

Kosmogene Radionuklide im Chondriten Ybbsitz

Von G. HEUSSER¹⁾

Manuskript eingelangt am 7. März 1985

Zusammenfassung

Zur Aufklärung der Bestahlungsgeschichte des Ybbsitz wurden die Radionuklide ^{26}Al ($T_{1/2} = 7,16 \times 10^5 \text{a}$), ^{60}Co ($T_{1/2} = 5,27 \text{a}$) und ^{22}Na ($T_{1/2} = 2,6 \text{a}$) gemessen. Aus der erhaltenen oberen Grenze der ^{22}Na -Aktivität läßt sich ableiten, daß Ybbsitz vor 1970 fiel. Die ^{26}Al -Konzentration liegt mit $45,6 \pm 1,9$ Zerfällen pro min und kg deutlich unter dem Erwartungswert. Unter Zuhilfenahme anderer Fakten kann daraus geschlossen werden, daß Ybbsitz eine Zweistufen-Bestrahlung, ähnlich der des Meteoriten Jilin, erfahren hat.

Summary

One sample of the chondrite Ybbsitz has been analyzed for cosmogenic ^{26}Al ($T_{1/2} = 0.716 \text{ Myr}$), ^{60}Co ($T_{1/2} = 5.27 \text{ yr}$), and ^{22}Na ($T_{1/2} = 2.6 \text{ yr}$) to gain some information on its exposure history. According to the measured upper limit for ^{22}Na , its fall must have occurred before 1970. The ^{26}Al -activity of $45.6 \pm 1.9 \text{ dpm/kg min}$ is clearly lower than the saturation activity of H-chondrites. By the aid of other facts it can be interpreted in terms of a 2-stage irradiation, similar to the one experienced by the Jilin meteorite.

Die Ybbsitz-Probe Nr. 5 (146 g) (siehe SCHNABEL 1985) wurde durch zerstörungsfreie Gamma-Spektrometrie auf ihren Gehalt an ^{26}Al , ^{60}Co und ^{22}Na untersucht. Tabelle 1 gibt die Aktivitäten zur Zeit der Messung (1. 12. 1984) in Zerfällen pro Minute und Kilogramm an. Für ^{60}Co und ^{22}Na konnten nur obere Grenzen gefunden werden. Der angegebene Fehler für ^{26}Al beinhaltet den statistischen 1σ Fehler und systematische Unsicherheiten der Eichung. Diese Isotope werden in Meteoriten durch die kosmische Strahlung über Spallationsreaktionen (^{26}Al und ^{22}Na) bzw. den Einfang thermischer Neutronen (^{60}Co) erzeugt. Die Produktionsraten für ^{60}Co sind nach EBERHARDT & al. (1963) stark von der Größe des Meteoriten und der Abschirmtiefe abhängig, während die Produktionsraten für spallogene Nuklide nur schwach hiervon beeinflußt werden (siehe z. B. CRESSY 1972).

Wegen des unbekanntes Falldatums können die kurzlebigen Radionuklide ^{60}Co und ^{22}Na nur bedingt zur Aufklärung der Bestahlungsgeschichte von Ybbsitz

¹⁾ Anschrift des Verfassers: Dr. Gerd HEUSSER, Max-Planck-Institut für Kernphysik, Postfach 103980, D-6900 Heidelberg. – BRD.

herangezogen werden. Ein merklicher Zerfall von ^{26}Al ist wegen der geringen Verwitterung des Meteoriten (kleines irdisches Alter) nicht zu erwarten.

Mit Hilfe der ^{22}Na -Aktivität läßt sich eine Untergrenze für das irdische Alter des Ybbsitz abschätzen. EVANS & al. 1982 haben für 13 H-Chondrite einen Mittelwert von 80 dpm $^{22}\text{Na}/\text{kg}$ gefunden. Nehmen wir für Ybbsitz diese Aktivität zur Fallzeit an, so folgt, daß er vor 1970 fiel. Die Schwankungsbreite der Literaturwerte, welche im wesentlichen durch die Modulation der Produktionsrate im 11-jährigen Sonnenzyklus (EVANS & al. 1982, HEUSSER & al. 1978) bestimmt ist, hat nur geringen Einfluß auf dieses Ergebnis.

Aus den Modellrechnungen von EBERHARDT & al. (1963) und der gemessenen Obergrenze von ^{60}Co läßt sich nur unter Annahme eines Fallzeitraumes eine Aussage gewinnen. Fiel Ybbsitz nach 1950, so hatte er bei sphärischer Gestalt einen Radius von < 50 cm vor dem Eindringen in die Atmosphäre, falls die gemessene Probe aus dem Zentrum stammt, oder die Abschirmtiefe war < 50 cm, falls die Probe sich außerhalb des Zentrums befand. Lag das Falldatum zwischen 1960 und 1970, so gilt obige Aussage entsprechend für < 30 cm.

^{26}Al ist deutlich niedriger als der bei HAMPEL & al. (1980) angegebene Mittelwert von 56 dpm/kg für 97 Messungen von H-Chondriten verschiedener Labors. Aus den von den gleichen Autoren ermittelten Element-Produktionsraten und der chemischen Zusammensetzung von Ybbsitz (KIESL & KLUGER 1985, PALME & al. 1985) ergibt sich eine Sättigungsaktivität von 64 dpm/kg. Ursache für die zu geringe Aktivität kann ein kurzes Bestrahlungsalter sein, eine große Abschirmtiefe oder eine so kleine voratmosphärische Masse des Ybbsitz, daß sich die Sekundärkomponente der kosmischen Strahlung nicht vollständig entwickeln konnte. Letztere Möglichkeit scheidet aufgrund des von SIGNER & al. (1985) für Ybbsitz gemessenen $^{22}\text{Ne}/^{21}\text{Ne}$ -Verhältnisses von 1.067 aus. Ein so niedriger Wert dieses Maßes für Strahlungshärte (siehe z. B. HERZOG & al. 1977, NISHIZUMI & al. 1980) ist typisch für hohe Abschirmung bzw. für sehr große Meteoriten. Ein Meteoroid mit einem durch seine Größe bedingten $^{22}\text{Ne}/^{21}\text{Ne}$ -Verhältnis von 1.067 hätte wohl ähnlich auffällige Fallphänomene verursacht wie z. B. Allende (KING & al. 1969) oder Jilin (Joint Investigation Group 1977). Aufgrund der aufgefundenen Masse von nur 15 kg (SCHNABEL 1985) und des Fehlens von Beobachtungsberichten zu diesem Fall muß angenommen werden, daß Ybbsitz als relativ kleiner Körper (< 1000 kg) in die Atmosphäre eingedrungen ist. Es bleibt daher nur der Schluß, daß Ybbsitz eine Zweistufen-Bestrahlung erfahren hat, bei der während der ersten Bestrahlung in einem größeren Mutterkörper die Hauptmenge des spallogenen Neons erzeugt wurde. Auch die Parallelen zu Jilin, für den eindeutig eine solche Bestrahlungsgeschichte nachgewiesen werden konnte (HONDA & al. 1982, HEUSSER & al. 1985), legen diesen Schluß nahe. Jilin weist ebenfalls eine ungesättigte ^{26}Al -Aktivität und ein ähnlich niedriges $^{22}/^{21}$ -Verhältnis auf.

Unter der Annahme, daß die oben angegebene Produktionsrate von 64 dpm/kg für die letzte Bestrahlungsstufe zutrifft, läßt sich mit Hilfe von $A = A_0(1 - e^{-\lambda t})$ eine obere Grenze von etwa $1,3 \times 10^6$ a für deren Dauer angeben. A und A_0 sind die gemessene und die Sättigungsaktivität und t ist die Bestrahlungs-

dauer. Mit dem bei HEUSSER & al. (1985) angegebenen Formalismus läßt sich für jedes t_2 auch die Dauer der ersten Stufe t_1 aus dem gemessenen ^{21}Ne -Gehalt (SIGNER & al. 1985) und der ^{26}Al -Aktivität angeben. Zu ihrer Festlegung ist jedoch die Messung eines weiteren langlebigen spallogenen Radionuklides, wie beispielsweise ^{53}Mn ($T_{1/2} = 3,7 \times 10^6\text{a}$), erforderlich.

Die Zweistufen-Bestrahlung von Ybbsitz fordert weitere Untersuchungen zu ihrer Aufklärung heraus. Meteorite mit komplexer Bestrahlungsgeschichte liefern besonders wertvolle Informationen über die Kollisionsvorgänge im Asteroidengürtel.

Tabelle 1. Kosmogene Radionuklide im Ybbsitz # (146 g)

Aktivität (dpm/kg = Zerfälle pro min/kg), am 1. Dez. 1984

| ^{26}Al ($7,16 \times 10^5\text{a}$) | ^{22}Na (2,6a) | ^{60}Co (5,27a) |
|--|----------------------------|-----------------------------|
| $45,6 \pm 1,9$ | < 1,5 | < 2,5 |

Literatur

- CRESSY, P. J., Jr. (1972): Cosmogenic Radionuclides in the Allende and Murchison Carbonaceous Chondrites. – *J. Geophys. Res.*, **26**: 4905.
- EBERHARDT, P., GEISS, J. & LUTZ, H. (1963): Neutrons in Meteorites. – in: GEISS, J. & GOLDBERG, E. P. (Eds.): *Earth Science and Meteoritics*.
- EVANS, J. C., REEVES, J. H., RANCITELLI, L. A. & BOGARD, D. D. (1982): Cosmogenic Nuclides in Recently Fallen Meteorites: Evidence for Galactic Cosmic Ray Variations during the Period 1967–1978. – *J. Geophys. Res.*, **87**: 5577.
- HAMPEL, W., WÄNKE, H., HOFMEISTER, H., SPETTEL, B. & HERZOG, G. F. (1980): ^{26}Al and Rare Gases in Allende, Bereba and Juvinas: Implications for Production Rates. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, **44**: 539.
- HERZOG, G. F., CRESSY, P. J. Jr. & CARVER, E. A. (1977): Shielding Effects in Norton County and other Aubrites. – *J. Geophys. Res.*, **82**: 3430.
- HEUSSER, G., HAMPEL, W., KIRSTEN, T. & SCHAEFFER, O. A. (1978): Cosmogenic Isotopes in Recently Fallen Meteorites. – *Meteoritics*, **13**: 492.
- , OUYANG, Z., KIRSTEN, T., HERPERS, U. & ENGLERT, P. (1985): Conditions of the Cosmic-ray Exposure of the Jilin Chondrite. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **72**: 263.
- HONDA, M., NISHIZUMI, K., IMAMURA, M., TAKAOKA, N., NITOH, O., HORIE, K. & KOMURA, K. (1982): Cosmogenic Nuclides in the Jilin Chondrite. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **57**: 101.
- Joint investigation group of the Jilin Meteorite Shower, Academia Sinica (1977): A Preliminary Survey on the Jilin Meteorite Shower. – *Scientia Sinica*, **20**: 502.
- KIESL, W. & KLUGER, F. (1985): Chemische Untersuchungen am Ybbsitz-Meteoriten. – *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **87/A**: 39–46. – Wien. (dieser Band)
- KING, E. A., SCHÖNFELD, E., RICHARDSON, K. A. & ELDRIDGE, J. S. (1969): Meteorite Fall at Pueblito de Allende, Chihuahua, Mexico: Preliminary Information. – *Science*, **163**: 928.
- NISHIZUMI, K., REGNIER, S. & MARTI, K. (1980): Cosmic Ray Exposure Ages of Chondrites, Pre-irradiation and Constancy of Cosmic Ray Flux in the Past. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **50**: 156.
- PALME, H., SPETTEL, B. & WÄNKE, H. (1985): Die chemische Zusammensetzung des Meteoriten von Ybbsitz. – *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **87/A**: 47–51. – Wien. (dieser Band)

- SCHNABEL, W. (1985): Fund- und Entdeckungsgeschichte des Meteoriten von Ybbsitz. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, **87/A**: 1–9. – Wien. (dieser Band)
- SIGNER, P., SARAFIN, R., SCHULTZ, L., WEBER, H. W. & WIELER, R. (1985): Edelgase in Ybbsitz: Retentions- und Bestrahlungsalter als Hinweise auf die Geschichte des Meteoriten. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, **87/A**: 53–60. – Wien. (dieser Band)