

UNTERSUCHUNGEN VON FLÜSSIGKEITSEINSCHLÜSSEN IN DIAMANTEN MITTELS INSTRUMENTELLER NEUTRONENAKTIVIERUNGSANALYSE

SCHRAUDER, M.* **, KOEBERL, C.* & NAVON, O.**

* Inst. f. Geochemie, Univ. Wien, Althanstr.14, A-1090, Austria

* Inst. of Earth Sci., Hebrew Univ., Jerusalem 91904, Israel

Einführung:

Flüssigkeitseinschlüsse in Diamanten geben Aufschluß über die Bildungsbedingungen bei ihrer Entstehung und über die Zusammensetzung von »Fluiden« im Erdmantel (ROEDDER, 1984). Diamanten mit würfeligem Habitus und fibröser Textur beinhalten Mikroeingeschlüsse, die mit Wasser, Karbonaten, Silikaten, Apatit und Kohlendioxid gefüllt sind (NAVON et al., 1988; SCHRAUDER & NAVON, 1994). Die Größe der Einschlüsse ist meist kleiner als 1 Micrometer und die eingeschlossene Flüssigkeit ist noch immer unter Hochdruck (~1.5–2 GPa; NAVON, 1991). Untersuchungen mittels Infrarotspektroskopie (IR) und Elektronenstrahlmikrosonde (EMS) haben gezeigt, daß die Zusammensetzung dieser Flüssigkeitseinschlüsse in verschiedenen Diamanten eine große Variationsbreite zeigt, wobei allerdings die Einschlüsse in einzelnen Kristallen eher eine homogene Zusammensetzung haben. »Fluide« in dem fibrösen Diamant-Typ variieren in der Zusammensetzung zwischen einem wasser- und silikatreichen und einem karbonatreichem Endglied (SCHRAUDER & NAVON, 1994). Die instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse (INAA) ist ein geeignetes analytisches Instrument um die Spurenelementzusammensetzung dieser »Fluide« zu ermitteln, da der Diamant selbst (das die Einschlüsse umgebende Medium) sozusagen »transparent« für Neutronen ist. Frühere Untersuchungen mittels INAA (FESQ et al., 1973; BIBBY, 1979) wurden oft an nur unpräzise beschriebenen Proben durchgeführt, wodurch es unmöglich ist festzustellen, ob Mineraleinschlüsse, Spaltenverunreinigungen oder andere Einschlüsse analysiert wurden. In dieser Studie (SCHRAUDER et al., in press.) werden die Ergebnisse an dreizehn »würfelig-fibrösen« Diamanten aus Jwaneng (Botswana), die vorher mit IR und EMS charakterisiert worden sind (SCHRAUDER & NAVON, 1994), dargestellt.

Experimentelles

Dreizehn Diamanten wurden in einem Aluminium-Metall Mörser zerbrochen. Stücke ohne Spalten und andere Verunreinigungen wurden ausgewählt und in einem Teflonegefäß in einem Säuregemisch (HF+HNO₃) gekocht. Die Proben (10–60 mg) wurden in dem Astra-Typ Reaktor in Seibersdorf (Österreich) bei einem Neutronenfluß von $6 \times 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ca. 5.5 Stunden bestrahlt. Die Auswertung erfolgte in drei Meßdurchgängen mittels eines hochreinen Ge-Detektors am Institut für Geochemie der Universität Wien. Als Standards und Flußmonitore wurden zwei Granite (ACE und G2) und ein Meteorit (Allende) verwendet (siehe KOEBERL, 1993).

Resultate

Die Gehalte folgender Elemente wurden ermittelt: Na, K, Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, As, Br, Rb, Sr, Zr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Ir, Au, Th und U. Die absoluten Gehalte all dieser Elemente in den Diamantproben variieren zwischen

20–800 ppm. Da die Konzentrationen der Elemente im Diamant von der Häufigkeit der Einschlüsse abhängen, können die relativen Elementkonzentrationen in den »Fluiden« errechnet werden, indem wir ein Element (z.B. den Kalium-Wert) der NAA auf den Wert der EMS normieren. Es wird dadurch möglich die Konzentrationen einzelner Elemente in dem »Mantel-fluid« zu ermitteln. Alle Proben sind extrem reich an Kalium und anderen inkompatiblen Elementen (z.B. Br, Rb, Sr, Zr, Cs, Ba, Hf, Ta, Th, U, und den leichten Seltenen Erdelementen (SEE)) in Vergleich mit der Zusammensetzung des prim. Mantels (SUN, 1982). Die meisten Elementkonzentrationen zeigen eine negative Korrelation mit dem SiO₂-Gehalt (wt%; EMS Daten aus SCHRAUDER & NAVON, 1994) des »Fluides«. Die karbonatreichen Fluide erweisen sich daher als die am meisten, an inkompatiblen Elementen, angereicherten Fluide. Die Anreicherung gegenüber den silikatreicheren »Fluiden« beträgt 2–5. Die »Fluide« selbst hingegen weisen eine Anreicherung um den Faktor 5–10 gegenüber Mantelmagmen wie Kimberlit oder Lamproit auf (MITCHELL, 1986; ROCK, 1991). Die »Fluide« zeigen steile chondritnormierte SEE-Verteilungsmuster, mit La_n/Yb_n Verhältnissen von 30–80, ähnlich denen von Kimberlit- oder Lamproitgesteinen (MITCHELL, 1986; ROCK, 1991).

Diskussion

Die Konzentrationen von inkompatiblen Elementen in den »Fluiden« ist höher als im prim. Mantel, oder anderen Mantelschmelzen (z.B. Kimberlit-der Schmelze die den Diamant an die Oberfläche befördert). Die karbonatreichen »Fluide« sind um den Faktor 2 reicher an inkompatiblen Elementen als die wasser- und silikatreichen »Fluide«, womit sich ihre Bedeutung als potentiell metasomatisches »Fluid« hervorhebt. Der Hauptelementchemismus der »Fluide« ist nicht von einem Kimberlit abzuleiten, wodurch es auszuschließen ist, daß sich dieser Diamant-Typ als »Phänokristall« im Kimberlit gebildet hat. Aufgrund der IR und EMS Untersuchungen von SCHRAUDER & NAVON (1994) wurden drei Modelle vorgeschlagen um die Hauptelementvariationen zu erklären:

(1) Partielle Aufschmelzung: Unter Verwendung experimentell bestimmter Verteilungskoeffizienten zwischen karbonatschmelze und peridotitischen Mineralen (SWEENEY et al., 1995) haben wir Mineralzusammensetzungen im Gleichgewicht mit den »Fluiden« berechnet, welche ergeben haben, daß die Gesteine aus denen sich die »Fluide« entwickelt haben, schon vorangereichert worden sein müssen. Daher wird eine Entwicklung aus gewöhnlichen Mantelgesteinen ausgeschlossen.

(2) Fraktionierte Kristallisation: Fraktionierung einer Kimberlit-ähnlichen Schmelze in einer Tiefe von 150 km könnte zur Bildung des karbonatreichen »Fluides« führen. Weitere Fraktionierung von Karbonat-, Rutil- und Apatitkristallen könnte die Abnahme der meisten Elemente vs. Silikat erklären. Als Problem ist lediglich die nicht-lineare Verteilung von Zr und Hf zu sehen.

(3) Mischung zweier »Fluide« mit Endgliedzusammensetzung: Durch das Mischen zweier »Fluide« könnten die linearen Verteilungsmuster gut erklärt werden.

Vergleiche zwischen den »Diamant-Fluiden« und Mantelschmelzen und Mantelgesteinen zeigen Ähnlichkeiten. Besonders eklogitische Klinopyroxene aus Diamanten lassen auf metasomatische »Fluide« schließen, die denen aus den fibrösen Diamanten

ähnlich sind. Da würfelige Diamanten bis jetzt in situ nur aus Eklogiten beschrieben worden sind, scheint der Spurenelementchemismus der »Fluide« auch in Richtung Eklogit zu weisen. Die Untersuchungen unterstreichen die Bedeutung von karbonat- und wasserreichen »Fluiden« unter Drücken des Diamantstabilitätsfeldes und zeigen, daß beide »Fluide« potentielle Medien des Elementtransportes sind. Chemischen Unterschiede und das weltweite Auftreten dieser Fluide in einem speziellen Diamant-Typ werden dahingehend interpretiert, daß die Region im oberen Erdmantel, aus der die »Fluide« stammen, sehr heterogen ist.

Diese Arbeit wurde durch den Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF), Projekt PO9521-GEO gefördert.

- BIBBY, D.M. (1979): - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43, 415–423.
- FESQ, H.W., BIBBY, D.M., SELLSCHOP, J.P.F., and WATTERSON, J.I.W. (1973): - *J. Radioanal. Chem.*, 17, 195–215.
- KOEBERL, C. (1993): - *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 168, 47–60.
- MITCHELL, R.H. (1986): - Plenum Press, New York, 442 pp.
- NAVON, O. (1991): - *Nature*, 353, 746–748.
- NAVON, O., HUTCHEON, I.D., ROSSMAN, G.R., and WASSERBURG, G.J. (1988): *Nature*, 335, 784–789.
- ROCK, N.M.S. (1991): - Blackie, Glasgow and London, 285 pp.
- ROEDDER, E. (1984): - *Reviews in Mineralogy*, 12, 1–664, Miner. Soc. of America, Washington.
- SCHRAUDER, M. and NAVON, O. (1994): - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 58, 761–771.
- SCHRAUDER, M., NAVON, O., and KOEBERL, C. (in press): - *Geochim. Cosmochim. Acta*
- SUN, S. (1982): - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 179–192.
- SWEENEY, R.J., PROZESKY, V., and PRZYBYLOWICZ, W. (1995): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 59, 3671–3683.