

Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland Möglichkeiten der Kathodolumineszenz-Mikroskopie zur Untersuchung von Bohrkernen

Möglichkeiten der Kathodolumineszenz-Mikroskopie zur Untersuchung von Bohrkernen

H.J. Behr und R.D. Neuser, IGDL, Göttingen

Am Göttinger Kathodolumineszenz(KL)-Mikroskop wurden an Bohrproben aus der Oberpfalz und anderen Gebieten Untersuchungen durchgeführt. Es konnten wichtige Ergebnisse zur Interpretation der Genese der Gesteine gewonnen werden:

- Sichtbarmachung und Kontrastierung von Mikrostrukturen
- Differenzierung genetisch unterschiedlicher Quarzgenerationen
- Sichtbarmachung von radiogenen Schäden
- Relation von Kataklyse und Alteration in Bohrkernen

Methodik

Die in Abb. 1 dargestellte KL-Apparatur am IGDL in Göttingen läßt sich in die folgenden funktionalen Einheiten untergliedern:

1. Kathodolumineszenz-Mikroskop mit Mikrofotografie-Einrichtung
2. Versorgungseinheiten (Stromversorgung für Elektronenquelle und elektromagnetische Linsen, Vakuumpumpen und -kontrolle)
3. Spektralanalyse-Einheit mit Monochromator, Photomultiplier und Verstärker
4. Auswert-Einheit mit Mikrocomputer und Ausgabegeräten

Das mit "heißer" Kathode arbeitende KL-Mikroskop ist ein Eigenbau und entspricht in seinen Grundzügen dem am Institut für Geologie in Bochum installierten und in ZINKERNAGEL (1978) beschriebenen Aufbau.

Durch einem weiteren Ausbau der Anlage ist es möglich, die spektrale Verteilung des von der Probe ausgesandten Lichts zu erfassen und auszuwerten. Dazu wird ein Lichtleiterkabel ($\varnothing = 8 \text{ mm}$, Länge = $0,5 \text{ m}$) mit einem Adapter anstelle des Okulartubus am Mikroskop angebracht. Dieser Lichtleiter führt das Licht zu einem Gitter-Monochromator (Apertur-Verhältnis: $f/3,4$, symmetrische Czerny-Turner Anordnung, Arbeitsbereich: $350 - 900 \text{ nm}$), der durch einen Schrittschaltmotor mit frei wählbaren Geschwindigkeiten gesteuert das gesamte sichtbare Spektrum durchfahren kann. Am Ausgang des Monochromators trifft das gefilterte Licht auf einen Photodetektor, dessen Signal verstärkt und einem X-Y-Schreiber zugeführt wird (die Entwicklung eines Steuerungsprogramms für den Monochromator und eines Auswertungsprogramms des Photodetektorsignals durch einen Mikrocomputer sind derzeit in Arbeit).

Kontrastierung von Mikrostrukturen in Quarz

Mit Hilfe der KL lassen sich im normalen Mikroskop nicht sichtbare Mikrostrukturen in Quarz leicht nachweisen. In der Regel wirken sich auch sehr geringe kristallchemische und -strukturelle Unterschiede schon in deutlich differenzierbaren Farbunterschieden aus (Abb. 2).

Differenzierung und Charakterisierung von Quarz-Generationen durch unterschiedliches KL-Verhalten

Im Bereich der KTB-Lokation wurden Quarzproben aus verschiedenen Teufen auf ihr KL-Verhalten untersucht. Die Ergebnisse der Spektralanalysen sind in Abb. 3 zusammengefasst. Die Spektren der oberflächennaheren Alterationsquarze in den Proben a. und b. sind nahezu gleich (bei Probe b. konnte die initiale blaue Lumineszenz aufgrund ihrer Kurzlebigkeit nicht gemessen werden) und unterscheiden sich deutlich von denen des Gesteinsquarzes aus etwas größerer Tiefe.

Sichtbarmachung von radiogenen Schäden in Quarz

Radioktive Bestrahlungen von Quarz sind in Metamorphiten häufig zu beobachten, wobei im wesentlichen zwei Ursachen dafür in Frage kommen:

1. Einschlüsse oder Nachbarschaft von radioaktiven Mineralen (oft Monazit)
2. Passage von Fluiden, die radioaktive Elemente mit sich führen.

Beide Effekte und ihre typischen Strukturen werden durch KL sehr gut sichtbar gemacht (Abb. 4, 5 und 6).

Die oft sehr kleinen und im normalen Mikroskop meist nicht auffälligen radioaktiven Einschlüsse zeigen mit KL einen $0,05-0,1 \text{ mm}$ breiten gleichmäßigen Hof im umgebenden Quarz, der sich immer durch eine helle braune Farbe vom in der Regel dunkleren "normalen" Quarz unterscheidet (Abb. 4). Der radiogene Hof kann auch zweifarbig "zonargebaut" sein, wobei die Zone, die dem Strahler am nächsten liegt, hellbraun luminesziert und die zweite Zone orange- oder bläulich-braun leuchtet.

Radiogene Schäden, die von zirkulierenden radioaktiven Lösungen verursacht wurden, erscheinen im KL-Mikroskop als $0,05-0,1 \text{ mm}$ breite Ränder entlang von

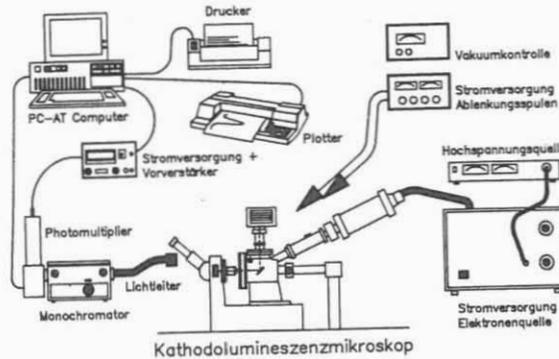


Abb. 1: Konfiguration der Göttinger Kathodolumineszenz-Apparatur

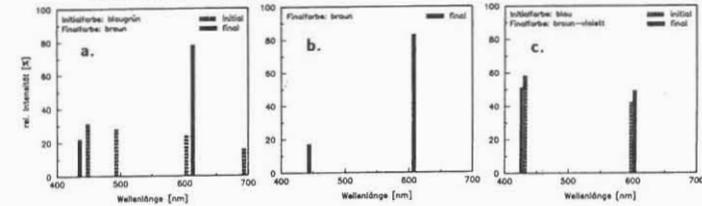


Abb. 3: Spektralanalysen der Initial- und Finallumineszenz von Quarzen der KTB-Lokation. a. Postdeformativer hydrothermaler Störungsquarz mit CO_2 -Einschlüssen aus oberer 100 m; b. Mikrokataklatisch deformierter

Alterationsquarz in Störungszone aus oberen 100 m; c. Gesteinsquarz mit Lagentextur ohne postkristalline Deformation (hochgradige Amphibolitfazies)

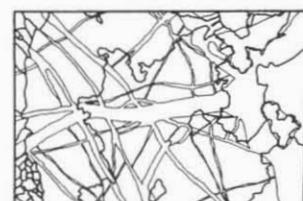


Abb. 2: Quarz mit hydrothermal verheilten Mikrorissen (Bayerischer Pfahl). Dicke Linien: Korrosionen; dünne Linien: Abgrenzungen der Mikrorisse. Bildbreite 2,5 mm

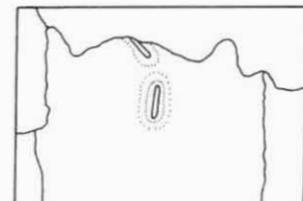


Abb. 4: Monazit-Einschluss in Quarz (Bohrung Pöllerreuth). Radiogener Hof (gepunktet) mit zwei verschiedenfarbigen Zonen: innere Zone hellbraun, äußere Zone bläulich-braun. Bildbreite 1 mm

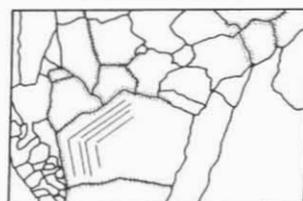


Abb. 5: Redwitz (Oberpfalz) mit mehreren Quarzgenerationen. Quarzgefüge mit z.T. zonargebauten Kristallen. Radiogene Strahlenschäden entlang von Korngrenzen (gepunktet). Bildbreite 2,5 mm



Abb. 6: Heterogener Sandstein (Key Lake, Kanada) mit Strahlenschäden entlang von Korngrenzen, verursacht durch pervasive radioaktive Lösungen. Bildbreite 1 mm

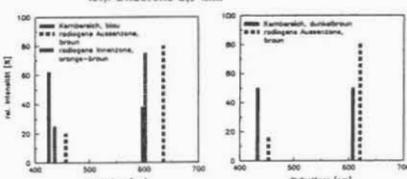


Abb. 7: Spektralanalysen der Finallumineszenz von blau und dunkelbraun lumineszierenden Quarzkörnern und ihren radiogenen geschädigten Rändern (heterogener Sandstein, Key Lake, Kanada)

Korngrenzen mit ähnlichem Lumineszenzverhalten wie bei radioaktiven Einschlüssen. Dies wird am Beispiel einer Redwitz-Probe (Abb. 5) und einer Sandsteinprobe aus dem Bereich einer sekundären U-Lagerstätte (Abb. 6) verdeutlicht. Spektralanalysen der Quarzlumineszenz zeigen, daß die KL-Banden der braunen radiogenen Zonen unabhängig von der ursprünglichen KL-Farbe des betreffenden Quarzkorns immer identisch sind (Abb. 7). Primäre Unterschiede der Quarzgeritter werden somit durch radioaktive Bestrahlung vollständig überprägt.

Charakterisierung von Kataklyse und Alteration in Bohrkernen

In der Bohrung Covy I (Sancerre, Frankreich) treten mehrere Dezimeter dicke kataklatische Zonen in hochgradigen Gneisen auf. KL-Untersuchungen dieser Zonen ergaben, daß die internen Strukturen auf eine polyphasige Kataklyse in Verbindung mit Silifizierung und hydrothermaler Alteration zurückzuführen sind. Typisch für die intensive Kataklyse und Durchbewegung in diesen Bereichen ist das Auftreten von subangularen bis runden Gesteinspartikeln mit Kokardentextur. Diese Partikel sind meist von einem mehrphasigen Alterationsraum aus radial angeordneten Quarzkristallen umgeben. Die Silifizierung begann vermutlich unter erhöhten Temperaturen ($150-350^\circ\text{C}$) durch aufsteigende Lösungen aus einem tiefen magmatischen Körper und ist viel jünger als die Metamorphose des Gneises. Eine jüngere Phase der Alteration ist durch eine Quarzausfällung bei abnehmenden Drücken und Temperaturen aus SiO_2 -übersättigten Lösungen dokumentiert.

Literatur
ZINKERNAGEL, U. (1978): Contr.Sedimentology 8, 69 pp.