

Untersuchungen an Steinmeteoriten mit extrem hohem Edelgasgehalt

II. Der Chondrit Tabor

Von H. KÖNIG, K. KEIL\* und H. HINTENBERGER

Max-Planck-Institut für Chemie (Otto-Hahn-Institut), Mainz (Z. Naturforsch. 17 a, 357—358 [1962]; eingegangen am 27. März 1962)

Large amounts of primordial rare gases have been found in the spherical bronzite-chondrite Tabor which shows a similar structure as the chondrites Pantar and Breitscheid. The absolute amounts as well as the isotopic compositions of the helium and neon have been measured; they are similar to those formerly found in Pantar and Breitscheid. As a remarkable result of this work a primordial rare gas ratio  $^4\text{He}:^{20}\text{Ne} = 540$  has been determined; this is the highest value for this ratio, which has been found till now in meteorites.

In früheren Arbeiten<sup>1, 2</sup> wurden in den Chondriten Pantar und Breitscheid Uredelgase nachgewiesen, und gleichzeitig konnte festgestellt werden, daß der Gehalt an Uredelgasen in engem Zusammenhang mit der Hell-Dunkel-Struktur dieser Meteorite steht. Nur die dunklen Anteile beider Chondrite enthalten Uredelgase. Die mineralogische Untersuchung dieser und ähnlich strukturierter Chondrite ergab, daß die dunklere Färbung dadurch hervorgerufen wird, daß die feinkörnige Grundmasse feinverteilte dunkle Erzminerale in Form eines Netzwerkes grauer Adern vom Typ I<sup>3</sup> enthält, die vorwiegend die Grenzen zwischen Chondren und Bindemittel, die Intergranulare sowie manchmal die Klüfte und Risse füllen und in charakteristischer Weise die Chondren umhüllen. Dieser Befund ließ es verheißungsvoll erscheinen, weitere Meteorite mit diesen Strukturmerkmalen auf ihren Gehalt an Urgasen zu untersuchen. Während in vier Chondriten, die relativ homogen von Adern vom Typ I durchsetzt sind, keine leichten Uredelgase nachgewiesen werden konnten, führten die Analysen von weiteren fünf Chondriten mit der gleichen charakteristischen Hell-Dunkel-Struktur wie Breitscheid und Pantar zur Auffindung von größeren Urgasmengen in dem Bronzit-Chondriten von Tabor, der am 3. 7. 1753 in Böhmen als Steinregen niederfiel<sup>4</sup>. Von diesem Meteoriten stand uns nur ein kleines

Stück dunkler, von Adern vom Typ I durchsetzter Substanz von etwa 10 g Gewicht aus der Sammlung des Mineralogischen Institutes der Universität Tübingen zur Verfügung.

Zur Edelgasanalyse wurde ein Stück von etwa 3 g Gewicht verwendet, von dem die Rinde sowie die unmittelbar unter der Rinde gelegenen Partien sorgfältig entfernt worden waren. Es war in diesem Fall leider nicht möglich, wie bei Pantar und Breitscheid ungeaderte Anteile, die keine Urgase enthalten sollten, herauszupräparieren und getrennt zu analysieren. Die Durchführung der Edelgasanalysen und die massenspektrometrischen Messungen der Isotopenhäufigkeiten der abgetrennten reinen Edelgase erfolgten in derselben Weise wie früher<sup>1</sup>. Die gefundenen Edelgasmengen und ihre Isotopenverhältnisse gibt Tab. 1 wieder. Die Fehlergrenzen für die absoluten Mengen liegen bei etwa 3% für den Helium- und 5% für den Neonwert.

Da uns bei dem Meteoriten von Tabor keine geeigneten Proben zur Verfügung standen, um von Urgasen freie Anteile getrennt zu analysieren, können die Menge des radiogenen Heliums nur abgeschätzt und für die durch die kosmische Strahlung erzeugten Edelgasmen gen nur obere Grenzwerte angegeben werden. Wenn man bei einem normalen Urangehalt von  $1,1 \cdot 10^{-8}$  gU/g und einem Th/U-Verhältnis = 3,5 ein Heliumalter von  $4,5 \cdot 10^9$  a für den Chondriten Tabor annimmt und keine Diffusionsverluste voraussetzt, so erhält man  $17,8 \cdot 10^{-6}$  cm<sup>3</sup> NTP  $^4\text{He/g}$  für das radiogene Helium. Damit sind etwa 97% des gefundenen Heliums Urgas. Für die Menge des kosmogen erzeugten  $^{21}\text{Ne}$  beträgt der obere Grenzwert  $2,13 \cdot 10^{-8}$  cm<sup>3</sup> NTP/g. Nimmt man für das Verhältnis der Produktionsraten für  $^3\text{He}$  und  $^{21}\text{Ne}$  einen Wert von  $P_3/P_{21} \approx 4$ , so ergibt sich, daß mindestens 2/3 der gefundenen  $^3\text{He}$ -Menge Urgas sein dürften. Für das Isotopenverhältnis des Urheliums erhält man dann:

$2800 < ^4\text{He}/^3\text{He} < 4300.$

Nimmt man für die Produktionsverhältnisse des kosmogenen Neons

$^{20}\text{Ne} : ^{21}\text{Ne} : ^{22}\text{Ne} = 0,92 : 0,95 : 1,00$

an<sup>5</sup>, so sind etwa 95% des gefundenen Neons Urneon. Für das Isotopenverhältnis  $^{20}\text{Ne} : ^{22}\text{Ne}$  des Urneons

Meteorit	Einwaage g	He 10 <sup>-6</sup> cm <sup>3</sup> /g	<sup>4</sup> He <sup>3</sup> He	<sup>3</sup> He 10 <sup>-8</sup> cm <sup>3</sup> /g	Ne 10 <sup>-8</sup> cm <sup>3</sup> /g	<sup>20</sup> Ne <sup>+</sup> %	<sup>21</sup> Ne <sup>+</sup> %	<sup>22</sup> Ne <sup>+</sup> %	<sup>20</sup> Ne 10 <sup>-8</sup> cm <sup>3</sup> /g	<sup>21</sup> Ne 10 <sup>-8</sup> cm <sup>3</sup> /g	<sup>22</sup> Ne 10 <sup>-8</sup> cm <sup>3</sup> /g	He Ne
Tabor	3,238	673	2800	24,0	139	90,1	1,52	8,33	125	2,13	11,55	458

Tab. 1. Die angegebenen Helium- und Neomengen sowie deren Isotopenverhältnisse sind, mit Ausnahme der durch + gekennzeichneten Isotopenhäufigkeiten, für Luftbeimischungen gemäß dem Apparaturblindwert (im Durchschnitt ca.  $1 \cdot 10^{-7}$  cm<sup>3</sup> NTP He und ca.  $5 \cdot 10^{-8}$  cm<sup>3</sup> NTP Ne) korrigiert.

\* Jetzt: University of California, San Diego, La Jolla, California.  
<sup>1</sup> H. KÖNIG, K. KEIL, H. HINTENBERGER, F. WLOTZKA u. F. BEGEMANN, Z. Naturforsch. 16 a, 1124 [1961].  
<sup>2</sup> H. HINTENBERGER, H. KÖNIG u. H. WÄNKE, Z. Naturforsch. 17 a, 306 [1962].  
<sup>3</sup> K. KEIL, in Vorbereitung.  
<sup>4</sup> G. T. PRIOR u. M. H. HEY, Catalogue of Meteorites, London 1953.  
<sup>5</sup> P. EBERHARDT u. A. EBERHARDT, Z. Naturforsch. 16 a, 236 [1961].

Meteorit	He $10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$	$^4\text{He}$ $^3\text{He}$	$^3\text{He}$ $10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$	Ne $10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$	$^{20}\text{Ne}$ $^{21}\text{Ne}$	$^{20}\text{Ne}$ $^{22}\text{Ne}$	$^4\text{He}$ $^{20}\text{Ne}$	Literatur
Breitscheid	179	2300	7,7	221	160	13,3	88	<sup>2</sup>
Pantar	1100	2900	38	425	155–350	12,1–12,7	280	<sup>1</sup>
Tabor	$\leq 670$	$\left\{ \begin{array}{l} 2800 \\ -4300 \end{array} \right\}$	$< 15$	133	$\geq 60$	10,8–13,2	540	
Kapoeta	1370	3200	43	2580	350	13,9	57	<sup>8</sup>
Staroye Pesyanoe	7300	$> 3300$	$< 220$	2470	114	11,4	330	<sup>7</sup>
Luft	—	770000	—	—	355	10,3	0,32	

Tab. 2.

lassen sich nur Grenzwerte angeben:

$$10,8 < ^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne} < 13,2.$$

Relativ genau läßt sich jedoch das  $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ -Verhältnis des Urgases in Tabor angeben:  $^4\text{He}/^{20}\text{Ne} = 540$ . Wie man aus Tab. 2 ersieht, ist dieser Wert der höchste für das Verhältnis  $^4\text{He} : ^{20}\text{Ne}$ , der bisher in urgashaltigen Meteoriten gefunden wurde. Er stimmt gut mit dem von SUESS und UREY<sup>6</sup> für das Verhältnis der kosmischen Häufigkeiten dieser beiden Edelgase angegebenen Wert überein. Da aber auch bei dem Meteoriten Tabor Heliumverluste möglicherweise noch aufgetreten sind, kann dieser Wert für das  $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$ -Verhältnis nur als unterer Grenzwert für die ursprüngliche Zusammensetzung der leichten Edelgase nach deren Einbau in den Meteoriten angesehen werden. Immerhin läßt sich aus

diesem Befund vielleicht schließen, daß alle anderen bisher gefundenen urgashaltigen Meteorite beträchtliche Verluste an Helium erlitten oder das Urgas erst zu einer Zeit erhalten haben, als eine Fraktionierung der leichten Edelgase bereits eingetreten war.

Für die bereitwillige Überlassung der Probe des Meteoriten Tabor möchten wir Herrn Prof. Dr. W. v. ENGELHARDT und Herrn Dr. WEISSKIRCHNER vom Mineralogischen Institut der Universität Tübingen herzlich danken. — Für Mithilfe bei der Ausführung der experimentellen Arbeiten danken wir Fräulein H. HARASIN, Fräulein M. MONERJAN und Herrn B. SPETTEL. — Der Deutschen Forschungsgemeinschaft haben wir für die leihweise Überlassung eines HF-Generators und dem Bundesministerium für Atomkernenergie für weitere Sachbeihilfe zu danken.

<sup>6</sup> H. E. SUESS u. H. C. UREY, Handbuch der Physik **51**, S. 296, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958.

<sup>7</sup> E. K. GERLING u. L. K. LEWSKIJ, Dokl. Akad. Nauk, SSSR **110**, 750 [1956].

<sup>8</sup> J. ZÄHRINGER u. W. GENTNER, Z. Naturforsch. **15 a**, 600 [1960].

## Alterungserscheinungen an GaAs-Tunnelndioden

VON H.-J. HENKEL

Forschungslaboratorium der Siemens-Schuckertwerke AG,  
Erlangen

(Z. Naturforsch. **17 a**, 358–360 [1962]; eingegangen am 28. März 1962)

Bei Belastung in Flußrichtung zeigen GaAs-Tunnelndioden als charakteristische Alterungserscheinung eine irreversible Abnahme des Tunnelstromes. Dieser Effekt tritt ein, wenn die Belastung im Exzeß- oder Diodenstromgebiet erfolgt und eine bestimmte „kritische Belastung“ überschreitet. In Abb. 1 ist die Abnahme des Strommaximums zweier GaAs-Tunnelndioden in Abhängigkeit von der Belastungszeit bei einer Belastung oberhalb dieser „kritischen Belastung“ dargestellt. Dieses Verhalten dürfte auf eine Abnahme der Tunnelwahrscheinlichkeit infolge einer Verringerung des Störstellengradienten im Übergangsgebiet zurückzuführen sein. Eine derartige Abnahme des Störstellengradienten kann durch Diffusion von Akzeptoren in das n-Gebiet bzw. von Donatoren in das p-Gebiet erfolgen.

Die „kritische Belastung“ ist um so geringer, je größer die Dotierung und je steiler der Störstellengradient

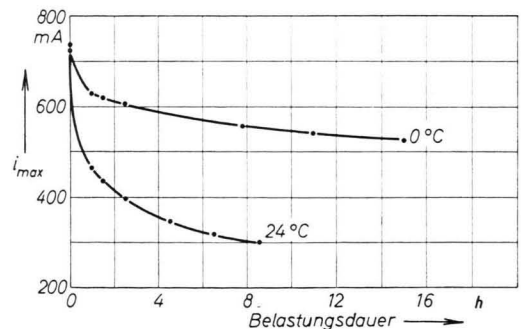


Abb. 1. Änderung des Strommaximums  $i_{\max}$  von zwei GaAs-Tunnelndioden bei Belastung (1,2 V).

im p-n-Übergang der Tunnelndiode ist. Durch geeignete Maßnahmen — genügend schwache Dotierung oder Verringerung des Störstellengradienten im Übergangsgebiet — lassen sich ausreichend alterungsbeständige Tunnelndioden herstellen. Dabei wird allerdings die obere Grenzfrequenz etwas geringer.

Die hier untersuchten Tunnelndioden wurden durch Einlegieren von Zinn als Donator in Zink-dotiertes, p-leitendes GaAs hergestellt. In GaAs ist der Diffusions-