

The impact of partial water saturation on rock strength: an experimental study on sandstone

Manuela Morales Demarco, Eberhard Jahns, Jörg Rüdrieh, Pedro Oyhantcabal & Siegfried Siegesmund*

Morales Demarco, M., Jahns, E., Rüdrieh, J., Oyhantcabal, P. & Siegesmund, S. (2007): The impact of partial water saturation on rock strength: an experimental study on sandstone. [Der Einfluss einer partiellen Wassersättigung auf die mechanischen Gesteinseigenschaften: eine Fallstudie an Sandsteinen.] – Z. dt. Ges. Geowiss., 158: 869–882, Stuttgart.

Abstract: The mechanical properties of sandstones are a critical parameter and of vital importance for several topics in the applied geosciences. For a systematic study eight sandstone varieties (Bad Bentheim, Bebertal, Obernkirchen, Sander, Schleerither, Tambach, Weser grau, Weser rot) were selected. All lithotypes were studied with respect to the mineralogical composition and its fabrics. They differ in composition, porosity (from 6 to 26 %) and in the pore radii distribution. The impact of partial water saturation on the uniaxial compressive strength (UCS) is highly variable and is a function of the micro to macro pore ratio. Sandstones belonging to the intermediate and low porosity group show higher values of the UCS and a pronounced sensitivity to the water saturation. The reduction in the UCS with increasing water content is significant, with values of up to 50 % strength loss. In general, if weakening occurs, it occurs when the water saturation is below 30 percent. Bad Bentheim and Obernkirchen sandstones are less sensitive to the water saturation/UCS relation. The proportion of pores below 0.1 μm could have a significant control on the strength loss and hygric expansion. The correlation observed between the reduction of the UCS and the hygric expansion could be explained by swelling clay minerals or be caused by the disjoining pressures within the small pores.

Kurzfassung: Die mechanischen Gesteinseigenschaften gehören zu den Schlüsseleigenschaften in den Angewandten Geowissenschaften. Für eine systematische Untersuchung zu den mechanischen Eigenschaften auch unter partieller Wassersättigung wurden acht Sandsteine ausgewählt: Bad Bentheim, Bebertal, Obernkirchen, Sander, Schleerither, Tambach, Weser grau und Weser rot. Alle Gesteinsvarietäten wurden hinsichtlich der mineralogischen Zusammensetzung und des Gesteinsgefüges untersucht. Die Unterschiede in der Porosität (6–26 %) und auch in der Porenradienverteilung sind beträchtlich. Die Variation der einaxialen Druckfestigkeit als Funktion der Wassersättigung ergab kein einheitliches Bild und scheint besonders von dem Makro- zu Mikroporenverhältnis abhängig zu sein. Sandsteine mittlerer und niedriger Porosität zeigen höhere Festigkeiten und – mit Ausnahme von Tambach – eine besonders deutliche Abnahme der Festigkeit mit zunehmendem Wassergehalt. Diese Reduktion der Festigkeit kann bis zu 50 % betragen. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass der Anteil der Mikroporen unter 0,1 μm einen signifikanten Einfluss auf die einaxiale Druckfestigkeit und die hygrischen Gesteinseigenschaften hat. Die Korrelation zwischen der Reduktion der Druckfestigkeit und den hygrischen Gesteinsfestigkeiten könnte durch quellfähige Tonminerale oder einen existierenden Plattenspaltdruck erklärt werden.

Keywords: sandstones, petrophysical properties, partial water saturation, uniaxial compressive strength, hygric expansion

Schlüsselwörter: Sandsteine, gesteintechnische Eigenschaften, Wassersättigung, Druckfestigkeit, hygrische Eigenschaften

* Addresses of the authors:

Dipl.-Geol. Manuela Morales Demarco (manugea@gmail.com), Prof. Dr. Pedro Oyhantcabal (epidoto2000@yahoo.de), Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de la Republica, Igua 4224, C.P. 11400 Montevideo, Uruguay;

Dr. Eberhard Jahns, Gesteinslabor Dr. Eberhard Jahns, Hospitalstrasse 13, 37308 Heiligenstadt, Germany (jahns@gesteinslabor.de);

Dr. Jörg Rüdrieh (jruedri@gwdg.de), Prof. Dr. Siegfried Siegesmund (ssieges@gwdg.de), Geoscience Centre of the University of Goettingen, 37077 Goettingen, Goldschmidtstr. 3, Germany.