

Brèves communications - Kurze Mitteilungen Brevi comunicazioni - Brief Reports

Les auteurs sont seuls responsables des opinions exprimées dans ces communications. – Für die kurzen Mitteilungen ist ausschließlich der Autor verantwortlich. – Per le brevi comunicazioni è responsabile solo l'autore. – The editors do not hold themselves responsible for the opinions expressed by their correspondents.

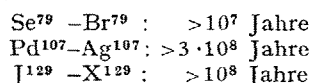
Zur Frage nach dem Alter der Elemente

In einer gleichzeitig in dieser Zeitschrift (Seite 266) erscheinenden Arbeit¹ ist ein Bild von der Systematik der kosmischen Häufigkeiten vermittelt worden. Im folgenden soll diskutiert werden, inwiefern durch dieses Bild neue Aussagen über das Alter der Elemente ermöglicht werden.

Ein direkter experimenteller Nachweis für das gleiche Alter von irdischer und meteoritischer Materie konnte durch Vergleich der Bruttoreadioaktivität von Kalium², und durch Messung des Verhältnisses Protaktinium zu Radon³ in Proben terrestrischen und meteoritischen Ursprungs erbracht werden. Es wird allgemein angenommen, daß dieses Alter zwischen 3 und $6 \cdot 10^9$ Jahren liegt⁴. Auf welchen Wegen diese Grenzen weiter eingengt und eine präzisere Aussage gewonnen werden könnte, sei hier kurz angedeutet.

Eine untere Grenze für das Alter der Elemente ist durch das Alter der Erde gegeben; dieses beträgt nach den neuesten Angaben von HOLMES $3,35 \cdot 10^9$ Jahre⁵. Diese Zahl gibt die Zeit an, vor der erstmalig lokale Unterschiede im Mischungsverhältnis Blei zu Uran aufgetreten sind und somit die Zeit der Kondensation der Erdmaterie aus einer chemisch homogenen Gasmasse. Daß der Zeitpunkt der Elemententstehung merklich früher liegen muß, soll durch die folgende Überlegung gezeigt werden:

Einige instabile Kerne, die bei der Uranspaltung auftreten, besitzen eine extrem lange Halbwertszeit. Für die folgenden Umwandlungen werden die Halbwertszeiten angegeben⁶:



In allen diesen Fällen wird, da hier ein neutronen-reicheres Isobar durch β -Umwandlung in ein neutronen-ärmeres übergeht, nach der auf Seite 268 angegebenen Regel ursprünglich das instabile Isobar in größerer Konzentration vorhanden gewesen sein als das stabile. Wären zum Zeitpunkt des Einsetzens geochemischer Separationsvorgänge radioaktives Se oder Pd noch in vergleichbaren Mengen vorhanden gewesen, dann würde das an einer Verarmung der Elemente Br bzw. Ag an den betreffenden Isotopen zu erkennen sein. Dies ist jedoch keineswegs der Fall (vgl. Abbildung) und man muß hieraus schließen, daß bereits einige Halbwertszeiten

des Se^{79} und Pd^{107} vergangen waren, ehe die Kondensation der Erdmaterie eingesetzt hatte. Wenn die angegebene untere Grenze für die Halbwertszeit des Pd^{107} richtig ist und die Angabe für das Alter der Erde zutrifft, dann ergibt sich hieraus eine untere Grenze für das Alter der Elemente von $4 \cdot 10^9$ Jahren. Ein noch höherer Wert hierfür, und zwar von rund $5 \cdot 10^9$ Jahren wäre bei einer Halbwertszeit des J^{129} von mehr als 10^8 Jahren anzunehmen. Hier bietet nämlich die isotopische Zusammensetzung des Xenons einen äußerst empfindlichen Indikator für das Vorhandensein von J^{129} im Zeitraum seit der Bildung der Erdatmosphäre, da sich eine Nachlieferung von X^{129} aus Jod wegen der extremen Seltenheit der Edelgase auf der Erde, ähnlich wie im Falle $\text{K}^{40} - \text{Ar}^{40}$, durch eine abnorme Häufigkeit des X^{129} bemerkbar machen müßte. Die Systematik der Kernhäufigkeiten läßt jedoch keine sicheren Anzeichen hierfür erkennen¹. Leider erscheint die Angabe über die Halbwertszeit des X^{129} doch noch zu unsicher², um eine endgültige Aussage in bezug auf die Zeit der Elemententstehung machen und den angenommenen unteren Grenzwert von $4 \cdot 10^9$ Jahren weiter erhöhen zu können.

Die angegebene obere Grenze von $6 \cdot 10^9$ Jahren für das Alter der Elemente ist durch eine einfache Häufigkeitsbetrachtung gewonnen. Der Wert ergibt sich aus der bekannten Halbwertszeit von U^{235} ($0,713 \cdot 10^9$ Jahre), aus dem von GOLDSCHMIDT angegebenen Häufigkeitsverhältnis in Meteoriten ($[\text{Pb}]:[\text{Th}]:[\text{U}] = 40:2,6:1$), aus der gegenwärtigen isotopischen Zusammensetzung dieser Elemente sowie der durchaus plausiblen Annahmen der folgenden Mengenverhältnisse zur Zeit der Elemententstehung³:

$$[\text{U}^{235}]/[\text{U}^{238}]^* < 1 \text{ und } [\text{U}^{235}]/[\text{Pb}^{207}]^* < 1.$$

Auch hier gelingt es, durch Anwendung der Häufigkeitsregeln um einen Schritt weiterzukommen, wenn auch die Unsicherheit der experimentellen Unterlage keine allzu sichere Aussage zuläßt. Und zwar kann zur Abschätzung einer oberen Grenze für die bei der Elemententstehung vorhanden gewesene Menge an U^{235} ein Vergleich mit der heute verklungenen «vierten» Zerfallreihe herangezogen werden, die als Endprodukt das stabile Bi^{209} liefert.

Die gegenwärtig vorhandene Menge $[\text{Pb}^{207}]$ setzt sich zusammen aus einem sofort bei der Entstehung vor-

¹ Hinweise auf Abbildungen usw. beziehen sich auf diese Arbeit.

² H. E. SUESS, Naturwiss. 26, 411 (1938); 27, 702 (1939). – W. C. SCHUMB, R. D. EVANS und W. M. LEADERS, J. Amer. Chem. Soc. 63, 1203 (1941).

³ W. C. SCHUMB, R. D. EVANS und J. L. HASTINGS, J. Amer. Chem. Soc. 61, 3451 (1939).

⁴ Näheres bei A. UNSÖLD, Z. Astrophys. 24, 278 (1948).

⁵ A. HOLMES, Nature 157, 680 (1946); 159, 127 (1947). Vgl. auch F. G. HOUTERMANS, Z. Naturforschung 2a, 322 (1947).

⁶ Plutonium Project, J. Amer. Chem. Soc. 68, 2411 (1946). – S. KATKOFF, Phys. Rev. 71, 826 (1947).

¹ Die bekannte Abnormität in der isotopischen Zusammensetzung des Xenons beruht auf einer abnormen Verteilung der bei den Massenzahlen 128 und 130 vorliegenden Gesamthäufigkeiten auf die beiden stabilen Isobaren: X^{128} und X^{130} erscheint zu selten, Te^{128} und Te^{130} entsprechend zu häufig. Wenn auch eine radiogene Erhöhung von $[\text{X}^{129}]$ bis zu einem Faktor 2 nicht ausgeschlossen erscheint, so sei doch nachdrücklich darauf hingewiesen, daß der Gang der Häufigkeiten der Kerne ungerader Massenzahl in diesem Gebiet keinerlei augenfällige Abnormität aufweist.

² Nach einer freundlichen privaten Mitteilung von S. KATKOFF.

³ Eckige Klammern bezeichnen mittlere kosmische Atomkonzentrationen; Konzentrationen zur Zeit der Elemententstehung sind mit einem Stern bezeichnet.

handen gewesenen Anteil $[Pb^{207}]_1$, einem zweiten Anteil $[Pb^{207}]_2$, der durch α -Zerfall aller Kerne mit der Massenzahl $A = 4n + 3$, $207 < A < 235$ entstanden ist, und einem dritten, dem eigentlichen radiogenen Anteil $[Pb^{207}]_3$, der durch Zerfall von U^{235} geliefert wurde. Somit ist $[U^{235}]^* = [U^{235}] + [Pb^{207}]_3$. In analoger Weise können wir die heute vorhandene Menge $[Bi^{209}]$ aufgeteilt denken in einen unmittelbar entstandenen Anteil $[Bi^{209}]_1$, einen zweiten Anteil $[Bi^{209}]_2$, der sich aus den Kernen der Massenzahlen $A = 4n + 1$, $209 < A < 237$ gebildet hat, und einen dritten $[Bi^{209}]_3$, der aus den Kernen der Massenzahlen $A = 4n + 1$, $A \leq 237$ entstanden ist.

Gemäß der Regel von der «stetigen» Abhängigkeit der Häufigkeiten von der Massenzahl (Seite 267, Regel 3, sowie Abbildung) können wir nun setzen:

$$[Bi^{209}]_3 \approx [Pb^{207}]_3 + [U^{235}] = [U^{235}]^*$$

d. h. die heute insgesamt vorhandene Menge an Wismut ist sicherlich größer als die Menge an U^{235} zur Zeit der Elemententstehung. Diese Aussage, die ebenso zuverlässig erscheint wie die frühere Abschätzung von $[U^{235}]^*$, würde eine wesentlich genauere Angabe einer oberen Grenze für das Alter der Elemente ermöglichen, wenn die kosmische Häufigkeit des Wismuts hinreichend genau bekannt wäre. Nach GOLDSCHMIDT ist in Meteoriten¹

$$[Bi^{209}]:[U^{235}] \approx 50:1,$$

somit wäre $[U^{235}]^*/[U^{235}] < 50$ und das Alter der Elemente kleiner als $4 \cdot 10^9$ Jahre. Die GOLDSCHMIDTSche Angabe über die Wismuthäufigkeit dürfte jedoch recht ungenau sein; ein viermal höherer Wert, der nicht auszuschließen ist, würde für die obere Grenze $5,4 \cdot 10^9$ Jahre ergeben.

Mithin ergeben auch diese neuen Gesichtspunkte für die Abschätzung des Alters der Elemente kaum mehr als eine etwas erhöhte Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der geläufigen Annahme, daß die Elemente vor etwa 4 bis $5 \cdot 10^9$ Jahren gebildet wurden. Durch Ergänzungen der experimentellen Unterlagen würde es jedoch ohne weiteres möglich sein, eine wesentlich präzisere Aussage über diese wichtige Größe zu machen.

H. E. SUSS

Institut für physikalische Chemie der Universität Hamburg, den 4. Oktober 1948.

Summary

The abundance rules would probably allow the lower limit of the age of the elements to be more clearly defined if the half lives of long-lived artificial isotopes, such as X^{129} Pd^{107} or Se^{79} , were known with better accuracy. They would permit the upper limit for the age of the elements to be improved, if the abundance of bismuth were known with better accuracy. From the values of these quantities at present available not much can be said, except that it seems more probable than hitherto assumed, that the age of the elements lies between 4 and $5 \cdot 10^9$ years.

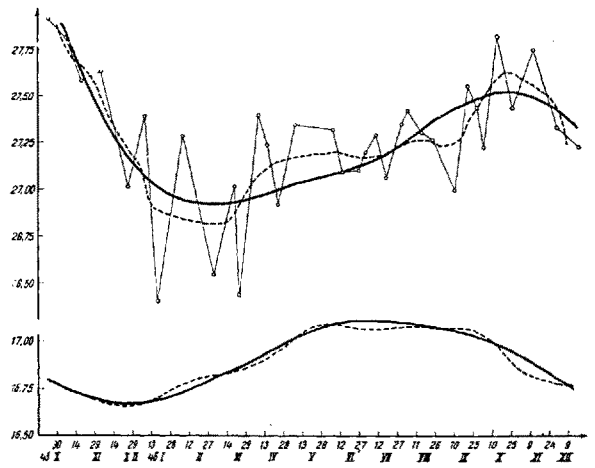
¹ Vgl. auch HARRISON BROWN, Rev. Mod. Phys. (im Erscheinen). Aus den dort angegebenen Häufigkeitswerten erhält man

$$[Bi^{209}]:[U^{235}] \approx 117:1$$

und somit für die obere Grenze des Elementenalters: $\sim 4,9 \cdot 10^9$ Jahre.

Polhöenschwankungen 1945/46 in Basel

In den Jahren 1945/46 wurden nach dem STRUVE-NIETHAMMERSCHEN¹ Verfahren der Sternpaare im ersten Vertikal Polhöenschwankungen an dem Passageninstrument Bamberg 8803 der Basler Sternwarte bestimmt. Zwecks Steigerung der Präzision der Passagenbeobachtungen wurde das selbstregistrierende Mikrometer von REPSOLD mit einer automatischen Nachführung versehen, und zwecks Elimination der Neigung wurde vor dem Umlegen der Instrumentenachse das direkte, nach dem Umlegen aber das vom Stern in einem Quecksilberhorizont reflektierte Bild beobachtet². Die Beobachtungsepoche erstreckte sich über eine volle CHANDLERSche Periode von 1945,81 bis 1946,98 mit 132 Beobachtungsabenden und 508 Sternpaarmessungen (vgl. Abbildung).



Polhöenschwankungskurve 1945,8–1947,0 von Basel (oben) ($\lambda = -0,5$) und Washington (unten) ($\lambda = 5,1$).

Die — Kurve von Basel beruht auf der graphischen Mittelung der 34 Epochenmittel, also auf durchschnittlich 30 NIETHAMMER-STRUVE-Paaren, während die Washingtoner — Kurve aus durchschnittlich 60 HORREBOW-TALCOTT-Paaren (Astron. J. Nr. 1159 [1946]; Nr. 1166 [1947]) abgeleitet ist.

Setzt man für die mittlere Polhöhe von Basel $\varphi_0 = 47^\circ 32' 27'' 00$, so ist die für eine Epoche gültige Polhöhe $\varphi_0 + d\varphi$. Die Korrektur $d\varphi$ sowie die «Biegungskollimation» k_0 erhält man leicht aus der Differentialbeziehung des Kotangensatzes, indem man in dem Dreieck Stern–Zenit–Pol das Azimut a_1 gleich 90° setzt.

$$(A) \quad (da_0 - du \sin \varphi_0) \sin z_1 + (e_1) (e_2) k_0 \cos z_1 - (e_1) \cos z_1 d\varphi = \\ (t - t_1) \sin z_1 \sin \varphi_0 \begin{matrix} e_1 \left\{ \begin{matrix} +1 * W \\ -1 * E \end{matrix} \right. \\ e_2 \left\{ \begin{matrix} +1 * S/N \\ -1 * N/S \end{matrix} \right. \end{matrix} \\ (du \text{ Uhrgang; } da_0 \text{ Instrumentenachsenazimut})$$

Zu einer gesonderten Bestimmung von $d\varphi$ und k_0 für jeden Abend ist also die Beobachtung von mindestens zwei Sternpaaren nötig.

In der folgenden Tabelle sind die Abendmittel der einzelnen Sternpolhöhen zusammengestellt. Die erste

¹ TH. NIETHAMMER, Die genauen Methoden der astronomisch-geographischen Orts- und Zeitbestimmung, S. 29, 106 (Basel 1948).

² TH. NIETHAMMER und J. O. FLECKENSTEIN, Exper. 1, 328 (1945).