

layer and the calcite-quartz fractionations decrease successively towards the lithologic contacts. Given local equilibrium during fluid/rock interaction, the observed pattern would indicate a temperature variation over 150 °C on a 10 m scale, which is improbable to occur in a regional metamorphic terrain. The isotope signature rather suggests grain-scale isotopic disequilibrium during fluid/rock interaction that resulted from differential calcite/fluid and quartz/fluid isotopic exchange rates.

In both cases, the contact metamorphic Ventina Ophicarbonat Zone and the regional metamorphic Platta Nappe, the observed isotope signature suggests that isotopic mineral/fluid exchange was slow relative to isotope transport and that the isotope pattern was significantly influenced by the kinetics of mineral/fluid exchange.

FLUIDBEWEGUNG IM KAP-FALTENGÜRTEL UND IM KAROO-BECKEN, SÜDAFRIKA

EGLE, S. *, HOERNES, S. **, KIESL, W. * und de WIT, M. ***

- * Institut für Geochemie, Universität Wien, Österreich
- ** Institut für Petrologie und Mineralogie, Universität Bonn, Deutschland
- *** Department of Geology, University of Cape Town, Süd Afrika

In der Kap Province, etwa 300 km nordöstlich von Kapstadt, Süd Afrika, verläuft ein Gebirgszug parallel zur Küste. Durch diese Faltungszone sowie das daran nördlich anschließende Karoo Becken wurden zwei Nord-Süd-Profile gelegt und nach Zeugen von Fluidbewegungen vom Gebirge in Richtung des Beckens untersucht. Dazu wurden strukturgeologische Beurteilungen mit den Ergebnissen von Messungen stabiler Isotope beziehungsweise Flüssigkeitseinschlüssen kombiniert. Das besondere Interesse an den Fluiden wurde durch die Entdeckung von Uranerzvorkommen im nördlichen Bereich des Arbeitsgebietes ausgelöst. Es sollten (1) die Bedingungen unter denen die Fluide existierte und (2) deren Herkunft erforscht werden, sowie (3) ein möglicher Zusammenhang zwischen den Erzvorkommen und der Fluid Migration geprüft werden.

Geologisch baut sich die schwach metamorphe Faltungszone aus den sedimentären Abfolgen des Pan Afrikanischen Kango Basements, der paleozoischen Cape- und Karoo-Hauptgruppen, bis hin zu den frühtriassischen Sedimenten der Beaufort Gruppe auf. Das Alter der Sedimente und deren Deformation nimmt gegen Norden hin ab. Die Querprofile durch das Gebirge in das Karoo Becken stellen daher eine stratigraphische Altersabfolge dar. In den gefalteten Gesteinen der Cape- und Karoo-Sedimente konnten vier verschiedene Generationen von Gängen identifiziert werden, die alle mit der Kap-Gebirgsbildung im ausklingenden Perm, vor etwa 250 ± 20 Ma im Zusammenhang stehen. Quarz und Kalzit sind die häufigsten Gangminerale.

- Generation 1:** Gänge parallel zur Schichtung und mit derselben mitverfaltet; Harnisch zeigt Bewegung an; Entstehung in relativ frühem Stadium der Orogenese;
- Generation 2:** diskordante Scherzonen zwischen zwei sedimentären Schichten;
- Generation 3:** Gänge normal zur Schichtung; weiterhin untergliedert in Dehnungsklüfte (parallel zur Faltachse) und Scherbrüche (ca. 45° zueinander); die Entstehung dieser Gänge ist eine direkte Folge der regionalen Faltung und ist jünger als Generation 1 und 2;
- Generation 4:** diskordante Gänge, die die sedimentäre Schichtung kreuzen und z.T. versetzen; die jüngste Generation der Gänge; Spätstadium der Orogenese.

In allen Proben, unabhängig von welcher Generation sie stammten, konnten Hinweise auf sekundäre Fluidbewegungen festgestellt werden. Grundsätzlich sind alte, undulös auslöschende, randlich resorbierte, teilweise gebrochene Quarz- oder Kalzitporphyroblasten zu beobachten, die oft von schräg verlaufenden kleinen Gängen durchkreuzt und verletzt werden. In diesen kleinen Gängchen befinden sich tektonisch nicht beanspruchte, authigene Minerale, wie ebenfalls Quarz und Kalzit, aber auch Chlorit. Ein erneuerter Fluidtransport dürfte offensichtlich in den Schwächezonen, wie sie die bereits vorhandenen Quarz-Kalzitgänge darstellten, stattgefunden haben.

In den Proben der Cape- und Karoo-Hauptgruppen lassen sich aus der Mineralparagenese Temperaturen dieses sekundären Fluidereignisses um 250 - 300 °C abschätzen. Ausschließlich in den Proben nahe der Erzvorkommen konnte jedoch auch Epidot identifiziert werden. Hier dürften die Temperaturen während des zweiten Fluidimpulses daher höher gewesen sein als im weiter südlich gelegenen Faltengebirge.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Flüssigkeitseinschlüsse bestätigen diese Beobachtungen. Die Proben der Cape- und Karoo-Hauptgruppen ergaben ein klares Häufigkeitsmaximum der Homogenisierungstemperaturen bei 150 - 170 °C. Die höchste gemessene Homogenisierungstemperatur lag bei 210 °C. Mit Hilfe eines Quarz-Kalzit-Thermometers, welches auf der Fraktionierung der Sauerstoffisotopenverhältnisse in Quarz und damit im Gleichgewicht stehendem Kalzit beruht, konnte die Einschlußtemperatur für diese Proben auf einen Bereich zwischen 230 - 260 °C eingengt werden. Isochoren, an Hand der Homogenisierungstemperaturen und Schmelztemperaturen berechnet, ergaben Drucke zwischen 1,5 - 2 kb.

Flüssigkeitseinschlüsse der Proben aus dem Basement ergaben maximale Homogenisierungstemperaturen von 420 °C. Das bedeutet, daß im Basement höhere Temperaturen vorherrschten als im übrigen Gebiet des Kap-Faltengürtels. Es konnte jedoch bislang nicht geklärt werden, ob diese Temperaturen jene während der Kap-Orogenese oder jene während der Pan Afrikanischen Ereignisse widerspiegeln. In den Proben nahe der Erzvorkommen konnte neben dem Maximumpeak der Homogenisierungstemperaturen bei 150 - 170 °C auch Höchsttemperaturen bis zu 270 °C gemessen werden. Die Fluide des sekundären Impulses erreichten also im Gebiet der Erzvorkommen höhere Temperaturen als irgendwo sonst im Faltengebirge nördlich des Basements. Diese Fluide müssen also in größeren Tiefen erhitzt und rasch in ihre heutige Position transportiert worden sein. Generation 4 des im Kap Gebirge

und Karoo Becken beobachteten Gangsystems zeigt, daß es im Spätstadium der Kap-Orogenese Überschiebungen gab, die potentiell einen Stofftransport aus größerer Tiefe, zum Beispiel dem Basement, ermöglicht und die Erhaltung der hohen Temperaturen durch die rasche Injektion der Fluide in Regionen niedrigerer Tiefe begünstigt haben könnten. Bereits vorhandene Uranminerale könnten dabei wieder ausgefällt und angereichert worden sein.

Obwohl die Messungen der Sauerstoffisotopie der Sedimente der Cape- und Karoo-Hauptgruppen ein klares Maximum bei 11 ‰ (SMOW) ergaben, schwanken die $\delta^{18}\text{O}$ -Werte relativ stark und reichen von +7 bis +13 ‰ (SMOW). Darüber hinaus besteht eine eindeutige Korrelation zwischen den $\delta^{18}\text{O}$ -Werten der Gangquarze und der angrenzenden Wirtgesteine. Diese Phenomäne sind Hinweise darauf, daß es sich beim Fluidsystem im Kap-Faltengürtel und dem angrenzenden Bereich des Karoo-Beckens um ein gesteinsgepuffertes Fluidsystem handelt. Dies wird weiters durch die großen Schwankungen der Kohlenstoffisotopenzusammensetzungen der verschiedenen Formationen (Wirtgestein: -9.8 bis +8.5 ‰ (PDB), Gangkalzite: -18.7 bis -4.8 ‰ (PDB)) bestätigt. Diese reflektieren die primäre Prägung durch die Bedingungen während der Sedimentation. Da die Isotopenverhältnisse der Wirtgesteine durch den späteren Transport der Fluide offensichtlich nicht beeinflußt wurden, während sich jedoch die Isotopenzusammensetzung der Fluide an diejenige der Gesteine anglich, müssen relativ niedrige Fluid-Gestein-Verhältnisse vorgeherrscht haben. Da sich im Bereich zwischen 230 - 260 °C (Quarz-Kalzit) zwischen einer flüssigen Phase und daraus sich ausscheidendem Quarz eine Fraktionierung von etwa 11 ‰ errechnet (CLAYTON et al., 1972), kann man von der Sauerstoffisotopenzusammensetzung des Gangquarzes auf die der Fluide schließen. Es ergibt sich ein Isotopenverhältnis der Fluide zwischen -4 bis +2 ‰ (SMOW).

Es ist daher anzunehmen, daß meteorisches Wasser den Ursprung dieser Fluide bildete. Dies wird durch die δD -Werte, die an den Flüssigkeitseinschlüssen selbst gemessen wurden (-50 bis -94 ‰ (SMOW)), und durch die außerordentlich niedrigen Schmelztemperaturen von -0,5 °C bestätigt.

In den untersuchten Gangprofilen konnte keine Variation der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte beobachtet werden. Erste Kathodenlumineszenz-Untersuchungen am Rasterelektronenmikroskop ergaben aber eine mögliche Heterogenität der einzelnen Gangquarkristalle. Danach könnten sich die Gänge aus unterschiedlichen Quarzgenerationen zusammensetzen, wobei sich eine Kombination von entweder zwei unterschiedlichen authigenen Quarzgenerationen oder eine Kombination aus authigenem Quarz und Quarz des Wirtgesteins als Erklärung anbieten würden. Zur Lösung dieses Problems soll die Lasersauerstoffisotopen-Untersuchung eingesetzt werden.