

Abb. 1: Korrelation der Mn-Gehalte von Dolomiten (PIXE-Messung) mit den normierten Peakflächen der Mn-aktivierten Kathodolumineszenz. R = lineare Korrelation für Fe-arme Dolomite.

0,98) für Fe-arme Dolomite (<2000 ppm Fe) mit der Gleichung: $Mn [ppm] = 1,3129 \cdot A_{KL}$ [normierte Flächeneinheiten] festgelegt werden (vgl. Abb. 1). Unterhalb der Nachweisgrenze der PIXE (10-15 ppm Mn) lassen sich durch Extrapolation der KL-spektroskopisch ermittelten Peakflächen Mn-Gehalte der Dolomite bis unter 1 ppm nachweisen (vgl. Abb. 1). Die Lumineszenzintensität von Dolomiten mit >2000 bis 27000 ppm Fe weicht durch den quenchenden Effekt des Fe^{2+} zunehmend von der Korrelationsgeraden ab.

Somit kann auch für Dolomit bewiesen werden, daß es keine Mn^{2+} -Aktivierungsgrenze gibt, was bereits WALKER et al. (1989) aufgrund theoretischer Überlegungen angenommen hatten.

GILLHAUS, A., HABERMANN, D., MEIJER, J. & RICHTER, D.K. (2000): Cathodoluminescence Spectroscopy and micro-PIXE: combined high resolution Mn-analyses in dolomites: first results. - Nucl. Instr. Meth. Phys. Res., B., (in press).

HABERMANN, D. (1997): Quantitative hochauflösende Kathodolumineszenz-Spektroskopie von Calcit und Dolomit. - Diss., 1-152, Ruhr-Universität Bochum.

HABERMANN, D., NEUSER, R.D. & RICHTER, D.K. (1996): Hochauflösende Spektralanalyse der Kathodolumineszenz (KL) von Calcit und Dolomit: Beispiele der Mn- und SEE-aktivierten KL in Karbonatsedimenten. - Zbl. Geol. Paläont., Teil 1, 1995(1/2): 145-157.

HABERMANN, D., NEUSER, R.D. & RICHTER, D.K. (1998): Low limit of Mn^{2+} -activated cathodoluminescence of calcite: state of the art. - Sedimentary geology, 116: 13-24.

MARSHALL, D.J. (1988): Cathodoluminescence of geological materials. - 1-146.

PIERSON, B.J. (1981): The control of cathodoluminescence in dolomite by iron and manganese. - Sedimentology, 28: 601-610.

WALKER, G., ABUMERE, O.E. & KAMALUDDIN, B. (1989): Luminescence spectroscopy of Mn^{2+} centers in rock-forming carbonates. - Mineral. Mag., 53: 201-211

Zur Quarz-Kathodolumineszenz in der Sandsteinpetrographie: Interpretationsverbesserung durch den Einsatz einer hochempfindlichen Digitalkamera

GÖTTE, T., NEUSER, R.D. & RICHTER, D.K.

Institut für Geologie, Ruhr-Universität Bochum

Einführung: In der Sedimentpetrographie werden besonders bei reifen Siliziklastika Typisierungen von Quarzkörnern über interne Strukturen (Einschlüsse, Undulosität/Subkornbildung u. a.) sowie über Kathodolumineszenz (KL)-Verhalten durchgeführt, um Aussagen zur Liefergebietsrekonstruktion zu gewinnen (u. a. FÜCHTBAUER 1988). Die KL-Methode hat allgemein zu folgendem Interpretationsmuster der Lumineszenzfarben geführt: *blau und violett:* magmatische und höhergradig metamorphe Quarze; *braun:* niedrig- bis mittelgradig metamorphe Quarze; *rötlich:* porphyrische Quarze (rasch abgekühlt); *grünlich, bläulich, gelblich mit sich rasch verändernder Lumineszenz:* hydrothermale Quarze; *keine Lumineszenz:* diagenetische Quarze.

Neben abweichenden Einzelbeobachtungen (u. a. braune Quarze als diagenetische Bildung, BRUHN & RICHTER 1993; metamorphe braune Quarze mit Blauverschiebung im Verlauf des Elektronenbeschusses, NEUSER et al., 1989) ist die Zunahme des Rotanteils vieler Quarze im Verlauf des Elektronenbeschusses ein großes Handicap bei der Quantifizierung von Quarz-KL-Farben siliziklastischer Ablagerungen (u. a. NEUSER et al. 1996). Quantitative Angaben beruhen bislang auf Auszählungen von Finalfarben oder Abschätzungen von Initialfarben. Mit dem Einsatz einer Digitalkamera kann nun das KL-Verhalten von Quarz – natürlich auch von anderen Mineralen – mit nur wenigen Sekunden Beschuss festgehalten werden, wodurch sich eine neue Quantifizierungs-Methode für Quarzkörner von Siliziklastika ergibt.

Apparative Ausstattung: Die Untersuchungen wurden an einem Heißkathoden-Kathodolumineszenz-Mikroskop Typ HC1-LM (NEUSER 1995, NEUSER et al. 1996) durchgeführt. Zur Auswertung kurzlebiger KL-Eigenschaften kommt ein volldigitales Kamerasystem Typ DX30 C der Firma Kappa zum Einsatz, das speziell auf hohe Lichtempfindlichkeit bei hoher Auflösung und Dynamik konzipiert ist. Die Auflösung des CCD-Chips beträgt 1300×1030 Punkte, wobei im "progressive scan" Modus (d. h. alle Bildpunkte werden gleichzeitig ausgewertet) bis zu 10 Bilder / Sekunde bei einer Farbtiefe von 10 Bit erreicht werden.

Quarzlumineszenz beispielsweise, die bei herkömmlichem Diafilm mit einer Empfindlichkeit von 400 ASA etwa 4 Minuten Belichtungszeit erfordert, benötigt mit dieser Kamera nur noch ca. 5-10 Sekunden Aufnahmezeit. Durch RGB-Farbgleich kann dabei die Farbtemperatur den Erfordernissen der KL-Mikroskopie optimal angepaßt werden.

Die Bilddateien lassen sich problemlos mit allen üblichen Bearbeitungsprogrammen weiterverarbeiten und mit den entsprechenden Druckern in Photoqualität ausdrucken.

Untersuchungsgebiet: Im Rahmen der vom GLA Krefeld koordinierten interdisziplinären Untersuchungen zum "Tiefenkarst von Wülfrath" (DROZDEWSKI et al. 1998) fiel Bochumer Sedimentgeologen die Aufgabe zu, die sedimentpetrographisch reifen unterkretazischen Quarzsande im Höhlensystem devonischer Flachwasserkarbonate hinsichtlich ihres Quarzkornspektrums zu untersuchen. Zur KL-Typisierung des Quarzdetritus im Rahmen der Pilotstudie mit einer Digitalkamera wurden die Fraktionen 90-125 µm, 180-250 µm und 315-500 µm eines gut sortierten Sandes ausgewählt.

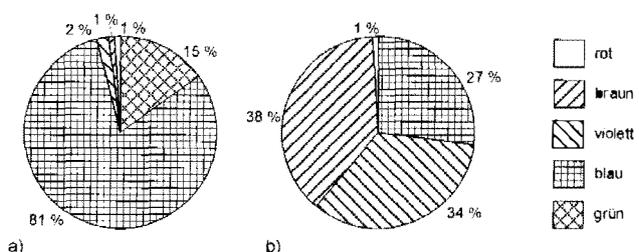


Abb. 1: Initiale (a) und finale (b) KL-Farben von Quarzpartikeln einer Probe der Wülfrather Sande, Korngröße 315-500 µm.

Typisierung und Interpretation: Zur Bestimmung der KL-Farben wurde mit der Digitalkamera das initiale Lumineszenzverhalten der Quarze aufgenommen. Eine zweite Aufnahme folgte nach etwa 10 Minuten. Aus dem Modalbestand der Sande mit 86-95 % Quarz, 12-4 % Gesteinsbruchstücken und 0,2-0,3 % Feldspäten (HOPPE 1999) wurden nur die monokristallinen Quarzpartikel berücksichtigt, wobei eine Unterscheidung auf Grundlage der initialen KL-Farbe und der Lebensdauer der Lumineszenz erfolgte. Die Ergebnisse sind exemplarisch in Abb. 1 dargestellt.

Während bei Berücksichtigung der initialen KL-Farben die blau lumineszierenden Quarze eindeutig dominieren (insgesamt 81 % blaue, 15 % grünliche Quarze), erhält man bei der herkömmlichen Methode ein Spektrum, in dem braune (38 %) und violette (34 %) Farbtöne vorherrschen (vgl. Abb. 1).

Diese starke Veränderung der Lumineszenzeigenschaften mit starker Zunahme des Rotanteils in der Emission deutet darauf hin, daß die Quarzpartikel der Sande überwiegend aus einem "hydrothermalen" Bildungsmilieu stammen (ca. 72 %). Zu einem geringeren Teil scheinen magmatische bzw. hochmetamorphe Quarze beteiligt zu sein (ca. 27 %), bei denen die Lumineszenz sich nicht oder nur wenig verändert. Metamorphe Quarze (2-3 %) und rote Porphyroquarze (1 %) treten nur untergeordnet auf.

Wenn man dagegen die initialen KL-Farben nicht berücksichtigt, kommt man zu einem anderen Ergebnis: Aufgrund der vielen braun lumineszierenden Quarze muß man hier (irrtümlich) für die meisten Partikel die Herkunft aus einem niedrigmetamorphen Bildungsmilieu annehmen.

Ausblick: Die KL-Mikroskopie in Verbindung mit einer hochempfindlichen Digitalkamera ist eine wertvolle Ergänzung zu herkömmlichen petrographischen Untersuchungen von Sanden und Sandsteinen. Vor allem monokristalline Quarzpartikel lassen sich mit Hilfe dieser Methode verschiedenen Bildungsmilieus zuordnen (unter Vorbehalt von Ausnahmen) und stellen damit weitere Informationen über Liefergebiete zur Verfügung.

BRUHN, F. & RICHTER, D. K. (1993): Kathodolumineszenzmuster von Quarzementen in Sandsteinen. - *Geologica et Palaeontologica*, Sediment 93, 22-24, Marburg.

DROZDZEWski, G., HARTKOPF-FRÖDER, VOGT, S. & WREDE, V. (1998): Vorläufige Mitteilung über unterkretazischen Massenkalk (Rheinisches Schiefergebirge). - *Mitt. Verb. Dt. Höhlen- u. Karstforsch.*, 44(2): 53-66, München.

FÜCHTBAUER, H. (1988): Sandsteine. - (In: FÜCHTBAUER, H. (Hrsg.): *Sedimente und Sedimentgesteine*), 97-104, Stuttgart (Schweizerbart).

HOPPE, A. (1999): Sedimentpetrographische Untersuchungen an unterkretazischen Sanden des Wülfrather Tiefenkarsts. - unveröffentl. Diplomarbeit, 1-89, Bochum.

NEUSER, R. D. (1995): A new high-intensity cathodoluminescence microscope and its application to weakly luminescing minerals. - *Bochumer geol. geotech. Arb.*, 44: 116-118, Bochum.

NEUSER, R. D., BRUHN, F., GÖTZE, J., HABERMANN, D. & RICHTER, D. K. (1996): Kathodolumineszenz: Methodik und Anwendung. - *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, 1995: 387-406, Stuttgart.

NEUSER, R. D., VOLLBRECHT, A. & RICHTER, D. K. (1989): Natural quartz

with brown violet cathodoluminescence – genetic aspects evident from spectral analysis. - *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, 1988: 919-930, Stuttgart.

Beobachtungen zum KL-Verhalten hydrothermaler Quarze unter Einsatz eines hochauflösenden Spektrometers und einer hochempfindlichen Digitalkamera

GÖTTE, T., NEUSER, R. D. & RICHTER, D. K.

Institut für Geologie, Ruhr-Universität Bochum

Kurzlebige Kathodolumineszenz (KL)-Farben hydrothermaler Quarze sind seit einiger Zeit bekannt und von verschiedenen Autoren beschrieben worden (u. a. RAMSEYER et al. 1988, NEUSER et al. 1989). Während aufgrund der schnellen Veränderungen bislang eine (zeitlich und energetisch) hochauflösende Spektroskopie und Fotografie des Phänomens technisch nicht möglich war, kann die Quarzlumineszenz nun mit Hilfe eines hochauflösenden Spektrometers und einer hochempfindlichen Digitalkamera gut dokumentiert werden.

Die Messungen wurden an dem Heißkathoden-Kathodolumineszenz-Mikroskop des Typs HC-LM1 durchgeführt (vgl. NEUSER 1995, NEUSER et al. 1996). Die Aufnahme der Spektren erfolgte mit einem Gitterspektrograph der Fa. EG&G über ein Gitter mit 150 Linien / mm und einen CCD-Chip mit 1024 × 256 Punkten. Für die Aufnahme der Lumineszenzbilder wurde ein Kamerasystem DX30 C der Fa. Kappa verwendet, das sich durch eine sehr hohe Lichtempfindlichkeit auszeichnet. Die Aufnahmedauer der einzelnen Bilder liegt minimal zwischen 2 und 5 Sekunden.

Die hydrothermalen Quarze aus dem oberdevonischen Massenkalk bei Wülfrath (Bergisches Land) zeigen in der Kathodolumineszenz eine intensive Wachstums- und Sektorzonierung. Bei Temperaturen von 295 K (Raumtemperatur) und 110 K (N₂-gekühlt) wurden KL-Spektren bestimmter Wachstumszonen aufgenommen. Die gleichen Wachstumszonen wurden (an anderen Stellen) mit einer Digitalkamera aufgenommen, um die Spektren mit den entsprechenden Bildern zu korrelieren.

Bei 295 K zeigen die Quarze das bekannte Bild mit einer starken Abnahme der Emission zwischen 380 und 440 nm (Abb. 1). Die Emissionsbande bei 650 nm steigt dagegen deutlich an. Bei den Tieftemperaturmessungen (110 K) fällt auf, daß nicht nur die kurzwellige Lumineszenz erhalten bleibt, sondern auch der starke Anstieg der langwelligen Emission unterbleibt (Abb. 1). Eine deutlich höhere Gesamtintensität der Lumineszenz bei tiefen Temperaturen ist im Gegensatz zu Literaturdaten nicht zu erkennen (vgl. HANUSIAK & WHITE 1975).

Die Emission im kurzwelligen Bereich wird in der Regel auf kombinierten Einbau von Al³⁺ und Li⁺ oder Na⁺ zurückgeführt, kann aber nicht streng mit deren Absolutgehalten korreliert werden. Die Kurzlebigkeit der Lumineszenz wird auf Strahlungsschäden zu-

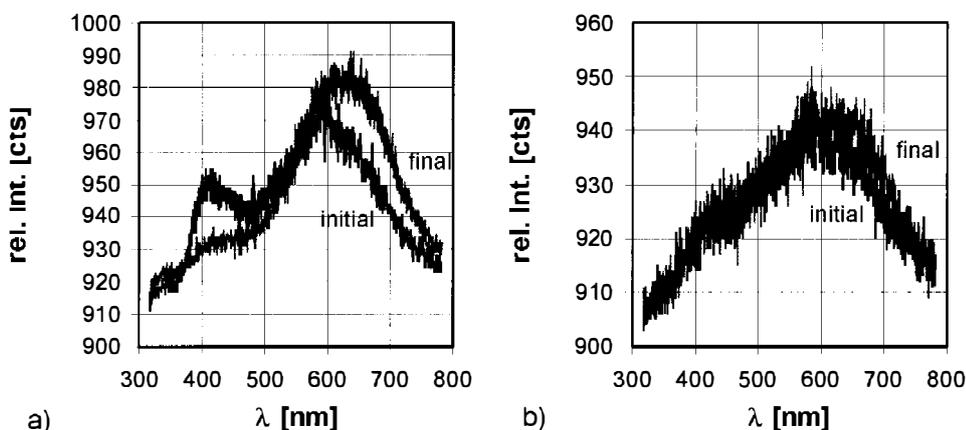


Abb. 1: Spektrum eines initial blauviolett lumineszierenden Wachstumssektors in einem hydrothermalen Quarz bei Raumtemperatur (a) und N₂-gekühlt (b).