	—	—	—	—
	"	a	Cd ¹¹⁴	—	—	—	—
	"	f	Cd ¹¹⁶	—	—	—	—
	"	gering	Cd ¹¹⁸	—	—	—	—
80	Quecksilber	0.10	Hg ¹⁹⁶	—	—	—	—
	"	ca. 0.01	Hg ¹⁹⁷	—	—	—	—
	"	3.89	Hg ¹⁹⁸	—	—	—	—
	"	16.45	Hg ¹⁹⁹	—	—	—	—
	"	23.77	Hg ²⁰⁰	+0.8 ± 2	200.016	200.60	200.61
	"	13.67	Hg ²⁰¹	—	—		
	"	29.27	Hg ²⁰²	—	—	—	—
	"	ca. 0.006	Hg ²⁰³	—	—	—	—
	"	6.85	Hg ²⁰⁴	—	—	—	—