

Kalium-Analysen von Amphoterit-Chondriten und deren K-A-Alter

W. KAISER und J. ZÄHRINGER

Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg
(Z. Naturforsch. 20 a, 963—965 [1965]; eingegangen am 5. Juni 1965)

The K-content of 18 amphoteric chondrites has been determined by isotope dilution technique. In contrast to hypersthene- and bronzite-chondrites the K-content of which is around 800 ppm, the amphotericites show large variations from 200 to 2180 ppm. It has also been found that K is not homogeneously distributed within the same specimen. The K-A-ages lie in the narrow range of $(4 \pm 0.5) \cdot 10^9$ years. Only two out of 18 specimens partially lost radiogenic and cosmic ray produced rare gases. An origin from a common source material seems likely.

Die Amphoteric-Chondrite sind eine Unterklasse der Olivin-Hypersthene-Chondrite mit einer Fa-Zahl von 27—31 (Mol-Proz. Fe_2SiO_4)¹ und mit geringen Mengen von metallischem Nickel-Eisen. Ferner enthalten Amphoteric-Chondrite sehr wenig Chondren und sind brekziös. Da bei einer großen Zahl von Hypersthene-Chondriten der K-Gehalt durchschnittlich (800 ± 100) ppm ergab², wurde dieser Wert auch für die Amphoteric-Chondrite zur Abschätzung der K-A-Alter zugrunde gelegt. Der hohe A^{40} -Gehalt = $15\,400 \cdot 10^{-8}$ cc/g bei Sokobanja und der geringe A^{40} -Gehalt bei Ensisheim = $1250 \cdot 10^{-8}$ cc/g deutete auf große Schwankungen im K-Gehalt. Tatsächlich betragen die K-Werte für Sokobanja 2180 ppm und für Ensisheim 200 ppm. Diese Werte weichen ganz erheblich von dem angenommenen K-Gehalt von 800 ppm ab, so daß den unter dieser Annahme errechneten Alters der anderen Amphoteric-Chondrite kein großes Vertrauen geschenkt werden konnte.

Herkunft der Proben³

AMNH	American Museum of Natural History	Dr. B. MASON
MIUH	Mineralog. Institut der Universität Heidelberg	Prof. A. SCHÜLLER und Dr. G. FRENZEL
MNHC	Museum of Natural History, Chicago	Dr. E. OLSEN
CNHM	Chicago Natural History Museum	Dr. E. OLSEN
GSC	Geological Survey of Canada	Dr. K. R. DAWSON
MIT	Mineralog. Institut der Universität Tübingen	Prof. W. VON ENGELHARDT
BNL	Brookhaven National Laboratory	Prof. O. A. SCHAEFFER
CMN	Corydin Museum Nairobi	Dr. GOEBEL

¹ B. MASON, Geochim. Cosmochim. Acta 28, 533 [1964].

² J. ZÄHRINGER, Vorabdruck V/12 [1964], Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg; wird in Meteoritika veröffentlicht.

³ Obigen Herren und Institutionen sei an dieser Stelle für die Überlassung der Proben herzlich gedankt: Ganz besonderer Dank gebührt Dr. D. HEYMANN am E. Fermi-Institut Chicago, der uns die Proben seiner Untersuchungen⁶ zur Verfügung stellte.

Experimentelles

Die K-Analysen wurden an denselben Durchschnittsproben durchgeführt, an denen auch die Edelgase bestimmt werden. Die experimentellen Einzelheiten wurden schon früher von KIRSTEN et al.⁴ beschrieben. Bei diesen Untersuchungen standen lediglich viel reinere Chemikalien zur Verfügung. Die K-Verunreinigungen betrugen bei allen benutzten Reagenzien nicht mehr als 50 ppb (HCl: 50 ppb; HF: 50 ppb; HNO_3 : 50 ppb; NH_4OH : 10 ppb; $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$: 2 ppb; H_2O : 2—3 ppb). Ferner wurde die K^{41} -Tracer-Lösung ($\text{K}^{41}/\text{K}^{39} = 97,0$) in einer Quarzflasche aufbewahrt, um Konzentrationsverluste, wie sie in Polyäthylenflaschen beobachtet wurden⁵, zu vermeiden.

Der mittlere quadratische Fehler einer Einzelmessung war kleiner als 1%. Die angegebenen K-Werte stellen Mittelwerte aus mindestens 2 Messungen dar, die sich weniger als 5% unterscheiden. Der Fehler der angegebenen K-Werte ist kleiner als 5% und trägt zum Fehler der Alterswerte höchstens 2% bei.

Ergebnisse

Die Messungen dieser Arbeit bestätigen, daß der K-Gehalt in Amphoteric-Chondriten stark schwankt. Dies deutete sich bei Sokobanja mit 2180 ppm und bei Ensisheim mit 200 ppm bereits an². Doch wurde diese starke Schwankung nicht nur bei den Amphoteric-Chondriten als Gesamtheit, sondern auch bei einzelnen Amphoteric-Chondriten festgestellt. So wurden z. B. an der Jelica-Probe von MNHC 560 ppm und an der Jelica-Probe von MIUH 1170 ppm gemessen. Entsprechende Unterschiede zeigen auch die A^{40} -Werte, so daß sich für beide Proben dasselbe K-A-Alter ergibt. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Ottawa und Kelly.

Für die Diskrepanz bei Lake Labyrinth ist die Ursache in der starken inhomogenen Verteilung des A^{40} zu suchen. Die an dieser Probe durchgeführten A^{40} -Messungen variierten stark². Trotzdem liegen die Alter innerhalb der Fehlergrenzen von $(4 \pm 0.5) \cdot 10^9$ a. Die A^{40} -Diskrepanz kann also mit der K-Schwankung in den einzelnen Proben erklärt werden, wie aus der Tabelle hervorgeht. In der Tabelle sind ferner die A^{40} -Werte^{2, 4, 6}, die daraus resultierenden K-A-Alter, die He^3 -Alter, die He^4 -Alter, das $\text{He}^3/\text{Ne}^{21}$ -Verhältnis und die Fa-Zahl aufgeführt¹. Das $\text{He}^3/\text{Ne}^{21}$ -Verhältnis wurde bei den Amphoteric-Chondriten Arcadia und Bandongan, die durch Wiedererhitzung Gasverluste erlitten haben, auf den Wert 5,6 korrigiert.

Für Vishnupur fehlen noch die Edelgasanalysen, so daß für diesen Meteoriten keine Alter errechnet werden konnten.

Die Verteilung der in dieser Arbeit bestimmten Alter ist im Histogramm Abb. 1 aufgetragen.

⁴ T. KIRSTEN, D. KRANKOWSKY u. J. ZÄHRINGER, Geochim. Cosmochim. Acta 27, 13 [1963].

⁵ E. HAMILTON, Nature, Lond. 193, 200 [1964].

⁶ D. HEYMANN, Vorabdruck COO-382-52 [1965], Enrico Fermi Institute for Nuclear Studies, Chicago; wird im J. Geophys. Res. veröffentlicht.



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.

Amphoterit-Chondrite	Herkunft	K ppm	A^{40} $10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$	$\text{He}^3\text{-Alter}$ $\cdot 10^6 \text{ a}$	$\text{He}^4\text{-Alter}$ $\cdot 10^9 \text{ a}$	K-A-Alter $\cdot 10^9 \text{ a}$	$\text{He}^3/\text{Ne}^{21}$	Fa-Zahl
1a) Lake Labyrinth	AMNH	660 *	3760 2	10 2	2,7 2	4,1 *	4,8 2	28
b)	AMNH	710 *	2910 6	10 6	3,0 6	3,6 *	4,9 6	
2a) Ottawa	AMNH	410 *	1700 2	40 2	3,9 2	3,6 *	5,8 2	29
b)	AMNH	580 *	3050 6	39 6	3,8 6	3,9 *	5,7 6	
3a) Jelica	MIUH	1170 *	7610 2	24 2	4,5 2	4,3 *	4,4 2	31
b)	MNHC	560 *	3342 6	21 6	3,3 6	4,3 *	4,8 6	
4a) Kelly	CNHM	430 *	2980 2	12 2	4,1 2	4,4 *	5,9 2	29
b)	AMNH	280 *	1310 6	11 6	4,4 6	3,8 *	5,1 6	
5) Holman-Island	GSC	770 *	6950 2	(9) 2	—	4,8 *	4,7 2	29
6) Olivenza	AMNH	800 *	5300 2	7 2	3,4 2	4,3 *	4,2 2	30
7) Soko-Banja	MIUH	2180 *	15400 2	57 2	3,8 2	4,4 *	4,4 2	27
8) Vavilovka	MNHC	850 *	5200 6	13 6	3,8 6	4,3 *	5,9 6	29
9) Arcadia	AMNH	540 *	1210 6	(6) *	2,2 6	2,7 *	(5,6) *	29
10) Bandong	MNHC	910 *	1180 6	(3,2) *	0,9 6	1,9 *	(5,6) *	28
11) Appley-Bridge	AMNH	930 *	4080 6	1 6	2,6 6	3,6 *	5,9 6	29
12) Manguendi	AMNH	780 *	5050 6	13 6	2,6 6	4,3 *	5,7 6	28
13) Benton	AMNH	730 *	4080 6	23 6	3,1 6	4,0 *	5,2 6	31
14) Vishnupur	AMNH	1480 *	—	—	—	—	—	
15) Ensisheim	AMNH	200 4	1250 4	15 4	3,8 4	4,2 4	4,2 4	29
16) Manboon	MNHC	860 4	5130 6	15 6	3,8 6	4,1 6	5,6 6	30
17) Benares	MIT	980 4	5480 4	10 4	4,1 4	4,1 4	4,3 4	28
18) Hamlet	BNL	940 4	5000 4	30 4	4,3 4	3,9 4	4,8 4	27
19) Meru	CMN	855 4	3900 4	4,5 4	3,5 4	3,7 4	6,4 4	28

Tab. 1. Ergebnisse. Die kursiv gesetzten Amphoterit-Chondrite sind brekziös. Die in Klammern stehenden Werte sind korrigiert.
 * diese Arbeit, ^{1, 2, 4, 6} siehe Textfußnoten; a=Heidelberg-Probe, b=Chicago-Probe.

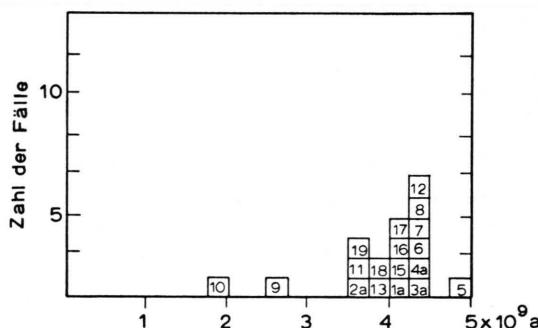


Abb. 1. Histogramm der K-A-Alter der 19 Amphoterit-Chondrite, die in der Tabelle aufgeführt sind.

Diskussion

Die unterschiedlichen K-Werte bei den verschiedenen Amphoterit-Chondriten und die Schwankungen an verschiedenen Stellen innerhalb desselben Meteoriten deuten darauf hin, daß in den Amphoterit-Chondriten eine kaliumreiche Komponente ungleichmäßig verteilt ist. Vermutlich handelt es sich hier um einen Feldspat (MASON, private Mitteilung), der sich gerne in sogenannten „Pools“ ansammelt.

Da die benutzte Probemenge nur ca. 100 mg betrug, machten sich derartige Inhomogenitäten besonders bemerkbar, und die so gewonnenen Resultate können keinen durchschnittlichen K-Wert repräsentieren. Für die Altersbestimmung sind die Schwankungen nicht kritisch, solange die Messung des A^{40} -Gehaltes an derselben Durchschnittsprobe durchgeführt wird. Die Ergeb-

nisse der Messungen, die bei dieser Arbeit erzielt werden konnten, bestätigen dies. Eine Ausnahme bildet nur Lake Labyrinth. Dieser Meteorit ist möglicherweise unterschiedlich ent gast, so daß wir in dieser Arbeit den gefundenen höheren Alterswert als richtig ansehen.

Obwohl die Zahl der Meteorite auf nur 18 beschränkt war, so ist doch recht auffallend, daß praktisch alle Amphoterit-Chondrite in den Bereich 3,5 bis $4,5 \cdot 10^9 \text{ a}$ fallen. Im Histogramm 1 ist bei rund $4 \cdot 10^9 \text{ Jahren}$ ein deutliches Maximum in der Altersverteilung zu sehen. Die einzigen Ausnahmen sind Arcadia und Bandong. Aus ihrem $\text{He}^3/\text{Ne}^{21}$ -Verhältnis ⁶ geht aber hervor, daß sie durch Wiedererhitzung Gasverluste erlitten haben und deshalb auch ihre radiogenen Alter zu klein sind. Wie schon früher erwähnt, zeigen ca. 10% der Chondrite solche Entgasungen. Wahrscheinlich sind dies Meteorite mit sonnennahen Bahnen.

Die von HEYMANN ⁶ angeführte starke Diskrepanz des He^4 und des K-A-Alters bei Kelly (AMNH) konnte an der in Heidelberg gemessenen Kelly-Probe (CNHM) nicht bestätigt werden. Die He^4 -Alter fielen bei den in Heidelberg gemessenen Ottawa- und Jelica-Proben größer, hingegen bei den in Chicago gemessenen Proben kleiner als die K-A-Alter aus.

Der He^4 -Gehalt scheint ebenfalls starken Schwankungen unterworfen zu sein. Es ist durchaus denkbar, daß auch das Uran inhomogen verteilt ist. Möglicherweise sind auch Diffusionsverluste dafür verantwortlich. Für die Fehlergrenzen der He^4 -Alter sollte man deshalb rund 30 bis 40% ansetzen. Die Tatsache, daß die Amphoterit-Chondrite mit ihrer mineralogisch sehr charakteristischen Struktur praktisch alle das gleiche Alter

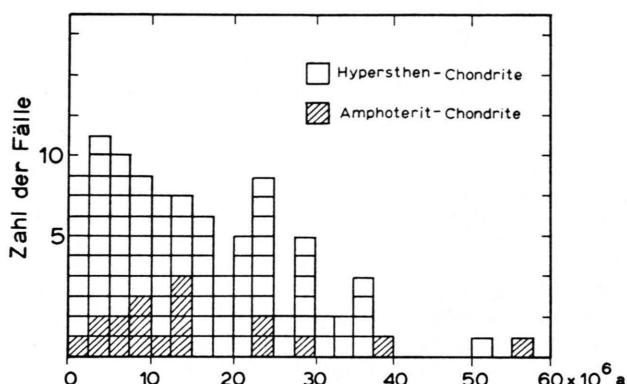


Abb. 2. Histogramm der He³-Bestrahlungsalter von 81 Hypersthen-Chondriten² zusammen mit den in der Tabelle aufgeführten Amphoterit-Chondriten.

von $(4 \pm 0,5) \cdot 10^9$ Jahren besitzen, läßt sehr stark vermuten, daß sie demselben Protokörper entstammen.

Zur Klassifikation von Amphoterit-Chondriten kann man als spezifisches Merkmal neben der hohen Fa-Zahl, dem Fehlen von Chondren sowie der Brekzienstruktur nun auch die starken K-Inhomogenitäten heranziehen.

Die Verteilung der He³-Bestrahlungsalter ähnelt, wie schon erwähnt^{2, 6} (Histogramm Abb. 2), der der Hypersthen-Chondrite und unterstützt die Annahme, daß die Amphoterit-Chondrite eine Unterkategorie der Hypersthen-Chondrite darstellen. Im Gegensatz zu den Bronzit-Chondriten muß man für diese beiden Gruppen annehmen, daß sie durch mehrere, zeitlich unabhängige Ereignisse entstanden sind.

Die Amphoterit-Chondrite machen etwa 5% aller Chondrite oder etwa 8% der Hypersthen-Chondrite aus. Falls auch die Hypersthen-Chondrite vom Mond stammen, müßten sie mehreren Einschlägen zuzuschreiben sein. Die Amphoterit-Chondrite würden dann aus ganz bestimmten Gegenden des Mondes stammen, welche die Zusammensetzung der Amphoterit-Chondrite besitzen und einen entsprechenden Teil der Mondoberfläche ausmachen. Vielleicht kommen dafür bestimmte Mare, Krater etc. in Frage, die vor $4 \cdot 10^9$ Jahren entstanden sind.

Durch die kosmische Strahlung produziertes Lithium und Calcium in Eisenmeteoriten

H. HINTENBERGER, H. VOSHAGE und H. SARKAR *

Max-Planck-Institut für Chemie (Otto-Hahn-Institut), Mainz
(Z. Naturforschg. 20 a, 965—967 [1965]; eingegangen am 11. Juni 1965)

Während ihrer Umläufe im interplanetaren Raum sind die Meteorite einem Bombardement durch die hochenergetischen Teilchen der kosmischen Strahlung ausgesetzt. Durch Spallationsreaktionen werden in den Meteoriten „kosmogene“ Nuklide erzeugt, deren Nukleonzahlen kleiner sind als die der Targetnuklide. Als vollständig oder teilweise kosmogen sind in Eisenmeteoriten neben einer großen Zahl von Radionukliden und den massenspektrometrisch leicht nachweisbaren stabilen Nukliden der Edelgase He, Ne und Ar auch die folgenden Nuklide identifiziert worden: ³⁹K, ⁴⁰K und ⁴¹K, ferner ⁴²Ca, ⁴³Ca, ⁴⁴Ca und ⁴⁶Ca und schließlich ⁴⁵Sc sowie ⁵⁰V. Eine Literaturübersicht hierzu findet sich in einer neueren Arbeit in dieser Zeitschrift¹.

In früheren Arbeiten^{2—7} haben wir über den Nachweis von kosmogenem Kalium in Eisenmeteoriten berichtet. Aus den Isotopenhäufigkeiten des Kaliums können die Bestrahlungsalter der Eisenmeteorite bestimmt werden. Zur Extraktion des Kaliums wurden die Meteoritproben im Vakuum erhitzt und das in Form von posi-

tiven Ionen aus der Probe austretende Kalium mit Hilfe eines elektrischen Feldes auf einem Platindraht aufgefangen, der dann als Ionenquelle in einem Massenspektrometer zur Messung der Isotopenhäufigkeiten des Kaliums benutzt wurde.

Durch eine Weiterentwicklung dieses thermionischen Nachweisverfahrens⁸, bei welchem die Extraktion des Kaliums nicht in einer getrennten Apparatur wie bisher, sondern in der Ionenquelle selbst erfolgt, ist es uns gelungen, die Ionenausbeute wesentlich zu verbessern und außer den Kaliumisotopen auch die Isotope des Lithiums und des Calciums als Spallationsprodukte der kosmischen Strahlung nachzuweisen.

Abb. 1 zeigt ein Massenspektrum von Lithium aus dem Eisenmeteoriten Trenton⁹ und im Vergleich dazu das Spektrum von terrestrischem Lithium. Der in der gleichen Apparatur für terrestrisches Lithium beobachtete, unkorrigierte ⁷Li/⁶Li-Verhältniswert betrug 11,8. Der zeitliche Verlauf des ⁷Li/⁶Li-Verhältnisses während der sehr langsamen Aufheizung einer Probe des Meteoriten Trenton ist in Abb. 2 wiedergegeben. Schon die ersten Lithiumspuren, die am Anfang des Versuches emittiert wurden, zeigten ein ⁷Li/⁶Li-Verhältnis, das zwischen 3 und 6 lag. Im Laufe des Versuchs fiel das Verhältnis auf einen Minimalwert von $1,25 \pm 0,2$ ab. Bei allen bisher mit verschiedenen Proben des Meteoriten Trenton durchgeföhrten Versuchen wurde dieses

* In dieser Arbeit werden Teilergebnisse aus der Dissertation von H. SARKAR verwendet (D 77).

¹ H. HINTENBERGER u. H. WÄNKE, Z. Naturforschg. 19 a, 210 [1964].

² H. VOSHAGE u. H. HINTENBERGER, Z. Naturforschg. 14 a, 194 [1959].

³ H. VOSHAGE u. H. HINTENBERGER, Z. Naturforschg. 14 a, 828 [1959].

⁴ H. VOSHAGE u. H. HINTENBERGER, Z. Naturforschg. 16 a, 1042 [1961].

⁵ H. VOSHAGE, Z. Naturforschg. 17 a, 422 [1962].

⁶ H. VOSHAGE u. H. HINTENBERGER, in „Radioactive Dating“, Int. Atomic Energy Agency, Wien 1963, S. 367.

⁷ H. VOSHAGE u. D. C. HESS, Z. Naturforschg. 19 a, 341 [1964].

⁸ Eine ausführliche Beschreibung der Versuchstechnik erfolgt an anderer Stelle.

⁹ Die Probe stammt aus dem Zentrum eines 260 kg schweren Fundstückes dieses Meteoriten.