

Flüssigkeitseinschlüsse in Baryten aus dem Grazer Paläozoikum (Steiermark) und in Magnesiten von Radenthein (Kärnten)

VON WERNER TUFAR

Zusammenfassung

Untersuchungen von Flüssigkeitseinschlüssen in Baryten aus der syngenetischen Blei-Zink-Baryt-Vererzung des Grazer Paläozoikums (Steiermark) und in Magnesiten von Radenthein (Kärnten) ergaben als mineralisierende Lösungen Chlorid-Hydrogencarbonat-Lösungen von Alkali- und Erdalkalimetallen. Die Flüssigkeitseinschlüsse im Magnesit zeichnen sich außerdem durch relativ hohe Gehalte an Hydrogencarbonat sowie an Magnesium aus. Die Homogenisierungstemperatur zweiphasiger Primäreinschlüsse im Baryt ergab Werte um 230°C .

Summary

Investigations of fluid inclusions in barites of the syngenetic lead-zinc-barite mineralisation of the Graz Paleozoic (Styria) and in magnesites of the Radenthein deposit (Carinthia) showed that the mineral-forming solutions are chloride-bicarbonate solutions of alkali and alkaline-earth metals. The fluid inclusions in magnesite are characterized furthermore by relatively high concentrations of bicarbonate and magnesium ions. Multiphase fluid inclusions in barites of the Graz Paleozoic show homogenisation temperatures of around 230°C .

Häufig kann beobachtet werden, daß Kristalle im mikroskopischen Bereich Einschlüsse von Flüssigkeiten sowie Gasphasen und stellenweise auch Tochterkristalle aufweisen. Bei diesen Einschlüssen handelt es sich um Reste der ursprünglichen mineralisierenden Lösungen.

Die Untersuchungen von Flüssigkeitseinschlüssen in Mineralien bietet somit die Möglichkeit, Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung von mineralisierenden Lösungen, auch von Erzmineralisationen, zu ziehen. Darüber hinaus kann aus der an Flüssigkeitseinschlüssen ermittelten Homogenisierungstemperatur die Bildungstemperatur der betreffenden Mineralbildungen abgelesen werden. Es steht hier somit eine Untersuchungsmethode zur Verfügung, die besonders zur Klärung lagerstättenkundlicher Fragestellungen mit Erfolg eingesetzt werden kann.

Wenngleich das Vorhandensein von Einschlüssen in Kristallen schon sehr lange bekannt ist und wichtige Beobachtungen darüber u. a. bereits von H. C. SORBY (1858) oder F. ZIRKEL (1870, 1907) und davor festgehalten worden sind, ist der Durchbruch in der Anwendung dieser Untersuchungsmethode aus der übergroßen Anzahl von Veröffentlichungen in den vergangenen 20 Jahren zu ersehen. Hierbei fällt noch auf, daß die weitaus größte Zahl von Arbeiten im russischen Schrifttum zu finden ist.

Von den zusammenfassenden Untersuchungen sei hier nur auf N. P. ERMAKOV (1965), E. ROEDDER (1972) oder C. G. CUNNINGHAM (1977) verwiesen. Eine eingehende Bearbeitung einiger Baryte aus deutschen Ganglagerstätten führte W. BAUM (1975) durch.

Für eine Untersuchung von Flüssigkeitseinschlüssen zur Klärung lagerstättenkundlicher Fragestellungen bieten sich vor allem auch Erzmineralisationen aus den Ostalpen an. Begonnen wurde mit einer Bearbeitung der Baryte aus den Blei-Zink-Lagerstätten des Grazer Paläozoikums und von Magnesiten aus der Lagerstätte von Radenthein. Über die ersten Ergebnisse wurde von W. TUFAR (1975) kurz in Heidelberg berichtet.

Bei den Blei-Zink-Baryt-Lagerstätten im Grazer Paläozoikum handelt es sich nach W. TUFAR (1965, 1972 b, 1975) um eine syngenetische Erzmineralisation, die dem Typ Meggen a. d. Lenne bzw. Rammelsberg im Harz vergleichbar ist und regionalmetamorph überprägt wurde. Der Baryt läßt, wie die mikroskopischen Befunde ergaben, mindestens zwei Schieferungen nachweisen, wobei s_1 und s_2 deutlich abweichende Orientierungen aufweisen.

Der Baryt (vgl. Abb. 1) kann relativ reichlich Flüssigkeitseinschlüsse (vergl. Abb. 2—6) enthalten. Gemeinsam ist den Einschlüssen, daß sie im Vergleich mit Flüssigkeitseinschlüssen in Gangbaryten (vgl. z. B. W. BAUM, 1975) sehr klein ausgebildet sind.

Vorherrschend sind einphasige Flüssigkeitseinschlüsse, daneben finden sich aber auch zweiphasige Einschlüsse (Lösungen, Gasphase; vergl. Abb. 2—6), und zwar sowohl Primäreinschlüsse als auch Sekundäreinschlüsse. Häufig befindet sich die Gasblase in den Einschlüssen in „Brownscher Bewegung“. Mehrfach weisen Flüssigkeitseinschlüsse Abschnürungserscheinungen auf (vgl. Abb. 5). Selten ließen sich Dreiphaseneinschlüsse, bestehend aus Lösungen, Gasphase und Tochterkristall oder flüssigem CO_2 (vergl. Abb. 6) beobachten.

Messungen der Homogenisierungstemperatur von zweiphasigen Primäreinschlüssen im Baryt vom Arzwardgraben bei Waldstein ergaben Werte von 195°C bis 250°C , wobei ein Maximum um 230°C vorliegt. Zweiphasige Sekundäreinschlüsse ergaben wesentlich niedrigere Werte für die Homogenisierungstemperatur.

Aus den an den Primäreinschlüssen ermittelten Werten für die Homogenisierungstemperatur kann gefolgert werden, daß diese der Temperatur entsprechen, die während der metamorphen Überprägung des Grazer Paläozoikums bzw. im Bereich dieser Blei-Zink-Baryt-Lagerstätte geherrscht hat.

Dadurch wird auch verständlich, daß in diesen Lagerstätten Hochtemperatur-Kupferkies nicht nachgewiesen werden konnte. Dieser, ein ansonsten nach W. TUFAR (1974) für zahlreiche genetisch sehr unterschiedliche ostalpine Vererzungen charakteristischer Gemengteil, setzt für seine Bildung wesentlich höhere Temperaturen voraus, nämlich oberhalb zirka 550°C (vgl. z. B. W. TUFAR, 1969, 1974).

Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeitseinschlüsse wurden diese aus dem Baryt ausgelaugt. Die Vor- und Aufbereitung der Proben, sowohl der Baryte wie auch der noch zu besprechenden Magnesite, erfolgte nach international üblichen Verfahren, wie sie bei N. E. UCAMEJSVILI (1965) oder, etwas variiert, bei O. LEEDER, R. THOMAS und A. TIMMLER (1972) angeführt werden. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden die Auslaugungsanalysen jeweils mit 200 ml bidestilliertem Wasser an 100 g extrem gereinigter Probe, um eine Verfälschung der Analysenwerte so weit wie möglich auszuschließen, durchgeführt.

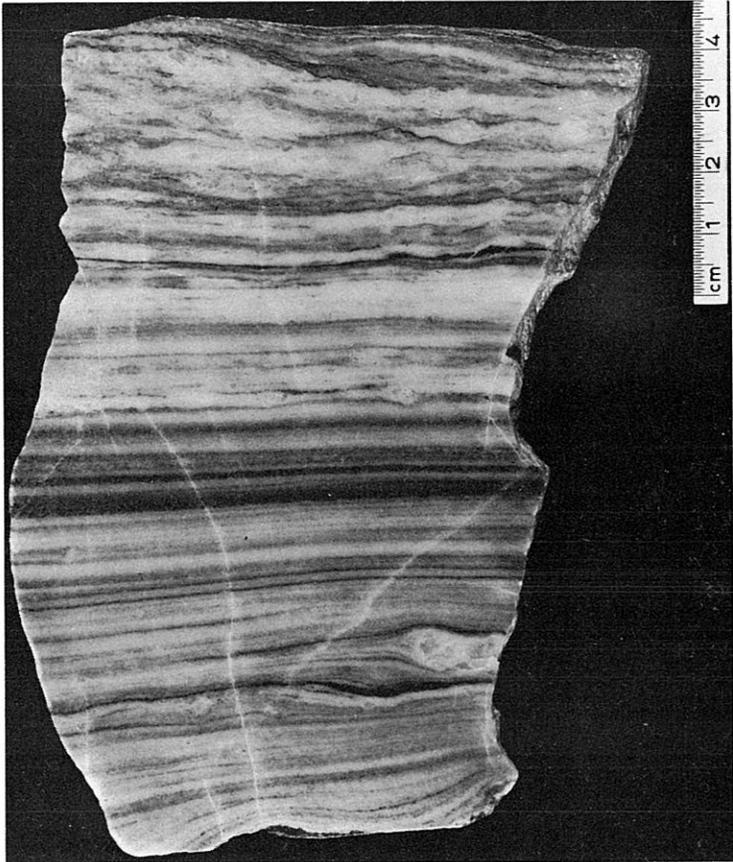


Abb. 1:
Arzwaldgraben bei Waldstein (Steiermark).
Metamorph überprägter syngenetischer Baryt mit deutlich lagiger Textur. In den dunklen Lagen dieser Wechselfolge findet sich z. T. reichlich Erz („Pigment“; Bleiglanz, Zinkblende usw.), stellenweise liegen auch gering mächtige Nebengesteinslagen vor.

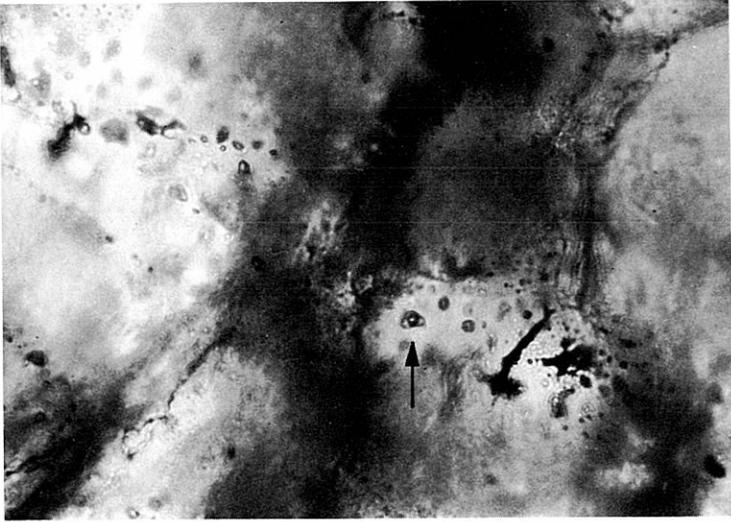


Abb. 2 a

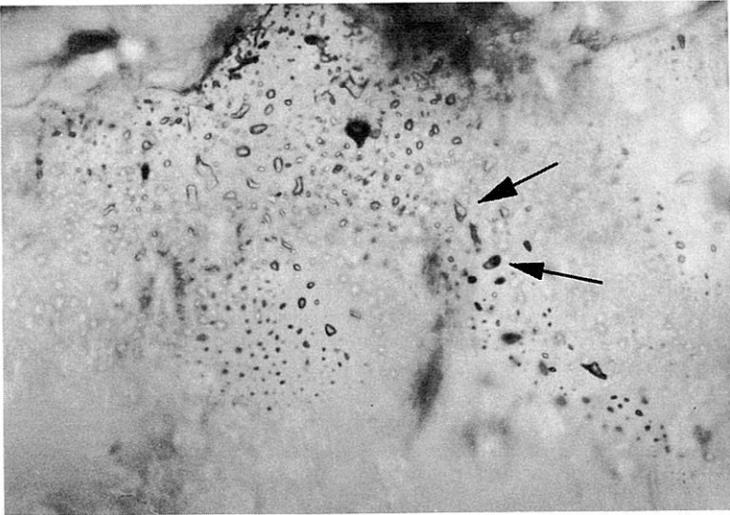


Abb. 2 b

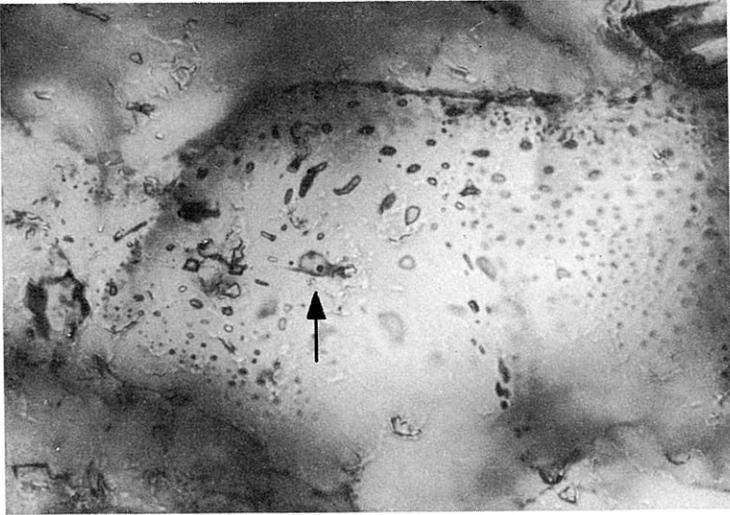


Abb. 2 c

Abb. 2:
 Arzwaldgraben bei Waldstein (Steiermark).
 Baryt enthält inmitten zahlreicher kleiner, zumeist einphasiger Sekundäreinschlüsse vereinzelt primäre
 zweiphasige Flüssigkeitseinschlüsse (Lösung und Gasblase — Pfeile!).
 Polierte Dickschliffe, Vergr. 2 a—2 c: 470mal.

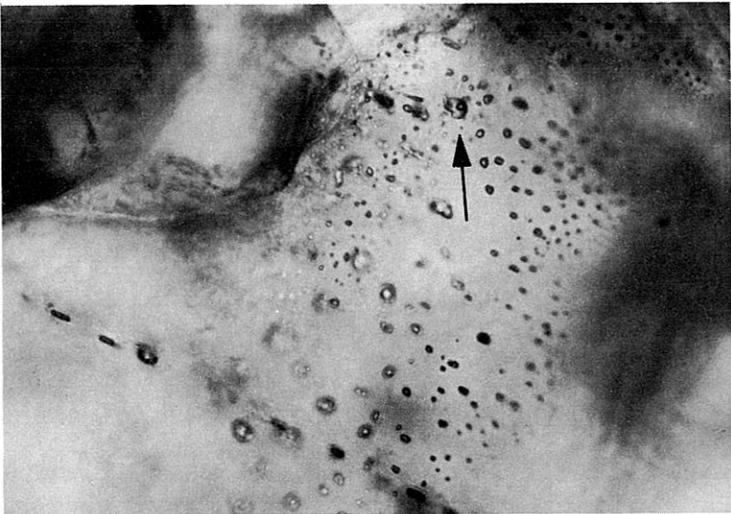


Abb. 3:
 Arzwaldgraben bei Waldstein (Steiermark).
 Baryt mit flächenhaft angeordneten ein- und zweiphasigen sekundären Flüssigkeitseinschlüssen, die sich
 z. T. über Korngrenzen und Risse hinaus verteilen. Innerhalb der Sekundäreinschlüsse ist ein
 zweiphasiger Primäreinschluß (Lösung und Libelle — Pfeil!) erkennbar. Polierter Dickschliff, Vergr.:
 470mal.

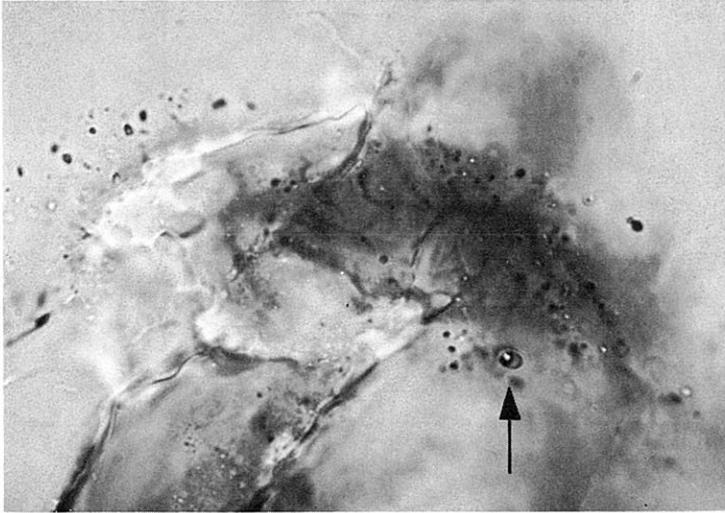


Abb. 4:
 Arzwalddraben bei Waldstein (Steiermark).
 Isolierter zweiphasiger Primäreinschluß (Lösung und Gasblase — Pfeil!) in Baryt wird gesäumt von kleinen sekundären Flüssigkeitseinschlüssen. Diese überlagern Korngrenzen und Mikrorisse und verheilen sie zum Teil. Polierter Dickschliff, Vergr.: 1150mal.

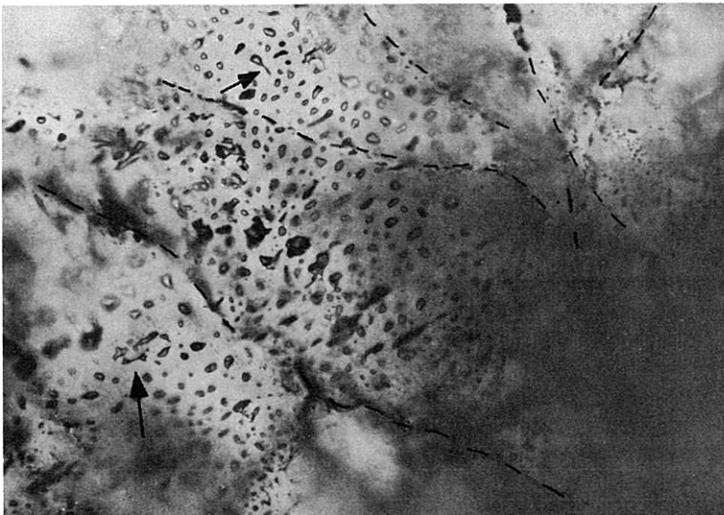


Abb. 5:
 Arzwalddraben bei Waldstein (Steiermark).
 Baryt mit überwiegend einphasigen sekundären Flüssigkeitseinschlüssen, die z. T. parallele Anordnung auf einer verheilten Reißfläche („fracture zone“) aufweisen. Diese wird von jüngeren Mikrorissen (teilweise strichliert) durchzogen, die ebenfalls bereits Ausheilung durch Einschlüsse erkennen lassen. Vereinzelt sind an den sekundären Flüssigkeitseinschlüssen Abschnürungserscheinungen (Pfeile!) beobachtbar.
 Polierter Dickschliff, Vergr.: 470mal.

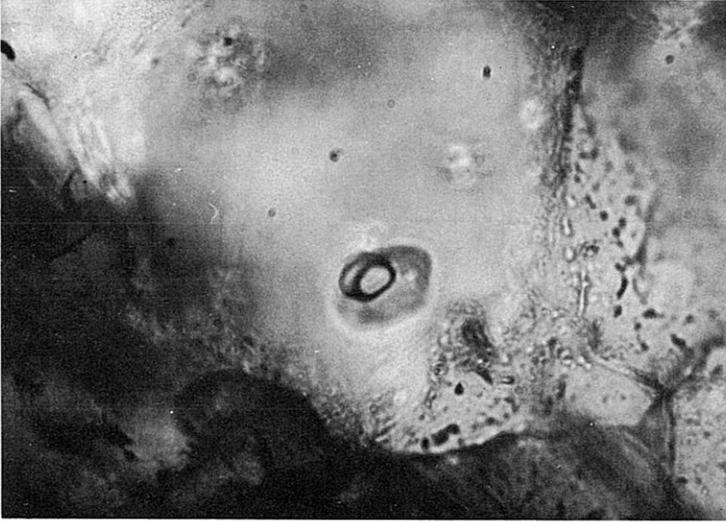


Abb. 6:

Arzswaldgraben bei Waldstein (Steiermark).

Kleine ein- und zweiphasige Sekundäreinschlüsse in Baryt überlagern Korngrenzen und Mikrorisse und verheilen diese zum Teil. Etwas isoliert im Baryt findet sich ein relativ großer primärer Dreiphaseneinschluß (unterhalb Bildmitte). Dieser läßt (von rechts nach links) neben der Lösung und Gasblase deutlich flüssiges CO_2 (doppelter „Meniskus“!) erkennen.

Polierter Dickschliff, Vergr.: 1250mal.



Abb. 7:

Radenthein (Kärnten).

Ausschnitt aus Magnesit mit zwei isoliert gelegenen sehr kleinen zweiphasigen Primäreinschlüssen (Lösung und Libelle — Mitte rechter und linker Bildrand).

Polierter Dickschliff, Vergr.: 2200mal.

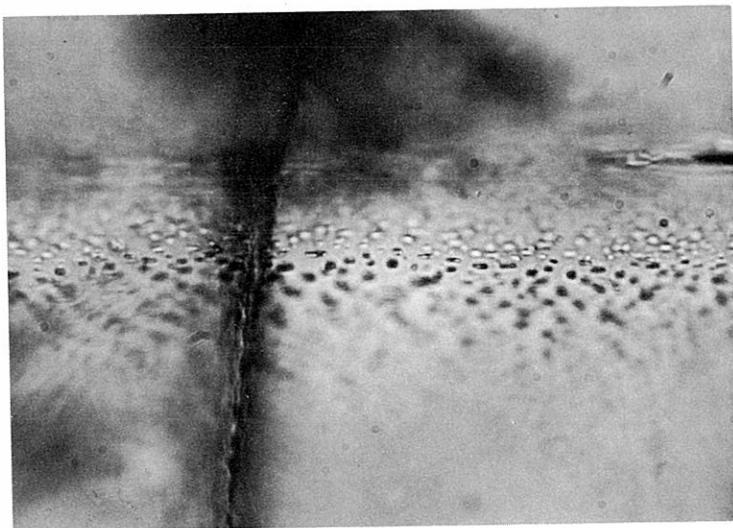


Abb. 8:
 Radenthein (Kärnten).
 Verteilungsfläche in Magnesit mit deutlich orientierten, sehr kleinen und röhrenförmig ausgebildeten ein- und zweiphasigen Sekundäreinschlüssen setzt über einen Riß hinweg. Die Gasblasen in den Flüssigkeitseinschlüssen erscheinen öfters etwas deformiert (in Abb. schwer erkennbar).
 Polierter Dickschliff, Vergr.: 1150mal.



Abb. 9:
 Radenthein (Kärnten).
 Verteilungsfläche in Magnesit mit ausschließlich ein- und zweiphasigen Sekundäreinschlüssen. Zwei relativ große sekundäre Flüssigkeitseinschlüsse (Lösung und Gasblase — Pfeile!) finden sich unterhalb Bildmitte. Polierter Dickschliff, Vergr.: 1150mal.

Die Bestimmung der einzelnen Elemente in den wäßrigen Auszügen wurde mittels Atomabsorptions-Analyse durchgeführt, die Chloridgehalte wurden maßanalytisch, Hydrogencarbonat entsprechend dem Deutschen Einheitsverfahren von 1960 der Fachgruppe Wasserchemie bestimmt.

Tabelle 1

Chemische Zusammensetzung von Flüssigkeitseinschlüssen im Baryt vom Arzwaldgraben bei Waldstein, Grazer Paläozoikum (Steiermark)
(in ppm; 200 ml wäßrige Auszüge, bezogen auf 100 g Probe).

	GP 1	GP 2	GP 3	GP 4	GP 5
Na ⁺	1,75	3,8	4,6	9,8	3,8
K ⁺	0,35	0,95	0,8	0,75	0,46
Mg ²⁺	1,75	1,3	1,7	2,2	2,5
Ca ²⁺	2,05	20	17	8,3	5
Sr ²⁺	1,7	0,5	0,7	1,2	1,6
Fe ²⁺	—	—	—	2,8	—
Mn ²⁺	0,13	—	—	0,13	0,06
Ni ²⁺	0,12	—	—	—	—
Zn ²⁺	2,05	—	—	0,13	0,49
Cl ⁻	19	20,5	22	27	23
HCO ₃ ⁻	24,4	23,2	24,4	12,2	18,3
K/Na	0,20	0,25	0,17	0,08	0,12
Na/Cl	0,09	0,19	0,21	0,36	0,17

Auslaugungsanalysen von Flüssigkeitseinschlüssen in Baryten vom Arzwaldgraben bei Waldstein (vgl. Tabelle 1) ergaben, daß als mineralisierende Lösungen Chlorid-Hydrogencarbonat-Lösungen von Alkali- und Erdalkalimetallen anzusehen sind.

In den Flüssigkeitseinschlüssen herrschen Chlorid- und Hydrogencarbonationen vor. Unter den Kationen dominieren Natrium und Calcium, während Magnesium und Strontium bereits etwas, Kalium dagegen schon stärker zurücktreten. Bemerkenswert ist außerdem, daß in einigen Proben Schwer- bzw. Buntmetalle (Eisen, Mangan, Nickel, Zink) nachgewiesen werden konnten. Relative Schwankungen weisen sowohl die K/Na-Verhältnisse als auch die Na/Cl-Verhältnisse auf.

Wie bereits bei den Baryten aus dem Grazer Paläozoikum auffällig, sind auch die Flüssigkeitseinschlüsse im Magnesit von Radenthein, und zwar sowohl im „normalen“ Spatmagnesit wie im Pinolitmagnesit, sehr fein, z. T. extrem klein ausgebildet (vgl. Abb. 7—9).

Vorherrschend sind wieder einphasige Einschlüsse, Sekundär-, aber auch Primäreinschlüsse. Untergeordnet können zweiphasige Flüssigkeitseinschlüsse (vgl. Abb. 7—9), sowohl Primär- wie Sekundäreinschlüsse, beobachtet werden. In diesen kann sich die Gasblase ebenfalls häufig in „Brownscher Bewegung“ befinden. Abschnürungserscheinungen an den Einschlüssen können stellenweise auftreten.

Tabelle 2

Chemische Zusammensetzung von Flüssigkeitseinschlüssen im Magnesit von Radenthein (Kärnten)
(in ppm; 200 ml wäßrige Auszüge, bezogen auf 100 g Probe).

	RAD 1	RAD 2	RAD 3
Na ⁺	18	38	27
K ⁺	5	5,5	4,2
Mg ²⁺	63	58	47,2
Ca ²⁺	1,9	2,3	1,7
Sr ²⁺	—	0,06	0,07
Cl ⁻	94	58	80
HCO ₃ ⁻	60	48	48
K/Na	0,28	0,15	0,16
Na/Cl	0,19	0,66	0,34

Auslaugungsanalysen von Flüssigkeitseinschlüssen im Magnesit (vgl. Tabelle 2) ergaben als mineralbildende Lösungen, den Baryten aus dem Grazer Paläozoikum vergleichbar, wieder Chlorid-Hydrogencarbonat-Lösungen von Alkali- und Erdalkalimetallen.

Die Flüssigkeitseinschlüsse im Magnesit von Radenthein zeichnen sich allerdings gegenüber den Baryten aus dem Grazer Paläozoikum durch relativ hohe Gehalte an Natrium und Kalium, vor allem aber an Magnesium aus, während Calcium etwas und Strontium stark zurücktreten. Relativ stark erhöht und dadurch ebenfalls unterschieden sind auch die Gehalte an Chlorid- und Hydrogencarbonationen.

Während in den Flüssigkeitseinschlüssen von Magnesit relativ stark erhöhte Gehalte an Hydrogencarbonat sowie von Magnesium durchaus zu erwarten waren, fällt auf, daß Eisen sowie andere Schwer- bzw. Buntmetalle nicht nachgewiesen werden konnten.

Dieses Ergebnis ist schon deshalb von Interesse, da in ostalpinen Magnesiten, auch in Radenthein, Magnesium zu einem Teil durch Eisen ersetzt wird. Im umfangreichen Schrifttum (vgl. z. B. H. MEIXNER [1953]) hat diese Feststellung dazu geführt, für ostalpine Siderit- und Magnesit-Lagerstätten eine genetische Zusammengehörigkeit, eine „Blutsverwandtschaft“, zu postulieren. Danach wären diese Siderit- und Magnesit-Lagerstätten epigenetische Bildungen, und zwar praktisch auf dieselbe hydrothermale Lösung unter Annahme eines Temperaturgefälles im Zuge einer „jungem“ (kretazisch-tertiären) Metallogenese bzw. Metasomatose von paläozoischen „Kalksteinen“ zurückzuführen. Demzufolge wäre ein „Zonarbau“ in der Anordnung der Lagerstätten vorhanden, wobei die Magnesite als höher temperierte (tektonisch höher) angesehen werden, wobei die Siderite dagegen als tiefer temperierte Bildungen (tektonisch höher) angesehen werden. Diese weitreichenden genetischen Schlußfolgerungen glaubt W. JOHANNES (1970) aufgrund experimenteller Untersuchungen bestätigen zu können. Seine in chloridischen Lösungen durchgeführten Hydrothermalversuche ergaben zwar eindeutig, daß Siderit und Magnesit gleichzeitig aus einer Lösung unter der Voraussetzung eines Temperaturgefälles gebildet

werden können. Wie W. TUFAR (1972 a, 1974) jedoch zeigen konnte, schließen gerade die Ergebnisse experimenteller Untersuchungen im Verband mit den geologischen Gegebenheiten, vor allem auch dem mehrmaligen Wechsel bzw. dem Nebeneinander und Übereinander von Siderit- und Magnesit-Vorkommen deren gemeinsame Entstehung bzw. genetische Verknüpfung („Blutsverwandtschaft“) mit zonarer Anordnung der Lagerstätten in den Ostalpen aus. Dieses Ergebnis wird nun zusätzlich noch durch die ersten Untersuchungen von Flüssigkeitseinschlüssen im Magnesit von Radenthein bestätigt.

Für die freundliche Bereitstellung der Arbeitsmöglichkeiten zur Durchführung der elementanalytischen Untersuchungen danke ich herzlichst dem Strahlencentrum der Justus-Liebig-Universität Gießen, besonders den Herren Prof. Dr. E. L. Sattler und Dr. G. Döll. Für anregende Diskussion und manche wertvolle Hinweise danke ich Herrn Dipl.-Min. W. Baum (Nacogdoches, Texas).

Literaturverzeichnis

- BAUM, W.: Mineralogische Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen aus Baryten hydrothermalen Ganglagerstätten. — Diplomarbeit, Justus-Liebig-Universität Gießen 1975.
- CUNNINGHAM, C. G.: Fluid Inclusion Geothermometry. — Geol. Rundschau, Bd. 66, H. 1, 1—9, Stuttgart 1977.
- ERMAKOV, N. P.: Research on the nature of mineral-forming solutions with special reference to data from fluid inclusions. — International Series of Monographs in Earth Sciences, Bd. 22 (Pergamon Press), New York 1965.
- JOHANNES, W.: Zur Entstehung von Magnesitvorkommen. — N. Jb. Miner. Abh., Bd. 113, H. 3, 274—325, Stuttgart 1970.
- LEEDER, O., R. THOMAS und A. TIMMLER: Geochemisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen in Fluorit-saxonischer Ganglagerstätten. — Ber. deutsch. Ges. Geol. Wiss., B. Miner. Lagerstättenforschung, Bd. 16, H. 1, 93—129, 1971.
- MEIXNER, H.: Mineralogische Beziehungen zwischen Spatmagnesit- und Eisenspatlagerstätten der Ostalpen. — Radex-Rundschau, Jg. 1953, H. 7/8, 445—458, Radenthein 1953.
- ROEDDER, E.: Composition of Fluid Inclusions. — In M. FLEISCHER: Data of geochemistry, 6. Aufl., — U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 440-JJ, 1—164, 1972.
- SORBY, H. C.: On the microscopical structure of crystals, indicating the origin of minerals and rocks. — Quart. Journ. of Geol. Soc., Bd. 14, 455, 1858.
- TUFAR, W.: Geochemische Untersuchungen an österreichischen Baryten. — Tscherma's min. u. petr. Mitt., Bd. 9, H. 3, 242—251, Wien 1965.
- TUFAR, W.: Das Problem der ostalpinen Metallogenese, beleuchtet am Beispiel einiger Erzparagenesen vom Alpenostrand. — Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. 177, H. 1—3, 1—20, Wien 1969.
- TUFAR, W.: Die Eisenlagerstätte von Pitten (Niederösterreich) — Ein Beitrag zum Problem der ostalpinen Spatlagerstätten. — Joanneum, Mineralog. Mitteilungsblatt, Jg. 1972, H. 1, 1—54 (101—154), Graz 1972 a.
- TUFAR, W.: Zur Blei-Zink-Vererzung des Grazer Paläozoikums. — Joanneum, Mineralog. Mitteilungsblatt, Jg. 1972, H. 2, 64—75 (256—267), Graz 1972 b.
- TUFAR, W.: Zur Altersgliederung der ostalpinen Vererzung. — Geol. Rundschau, Bd. 63, H. 1, 105—124, Stuttgart 1974.
- TUFAR, W.: Die Blei-Zink-Lagerstätten im Grazer Paläozoikum (Steiermark). — Fortschr. Miner., Bd. 53, Beiheft 1, I—II, 81, Stuttgart 1975.
- UCAMEJSVILI, N. E.: Geochemical characteristic of barite forming solutions. — „Nauka“ Press, 135—165, Moskau 1965.
- ZIRKEL, F.: Untersuchungen über die mikroskopische Zusammensetzung und Struktur der Basaltgesteine. — (Adolph Marcus), Bonn 1870.
- ZIRKEL, F.: Naumann-Zirkel — Elemente der Mineralogie. — 15. Aufl., Leipzig 1907.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Werner Tufar, Fachbereich Geowissenschaften der Philipps-Universität, Institut für Mineralogie, Petrologie und Kristallographie, Lahnberge, D-3550 Marburg/Lahn.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Abteilung für Mineralogie am Landesmuseum Joanneum](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [46](#)

Autor(en)/Author(s): Tufar Werner

Artikel/Article: [Flüssigkeitseinschlüsse in Baryten aus dem Grazer Paläozoikum \(Steiermark\) und in Magnesiten von Radenthein \(Kärnten\) 27-37](#)