

hydrothermal vein mineralisations support subsurface modeling, which is generally based on insufficient data density.

In summary, the majority of authigenic illite from porous sandstones in periatlantic basins is the product of fluid flow events, which were controlled by changes in the stress regime within these basins. Episodes of illite generation appear to be coeval in large parts of the individual basins and in basins of comparable structural situation / space relation to the evolving Atlantic passive margin.

Interpretation bathyalen Sedimente (Turbidite, Kontourite) der Nkalagu Formation (Turon bis Coniac, unterer Benuetrog, Südnigeria)

GEBHARDT, H.

Institut für Geologie und Paläontologie, Phillips Universität Marburg,
Hans-Meerwein-Str. 1, D-35032 Marburg

Die untersuchten Profile bestehen aus Wechselfolgen von siltigen, mehr oder weniger mergeligen, laminierten schwarzen Tonsteinen und Kalksteinen unterschiedlichen Ursprungs. Folgende Kalksteine können aufgrund ihrer strukturellen Merkmale unterschieden werden:

1. Feinsandige bis mergelige Siltsteine, mehr oder weniger deutlich laminiert, ohne Gradierung aber mit scharf abgegrenzten Ober- und Unterseiten. Diese werden als Kontourite interpretiert.
2. Kalksteine mit 0,15 - 0,90 m Bankdicke, die wegen ihrer weitverbreiteten feinkörnigen Matrix zunächst massig erscheinen, bei genauerem Hinsehen aber mehr oder weniger deutlich gradiert sind. Sie enthalten relativ große Flachwassermuscheln (meist *Plicatula* spp.) sowie Gastropoden, andere Bivalven und Lithoklasten. Treten diese meist kaum gerundeten Lithoklasten in großer Zahl auf, erscheint das Gestein im Gelände als Internbrekzie. Die Schichtoberseite der obersten Lage eines aus diesem Material aufgebauten Schichtpaketes ist nur wenig gewellt, die Schichtunterseiten sind dagegen durch Auflast und Setzungsvorgänge durch Dellen und Wülste geprägt. Diese Struktur hat sich auf dicht darunter liegende Kalkbänke übertragen. Dünnbankige, grobkörnige Schichten zeigen Belastungsmarken (loadcasts) an ihrer Basis. Bioturbation ist, wenn überhaupt, nur an Schichtunterseiten sichtbar (*?Thalassinoides*). Da die Gänge in die auflagernde Kalksteinlage hineinreichen, erfolgte die Durchwühlung nach der Ablagerung (post-event tracefossils). Es treten sowohl Kornverfeinerungssequenzen (häufiger) als auch Kornvergrößerungssequenzen auf (seltener). Diese Gesteinsfolgen werden als proximale Turbidite oder Debris flows interpretiert (siehe auch Mikrofaziesanalyse).
3. Relativ dünnbankige (cm-dm-Bereich), tonige Siltsteine mit Pflanzenhecheln und teilweiser interner Gradierung werden als distale Turbidite angesehen.

Die Kriterien zur Differenzierung von Turbiditen und Kontouriten sind in der hier durchgeführten Unterscheidung weitestgehend erfüllt. Ideale Bouma-Zyklen wurden allerdings nicht beobachtet, was aber insbesondere bei Karbonatturbiditen nicht ungewöhnlich ist. Vielmehr handelt es sich bei den basalen Karbonatsequenzen beider Profile um amalgamierte Stapel proximaler (high density) Debris flows im Übergang zu „sandigen“ Turbiditen. Ein tiefer, beckenwärts gelegener Ablagerungsraum für diese Karbonate wird durch die Analyse der Mikrofossilfaunen unterstützt.

Da das Alter der untersuchten Ablagerungen durch die Fossilführung gut bekannt ist, wurde versucht, aus den Plankton/Benthos-Verhältnis abgeleitete Paläowassertiefen mit der eustatischen Meeresspiegelkurve zu korrelieren. Für den Untersuchungszeitraum ergibt sich eine recht gute Parallelität der Kurvenverläufe. Allerdings sind die aus den Plankton/Benthos-Verhältnissen er-

rechneten Schwankungen etwa 2mal so gross wie die der eustatischen Meeresspiegelkurve. Der hierin steckende systematische Fehler könnte entweder in der Haq-Kurve selbst, den abgeleiteten Wassertiefen oder weiteren mit dem Meeresspiegel gekoppelten Faktoren (z. B. Nährstoffzufuhr) zusammenhängen, wobei aufgrund der Interpretationen der planktonischen Foraminiferenfaunen die letzte Möglichkeit als die wahrscheinlichste erscheint. Die Interpretation der Turbidite und Debris flows von Nkalagu wirft im Rahmen des üblichen sequenzstratigraphischen Schemas zunächst Probleme auf. Zwar handelt es sich von ihrer Zusammensetzung her um Karbonatturbidite, deren Ausgangsgesteine auch in einem Karbonatmillieu gebildet worden sind, jedoch kam es aufgrund der paläogeographischen Situation im unteren Benuetrog während der Kreidezeit nicht zur Bildung einer ausgedehnten Karbonatplattform. Von daher kann auch nicht von einer Karbonatfabrik (vergleichbar etwa der rezenten Bahama-Plattform) und einem wie oben geschilderten System der Karbonatsedimentation ausgegangen werden. Auch spricht das Vorherrschen biogener Komponenten in den Turbiditen für die Schmalheit der Produktionsräume und, wenn überhaupt, für Niedrigstandablagerungen. Aus diesen Gründen sind die Tiefwasserablagerungen von Nkalagu eher wie siliklastische Systeme zu interpretieren.

Quantitative Kathodolumineszenz-Spektroskopie Mn²⁺-aktivierter diagenetischer und hydrothormaler Dolomite

GILLHAUS, A. *, MEIJER, J. **, RICHTER, D.K. * & STEPHAN, A. **

Ruhr-Universität Bochum, *Institut für Geowissenschaften, **Institut für Experimentalphysik III, D-44801 Bochum

Bei Karbonatmineralen gilt bekanntlich Mn²⁺ neben trivalenten REE als wesentlicher Aktivator der extrinsischen Kathodolumineszenz (KL), während Fe²⁺ als Hauptquencher element angesehen wird (u. a. MARSHALL 1988). Wie beim Calcit (s. Zusammenstellung von HABERMANN et al. 1998) gehen beim Dolomit die Meinungen über die untere Nachweisgrenze der Mn²⁺-Aktivierung bezüglich einer sichtbaren gelb-orangeroten KL-Eigenschaft weit auseinander (u. a. PIERSON 1981).

Eine Quantifizierung der Mn-bezogenen Lumineszenz von Dolomit kann über die Kombination von HRS-CL (High Resolution Spectral analysis of CL emission) und PIXE (Proton Induced X-ray Emission)-Messungen erreicht werden. Im Vergleich zur quantitativen KL-Spektroskopie von Calcit (vgl. HABERMANN 1997) ist das Mineral Dolomit jedoch schwieriger, da Mn²⁺ auf Ca- und Mg-Position im Gitter eingebaut sein kann. Dies zeigt sich in verschiedenen gelegenen, in den Flanken überlagernden Breitbanden bei KL-Spektren (u. a. HABERMANN et al. 1996). GILLHAUS et al. (2000) haben von rot (Mn²⁺ in Mg-Position: $\lambda = 656$ nm) und gelb (Mn²⁺ in Ca-Position: $\lambda = 575$ nm) in unterschiedlichsten Verhältnissen lumineszierenden Dolomiten vorwiegend rot lumineszierende Dolomite ausgewählt, um die Korrelation zwischen Mn-Gehalt (PIXE) und KL-Intensität (QHRS-CL) zu prüfen. Über Spektrenhöhenmessungen ergab sich eine lineare Korrelation für Proben zwischen 20 und 100 ppm Mn, die ungefähr der von HABERMANN (1997) entwickelten entsprechenden Korrelation für Fe²⁺-freie bis -arme Calcite gleichkommt.

Eine exakte Quantifizierung der Mn-bezogenen Kathodolumineszenz von Dolomiten ist über die Kombination von PIXE-Analysen mit Peakflächenmessungen bei KL-Spektren möglich und verspricht eine schnellere KL-spektroskopische Mn-Bestimmung gegenüber Peakhöhenmessungen an herausgefilterten Rot- bzw. Gelbbanden.

Anband kombinierter Analysen von homogen lumineszierenden Dolomitekristallen und Dolomitekristallzonen mit Mn-Gehalten zwischen 10 und 2671 ppm kann eine lineare Korrelation ($R =$

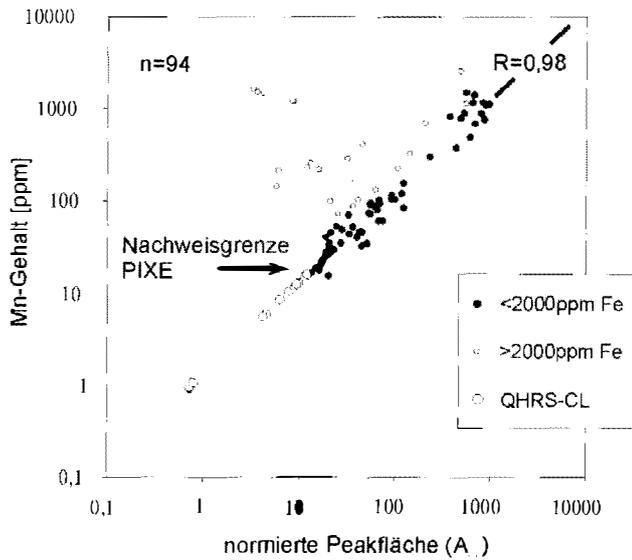


Abb. 1: Korrelation der Mn-Gehalte von Dolomiten (PIXE-Messung) mit den normierten Peakflächen der Mn-aktivierten Kathodolumineszenz. R = lineare Korrelation für Fe-arme Dolomite.

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.

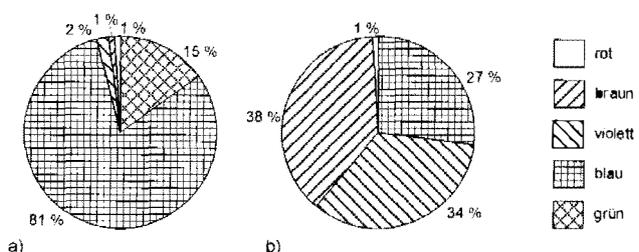


Abb. 1: Initiale (a) und finale (b) KL-Farben von Quarzpartikeln einer Probe der Wülfrather Sande, Korngröße 315-500 µm.