

diffusion eine wesentliche Stütze. Das Herausfallen der beiden Meßpunkte Bi Els und Bg Els kann auf Grund von Besonderheiten in der Kristallstruktur dieser Schichten leicht erklärt werden.

Durch diese Überlegungen erhält auch der für das untere Oligozän gefundene Alterswert von  $21 \pm 3$  Millionen Jahren möglicherweise noch eine Korrektur. Nach unseren Abschätzungen kann allerdings dieser

Abb. 1. Abhängigkeit des Argongehaltes von der Kristallgröße.

Es bedeutet:

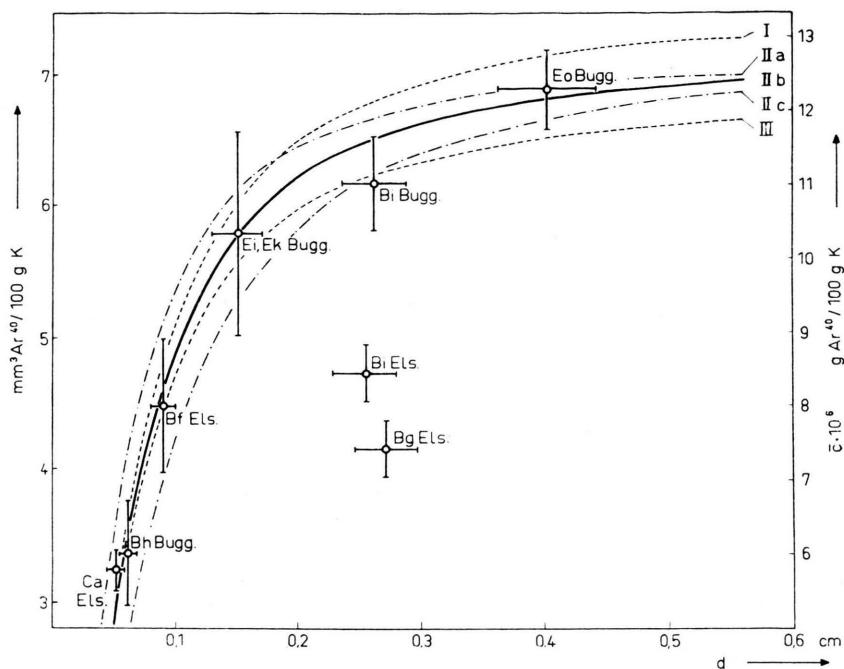
$$\text{I } t = 22 \cdot 10^6 \text{ a}, \\ D = 1,5 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2/\text{sec},$$

$$\text{IIa } t = 21 \cdot 10^6 \text{ a}, \\ D = 1 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2/\text{sec},$$

$$\text{IIb } t = 21 \cdot 10^6 \text{ a}, \\ D = 1,5 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2/\text{sec},$$

$$\text{IIc } t = 21 \cdot 10^6 \text{ a}, \\ D = 2,5 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2/\text{sec}.$$

$$\text{III } t = 20 \cdot 10^6 \text{ a}, \\ D = 1,5 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2/\text{sec}.$$



Der Wert der neuen Methode besteht also darin, daß man gleichzeitig das absolute Alter und die Diffusionskonstante des Argons in KCl-Kristallen findet. Das untersuchte Sylvinlager besitzt heute bei einer Tiefe von rund 800 m eine Temperatur von etwa 40°C. Es erscheint aber nicht erlaubt, dem Argon die gefundene Diffusionskonstante  $D = (1,5 \pm 1) \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2/\text{sec}$  im KCl-Kristall allgemein für diese Temperatur von 40°C zuzuschreiben. Dazu müßte man den zeitlichen Temperaturverlauf dieses Lagers seit dem Tertiär genauer kennen. Man könnte zunächst annehmen, daß die Temperatur allmählich auf den heutigen Wert angestiegen ist, da das Lager durch verschiedene geologische Vorgänge in immer größere Tiefen gelangt ist. Es ist aber nicht die Möglichkeit auszuschließen, daß die geothermische Tiefenstufe in der oberrheinischen Tiefebene infolge vulkanischer Tätigkeit vorübergehend kleiner gewesen ist. Allerdings ist die Temperatur sicherlich nie höher als 80°C gewesen.

Wert selbst bei besonders ungünstigen geologischen Bedingungen höchstens um 25% zu niedrig liegen. So mit würde das absolute Alter des unteren Oligozäns immer noch kleiner anzusetzen sein, als man bisher aus der Extrapolation von Altersbestimmungen an einer lamariden Pechblende, die dem Paleozän zuzuordnen ist, geschätzt hat.

Mit dieser Methode ist es zum erstenmal möglich, die Diffusion von Gasen bei Altersbestimmungen quantitativ zu erfassen. Bei der Helium-Methode spielt die Diffusion sicherlich eine stärkere Rolle, da die Diffusionskonstante sehr wahrscheinlich größer ist. Es ist daher vorgesehen, ähnliche Untersuchungen für die Helium-Methode durchzuführen.

Eine ausführlichere Darstellung dieser Ergebnisse erscheint in der „Geochimica et Cosmochimica Acta“. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat diese Untersuchungen durch eine Sachbeihilfe unterstützt.

### 188Re<sup>m</sup>, ein neues Kern-Isomer von $T = 18,7$ min Halbwertszeit

· Von A. Flammersfeld

Aus dem Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz  
(Z. Naturforschg. 8a, 217–218 [1953]; eingeg. am 11. Februar 1953)

Bei der Bestrahlung von Rhenium mit Neutronen tritt außer den bisher durch Neutronen erzeugten Aktivitäten noch eine neue von  $T = 18,7 \pm 0,3$  min Halb-

wertszeit auf, die wegen ihrer sehr weichen Strahlung schwierig nachzuweisen ist. Verwendung fand chemisch reines Rhenium-Metall der Firma Siebert, Hanau, das in Schichtdicken von 1 bis 5 mg/cm<sup>2</sup> angewendet wurde. Die Bestrahlungs- und Meßanordnungen waren dieselben wie bereits früher angegeben<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> A. Flammersfeld, Z. Naturforschg. 5a, 687 [1950].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

Die Erzeugung der neuen Aktivität ist sowohl mit schnellen wie mit verlangsamten Be + D-Neutronen möglich. Im letzteren Falle ist die Intensität um etwa den Faktor 30 größer, so daß Entstehung durch (n,  $\gamma$ )-Prozeß sichergestellt ist. Der Wirkungsquerschnitt für thermische Neutronen ließ sich aus dem Vergleich mit der gleichzeitig entstehenden 16,7-Stdn.-Aktivität des  $^{188}\text{Re}$  zu  $\sigma = 1,0 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$  für natürliches Isotopengemisch ermitteln. Mit unverlangsamten Li + D-Neutronen ist die neue Aktivität auch erhältlich; da die Intensität aber in diesem Falle ähnlich wie die des  $^{188}\text{Re}$  ( $T = 16,7 \text{ h}$ ) wesentlich geringer ist als mit unverlangsamten Be + D-Neutronen, kann angenommen werden, daß kein (n, 2n)-Prozeß vorliegt und die Zuordnung zu  $^{188}\text{Re}$  vorzunehmen ist.  $^{186}\text{Re}$  ( $T = 3,87 \text{ d}$ ), das durch (n, 2n)-Prozeß aus dem stabilen  $^{187}\text{Re}$  entstehen kann, zeigt entgegengesetztes Verhalten.

Die Möglichkeit der Zurückführung auf eine Verunreinigung kann auch ohne chemische Abtrennungen ausgeschlossen werden, da kein Element bekannt ist, das bei sehr großem Wirkungsquerschnitt für langsame Neutronen eine ähnliche Halbwertszeit ergibt und außerdem die extrem weiche Strahlung zeigt.

Die vom 18,7-min-Körper ausgesandte Strahlung ist sehr leicht absorbierbar; die Absorptionskurve zeigt eine Hauptkomponente mit etwa  $3,5 \mu$  Aluminium Halbwertsdicke und  $4,6 \text{ mg/cm}^2$  Aluminium Reichweite und eine schwächere Komponente mit einer Halbwertsdicke von etwa  $60 \mu$  Aluminium. Die ersten dürften Elektronen von der Energie etwa 0,060 MeV sein, während die letztere vielleicht als L-Strahlung des Rheniums aufgefaßt werden kann.

Auch  $\gamma$ -Strahlung ist vorhanden. Zu ihrem Nachweis wurden 1 g Rhenium-Metall mit langsamen Neutronen bestrahlt und im  $100 \mu$ -Messingzählrohr hinter 4 mm Aluminium gemessen, wobei sich die 18,7-min-Komponente relativ zu den anderen Aktivitäten sogar be-

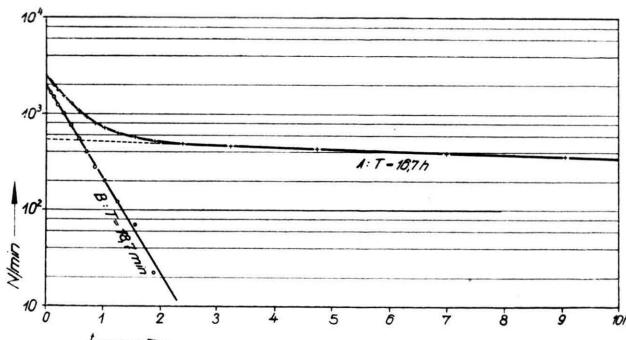


Abb. 1. 1 g Rhenium 5 min mit langsamen Neutronen bestrahlt und hinter 4 mm Al gemessen. Kurve A:  $^{188}\text{Re}$  mit  $T = 16,7 \text{ h}$ ; Kurve B: nach Abzug der langen Komponente  $^{188}\text{Re}^m$  mit  $T = 18,7 \text{ min}$ .

<sup>2</sup> Ausführlich veröffentlicht in W. Herr: Z. Naturforschg. **7a**, 819 [1952]; Z. Elektrochem. **56**, 911 [1952].

<sup>3</sup> M. Goldhaber u. W. Sunyar, Physic. Rev. **83**, 906 [1951].

sonders deutlich zeigt (Abb. 1). Aus Absorptionsversuchen in Messing und Blei ergab sich die  $\gamma$ -Energie zu  $E_\gamma = 0,060 \text{ MeV}$ .

Aus der geringen Energie der ausgesandten Strahlung muß wieder geschlossen werden, daß die neue Aktivität ein Isomer darstellt, das durch Isomerenübergang in einen Grundzustand übergeht. In diesem Stadium der Untersuchungen hat es Herr unternommen, mit Hilfe von Szilard-Chalmers-Prozessen festzustellen, welches der zugehörige Grundzustand ist. Er konnte zeigen<sup>2</sup>, daß erstens der 18,7-min-Körper chemisch Re ist und zweitens in das  $^{188}\text{Re}$  ( $T = 16,7 \text{ h}$ ) übergeht und also den angeregten Zustand  $^{188}\text{Re}^m$  zum Letzteren darstellt.

Damit ist gleichzeitig auch die Art der Umwandlung als Isomerenübergang erwiesen. Die Anregungsenergie des Isomers läßt sich aber nicht mit Sicherheit angeben, weil die Energie der Gammastrahlung innerhalb der Meßgenauigkeit mit der der K-Strahlung des Rheniums zusammenfällt. ( $E_K = 0,059 \text{ MeV}$ ) Die einfachste Annahme ist, daß die Anregungsenergie  $E = 0,060 \text{ MeV}$  beträgt und die innere Umwandlung nur in der L, M, usw.-Schale stattfindet, (K-Ablösearbeit 0,071 MeV) doch sind auch andere Deutungen nicht auszuschließen.

Unter der genannten Annahme ergibt sich aus der Intensität der Umwandlungselektronen relativ zu der der  $\gamma$ -Strahlung der Faktor der inneren Umwandlung zu  $\alpha \approx 2$ . Eine Einordnung in das Goldhaber-Sunyar-Diagramm<sup>3</sup> zeigt, daß es sich wahrscheinlich um einen E3 oder M3-Übergang handelt. ( $\Delta I = 3$  mit bzw. ohne Paritätswechsel.)

Butement<sup>4</sup> hat durch ( $\gamma$ , p)-Prozeß aus Osmium eine chemisch abgetrennte Re-Aktivität erhalten, die „ungefähr 15 min“ Halbwertszeit zeigte, und für die er die Massenzahlen 189 oder 191 annahm. An bestrahltem Osmium ohne chemische Abtrennung hat er die Halbwertszeit genauer zu 17 min bestimmt. Es besteht nun die Möglichkeit, daß es sich hierbei um die obige Aktivität handelt; da aber die Rhenium-Isotope mit Massenzahlen größer als 188 noch nicht genügend sicher bekannt sind, könnte es sich auch um zwei verschiedene Isotope handeln. Da über die Strahlung des  $^{189}, 191\text{Re}$  nichts angegeben wurde, besteht keine Vergleichsmöglichkeit.

Es wurde daher noch versucht, Osmium mit schnellen Li + D-Neutronen zu bestrahlen. Eine chemisch abgetrennte Re-Fraktion<sup>5</sup> ergab bei ca. 1 g Os keine ausreichende Aktivität, um sichere Aussagen zu machen. Das direkt, d. h. ohne chemische Abtrennung gemessene Osmium zeigte eine sehr komplexe Abfallkurve mit Halbwertszeiten der gesuchten Größenordnung, die aber vermutlich zu Osmium-Isotopen gehören. So konnte die Frage einer etwaigen Identität nicht geklärt werden.

<sup>4</sup> F. D. S. Butement, Proc. physic. Soc., Sect. A **64**, 395 [1951].

<sup>5</sup> Herrn Dr. W. Herr bin ich für die Ausarbeitung der chemischen Trennungen sehr zu Dank verpflichtet.