

**EINSATZMÖGLICHKEITEN DER IR-MIKROSKOPIE FÜR DIE UNTERSUCHUNG  
VON FLÜSSIGKEITSEINSCHLÜSSEN IN OPAKEN MINERALEN**

von

**Volker Lüders**

GeoForschungsZentrum GFZ Potsdam  
Telegrafenberg, D-14473 Potsdam

Vortrag vor der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft  
gehalten am 31. Mai in Wien, am 1. Juni in Leoben und am 2. Juni in Salzburg

In der modernen Lagerstättenforschung ist die Untersuchung von Fluideinschlüssen in Mineralen zu einem unerlässlichen Hilfsmittel geworden. Über mikrothermometrische Daten ist es möglich, insbesonders Aussagen über die bei der Bildung von hydrothermalen Lagerstätten herrschenden Temperaturen, Drücke und Fluidzusammensetzungen zu machen und somit Fluidentwicklungen zu rekonstruieren.

Die aus Fluideinschlüssen gewonnenen Daten sind nicht nur für lagerstättenkundliche Fragestellungen von besonderem Interesse, sondern werden auch in der Prospektion und Exploration zur Definition und Abgrenzung von Mineralisationen und Lagerstättenprovinzen verwendet. Üblicherweise werden in der Lagerstättenkunde Fluiduntersuchungen an durchlichttransparenten Begleitmineralen (wie z.B. Quarz, Karbonaten oder Fluorit) der Erze durchgeführt, unter der Annahme, daß die auftretenden Mineralassoziationen (Erz-Gangart) kogenetisch und somit die aus Fluideinschlußuntersuchungen in der Gangart gewonnene P-T-X-Informationen für die Bedingungen bei der Erzabscheidung repräsentativ sind. Die IR-Mikroskopie mit hochauflösender IR-Kamera im Wellenbereich 0.8 bis 2.5  $\mu\text{m}$  bietet nun die Möglichkeit für einige Mineralassoziationen diese Annahme direkt zu prüfen (CAMPBELL, 1991).

Die IR-Transparenz von Mineralen hängt von der Energie der Bandlücke (Sulfide) und IR-aktiven Schwingungen von Anionen oder Molekülen im untersuchten Kristallgitter ab. Speziell Minerale wie Sulfide, die Halbleiter-Eigenschaften aufweisen, zeigen qualitativ sehr unterschiedliche IR-Transparenz. Kristallstruktur als auch Chemismus definieren die Energie der Bandlücke, welche wiederum die Absorptionsbanden für IR-Licht festlegen. Verunreinigungen durch Spurenelemente mit unterschiedlichen Ladungen können die elektronische Konfiguration im Mineral verändern und somit die Lage der Bandlücke beeinflussen, was zur Veränderung der IR-Transparenz führen kann.

Die individuelle IR-Transparenz verschiedener Erzminerale lässt sich mittels Fourier-Transformation IR-(FTIR)-Spektroskopie ermitteln. Die Anwendung dieser Methode erlaubt Aussagen darüber, ob bestimmte Minerale im Spektralbereich IR-sensibler Kameras (0.8–max. 2.5  $\mu\text{m}$ ) IR-transparent sind und somit für IR-mikroskopische Untersuchungen überhaupt in Frage kommen.

Neben nativen Metallen sind Erzminerale mit sehr geringer Energie der Bandlücke wie z.B. Arsenopyrit nicht IR-transparent. Andere Sulfide wie z.B. Bleiglanz haben IR-Absorptionsbanden, die außerhalb des Spektralbereichs höchstauflösender IR-Kameras liegen. Am Beispiel von Pyrit zeigen sich charakteristische Unterschiede in der IR-Transparenz in Abhängigkeit von den Bildungsbedingungen (LÜDERS & ZIEMANN, 1999).

Neben einigen Sulfiden und Sulfosalzen sind verschiedene Oxid- und Hydroxid-Erze (z.B. Wolframit, Hämatit oder Hausmannit) für IR-mikroskopische Untersuchungen geeignet (CAMPBELL & ROBINSON-COOK, 1987; LÜDERS et al., 1999).

Studien an Flüssigkeitseinschlüssen in Wolframiten und vergleichende Untersuchungen in vermeintlich kogenetischen Quarzen verdeutlichen, daß häufig starke Diskrepanzen sowohl hinsichtlich der Salinität als auch der Homogenisierungstemperaturen vom Flüssigkeitseinschlüssen in den beiden Mineralen bestehen (Abb. 1), obwohl von Gefügebild her deutliche Hinweise auf eine kogenetische Bildung der Minerale bestehen (CAMPBELL & PANTER, 1990; LÜDERS, 1996).

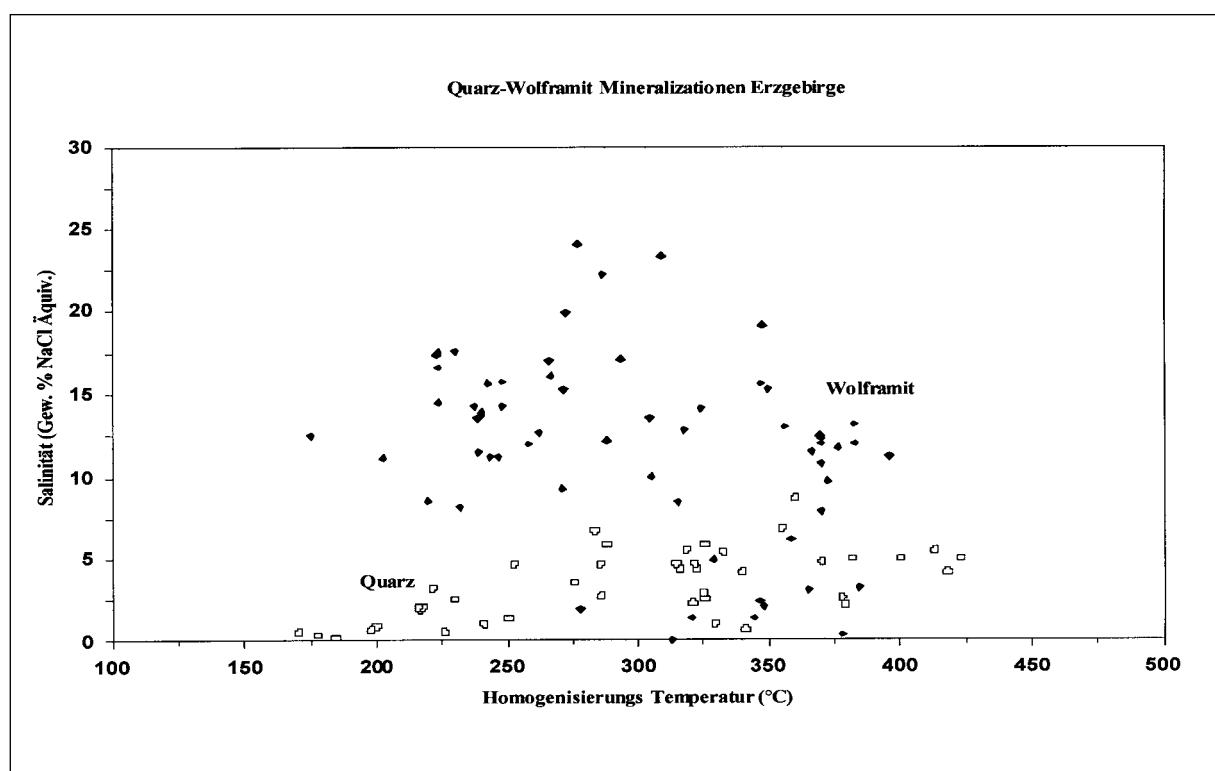


Abb. 1

$T_h$ /Salinitäts-Diagramm zweiphasiger Flüssigkeitseinschlüsse in Wolframiten und Quarzen verschiedener Vorkommen im Erzgebirge.

Mittels IR-Mikroskopie ließen sich erstmals auch Flüssigkeitseinschlüsse in Enargit (MANCANO & CAMPBELL, 1995), Antimonit (LÜDERS, 1996; BAILLY et al., 1999; COVAN et al., 1999), Bournonit (LÜDERS, 1996), Pyrit (LÜDERS & ZIEMANN, 1999; KOUZMANOV et al., 1999) mikrothermometrisch untersuchen und lieferten neue Ergebnisse zum minero-genetischen Verständnis von Erzlagerstätten.

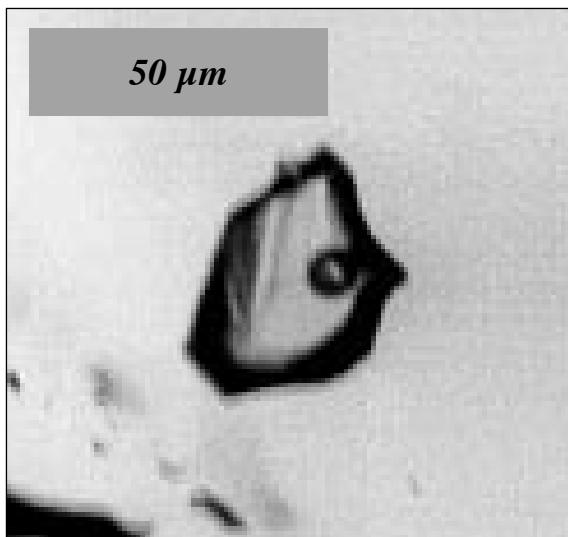


Abb. 2

Primärer Flüssigkeitseinschluß in Hämatit (Kalahari Mn-Feld).

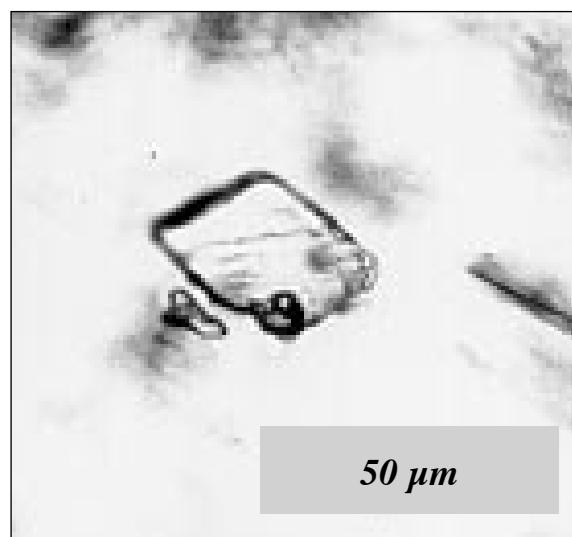


Abb. 3

Primärer Flüssigkeitseinschluß in Hausmannit (Kalahari Mn-Feld).

Die Untersuchung von Flüssigkeitseinschlüssen in Hämatit (Abb. 2) und Hausmannit (Abb. 3) aus sogenannten "high-grade Wessels-type manganese ore", das im stark alterierten NW-Teil des Kalahari-Mangan-Erzfelds (Süd-Afrika) störungsgebunden auftritt, ergab, daß diese Minerale zusammen mit Calcit und anderen Gangartmineralen aus hoch-salinaren Lösungen abgeschieden worden sind (LÜDERS et al., 1999). Die hohe Salzfracht der mineralbildenden Lösungen lässt auf die Wechselwirkung hydrothermalen Fluids mit Ca-Mn-Mg-Karbonat-reichen Protoerz zurückführen. Die durch IR-Mikroskopie ermittelten Bildungstemperaturen der ökonomisch bedeutenden Manganerze (Mn-Gehalte bis 51 Gew. % Mn) lagen unterhalb 200°C und somit deutlich unterhalb der abgeschätzten Bildungstemperaturen von bis zu 400°C, die auf der Basis von thermodynamischen Gleichgewichten von Mineralparagenesen ermittelt worden sind (MIYANO & BEUKES, 1987).

## Literatur

- CAMPBELL, A.R. (1991): Geologic applications of infrared microscopy. - SEPM short course Vol. 25, 161-171.
- CAMPBELL, A.R. & ROBINSON-COOK, S. (1987): Infrared fluid inclusion microthermometry on coexisting wolframite and quartz. - *Econ. Geol.*, 82, 1640-1645.
- CAMPBELL, A.R. & PANTER, K.S. (1990): Comparison of fluid inclusions in coexisting (cogenetic?) wolframite, cassiterite and quartz from St. Michels Mount and Cligga head, Cornwall, England. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 54, 673-681.
- CHOVAN, M., LÜDERS, V. & HURAI, V. (1999): Fluid inclusions and C, O-isotope constrains on the origin of granodiorite-hosted Sb-As-Au-W deposit at Dúbrava (Nízke Tatry Mts., Western Carpathians. - *Terra Nostra*, 99/6, 83-85.
- KOUZMANOV, K.; BAILLY, L. & RAMBOZ, C. (1999): Fluid inclusions in pyrite: morphology, origin and IR-light microthermometry. - *Terra Nostra*, 99/6, 173-175.
- LÜDERS, V. (1996): Contribution of infrared microscopy to fluid inclusion studies in some opaque minerals (wolframite, stibnite, bournonite): Metallogenetic implications. - *Econ. Geol.*, 91, 1462-1468.
- LÜDERS, V. & ZIEMANN, M. (1999): Possibilities and limits of infrared light microthermometry applied to studies of pyrite-hosted fluid inclusions. - *Chem. Geol.*, 154, 169-178.
- LÜDERS, V.; GUTZMER, J. & BEUKES, N.J. (1999): Fluid inclusion studies in cogenetic hematite, hausmannite, and gangue minerals from high-grade manganese ores in the Kalahari Manganese Field, South Africa. - *Econ. Geol.*, 94, in press.
- MANCANO, D.P. & CAMPBELL, A.R. (1995): Microthermometry of enargite-hosted fluid inclusions from Lepanto, Philippines, high-sulfidation Cu-Au deposit. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 59, 3909-3916.
- MIYANO, T. & BEUKES, N.J. (1987): Physicochemical environments for the formation of quartz-free manganese oxide ores from Early Proterozoic Hotazel Formation, Kalahari manganese field, South Africa. - *Econ. Geol.*, 82, 706-718.