

## Quantitative Bestimmung des Thaumazitgehaltes mittels der Röntgendiffraktometrie

KOCH, M.<sup>1</sup> & KLAMMER, D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Erdwissenschaften, Bereich Geologie & Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 26, 8010 Graz;

<sup>2</sup> Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz

**Einleitung:** Bauschäden von Betonkonstruktionen die durch die Wechselwirkung von Wässern mit dem Beton unter Bildung von

Ettringit  $\text{Ca}_6\text{Al}_2^{16}[(\text{OH})_{12}](\text{SO}_4)_3 \cdot (24 + 2\text{H}_2\text{O})$  und Thaumazit  $\text{Ca}_6\text{Si}_2^{16}[(\text{OH})_{12}](\text{CO}_3)(\text{SO}_4)_2 \cdot (24\text{H}_2\text{O})$  entstanden sind, werden seit längerem beobachtet /1/. Die Mechanismen dieser Betonschädigung wurden in einer Vielzahl von Veröffentlichungen beschrieben /2-3/. Die eindeutige Identifizierung bzw. Quantifizierung des Schadminerals Thaumazit mit Hilfe analytischer Methoden (z. B. der Röntgendiffraktometrie) bei gleichzeitigem auftreten von Ettringit, ist hingegen auf Grund der strukturellen Verwandtschaft und der möglichen Mischkristallbildung der beiden Minerale schwierig /4/ und noch immer nicht endgültig gelöst.

In Rahmen einer systematischen Untersuchung /5/ zu dieser Problematik wurde versucht, mittels Röntgendiffraktometrie zu bestimmen, ab welchen mengenmäßigen Gehalt Thaumazit neben einem röntgenographisch erkennbaren Ettringitgehalt nachweisbar ist.

**Ergebnis:** Für die angestellten Untersuchungen standen synthetisch hergestellter Ettringit und Thaumazit zur Verfügung. Es wurden 1:1 Mischungen von Thaumazit und Ettringit mit 1, 2.5, 5, und 10 Gew.% hergestellt und diese mit zwei verschiedenen Betonen vermischt. Darüber hinaus ist eine Mischung von 50 Gew.% Ettringit und 50 Gew.% Thaumazit ebenfalls in die Analyse mit einbezogen worden. Alle Mischungen wurden mit Hilfe eines Röntgendiffraktometers (PANalytical X'Pert Pro,  $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$ -Strahlung) analysiert. Zur Bestimmung des Thaumazitgehaltes ist die Nettointensitäten der Hauptinterferenz ( $d_{100}$  9,59 Å) des Thaumazits im Diffraktogramm herangezogen worden.

Wie die Untersuchungen zeigten, ist eine eindeutige Identifizierung und zumindest semiquantitative Bestimmung von Thaumazit neben röntgenographisch gleichzeitig auftretendem Ettringit erst ab einem Gehalt von 2.5 Gew.% möglich.

Auf Basis der o. a. Untersuchung konnte in geschädigten Betonen von zwei verschiedenen Lokalitäten aus Österreich, ein durchschnittlicher Thaumazitgehalt von 3-40 Gew.% ermittelt werden. In einer vollkommen zerstörten Betonprobe wurde ein Thaumazitgehalt von 80 Gew.% bestimmt.

/1/ BRENSTED, J. (1999): Thaumazite - background and nature in deterioration of cements, mortars and concretes. - *Cement and Concrete Composites*, **21**: 117-121.

/2/ BELLMANN, F. & STARK, J. (2009): The role of calcium hydroxide in the formation of thaumazite. - *Cement and Concrete Research*, **38**: 1154-1161.

/3/ HAGELIA, P. & SIBBICK, R.G. (2009): Thaumazite Sulfate Attack,

Poporn Calcite Deposition and acid attack in concrete stored at the Blindtarmen test site Oslo, form 1952. - *Materials Characterization*, **60**: 686-699.

/4/ GÖSKE, J., PÖLLMANN, H. & WENDA, R. (2007): Ettringit- und Thaumazitreiben in Betonwerkstoffen - Analytische Betrachtung und Ursachenermittlung mittels Röntgendiffraktometrie und Rasterelektronenmikroskopie. - *Beton- und Stahlbetonbau*, **102**, 5: 321-329.

/5/ KOCH, M. (2009): Sulphate Attack on Hydraulic Cements - Formation of Ettringite and Thaumazite. - 1-115, Master Thesis Institute of Applied Geosciences, Graz University of Technology, Graz.

## Hydraulische Eigenschaften einer Störungskernzone aus dem Semmeringgebiet (Österreich)

KOCH, M., WINKLER, G. & BIRK, S.

Karl-Franzens Universität Graz, Institut für Erdwissenschaften, Heinrichstr. 26, A-8010 Graz; michaela.koch@uni-graz.at

Störungen und Störungszonen stellen heterogene und strukturell anisotrope Diskontinuitäten in der oberen Erdkruste dar und beeinflussen maßgeblich die Entwässerungsdynamik von Gebirgskörpern. Nach einem Modell von CAINE et al. (1996) ist eine Störungzone aus einem Kern, einer Zerrüttungszone und dem Protholith aufgebaut. Störungszonen sind oft durch einen unterschiedlichen Internaufbau und abrupte Änderungen in den hydraulischen Eigenschaften charakterisiert (WINKLER et al. 2010). Je nach Entwicklungsstadium, Aufbau und Genese können sie als Wasserleiter, Barrieren oder einer Kombination von beiden wirken.

In dieser Arbeit werden die hydraulische Eigenschaften der Kernzone der Talhofstörung untersucht, welche im Bereich des Semmeringgebietes (Ostalpen, Österreich) aufgeschlossen ist. Die Talhofstörung ist eine W-E streichende, sinistrale Seitenverschiebung. Der Kern der Störungzone ist aus Quarziten (Semmeringquarzit) und Quarzphylliten aufgebaut, die durch beinahe vollständige Auflockerung bis zu kohäsionslosen Kakiriten zerschert wurden. Basierend auf den Ergebnissen von KIECHL (2007) wurden der Aufbau der Störungskernzone sowie die hydraulischen Eigenschaften detaillierter untersucht. Stechzylinderproben wurden aus der Kernzone in drei verschiedene Raumrichtungen bezüglich eines definierten kinematischen Koordinatensystems genommen und anschließend im Labor hinsichtlich Mineralbestand, Tonmineralgehalt, Korngrößenverteilung und hydraulischer Durchlässigkeiten mittels triaxialer Durchlässigkeitszellen untersucht. Die hydraulische Durchlässigkeit wurde bei Durchströmungsdrücken von 0.24 bar, 0.36 bar, 0.46 bar, 0.65 bar, 1.2 bar und 2.4 bar gemessen.

Die Mineralbestandsanalysen der Proben zeigen Quarz und Muskovit als Hauptminerale. Die tonmineralogischen Untersuchungen zeigen eine Dominanz von Muskovit (70 %) neben Smektit (2 %). Die Korngrößenanalysen ergaben Schluff und Sand als dominante Korngrößen. Für die Durchlässigkeit ergibt sich jedoch nur eine Abhängigkeit in Bezug auf den Tonanteil, der ab einem Anteil von ca.

15-20 % eine signifikant geringere hydraulische Durchlässigkeit (K-Wert) bewirkt.

Die ermittelten K-Werte aller Proben liegen zwischen ca.  $1,6E-06$  m/s und ca.  $4,5E-11$  m/s. Die hydraulischen Untersuchungen zeigen eine Anisotropie der hydraulischen Eigenschaften bezüglich der Orientierung der Proben zur Störungsfläche. Die K-Werte parallel zur Bewegungsrichtung sind höher als normal dazu. Des Weiteren konnten vier Bereiche unterschieden werden, die mit Abstand zur Störungsfläche größere Korngrößen und somit höhere Durchlässigkeiten zeigen. Es konnte eine generelle Abnahme der hydraulischen Durchlässigkeiten mit ansteigendem Durchströmungsdruck beobachtet werden, wobei die Druckerhöhung bei den Proben normal auf die Störungsfläche fast keine Verringerung der hydraulischen Durchlässigkeiten zeigt. D. h. bei steigendem Durchströmungsdruck ist die hydraulische Anisotropie deutlich geringer ausgebildet. Erste Ergebnisse aus Versuchen mit Drücken bis zu 50 bar zeigen eine noch stärkere Abnahme der Durchlässigkeiten. Im Zuge der Druckerhöhungen wurden Kompaktionen an den Proben festgestellt, was ein Grund für die Verringerung der hydraulischen Durchlässigkeiten sein könnte.

CAINE, J.S., EVANS, J.P. & FORSTER, C.P. (1996): Fault zone architecture and permeability structure. - *Geology*, **24** (11): 1125-1128.

KIECHL, E. (2007): Die hydrogeologische Wirksamkeit von Störungen und Störungszonen am Beispiel der Talhofstörung (Ostalpen). - Diplomarbeit TU Graz.

WINKLER, G., KURZ, W., HERGARTEN, S. & KIECHL, E. (2010): Hydraulische Charakterisierung von Störungskernzonen in kristallinen Festgesteinen am Beispiel der Talhofstörung (Ostalpen). - *Grundwasser*, **15**: 59-68.

### **Turbiditfazies im Paläogen der Gosau von Gams (Steiermark)**

KOUKAL, V.<sup>1</sup>, WAGREICH, M.<sup>1</sup>, EGGER, H.<sup>2</sup> & GEBHARDT, H.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department für Geodynamik und Sedimentologie, Universität Wien, Geozentrum, Althanstraße 14, A-1090 Wien; vkoukal@hotmail.com;

<sup>2</sup> Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 37, A-1030 Wien

Die Gosau-Gruppe von Gams umfasst Gesteine des Oberturoniums bis Ypresiums, die diskordant auf kalkalpinem Untergrund liegen (Unterberg-Decke; WAGREICH et al. 2009). Im Bereich der Oberen Gosau-Subgruppe (Campanium-Eozän) sind die Kreide/Paläogen (K/Pg)- und die Paleozän/Eozän (P/E)-grenzen erhalten (EGGER et al. 2004, 2009a, b). Im Rahmen einer Dissertation werden die Tiefwassersedimente über der K/Pg bearbeitet.

Der Abschnitt des Daniums (Kalkige Nannoplanktonzonen NP1-NP4) zeigt eine von rötlichen Mergeln und Kalkmergeln (Karbonatgehalte 27-61 Gew.%) aufgebaute Schichtfolge mit einzelnen Turbiditsandsteinen und Debris-Flow- und Slump-Lagen. Die Sandsteine sind karbonatreich und enthalten umgelagertes kalkalpines Material neben biogenen Resten (u. a. Rotalgen, Foraminiferen). Die Debris-Flows zeigen diverse Komponenten,

darunter aufgearbeitete Untere Gosau-Subgruppe und Kambühelkalke (flachmarines Paleozän). Dieser Abschnitt wird noch der Nierental-Formation zugezählt, auf Grund der Dominanz von Mergeln und Kalkmergeln.

Über der Nierental-Formation folgen Sandsteine und graue, kalkärmere Mergel und Tonmergel (NP5-NP9), die in eine weitgehend karbonatfreie Abfolge mit häufigen Turbiditen und überwiegend kalkfreien dunkelgrauen Tonsteinen (Karbonatgehalte 2-6 Gew.%) überleitet. Die erste markante dicke Sandsteinbank (>1 m) an der Basis dieser Abfolge (NP5) markiert die Basis der Zwieselalm-Formation. Die Sandsteine können überwiegend als klassische Turbidite, beginnend mit Bouma Tb, klassifiziert werden. Im höheren, weitgehend kalkfreien Abschnitt sind die Turbiditlagen oft nicht zementiert. Rotbraune Tonstein- und Tonmergellagen sind im Paleozän-Eozän-Grenzbereich eingeschaltet. Sideritische Konkretionen sind ebenfalls für diesen Abschnitt charakteristisch. Eine Ablagerungstiefe unterhalb der Kalzitkompensationstiefe (CCD) wird angenommen. Darüber folgt ein turbiditreicher Abschnitt mit zwischengeschalteten Mergellagen (Karbonatgehalte 3-39 Gew.%) bis über 1 m Mächtigkeit (NP10-NP11), die dem hemipelagischen Beckennormal-sediment entsprechen und damit wieder eine Ablagerung an oder über der CCD belegen. Breccienlagen an der Basis mächtiger Turbiditbänke und Slump-Lagen sind charakteristisch. Im Untereozän (NP 10a) sind 3-9 cm dicke, hellgrau-gelbliche Bentonitlagen eingeschaltet. Darüber (NP 12) folgt ein tonmergelreicher Abschnitt mit nur dünnen, oft grobsiltig-feinsandigen Turbiditlagen, die das Top der Schichtfolge der Gosau-Gruppe von Gams bilden (EGGER & WAGREICH 2001).

Insgesamt zeigt die Turbiditfazies starke laterale Faziesänderungen, die auf starke Reliefunterschiede im Sedimentationsraum hinweisen. Deutliche Bankzyklen sind kaum überliefert, eindeutige submarine Fächerbereiche können somit nicht unterschieden werden. Die Resedimentablagerungen charakterisieren eher die Füllung eines komplexen Hangbeckens (WAGREICH 2001), gesteuert durch tektonische Absenkung, eine komplexe Hangtopographie und ein tektonisch aktives, sich veränderndes Hinterland im Süden.

EGGER, H., KOEBERL, C., SPÖTL, C., WAGREICH, M. & MOHAMED, O. (2009a): Paleogene deep-water deposits at Gams (Austria): From the K/PG-boundary to the P/E-boundary in a Tethyan setting. - (In: CROUCH, E.M., STRONG, C.P. & HOLLIS, C.J. (Eds.): Climatic and Biotic Events of the Paleogene (CBEP 2009)), Extended Abstract, New Zealand, 12-15 January 2009. - GNS Science Miscellaneous Series, **18**: 50-53, Wellington.

EGGER, H., KOEBERL, C., WAGREICH, M. & STRADNER, H. (2009b): The Cretaceous-Paleogene (K/Pg) boundary at Gams, Austria: Nannoplankton stratigraphy and geochemistry of a bathyal northwestern Tethyan setting. - *Stratigraphy*, **6**: 333-347, New York.

EGGER, H., RÖGL, F. & WAGREICH, M. (2004): Biostratigraphy and facies of Paleogene deep-water deposits at Gams (Gosau Group, Austria). - *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, **106A**: 281-307, Wien.

EGGER, H. & WAGREICH, M. (2001): Upper Paleocene - Lower Eocene nannofossils from the Gosau Group of Gams/Styria (Austria). - (In: PILLER, W.E. & RASSER, M.W. (Eds.): Paleogene of the Eastern Alps), *Österr. Akad. Wiss., Schriftenr. Erdwiss. Komm.*, **14**: 465-472, Wien.

WAGREICH, M. (2001): Paleocene - Eocene paleogeography of