

## Die chemische Zusammensetzung des Meteoriten von Ybbsitz

H. PALME, B. SPETTEL & H. WÄNKE<sup>1)</sup>

Manuskript eingelangt am 7. März 1985

### Zusammenfassung

Es werden die Ergebnisse einer chemischen Untersuchung, mit Hilfe der Neutronenaktivierungsanalyse, an einem 245,5 mg großen Stück des Meteoriten von Ybbsitz berichtet. Die gemessenen Haupt- und Spurenelementkonzentrationen stimmen gut mit der mittleren Zusammensetzung von H-Chondriten überein. Eine Ausnahme bilden lediglich die Alkali-Elemente Na und K, die im Ybbsitz-Meteoriten um etwa 30% niedrigere Gehalte haben als in H-Chondriten. Es werden mögliche Ursachen diskutiert.

### Summary

A 245.5 mg bulk sample of the Ybbsitz meteorite was analysed by instrumental neutron activation analyses. There is a good agreement between the elemental concentrations in Ybbsitz and those of average H-chondrites. Only Na and K are by about 30% lower in Ybbsitz than in H-chondrites. Possible reasons are discussed.

Eine Gesamtprobe von 245,5 mg des Meteoriten von Ybbsitz wurde mit Hilfe der zerstörungsfreien Neutronenaktivierungsanalyse untersucht. Dabei wurde die Probe in dem TRIGA-Reaktor des Institutes für Kernchemie der Universität Mainz für 6 Stunden einem Neutronenfluß von  $7 \times 10^{11}$  n/cm<sup>2</sup> sec ausgesetzt. Die  $\gamma$ -Aktivität der Proben wurde mit großvolumigen Ge(Li)- sowie mit planaren Ge-Detektoren mehrfach gemessen. Die Meßzeiten betragen von 30 Minuten, bei den ersten Messungen nach der Bestrahlung, bis zu mehreren Tagen. Die Auswertung der Spektren und Vergleiche mit Standards geschah nach einer bei den Untersuchungen von zahlreichen Mond- und Meteoritenproben bewährten Methode (WÄNKE & al. 1977). Der Si-Gehalt wurde durch Aktivierung mit einem 14-MeV-Neutronengenerator bestimmt (TESCHKE & WÄNKE 1974).

Tabelle 1 zeigt, daß die im Ybbsitz-Meteoriten gemessenen Gehalte zahlreicher Haupt- und Spurenelemente gut mit der mittleren Zusammensetzung von H-Chondriten übereinstimmt.

Eine Ausnahme bilden die Alkali-Elemente Na und K, die im Ybbsitz-Meteoriten um etwa 30% weniger häufig sind als sonst in H-Chondriten üblich. Ein

---

<sup>1)</sup> Anschrift der Verfasser: Dr. H. PALME, B. SPETTEL, Prof. Dr. H. WÄNKE, Abteilung für Kosmochemie, Max-Planck-Institut für Chemie, Saarstraße 23, D-6500 Mainz - BRD.

Vergleich mit den Daten von SCHMITT & al. (1972) zeigt, daß keiner der 41 von diesen Autoren gemessenen equilibrierten H-Chondriten einen so geringen Na-Gehalt hat wie Ybbsitz. Eine Ausnahme bildet lediglich eine Probe des Fayetteville-Meteoriten mit 4070 ppm Na. Da die Autoren jedoch einen Gesamteisengehalt von 44% für diese Probe angeben, bedeutet dies, daß sie ein metallreiches Stück des Meteoriten untersucht hatten. Eine entsprechende Korrektur würde einen Gehalt von über 5000 ppm ergeben.

Tabelle 1. Konzentrationen einiger Haupt- und zahlreicher Spurenelemente im Meteoriten von Ybbsitz

	Ybbsitz (245,5 mg)	Standard- abweichung in %	mittlere Zusammen- setzung von H-Chondriten <sup>1)</sup>
<b>Hauptelemente in %</b>			
Si	17,85	3	17,02
Ca	1,1	20	1,24
Fe*	27,6	3	27,5
<b>Spurenelemente in ppm</b>			
Na	4150	3	6232
K	540	5	750
Sc	7,65	3	7,4
Cr	3610	3	3560
Mn	2200	3	2400
Co	904	3	900
Ni	18000	3	17200
Zn	58	20	36,5
Ga	6,05	7	5,3
As	2,55	5	2,1
Se	8,5	6	7
Mo	1,2	20	
Ru	1,4	15	
La	0,33	10	0,33
Ce	0,89	20	
Sm	0,178	4	0,20
Eu	0,068	15	0,08
Gd	0,25	20	
Tb	0,046	30	
Dy	0,31	20	
Yb	0,20	10	0,21
Lu	0,032	20	
Hf	0,12	20	
Re	0,077	10	0,079
Os	1,00	10	0,85
Ir	0,832	3	0,75
Pt	1,8	15	
Au	0,23	3	0,23
Th	<0,06		0,041

<sup>1)</sup> PALME & al. 1981a.

\* Gesamteisen

Die niedrigen Gehalte von Na und K können auf verschiedene Weise erklärt werden.

1. Geringere Häufigkeiten von allen flüchtigen Elementen in Ybbsitz. Diese Möglichkeit erscheint unwahrscheinlich, da wesentlich stärker flüchtige Elemente wie Zn und Se im Ybbsitz-Meteoriten sogar geringfügig höhere Konzentrationen aufweisen, als ihre Mittelwerte in H-Chondriten (Tabelle 1). Es gibt jedoch in kohligen Chondriten größere Variationen in Na- und K-Konzentrationen. Die einzigen Elemente, die entsprechend variable Konzentrationen aufweisen, sind Cl und Br. Die Ursachen dieser Schwankungen in den Konzentrationen der Alkali-Elemente und der Halogene sind nicht ganz klar (SPETTEL & al. 1978).

2. Inhomogene Verteilung von Na und K im Meteoriten. Da der Ybbsitz-Meteorit nur geringe Mengen an Feldspat (dem Hauptträger von Na in equilibrierten Chondriten) enthält (BRANDSTÄTTER & al. 1985), können die niedrigen Gehalte von Na und K nicht durch Mangel an Feldspat in der untersuchten Probe erklärt werden. Auch müßte sich ein solcher Fehlbestand in einer ausgeprägten negativen Eu-Anomalie dokumentieren.

3. Verlust von Na und K durch Verwitterung. Diese Möglichkeit kann nicht ausgeschlossen werden. Jedoch sind die Gehalte anderer relativ mobiler Elemente wie Au und As im Ybbsitz nicht niedriger als in anderen H-Chondriten.

Weitere Hinweise auf die Ursachen der niedrigen Na und K-Gehalte im Ybbsitz könnten durch Untersuchungen nach der  $^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ -Methode erhalten werden (d. h. es könnte damit unter Umständen der Zeitpunkt eines möglichen K-Verlustes bestimmt werden).

In Tabelle 2 sind die auf C 1 (Orgueil) bezogenen Konzentrationen von refraktären Elementen in Ybbsitz angegeben. Die höheren Gehalte von Os und Re im Vergleich zu Ir scheinen außerhalb der Fehlergrenzen zu liegen. Da Re und Os zu den refraktärsten Metallen gehören (PALME & WLOTZKA 1976), könnte dies ein Hinweis auf das Vorhandensein einer ultrarefraktären Komponente sein (PALME & al. 1982). Die etwas höheren Gehalte von Sc und Lu gegenüber Sm weisen in dieselbe Richtung. Scandium und Lu gehören zu den refraktärsten lithophilen Elementen. Es gibt zahlreiche Hinweise auf solche Komponenten in Chondriten, wie man insbesondere aus den Gehalten an Seltenen Erden schließen kann (NAKAMURA 1974). Es ist deshalb geplant, eine radiochemische Trennung der Seltenen Erden vorzunehmen, um durch eine erhöhte Genauigkeit der Messung etwaige Abweichungen von chondritischen relativen Häufigkeiten besser erkennen zu können und damit Fraktionierungsprozesse im solaren Nebel zu identifizieren.

KIESL & KLUGER (1985) haben ebenfalls eine chemische Untersuchung des Ybbsitz-Meteoriten vorgenommen. Ihre Ergebnisse, insbesondere die niedrigen Na- und K-Werte, stimmen, bis auf einige Ausnahmen, recht gut mit den Analysenergebnissen dieser Arbeit überein. Allerdings haben KIESL & KLUGER wesentlich höhere La- und Ce-Werte in ihrer Probe gefunden. Da wir in dem von uns untersuchten Stück „normale“ Konzentrationen dieser leichten Seltenen Erden gefunden haben, vermuten wir, daß die erhöhten Gehalte von La und Ce bei

Tabelle 2. Die auf C 1-Chondrite normierten Häufigkeiten refraktärer Elemente im Ybbsitz-Meteoriten

	Ybbsitz/C 1	Fehler in %
lithophile Elemente		
Ca	1,22	20
Sc	1,30	3
La	1,35	10
Ce	1,40	20
Nd	1,27	30
Sm	1,16	4
Eu	1,17	15
Gd	1,23	20
Tb	1,24	30
Dy	1,24	20
Yb	1,21	10
Lu	1,28	20
Hf	1,00	20
siderophile Elemente		
Mo	1,31	20
Ru	2,03	15
Re	2,08	10
Os	2,05	10
Ir	1,75	3
Pt	1,71	15

C 1-Werte PALME & al. 1981b.

KIESL & KLUGER auf eine, durch Verwitterung bedingte, terrestrische Kontaminationsphase zurückzuführen sind.

Größere Unterschiede zwischen unseren Messungen und denen von KIESL & KLUGER treten auch bei einigen siderophilen Elementen auf. Ein As-Gehalt von 2,55 ppm, wie er von KIESL & KLUGER berichtet wird, scheint unwahrscheinlich. Dies wäre ein um fast 40% höherer Gehalt als er in C 1-Chondriten gemessen wird (PALME & al. 1981b). Die Gehalte von Os, Ru, Ir und Au sind bei KIESL & KLUGER um etwa 10–20% höher als die entsprechenden in dieser Arbeit erwähnten Werte. Dies könnte auf einen erhöhten Metallgehalt in der von KIESL & KLUGER gemessenen Probe zurückzuführen sein. Die Gehalte von Ni und Re dagegen sind in der KIESL- & KLUGER-Probe geringer als die von uns gemessenen Werte. KIESL & KLUGER erhalten dementsprechend ein Ir/Re-Verhältnis von 6,9, verglichen mit dem von uns gemessenen Verhältnis von 11. Neuere Messungen von MORGAN & al. (1985) ergeben einen Mittelwert von 10,6 für das Ir/Re-Verhältnis von 12 H-Chondriten. Wir schließen daraus, daß sich der Meteorit von Ybbsitz in bezug auf siderophile Elemente nicht von anderen H-Chondriten unterscheidet.

#### Literatur

- BRANDSTÄTTER, F., KIRCHNER, E., KRACHER, A. & KURAT, G. (1985). Der Meteorit von Ybbsitz: Petrologie und Mineralchemie. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, 87/A: 11–20. – Wien. (dieser Band)

- KIESL, W. & KLUGER, F. (1985): Chemische Untersuchungen am Ybbsitz-Meteorit. – *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **87/A**: 39–46. – Wien. (dieser Band)
- MORGAN, J. W., JANSSENS, M.-J., TAKAHASHI, H., HERTOGEN, J. & ANDERS E. (1985): H-chondrites: Trace element clues to their origin. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, **49**: 247–259.
- NAKAMURA, N. (1974): Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, **38**: 757–775.
- PALME, H. & WLOTZKA, F. (1976): A metal particle from a Ca, Al-rich inclusion in the Allende meteorite, and the condensation of refractory siderophile elements. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **33**: 45–60.
- , SCHULTZ, L., SPETTEL, B., WEBER, H. W., WÄNKE, H., CHRISTOPHE MICHEL-LEVY, M. & LORIN, J. C. (1981a): The Acapulco meteorite: chemistry, mineralogy and irradiation effects. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, **45**: 727–752.
- , SUSS, H. E. & ZEH, H. D. (1981b): Abundances of the elements in the solar system. – in: SCHAIFERS, K. & VOIGT, H. H. (Eds.): *Landolt-Börnstein New Series, Vol. 2, Astronomy and Astrophysics*, S. 227–252. – Berlin (Springer-Verlag).
- , WLOTZKA, F., NAGEL, K. & EL GORESY, A. (1982): An ultra-refractory inclusion from the Ornans carbonaceous chondrite. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **61**: 1–12.
- SCHMITT, R. A., GOLES, G. G., SMITH, R. H. & OBSORN, T. W. (1972): Elemental abundances in stone meteorites. – *Meteoritics*, **7**: 131–213.
- SPETTEL, B., PALME, H. & WÄNKE, H. (1978): The anomalous behaviour of Na und K in carbonaceous chondrites. – *Meteoritics*, **13**: 636–637.
- TESCHKE, F. & WÄNKE, H. (1974): Major element analysis of extraterrestrial rock samples with 14 MeV neutrons. – *Radiochem. Radioanal. Letters*, **18**: 341–348.
- WÄNKE, H., KRUSE, H., PALME, H. & SPETTEL, B. (1977): Instrumental neutron activation analysis of lunar samples and the identification of primary matter in the lunar highlands. – *J. Radioanal. Chem.*, **38**: 363–378.