

# Paläofluide in störungskontrollierten Bruchsystemen der Aachener Geothermie-Bohrung

Vortrag

M.J. Lögering<sup>1</sup> J. Kolb<sup>1</sup> F.M. Meyer<sup>1</sup>  
J. Schwarzbauer<sup>2</sup>

## Einleitung

In der vorliegenden Arbeit werden geologische Prozesse im Untergrund des linksrheinischen Rhenoharzynikums und deren Verhältnis zum regional-tektonischen Rahmen anhand der Proben aus der Aachener Geothermie-Bohrung mit dem Schwerpunkt des Fluid- und Stofftransportes untersucht. Die methodische Vorgehensweise basiert auf einer systematischen und detaillierten Bestandsaufnahme der Paläofluide in Form von Flüssigkeitseinschlüssen an Kernmaterial der Bohrung. Im Aachener Raum wurden Untersuchungen von Flüssigkeitseinschlüssen hauptsächlich an postvariszischen Pb-Zn-Gangvorkommen durchgeführt. Die Homogenisierungstemperaturen ( $T_h$ ) von NaCl-CaCl<sub>2</sub>-Lösungen unterschiedlicher Salinität liegen zwischen 70°C und maximal 190°C (Redecke 1992, Stroink 1993, Muchez et al. 1994, Glasmacher 1995). Für die tektonisch-metallogentische Entwicklung des Rheinischen-Schiefergebirges können generell zwei Fluid-Aktivitätsperioden unterschieden werden (Behr et al. 1993). Die im Zuge der variszischen Gebirgsbildung synkinematische Defluidisierung des Orogenkörpers generierte das Fluid-System der ‚Tectonic Brines‘

(1). Diese sind Na-(K)-Cl-betonte Lösungen geringer Salinität mit CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub> sowie durch  $T_h \leq 350^\circ\text{C}$  gekennzeichnet. Im Gegensatz dazu wurden die meisten postvariszischen Ganglagerstätten des Rheinischen-Schiefergebirges durch ‚Basement Brines‘ (2) gebildet. Diese sind Ca-Na-Cl-Lösungen hoher Salinität mit  $T_h \leq 250^\circ\text{C}$  (Behr et al. 1993).

## Regionale Geologie

Die 2544 m tiefe Bohrung befindet sich ca. 500 m nordwestlich der Aachener Überschiebung und durchteuft Gesteine des Karbon und Devon. Die untersuchte Kernstrecke von 1391 m bis 1516 m umfasst Gesteine des Ober Devon. Sie besteht aus Ton-Silt-Feinsandstein Wechselfolgen mit zwischengeschaltetem Dolomit, Dolomit- bzw. Kalzitmergel und bioreliktischem Knollenkalk. Ton-Siltbereiche sind mehrfach geschiefert. Die zweite Schieferung ist durch eingeregelter Chlorit gekennzeichnet. Karbonatbereiche sind dolomitisiert. Die Lithologien wurden wiederholt von kataklastischen Deformationsprozessen erfasst. Die Nordost-Südwest streichende Aachener Überschiebung lässt sich nach Westen hin über die Eifel-Überschiebung bis hin zur Faille du Midi-Überschiebung bis nach Belgien verfolgen. Im östlichen Rheinischen Schiefergebirge sind bedeutende variszische Überschiebungen West-Ost gerichtet. Die Pb-Zn Vererzungen im Aachener Raum sind an postvariszische, Nordwest-Südost angelegte Störungszonen gebunden.

## Gangpetrographie

Die lithologischen Einheiten werden von unterschiedlich orientierten, teilweise konjugierten Gängen und Gangsysteme-

<sup>1</sup> Institut für Mineralogie und Lagerstättenlehre, RWTH Aachen, Wüllnerstr. 2, D-52056 Aachen <sup>2</sup> Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und Lagerstätten des Erdöls und der Kohle, RWTH Aachen Lochnerstr. 4-20, D-52056 Aachen



Abbildung 1: Schergang mit befreiender Krümmung (Teufe 1483,84 m)

men durchschlagen. Die Gänge zeigen syntaxiale, aber auch antitaxiale Ganggefüge und variieren in der Mächtigkeit von <1 mm bis 3 cm. Drei Gangtypen werden unterschieden:

1. Quarz-Karbonat Gänge  $\pm$  Chlorit  $\pm$  Sulfat,
2. Karbonat Gänge  $\pm$  Chlorit und
3. Quarz Gänge  $\pm$  Chlorit.

Die hydrothermale Fällung des Mineralinhaltes der Gänge erfolgte mit der episodischen tektonischen Öffnungsbewegung. Die Gänge werden aufgrund der Tektonik und ihrer Geometrie in Schergänge, befreiende Krümmungen (dilational jog) und Fiederspalten gegliedert (Abb. 1 u. 2). Duktile Deformation wird durch die Rekristallisation von Quarz, Kalzit und Dolomit angezeigt. Die Rekristallisation findet hauptsächlich an Gangrändern, aber auch innerhalb der Gänge statt. Durch den bruchkontrollierten Fluidfluss kam es zu hydrothermalen Alteration des Nebengesteins, die vor allem durch Dolomit- und Chloritneubildung gekennzeichnet ist.

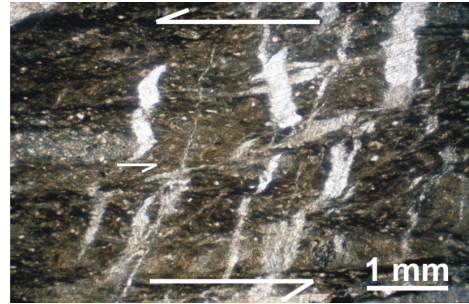


Abbildung 2: Quarz-Karbonat-Gänge als Fiederspalten (Teufe 1433,7 m)

### *Flüssigkeitseinschlusspetrographie*

Bei den Flüssigkeitseinschlüssen im Quarz sowie Kalzit und Dolomit handelt es sich um dunkle,  $\text{CO}_2$ -reiche und transparente,  $\text{H}_2\text{O}$ -reiche zweiphasige Einschlüsse. Dabei kann im Quarz zwischen ca. 15–30  $\mu\text{m}$  großen, primären Einschlüssen, die isoliert innerhalb von Kristallen auftreten und ca. 4–8  $\mu\text{m}$  großen, sekundären Einschlüssen, die entlang von Trails, Korngrenzen und in Klustern auftreten, unterschieden werden. Die Einschlüsse im Kalzit und Dolomit kommen als Cluster oder isoliert vor. Sie sind überwiegend 2–8  $\mu\text{m}$ , vereinzelt bis zu ca. 25  $\mu\text{m}$  groß und primär eingeschlossen. Sekundäre Einschlüsse im Kalzit und Dolomit sind selten und kommen als Trails vor. Die Einschlüsse zeigen unterschiedliche Homogenisierungstemperaturen, die durch eine Temperaturzunahme vom Zentrum der Gänge ( $T_h = 240\text{--}260^\circ\text{C}$ ) zum Gangrand ( $T_h = 330\text{--}360^\circ\text{C}$ ) gekennzeichnet sind. Gasförmige Inhaltsstoffe von Fluideinschlüssen wurden mittels Gaschromatographie als  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2$  bestimmt (Abb. 3).

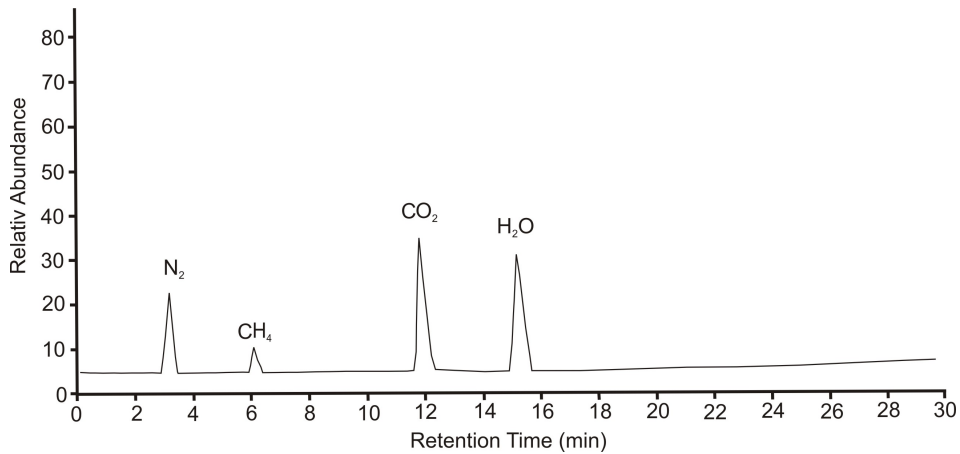


Abbildung 3: Gaschromatogramm der Flüssigkeitseinschlüsse aus einem Quarz-Karbonat Gang

### Mikrothermometrie und Geothermometrie

Die Fluide der primären und sekundären Einschlüsse bestehen aus Na-(K)-Cl-haltigen Lösungen mit einer geringen Salinität. Die Homogenisierungstemperaturen sekundärer Einschlüsse in Quarz der Quarz-Karbonatgänge (1) bzw. der Quarzgänge (3) sind mit einer Salinität von ca. 5 Gew.% NaCl-Äq. und  $T_h$  von 180 bis 230°C relativ einheitlich, während die primären Einschlüsse in den Quarz-Karbonatgängen (1) im höheren  $T_h$  von 240 bis 380°C streuen und eine Salinität von <4–6 Gew.% NaCl-Äq. aufweisen. In den Karbonatgängen (2) haben die Einschlüsse im Kalzit unterschiedliche  $T_h$  von 240–280°C und Salzgehalte von <4–5 Gew.% NaCl-Äq. Die Einschlüsse im Dolomit haben eine Salinität um 6 Gew.% NaCl-Äq. und bilden zwei Gruppen mit  $T_h$  bei 310°C bzw. 370°C. Die  $T_h$  der Einschlüsse in den Quarz-Chlorit Gängen (3) liegen bei 360°C mit einer Salinität von 6–<9 Gew.%

NaCl-Äq. (Abb. 4). Kalzit-Dolomit Geothermometer ergeben Temperaturen ähnlich der mikrothermometrischen Daten primärer Einschlüsse zwischen 280 bis 370°C. Unterschiedliche Chloritthermometer ergeben konsistente Temperaturen zwischen 290 bis 350°C und zeigen mit den Isochoren der primären Fluideinschlüsse im Quarz und Kalzit-Dolomit Drücke von 2 kbar an.

### Diskussion

Die sekundären Flüssigkeitseinschlüsse mit geringer Salinität und Homogenisierungstemperaturen von 180°C bis 230°C zeigen ein späteres Reaktivierungsereignis und somit möglicherweise einen postvariszischen Fluidtransport, der mit der regionalen Pb-Zn-Vererzung im Zusammenhang stehen könnte. Die untersuchten primären Flüssigkeitseinschlüsse mit  $T_h$  von 240 bis 380°C sind bisher im linksrheinischen Schiefergebirge nicht beschrieben worden. Die Fluide sind Na-(K)-Cl-betonte Lösungen ge-

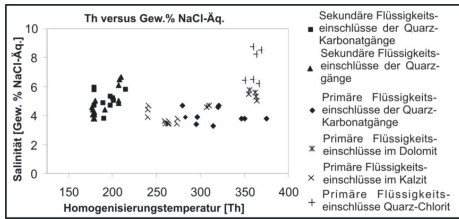


Abbildung 4: Diagramm für die Salinität (Gew.% NaCl-Äq.) gegen die Homogenisierungstemperatur ( $T_h$ ) für die Einschlüsse in Quarz-, Kalzit- und Dolomitkristallen

ringer Salinität. Die  $T_h$  und die Zusammensetzung der Fluide können aufgrund der gleichen Fluidzusammensetzung direkt mit den ‚Tectonic Brines‘ im variszischen Basement von Mitteleuropa (Behr et al. 1993) korreliert werden. Desweiteren zeigen Ergebnisse der Untersuchungen von Schroyen et al. (2000) und Muechez et al. (2000) im Falten und Überschiebungsgürtel von Ostbelgien sowie in den Varisziden von Belgien und Nordfrankreich ähnliche Homogenisierungstemperaturen und Zusammensetzungen der Fluide.

Die Bohrung befindet sich im Überschiebungsgürtel der Aachen-Überschiebung. Daher erfolgte der Fluidtransport vermutlich entlang der SW-NE gerichteten Aachener Überschiebung während der variszischen Gebirgsbildung. Die hohen Fluidtemperaturen im Zusammenhang mit der nicht weit in das Nebengestein reichenden Alteration lassen auf ein geringes Fluid/Gesteins-Verhältnis schließen und implizieren damit einen kurzzeitigen, episodischen Fluidfluss durch tektonische Öffnungsbewegungen entlang von Scherzonen. Diese Fluide sind durch die primären Einschlüsse der Aachener Geothermie-Bohrung repräsentiert. Dem gegenüber stehen die Fluideinschlüsse von postva-

riszischen Pb-Zn-Gangvorkommen, wobei hier allerdings der Fluidtransport entlang des NW-SE gerichteten postvariszischen Störungssystems verläuft. Die Aachener Geothermie-Bohrung stellt das fehlende Glied zwischen den Untersuchungen an Falten- und Überschiebungsfronten der Eifel-Überschiebung und der Faille du Midi-Überschiebung nach Westen und dem Rheinischen Schiefergebirge nach Osten dar.

## Literatur

- Behr HJ, Gerler J, Hein UF & Reutel CJ (1993) Tectonic Brines and Basement Brines in den mitteleuropäischen Varisziden: Herkunft, metallogentische Bedeutung und geologische Aktivität. Göttinger Arb. Geol. Paläont. 58, 3–28
- Glasmacher U (1995) Variszische und postvariszische Fluidsysteme. In: Walter R, Glasmacher U & Wolf M, (eds): KW-relevante Eigenschaften potentieller Mutter- und Speichergesteine am Nordrand des Linksrheinischen Schiefergebirges. RWTH Aachen, BMBF-Forschungsprojekt 032 6804 A 5, 01.04.1991-30.09.1994, Teil 5, 1–40
- Muechez P, Slobodnik M, Viaene W & Keppens E (1994) Mississippi Valley-type Pb-Zn mineralization in eastern Belgium: indications for gravity-driven flow. *Geology* 22, 1011–1014
- Muechez P, Sintubin M & Swennen R (2000) Origin and migration pattern of palaeofluids during orogeny: discussion on the Variscides of Belgium and northern France. *Journal of Geochemical Exploration*, 69–70, 47–51
- Redecke, P (1992) Zur Geochemie und Genese variszischer und postvariszischer Buntmetallmineralisation in der Nordeifel und der Niederrheinischen Bucht. RWTH Aachen, Dissertation, pp 159
- Schroyen K & Muechez P, (2000) Evolution of metamorphic fluids at the Variscan fold-and-thrust belt in eastern Belgium. *Sedimentary Geology* 131, 163–180
- Stroink L (1993) Zur Diagenese paläozoischer Sandsteine am Nordrand des Linksrheinischen-Ardennischen Schiefergebirges. Aachener Geowissenschaftliche Beiträge, Band 1, Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen, pp 190