

Die Edelgasisotope der Hauptbestandteile zweier Steinmeteorite

S. AUER, H. J. BRAUN und J. ZÄHRINGER

Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg  
(Z. Naturforschg. 20 a, 156—157 [1965]; eingeg. am 22. Dezember 1964)

Die Bestandteile der Steinmeteorite können zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten entstanden sein und sich erst nachträglich vereinigt haben. Dafür sprechen sowohl die mineralogische Inhomogenität als auch Ergebnisse von Isotopenanalysen. Deshalb können Untersuchungen an getrennten Fraktionen neue Informationen über die Entstehungs- und Frühgeschichte der Steinmeteorite liefern, beispielsweise über den Einbau von Resten einer Uratmosphäre.

Zwei Chondrite, Richardton und Bjurböle, wurden in Komponenten zerlegt, an denen die Edelgas-Gehalte sowie ihre Isotopenzusammensetzung und die Kalium-Argon-Alter gemessen wurden. Beide Meteorite haben einen  $\text{Xe}^{129}$ -Überschuß und enthalten Uredelgase<sup>1</sup>.

Die Meteorite wurden durch Schütteln zerlegt. Die meisten Chondren blieben dabei unbeschädigt, während die Matrix zu Pulver mit Korngrößen unter  $60\ \mu$  zerfiel. Ein stark eisenhaltiger Rest ließ sich nur im Mörser zerkleinern.

Auf einer schiefen Ebene wurden die runden Chondren abgerollt, während Matrix und Eisen zurückblieben. Das Nickeleisen ließ sich mit einem Elektromagneten abtrennen. Man erhielt so die Fraktionen: Chondren, Matrix und Nickeleisen.

Alle Analysen wurden massenspektrometrisch durchgeführt. Die Kaliumgehalte wurden nach dem Isotopenverdünnungsverfahren bestimmt. Jede Fraktion wurde viermal gemessen. Die Probenmengen betrugen jeweils etwa 100 mg. Die Meßmethoden sind schon in früheren Arbeiten ausführlich beschrieben worden<sup>1, 2</sup>.

Die Tabelle zeigt die gemessenen Edelgas- und Kaliumgehalte, sowie die berechneten K-A-Alter der ge-

trennten Fraktionen und der ungetrennten Proben. Die Fehler betragen für  $\text{A}^{40}$  und Kalium 5%, für die K-A-Alter 3%, für  $\text{Kr}^{84}$  und  $\text{Xe}^{132}$  20%, für das  $\text{Xe}^{129}/\text{Xe}^{132}$ -Verhältnis 10%. Die Neonisotope treten in allen Fällen im typischen Spallationsverhältnis  $\text{Ne}^{20} : \text{Ne}^{21} : \text{Ne}^{22} = 0,90 : 0,95 : 1,00$  auf. Urneon ist also nicht vorhanden. Auch  $\text{He}^3$  ist Spallationsprodukt. Beim Argon läßt sich der Spallationsanteil errechnen, weil die Isotopenverhältnisse von Urargon und Spallationsargon bekannt sind.  $\text{He}^4$  und  $\text{A}^{40}$  sind überwiegend radiogen.

Die Kaliumgehalte von Matrix und Chondren stimmen bei beiden Meteoriten etwa überein und liegen über dem Gehalt der ungetrennten Probe, weil Eisen weniger Kalium enthält. Die Chondren haben höhere K-A-Alter als die Matrix. Eine Altersbestimmung an der Eisenfraktion war nicht möglich, weil der niedrige Kaliumgehalt des Eisens von dem Kalium aus anhaftenden Silikatresten überdeckt wird.

Krypton und Xenon sind Uredelgase. In beiden Meteoriten ist das Urgas in der Matrix gegenüber den Chondren etwa um einen Faktor 2 angereichert.

Das  $\text{A}^{36} : \text{Kr}^{84} : \text{Xe}^{132}$ -Verhältnis beträgt in allen Fraktionen etwa  $100 : 1 : 1$ . Auch die Isotopenverhältnisse der Urgase sind bis auf die Abweichungen durch die  $\text{Xe}^{129}$ -Anomalie konstant.

Die Chondren haben die höchsten  $\text{Xe}^{129}/\text{Xe}^{132}$ -Verhältnisse. Die  $\text{Xe}^{129}$ -Anreicherung gegenüber der Matrix beträgt bei Richardton 65% und bei Bjurböle 30%. Entsprechende Ergebnisse erhielt MERRIHUE<sup>3</sup> an Bestandteilen des Chondriten Bruderheim.

Die verschiedenen K-A-Alter von Chondren und Matrix können entweder wirkliche Altersunterschiede anzeigen oder aber durch Argon-Diffusionsverluste bei einer Erwärmung verursacht worden sein.

Die verschiedenen Urgasgehalte von Chondren und Matrix können durch unterschiedliche Edelgaslöslichkeiten und verschiedene Zusammensetzung der Gasphase bei der Bildung der Komponenten zustande gekommen sein. Auch können unterschiedliche Temperaturen eine Rolle gespielt haben. Der Urgaseinbau kann

| Meteorit                          | Fraktion          | Anteil | He <sup>3</sup> | He <sup>4</sup> | Ne <sup>21</sup> | A <sup>36</sup> | A <sup>38</sup> | A <sup>40</sup> | K ppm | Alter 10 <sup>9</sup> a | A <sup>36</sup> <sub>Ur</sub> | Kr <sup>84</sup> | Xe <sup>132</sup> | Xe <sup>129</sup> /<br>Xe <sup>132</sup> |
|-----------------------------------|-------------------|--------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|--|
| Richardton<br>(Bronzit-Chondrit)  | Chondren          | 20%    | 34,6            | 2220            | 10,7             | 2,7             | 2,2             | 7800            | 945   | 4,68                    | 1,6                           | 0,034            | 0,024             | 2,23                                     |
|                                   | Matrix            | 60%    | 34,2            | 2050            | 10,3             | 4,0             | 1,9             | 5990            | 930   | 4,25                    | 3,2                           | 0,047            | 0,036             | 1,35                                     |
|                                   | Eisen             | 20%    | 17,4            | 448             | 2,3              | 1,3             | 1,1             | 1775            | 240   | —                       | 0,7                           | 0,012            | 0,007             | 1,33                                     |
|                                   | ungetrennte Probe |        | 32,0            | 1730            | 9,5              | 3,0             | 1,4             | 5550            | 812   | 4,35                    | 2,4                           | 0,024            | 0,023             | 1,70                                     |
| Bjurböle<br>(Hypersthen-Chondrit) | Chondren          | 20%    | 17,7            | 2250            | 4,9              | 2,9             | 1,4             | 7775            | 1045  | 4,50                    | 2,3                           | 0,027            | 0,044             | 2,35                                     |
|                                   | Matrix            | 70%    | 17,6            | 1840            | 4,5              | 5,6             | 1,5             | 6640            | 1105  | 4,14                    | 5,3                           | 0,053            | 0,080             | 1,80                                     |
|                                   | Eisen             | 10%    | 10,2            | 317             | 0,9              | 1,4             | 0,8             | 1395            | 180   | —                       | 1,0                           | 0,018            | 0,022             | 1,49                                     |
|                                   | ungetrennte Probe |        | 16,0            | 1600            | 4,4              | 2,8             | 1,3             | 5500            | 810   | 4,34                    | 2,2                           | 0,022            | 0,043             | 1,80                                     |

Tab. 1. Edelgasgehalte in 10<sup>-8</sup> cm<sup>3</sup>/g von verschiedenen Fraktionen des Bronzit-Chondriten Richardton und des Hypersthen-Chondriten Bjurböle, sowie deren Kalium-Gehalte und Kalium-Argon-Alter.

<sup>1</sup> J. ZÄHRINGER, Z. Naturforschg. 17 a, 460 [1962].

<sup>2</sup> T. KIRSTEN, D. KRANKOWSKY u. J. ZÄHRINGER, Geochim. Cosmochim. Acta 127, 13 [1963].

<sup>3</sup> C. M. MERRIHUE, J. Geophys. Res. 68, 325 [1963].



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 digitalized 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.

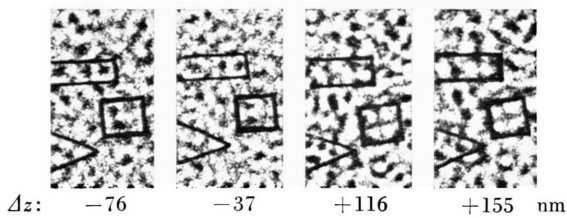


Abb. 3. Kontrastumkehr an Strukturen im Bild einer Kohlefolie bei Änderung der Defokussierung  $\Delta z$ . Die den Kontrast erzeugende Phasenverschiebung beträgt bei den beiden linken Aufnahmen  $\approx +\pi/2$ , bei den beiden rechten Aufnahmen  $\approx -\pi/2$ . Die Abstände der Strukturen in den markierten Gebieten liegen im Bereich 0,7–1,0 nm.

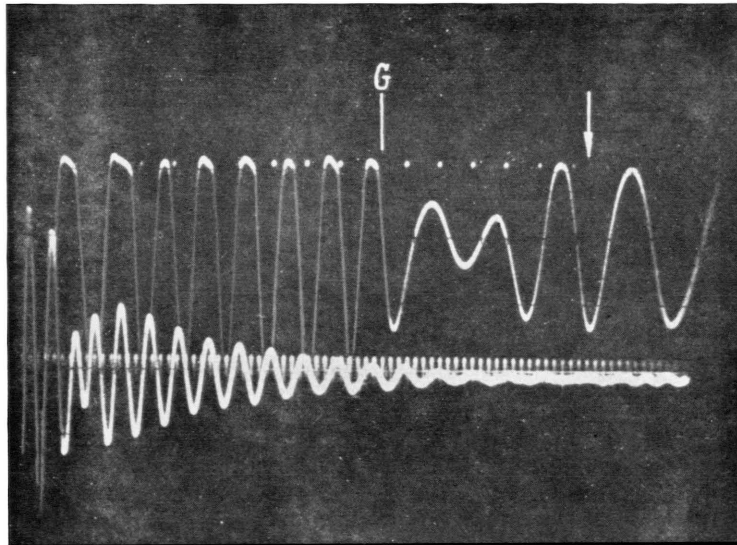


Abb. 2 a. Registrierbeispiel für Übergang der Detonations-Stoßwelle in Polystyrol bei G. Zeitmarke: 4 MHz. Überdeckung der oberen und unteren Zeitlinie ab ↓.

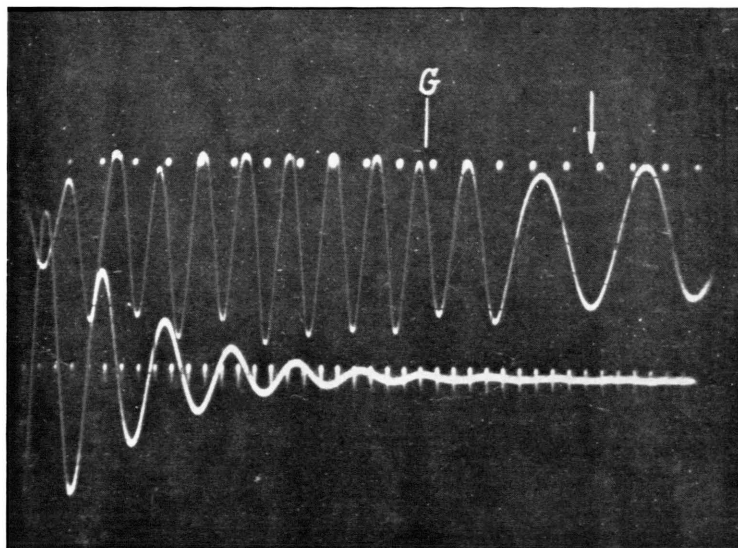


Abb. 2 b. Registrierbeispiel für Übergang der Detonations-Stoßwelle in vorgepreßten Sand bei G. Sonst wie Abb. 2 a.

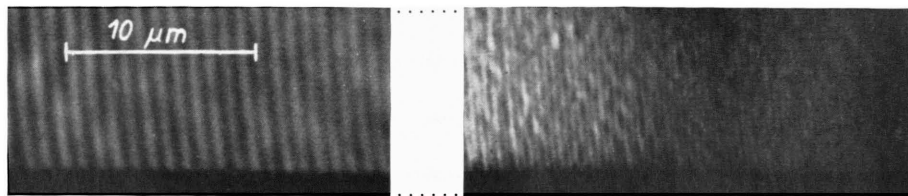


Abb. 1. Lichtmikroskopische Aufnahmen einer mit 1 MHz beschallten Bruchfläche. Vergr. = 2500  $\times$ .

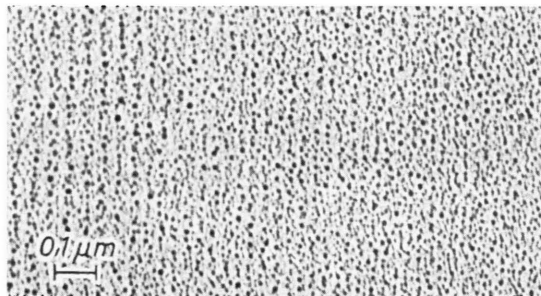


Abb. 2. Elektronenmikroskopische Aufnahme sehr eng benachbarter Schalllinien. Beschallung mit 19 kHz. Kleinster Linienabstand  $\lambda_B \approx 250 \text{ \AA}$ , somit kleinste Bruchgeschwindigkeit  $v_B \approx 0,5 \text{ mm/s}$ . Vergr. = 50 000  $\times$ .



Abb. 3. Interferenzmikroskopische Aufnahmen von mit 1 MHz beschallten Bruchflächen. (Interferenzschritt  $\Delta = 0,3 \text{ μm}$ .) Vergr. = 600  $\times$ .

außerdem von der Korngröße abhängig gewesen sein. Man muß auch die Möglichkeit erwägen, daß Urgase ebenso wie radiogenes Argon durch Diffusion verlorengegangen sind.

Die Proportionalität zwischen Urgasgehalt und  $\text{Xe}^{129}$ -Abweichung gilt offenbar nicht für die Fraktionen, während sie für die ungetrennten Proben<sup>1</sup> angenähert gilt. Demnach wurden die Urgase auf andere Weise einge-

baut als  $\text{Xe}^{129}$ . Möglicherweise entstand  $\text{Xe}^{129}$  teilweise durch Teilchenstrahlung. Dann müßten die Chondren stärker bestrahlt worden sein als Matrix und Eisen. Da die Chondren weniger Urgase besitzen, kann man vermuten, daß sie auch höher erhitzt wurden als die Matrix.

Für eine Entscheidung sind jedoch noch weitere Untersuchungen nötig.

## Eine Mikrowellen-Meßmethode zum Nachweis intensiver Stoßwellen in nichtleitenden Festkörpern

H. D. VOM STEIN, B. KOCH und R. SCHALL

Deutsch-Französisches Forschungsinstitut St. Louis (Ht. Rhin), Frankreich

(Z. Naturforschg. 20 a, 157—158 [1965]; eingeg. am 7. Dezember 1964)

Im Verlauf von Messungen der Detonationsgeschwindigkeit in festen Sprengstoffen mit Hilfe eines Mikrowellen-Reflexions-Interferometers<sup>1</sup> wurde im Anschluß an das Signal, das von der mit konstanter Geschwindigkeit durch den Sprengkörper fortschreitenden Detonationsfront herrührt, ein Signal beobachtet, das einem mit abnehmender Geschwindigkeit verlaufenden Vorgang entspricht und daher zweifelsohne der Stoßwelle zuzuordnen ist, die in dem an den Sprengkörper angrenzenden Isolationsmaterial erzeugt wird.

Während die Reflexion der Mikrowellenstrahlung an der Detonationsfront im wesentlichen durch deren starke Ionisation<sup>2</sup> ( $n_e \approx 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) bewirkt wird, ist anzunehmen, daß die Reflexion an der Stoßfront in kompakten Isolierstoffen auf den Dichtesprung zurückzuführen ist, der eine Unstetigkeit in der DK darstellt.

Die Meßmethode beruht auf einer bereits früher mehrfach benutzten Anordnung<sup>3-5</sup> (Abb. 1).

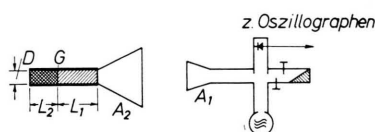


Abb. 1. Schema der Meßanordnung.  $L_2$  Sprengstoffstrecke = 60 mm,  $L_1$  Isoliermaterial = 80 mm,  $D = 10$  mm.  $f_0 = 34,5 \text{ GHz}$ ;  $\lambda_0 = 8,69 \text{ mm}$ .

Ein Metallzylinder, der jeweils zur Hälfte mit Sprengstoff (gegossenem TNT/Hexogen) und dem untersuchten Material (Sand bzw. Polystyrol) gefüllt ist, dient als Wellenleiter der von der Antenne  $A_1$  über einen aus Aluminiumfolie hergestellten Trichter  $A_2$  eingespeisten Mikrowelle<sup>6</sup>.

Bei der Zündung des Sprengstoffes von der linken Seite der Zeichnung her bildet sich eine hochionisierte Front aus, die mit Detonationsgeschwindigkeit von links nach rechts durch den Sprengstoff läuft und an der die Mikrowelle quasimetallisch reflektiert wird. Die durch den DOPPLER-Effekt bedingte Frequenzverschiebung  $f_D$  der reflektierten Welle wird registriert; sie ergibt gemäß der Beziehung

$$v = f_D \cdot \lambda / 2$$

die Geschwindigkeit  $v$  der Detonationsfront im Sprengstoff. Dabei ist  $\lambda$  die unmittelbar vor der Detonationsfront vorhandene Wellenlänge.

Da jede DOPPLER-Schwebung einer Verschiebung der Reflexionsebene um  $\lambda/2$  entspricht, erhält man aus der Zahl der DOPPLER-Schwebungen bei Kenntnis von  $\lambda$  die räumliche Verschiebung der Reflexionsfront als Funktion der Zeit. Es ergeben sich Registrierungen nach Art der in Abb. 2 a, b \* dargestellten Beispiele, in denen auf den mit einer Überdeckung von etwa 20% der Kippdauer der oberen Zeitbasis aneinander anschließenden Zeitlinien eines Zweistrahl-Oszillographen das DOPPLER-Oszillogramm des Vorganges im Bereich um die in Abb. 1 mit G bezeichnete Kontaktfläche zwischen Sprengstoff und Festkörper mit verschiedener Zeitauflösung dargestellt ist. Der Zeitpunkt, an dem diese Grenze von der Detonationswelle überlaufen wird, ist aus dem Zeitabstand zwischen der Zündung des Sprengkörpers und der Triggerung des Oszillographen bekannt (Zeitmarke 4 MHz).

Die quantitative Auswertung der Oszillogramme ergibt für den Anfangsteil der Registrierung zunächst die stationäre Geschwindigkeit der Detonationsfront von 7300 m/s bzw. 7600 m/s bis an die Grenze G. Aus der Übereinstimmung dieser Zahlen mit den aus anderen Messungen bekannten Werten ist gleichzeitig ein Rückschluß auf die vorzugsweise Anregung der Hauptwelle ( $H_{11}$ ) in dem an sich übermodigen Hohlleiter möglich. Für den benutzten Sprengstoff wurde eine ebenfalls bekannte DK  $\epsilon_r = 3,42$  angenommen, entsprechend einer Wellenlänge  $\lambda = 4,85 \text{ mm}$ .

<sup>1</sup> Über diese wird an anderer Stelle berichtet.

<sup>2</sup> M. BIRK, A. EREZ, Y. MANHEIMER u. G. NAHMANI, Bull. Res. Council Israel, Sect. A 3, 4 [1954].

<sup>3</sup> B. KOCH, C. R. Acad. Sci., Paris 236, 661 [1953].

<sup>4</sup> G. F. CAWSEY, J. L. FARRANDS u. I. THOMAS, Proc. Roy. Soc., Lond. A 248, 499 [1958].

<sup>5</sup> B. KOCH, H. FREIWALD u. H. W. KOCH, Z. Naturforschg. 19 a, 396 [1964].

<sup>6</sup> Die Luftstrecke ist lediglich zum Schutz der Mikrowellenapparaturs vorgesehen.

\* Abb. 2 a, b siehe S. 156 a.