

Dieser Diffusionvorgang kann im Moment noch nicht näher beschrieben werden. Ein Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit des Tritiums mit dem Ausheilen bestrahlungsinduzierter Gitterdefekte kann nicht ausgeschlossen werden, erscheint jedoch unwahrscheinlich, da die leichten  $T_2$ - (und Li-) Ionen eine nur geringe Strahlenschädigung verursachen. Es ist vielmehr wahrscheinlicher, daß die Tritiumatome nach Ionenbeschuß auch im ungeschädigten Material über gewisse Gitterdefekte, statt, wie in Permeationsmessungen, durch die Kanäle der Gitterstruktur wandern. Eine weitere Möglichkeit ist die einer chemischen Wechselwirkung von Tritiumionen mit Sauerstoffionen. Die gemessenen Aktivierungsenergien würden dann neben dem zur Bewegung der Tritiumatome benötigten Energiebetrag noch den Betrag zur

Schaffung der Defekte oder den Betrag zur Dissoziation der chemischen Bindung enthalten.

In bisher veröffentlichten Messungen der Diffusion von Tritium in Nicht-Metallen wurde Tritium ebenfalls gewaltsam durch Kernreaktion oder Ionenbeschuß in die Proben eingeführt. Die untersuchten Materialien waren  $LiF$ <sup>9, 20, 21</sup>,  $BeO$ <sup>22, 23</sup> und Steinmeteoriten<sup>24</sup>. In diesen Fällen wurden ähnlich langsame Diffusionsvorgänge gefunden wie in der vorliegenden Arbeit.

Die vorliegende Arbeit wurde in der Chemistry and Metallurgy Division der Chalk River Nuclear Laboratories ausgeführt. Der Autor dankt besonders dem Personal am Massenseparator für experimentelle Hilfe und Herrn Dr. R. KELLY (CCR Euratom, Ispra) für Diskussionen.

<sup>20</sup> C. MANTESCU u. T. COSTEA, Phys. Status Solidi **3**, K 290 [1963].

<sup>21</sup> H. COHEN u. W. S. DIETHORN, Phys. Status Solidi **9**, 251 [1965].

<sup>22</sup> A. R. PALMER, D. ROMAN u. H. J. WHITFIELD, J. Nucl. Mater. **14**, 141 [1964].

<sup>23</sup> E. ROTHWELL, L. L. WASELL u. K. T. SCOTT, Harwell Report AERE-R-4691 [1964].

<sup>24</sup> H. FECHTIG u. W. GENTNER, Z. Naturforsch. **20 a**, 1686 [1965].

## Messung der relativen Häufigkeiten der Xenon-Isotope mit dem elektrischen Massenfilter

K. BRUCHHAUSEN, S. GEBAUER und U. VON ZAHN

Physikalisches Institut der Universität Bonn

(Z. Naturforsch. **22 a**, 969—972 [1967]; eingegangen am 7. März 1967)

The relative abundances of the isotopes of terrestrial xenon were re-determined using a large quadrupole spectrometer. All 11 measured isotopic ratios are in good agreement with the 1950 results of NIER. However, within the error limits a small, but systematic enrichment of the lighter isotopes is noticed in our data compared to NIER's.

Es ist seit langem bekannt, daß die aus Meteoriten extrahierten Edelgase eine wesentlich andere Isotopenverteilung haben können als die entsprechenden Edelgase der Erdatmosphäre. Seit einigen Jahren ist die Meßtechnik dieser Untersuchungen so verfeinert, daß auch Xenon in diese Messungen einbezogen wird (siehe z. B. REYNOLDS<sup>1</sup> oder MARTI, EBERHARDT und GEISS<sup>2</sup>). Als Vergleichswerte für die Zusammensetzung terrestrischen Xenons werden die von NIER<sup>3</sup> benutzt, der für seine Häufigkeitsmessungen ein magnetisches 60°-Spektrometer benutzte. NIER bestimmte die massendiskriminierenden Eigenschaften seiner Apparatur durch Eichmessungen eines Ge-

isches reiner Argonisotope  $^{36}Ar$  und  $^{40}Ar$ , deren Mischungsverhältnis genau bekannt war. Da bisher reine Xenon-Isotope für solche Eichmessungen nicht verfügbar sind, ermittelte NIER seine Korrekturfaktoren für die Xenonmessungen, indem er als sekundären Standard zunächst das Verhältnis  $^{128}Xe/^{136}Xe$  mit dreifach ionisierten Ionen etwa bei gleichem  $e/m$ -Verhältnis wie sein primäres Argon-Gemisch bestimmte. Mit den Annahmen, daß die Massendiskriminierung nicht vom Ionisierungsgrad der Atome abhängt und im Bereich der untersuchten Isotope linear von deren Massenzahl abhängt, wurden sodann die gemessenen Xenonhäufigkeiten mit dem am

<sup>1</sup> J. H. REYNOLDS, J. Geophys. Res. **68**, 2939 [1963].

<sup>2</sup> K. MARTI, P. EBERHARDT u. J. GEISS, Z. Naturforsch. **21 a**, 398 [1966].

<sup>3</sup> A. O. NIER, Phys. Rev. **79**, 450 [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.





## Diskussion

Wie man Tab. 1 entnimmt, befinden sich alle elf von uns gemessenen Häufigkeitsverhältnisse innerhalb der kombinierten Fehlergrenzen in Übereinstimmung mit Nierschen Werten. Zugleich ist aber auch an der letzten Spalte von Tab. 1 ersichtlich, daß wir zwar innerhalb der Fehlergrenze, aber dennoch ziemlich systematisch eine Anhebung der Häufigkeiten der leichten Isotope gegenüber den Werten von Nier finden. Dies bewirkt, daß sich die prozentuale Verteilung der Isotope (siehe Tab. 2) zwar bei den beiden Meßreihen in befriedigender Übereinstimmung befindet, jedoch für den  $^{136}\text{Xe}$ -Anteil etwas auseinander fällt.

Ogleich die Abweichungen klein sind, nehmen wir wegen ihrer relativ geringen Streuung an, daß sie durch einen systematischen Fehler verursacht sind. Wir haben daher zunächst unsere Apparatur auf entsprechende Fehlerquellen hin untersucht (insbesondere Gaseinlaß-System, Spannungsteiler, Nachweiselektronik), haben aber keine Ursache für die beobachteten Abweichungen finden können. Leider

muß aber wegen des Fehlens geeigneter Eichproben die wichtige Annahme ungeprüft bleiben, daß das Analysierfeld eine massenunabhängige Transmission hat. Setzen wir die Nierschen Werte als richtig vor, können wir nur schließen, daß das verwendete Massenfilter auch bei einem Auflösungsvermögen von ca. 400 eine erfreulich geringe Massendiskriminierung zeigt.

Andererseits zeigt eine kritische Durchsicht der von Nier verwandten Methode folgendes:

Die Bestimmung der bei den Xenon-Messungen auftretenden Massendiskriminierung erfolgte durch eine zweistufige Eichmessung am Verhältnis  $^{128}\text{Xe}/^{136}\text{Xe}$ . Zunächst wurde bei der Messung von  $(^{128}\text{Xe}/^{136}\text{Xe})^{3+}$   $D = 0,15$  ermittelt, im zweiten Schritt mit einfach ionisierten Ionen  $(^{128}\text{Xe}/^{136}\text{Xe})^{1+}$   $D = 0,015$ . Der letztere Wert ist allerdings so klein, daß sein Einfluß auf die Meßwerte fast zu vernachlässigen ist. Im Lichte der eingangs erwähnten starken Variabilität dieser Diskriminierungsfaktoren scheint es uns daher nicht völlig von der Hand zu weisen zu sein, daß insbesondere der zweite Faktor etwas zu klein ermittelt wurde.

## Spallation Formula Deduced from Cascade and Evaporation Theories Compared with Experiments

U. SCHWARZ \* and H. OESCHGER

Physikalisches Institut, University of Bern, Switzerland

(Z. Naturforschg. **22 a**, 972—974 [1967]; received 23 March 1967)

A semiempirical formula  $\sigma(\Delta A, E_0, A_0)$ , giving the sum of the spallation cross sections of the products of an isobar as a function of the mass loss  $\Delta A$ , the primary energy  $E_0$  of the irradiating particle and the atomic mass number  $A_0$  of the target nucleus is deduced. The formula is intended to be used for the interpretation of the spallation product distribution in meteorites, in the atmosphere of the earth and hopefully in cosmic dust and lunar surface samples.

Due to the refinement of observational techniques considerable experimental data are now available concerning production rates of spallation products (induced by high energy particles) in meteorites and the atmosphere. The interpretation of the results is very often difficult because most of the (differential) cross sections are not determined experimentally. It is therefore necessary to make estimates of the cross sections of the products, depending on the primary energy  $E_0$  of the irradiating particle and

the atomic mass number  $A_0$  of the target element, covering a wide range of the parameters. A special problem arises in meteorites, where the irradiation time is so great, that the spallation products of stable nuclei are the accumulated products of the whole isobar. In this report an attempt is made to establish a relation  $\sigma(\Delta A, E_0, A_0)$ , giving the sum of the cross sections of the products of an isobar, corresponding to a mass loss  $\Delta A$ . RUDSTAM <sup>1, 2</sup> and HONDA et al. <sup>3</sup> found that it was possible to give such a relationship

\* Now at Kapteyn Laboratory, Groningen, The Netherlands.

<sup>1</sup> G. RUDSTAM, University of Uppsala, Thesis 1956.

<sup>2</sup> G. RUDSTAM, E. BRUNINX, and A. C. PAPPAS, Phys. Rev. **126**, 1852 [1962]. — G. RUDSTAM, 1966, in press.

<sup>3</sup> M. HONDA and D. LAL, Phys. Rev. **118**, 1618 [1960].