

**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 Porphy Quarze (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 Quarz lumineszenz 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 (N<sub>2</sub>-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 Al<sup>3+</sup> und Li<sup>+</sup> oder Na<sup>+</sup> zurückgeführt, kann aber nicht streng mit deren Absolutgehalten korreliert werden. Die Kurzlebigkeit der Lumineszenz wird auf Strahlungsschäden zu-

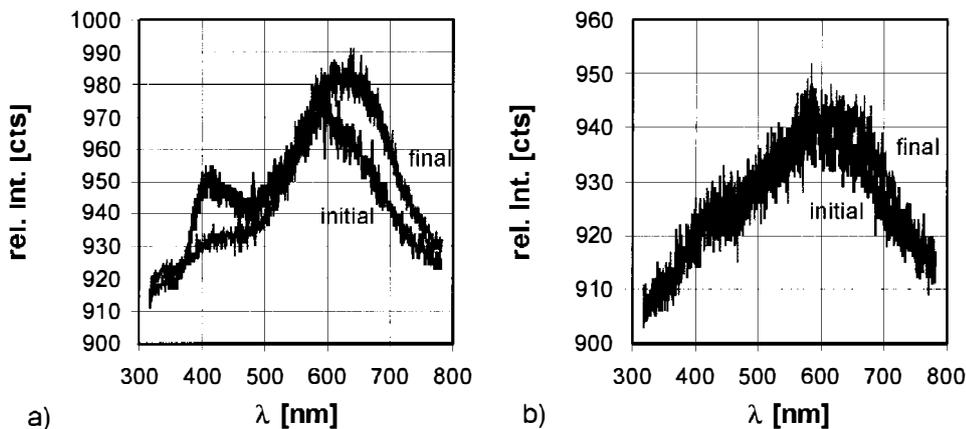


Abb. 1: Spektrum eines initial blauviolett lumineszierenden Wachstumssektors in einem hydrothermalen Quarz bei Raumtemperatur (a) und N<sub>2</sub>-gekühlt (b).

rückgeführt, indem die  $[AlO_4^-]^{IV}$ -Defekte in  $[AlO_4^-]$ -Zentren (Rauchquarzzentren) übergehen. Die einwertigen Kationen ( $Li^+$ ,  $Na^+$ ) können bei höheren Temperaturen ( $> 180 K$ ) parallel zu den c-Achsen durch den Kristall diffundieren und stehen für ein Ausheilen des Zentrums nicht mehr zur Verfügung (RAMSEYER et al. 1988, PERNY et al. 1992). Die ansteigende Emission zwischen 600 und 700 nm wird auf die Entstehung nichtbindender Sauerstoffradikale (NBOHC) zurückgeführt, die sich aus Hydroxid- und Peroxidfehlstellen durch hochenergetische Strahlung bilden (u. a. STEVENS KALCEFF & PHILLIPS 1995).

- HANUSIAK, W.M. & WHITE, E.W. (1975): SEM cathodoluminescence for characterization of damaged and undamaged alpha-quartz in respirable dusts. - (In: JOHARI, O. & CORVIN, I. (Eds.): Proceedings of the 8th Annual Scanning Electron Microscope Symposium), 125-132, Chicago.
- 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., GÖTZ, 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.
- PERNY, B., EBERHARDT, E., RAMSEYER, K., MULLIS, J. & PANKRATH, R. (1992): Microdistribution of Al, Li and Na in a-quartz: possible causes and correlation with short lived cathodoluminescence. - Amer. Mineral., **77**: 534-544, Washington.
- RAMSEYER, K., BAUMANN, J., MATTER, A. & MULLIS, J. (1988): Cathodoluminescence colours of a-quartz. - Min. Mag., **52**: 669-677, London.
- STEVENS KALCEFF, M.A. & PHILLIPS, M.R. (1995): Cathodoluminescence microcharacterization of silicon dioxide polymorphs. - Physical Review B, **52**: 3122-3134, New York.

### Palynofaziesmuster im Unteren Muschelkalk der Nordschweiz - Signale eustatischer Meeresspiegelschwankungen

GÖTZ, A.E. & FEIST-BURKHARDT, S.

Geologisch-Paläontologisches Institut, Technische Universität Darmstadt, Schnittspahnstr. 9, D-64287 Darmstadt

Die Bohrungen Benken, Weiach und Leuggern haben vollständig gekernte Profile des Unteren Muschelkalks aus dem südlichen Teil des germanischen Beckens geliefert. Das litho- und biostratigraphische Auflösungsvermögen der tonig-mergeligen Sedimentserie ist jedoch begrenzt. Die Palynofaziesanalyse ermöglichte eine sequenzstratigraphische Interpretation anhand charakteristischer Palynofaziesmuster, welche die transgressiv-regressive Entwicklung innerhalb der Schichtenfolge dokumentieren. Der Untere Muschelkalk bildet eine Ablagerungssequenz 3. Ordnung. Die organische Fazies der Sedimente des Transgressiven System Traktes (TST) ist durch einen hohen Anteil an Pollenkörnern der kontinentalen Fraktion und die deutliche Zunahme des marinen Planktons gekennzeichnet. Die Phase der maximalen Überflutung läßt sich im Häufigkeitsmaximum der marinen Fraktion im mittleren Profilabschnitt diagnostizieren. Der regressive Trend im oberen Teil der Ablagerungssequenz ist durch die deutliche Abnahme des marinen Planktons dokumentiert. Darüber hinaus ist die Phase des frühen Hochstand System Traktes (eHST) mit einem verstärkten Eintrag terrigener Holzreste von der Phase des späten Hochstand System Traktes (IHST) mit einem hohen Anteil an Pollenkörnern zu unterscheiden. Die Nähe des Ablagerungsraumes zur ehemaligen Küste (Vindelisches Land) wird durch die große Anzahl stengeliger Holzreste dokumentiert. Die beschriebenen Palynofaziesmuster sind beckenweit zu beobachten (GÖTZ & FEIST-BURKHARDT 2000, RAMEIL et al. in Vorb.). Die Ergebnisse der Palynofaziesanalyse aus der germanischen Mitteltrias belegen das hohe Anwendungspotential für die räum-

lich-zeitliche Interpretation mariner Ablagerungsräume.

- GÖTZ, A.E. & FEIST-BURKHARDT, S. (2000): Palynofacies and sequence analysis of the Lower Muschelkalk (Middle Triassic, German basin). - (In: BACHMANN, G. H. & LERCHE, I. (Hrsg.): Epicontinental Triassic) - Zbl. Geol. Paläont., Teil I (1998), H. **9/10 (Vol. 2)**: 877-891, Stuttgart.
- RAMEIL, N., GÖTZ, A.E. & FEIST-BURKHARDT, S. (in Vorb.): High-resolution sequence stratigraphical interpretation of shallow water carbonates by means of palynofacies analysis: an example from the Germanic Triassic (Lower Muschelkalk, Anisian) of East Thuringia, Germany. - Facies, Erlangen.

### Ingenieurgeologische Probleme im Bereich der Unterkreide-Transgression im Egge-Gebirge (Nordrhein-Westfalen, Deutschland)

GRAF, N. & STRAUSS, R.

c/o Bauüberwachungszentrale Egge-Querung; Am Stellwerk, D-34439 Willebadessen

Die Bahnstrecke Paderborn-Kassel ist eine der wichtigsten Ost-West-Verbindungen im deutschen Bahnverkehr. Die Strecke wurde im Jahre 1853 in Betrieb genommen. Die Trasse verläuft im Abschnitt Altenbeken-Warburg entlang der Ostflanke des Egge-Gebirges. Zwischen Neuenheerse und Willebadessen stehen im wesentlichen Sandsteine der Unterkreide über Tonsteinen des Lias an. Aufgrund dieser Untergrundsituation und der Morphologie ereigneten sich hier zahlreiche Hangrutschungen, die vermutlich bereits präkretazisch begannen und bis heute anhalten. In der Vergangenheit wurde die Bahnlinie hierdurch mehrfach unterbrochen. Daher wurde 1991 mit der Planung einer Umfahrung dieses Gefahrenbereiches begonnen. Die Untersuchung von verschiedenen Trassenvarianten führte unter Berücksichtigung von Interessen des Natur- und Umweltschutzes zu der jetzt seit Mitte 1997 in Bau befindlichen 12,8 km langen Variante. Herzstück der sogenannten Egge-Querung ist der 2880 m lange Egge-Tunnel, der Gesteinsschichten der Trias, des Juras und der Unterkreide durchörtert. Daneben werden als Ingenieurbauwerke 12 Brücken und Überführungen, etwa 1500 m Stützwände und verschiedene Erdbauwerke errichtet. Im Vortrag werden geologische Neuerkenntnisse und Besonderheiten vorgestellt, die sich während der Vorerkundung und der Bauarbeiten ergeben haben, und deren ingenieurgeologische Umsetzung diskutiert. Die Arbeiten zu diesem Projekt werden bis zum Jahr 2003 abgeschlossen sein.

The railway line from Paderborn to Kassel - built in 1853 - is one of the most important east-west-connections in Germany. In the section from Altenbeken to Warburg the line is running along the eastern hillside of the Egge-Mountains. The underground between Neuenheerse and Willebadessen consists of undercretaceous sandstones and liassic claystones.

This underground situation in connection with the morphology causes many earth slides in this area. The beginning of the earth sliding was precretaceous and is still going on. In the past the track was interrupted several times. There for the German Rail begins in 1991 the planing of a bypass-track of this risk area. The construction works of the 12,8 km long bypass was started in 1997. Central part of the new track is the 2880 m long "Egge-Tunnel". In addition are 12 bridges and 1500 m revertments and several earth-works under construction. The project will be finished in 2003.