

Ca-Na-Cl basement brines as tracers of fluid activity and mineralisation in an orogenic collapse system

H.J. Behr, Chr. Reutel, E.E. Horn & van den Kerkhof, IGDL Göttingen

Der Nachweis zirkulierender Ca-Na-Cl-Wässer und einer Änderung der Eigenschaften von Ca-Na-Cl-Einschlüssen im Tiefenprofil des KTB gehört zu den wichtigsten Teilergebnissen des Projektes. Die eingehenden wasser- und isotopegeochemischen Untersuchungen von Proben des Pumpstests der KTB-VB bei 3850 m konnten die primäre Quelle dieser KTB-Wässer aufgrund ihrer polyphasen Austausch- und Mischprozesse bisher nicht eindeutig erklären. Es wurden u.a. erwogen: Relikte eines alpaläozoischen Ozeans, kretazische Meeres- oder Salinarwässer, Relikte der Fluidzirkulation im Zusammenhang mit oberkarbonen Graniten, Zufluß von Formationswässern aus dem Vorland über Störungssysteme, Austauschprozesse zwischen meteorischen Wässern und Gestein, ein Zusammenhang mit der geothermischen Struktur des Egergrabens etc. In Verknüpfung mit den Krustenfluiden des weiteren Umfeldes ist aber eine sinnvolle Interpretation möglich.

Ein postvariskisches Ca-Na-Cl-Fluidsystem hat im mitteleuropäischen Basement mit seinem paläozoisch-mesozoischen Deckgebirge dominante Bedeutung [1], [2]. Es tritt in unterschiedlicher Erscheinungsform auf (Abb. 1):

- als intern entwickelte retrograde Fluideinschlüsse in den amphibolitfazies Gesteinen des Moldanubikums und Saxothuringikums (geringe Bedeutung)[3],
- als extern über Tensionsstrukturen aus dem Deckgebirge in das Basement eingespeistes Fluidsystem in Verbindung mit hydrothermalen Alterationsmineralisationen der Grünschiefer- und Amphibolitfazies während Trias, Oberjura/Unterkreide (dominante Bedeutung),
- als entscheidendes hydrothermales Fluidsystem für die bedeutendsten Gangmineralisationen im Harz, Thüringer Wald/Frankenwald, Rheinischen Schiefergebirge/Ardennen, Oberpfalz, Bayrisch-Böhmischer Pfahl etc. (Oberperm, Trias, Jura, Kreide),
- als Fluideinschlüsse in Zementen der oberkarbonen bis almesozoischen Sedimente des Deckgebirges [4],
- als Zuflüsse von Formationswässern in Tiefbohrungen im sedimentären Deckgebirge, in Bohrungen im Kristallin (z.B. KTB) und in tiefen Schächten im Basement (z.B. Vítkov),
- als Mineralquellen an der Erdoberfläche.

Pauschale Mengenbilanzierungen, z.B. für die hydrothermalen Ganglagerstätten im Westharz und dem Bayerischen Pfahl weisen auf die sehr großen Volumen an benötigten Ca-Na-Cl-Lösungen hin, die nur mit einer externen Quelle zu erklären sind. Die erforderlichen Cl-Volumen können nur aus salinaren Faziesbereichen des Deckgebirges abgeleitet werden. Allein aus dem Zechsteinsalinar standen Residualtonnes bis zu $9,7 \times 10^{11} \text{ km}^3$ zur Verfügung [5], [6].

Eine erhöhte Silikatlöslichkeit in CaCl_2 -Wässern erzeugt eine erhöhte Spannungs-korrosion im Bruchgefüge von Tensionsregimen (in Oberperm, Trias, Jura, Kreide) [7]. Dies führt zur Festigkeitsdestabilisierung und erleichtert ein progressives gravitatives Absinken der Lösungen über bruchtektonische Mikro- und Makrostrukturen. Dadurch werden nach dem Hot dry rock-Prinzip immer tiefere geothermische Temperaturniveaus angezapft und die Oberkruste durch Konvektion ausgekühlt. Seismotektonisches Pumping im System der Transensions/Transpressions-Störungssysteme verschieben und verpressen die Lösungen lateral und aufwärts und führen dabei zur bevorzugten Abscheidung des im 250-350 °C-Niveau gelösten SiO_2 .

Die Durchflutung der mitteleuropäischen Kruste mit mesozoischen Salinarfluiden ist ein charakteristisches Ereignis für postorogene Kollapssysteme. Es wird in Mitteleuropa durch die Ausbildung von Salinarformationen in Graben-, Wrench- und Beckenstrukturen des Unterperm, Oberperm, Rot, Keuper, Tertiär besonders unterstützt. Das KTB hat mit seinen Ca-Na-Cl-Wässern und einem teufenabhängigen Entwicklungstrend der Ca-Na-Cl-Einschlüsse einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis von Basement Brines in Kollapssystemen geliefert.

Das Konzept der Basement Brines postorogener Kollapssysteme in Extensionsregimen ist streng zu unterscheiden von den Krustenfluidsystemen orogener Kompressionsregime. Selbst in den Akkretionskeilen von Subduktionszonen werden keine vergleichbar hohen Salinitäten in Form eines penetrativen und beherrschenden Fluidsystems erreicht. Die hochtemperierten metamorphen Fluide in orogenen Kernzonen sind mit einem rapiden Uplift verknüpft, der geothermische Gradienten z.B. bis 80 °C pro km erzeugt. Dabei handelt es sich um niedrigrsaline CO_2 - CH_4 - N_2 -reiche Fluidsysteme mit vorzugsweise thermischem Antrieb. Soviel komplexer ist die Zusammensetzung, die Salinität und das Fluidmixing von Tectonic Brines

an den orogenen Fronten ausgebildet. Hier werden insbesondere durch das Einzirkulieren von sedimentären Vorlandfluiden unterschiedliche Fluidmilieus erzeugt. Magmatisch getriggerte Konvektionssysteme um Intrusionen sind durch ihre deutlich niedersalinare Zusammensetzung und erhöhte K-Gehalte gut erkennbar. Nur im Zusammenhang mit Subvulkaniten und Boilingprozessen werden ähnlich hohe TDS-Gehalte wie in Basement Brines eingestellt, sie sind aber von Basement Brines gut abgrenzbar. Durch Kationenaustausch bei Alterationsprozessen findet jedoch in allen Fluidsystemen mit zunehmender Alterung eine Erhöhung des Ca/Na-Verhältnisses statt.

Durch die Fluidthematik im KTB konnte ein wesentlicher Einblick über das Entstehen und Verhalten von Basement Brines gewonnen werden. Der tektonische Übergangsbereich zwischen der Hochscholle des Böhmischen Massifs und der Tiefscholle des westlichen Vorlandes ist durch besondere fluiddynamische Aktivität ausgezeichnet und hat für das Untersuchungsprogramm damit besondere Vorteile geboten.

- [1] BEHR, H.J. & GERLER, J. (1987): Chemical Geology, 61: 65-77.
- [2] BEHR, H.J., GERLER, J., HEIN, U.F. & REUTEL, CHR. (1993): Göttinger Arb. Geol. Paläont. 58: Walker Festschrift.
- [3] REUTEL, CHR. (1992): Göttinger Arb. Geol. Paläont. 53.
- [4] REIKEN, R. (1988): Göttinger Arb. Geol. Paläont. 37.
- [5] PEUCKER-EHRENBACH, B. & BEHR, H.J. (1992): Chemical Geology, 103: 85-102.
- [6] BEHR, H.J. (1989): Nda. Akad. Geowiss. Vorträge 1: 4-75.
- [7] BEHR, H.J. & PIELOW, H.-U. (1994): Sb. 1, 35-37.

Abb. 1: CaCl_2 -Fluide in unterschiedlichen geologischen Milieus Mitteleuropas

dichtes Raster: amphibolitfazielles Basement
weites Raster: very low grade Gesteine des Rheinoherzynikums
schwarze Punkte: untersuchte hydrothermale Gangmineralisationen

Schrägschraffur: Fluidzuflüsse in Bohrungen, Ca-reiche Mineralquellen
Bohrnürme: Fluidzuflüsse in Bohrungen, Ca-reiche Mineralquellen

- Fluidbilanzierungen für den Bayerischen Pfahl
- Menge des geförderten Ca-Cl-Wassers der KTB (Pumptest)
- Fluidbilanzierung für Oberharzmineralisationen
- Bilanzierung der residualen Brine-Volumina (Zechstein)

- Südrand des sedimentären Oberperm
- Zechstein mit Salinarfazies
- Südliche Verbreitung des Rötalsinars
- Verbreitungsgebiet der Salinarfazies des Zechstein mit Salzstöcken und Salzrücken
- Verbreitung der Salinarformation des Unterperm
- Salinare der Trias

