

## Gekoppelte hydromechanische Thermo-Triaxialversuche an Sandsteinproben zur Bestimmung poroelastischer Parameter

Valerian Schuster<sup>1</sup>, Sebastian Weinert<sup>1,2</sup>, Kristian Bär<sup>1</sup>, Ingo Sass<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Fachgebiet Angewandte Geothermie, Schnittspahnstraße 9, 64287 Darmstadt

<sup>2</sup>Darmstädter Exzellenz-Graduiertenschule für Energiewissenschaft und Energietechnik, Otto-Berndt-Str. 3, 64287 Darmstadt.

schuster@geo.tu-darmstadt.de

### Abstract

Porenfluide haben direkten Einfluss auf die Deformationseigenschaften von natürlichen Gesteinen indem sie der auf das Gestein wirkenden Spannung anteilig entgegenwirken. Umgekehrt beeinflussen Gesteinsdeformationen den Porenfluiddruck und -fluss durch Änderung des Porenvolumens. Die gegenseitige Wechselwirkung zwischen Porenfluid und Gesteinsgerüst wird als hydromechanische Kopplung bezeichnet und kann im Bereich elastischer Verformung durch die poroelastischen Eigenschaften des Gesteins beschrieben werden.

In einer Testreihe ist die Bestimmung poroelastischer Parameter bei drainierter und undrainierter Porendruckrandbedingung an gesättigten Proben eines homogenen Feinsandsteins aus dem Plattensandstein (Oberer Buntsandstein) unter Laborbedingungen am Thermo-Triaxial-Versuchsstand der TU Darmstadt erfolgt. Während der Versuche sind Porendruck, Horizontal- und Vertikalspannung wie auch die horizontale- und vertikale Deformation der Probe fortlaufend aufgezeichnet worden. Sämtliche Versuche wurden bei konstant geregelter Proben- und Porenfluidtemperatur von  $25 \pm 1$  °C durchgeführt.

Die Probekörper sind während der Experimente mit einer Rate von  $0,44 \text{ MPa s}^{-1}$  bis zu einer Spannung von 30 MPa belastet worden. Dabei wurde der Porendruck für die Messung des drainierten Kompressionsmoduls wie des Biot-Willis Koeffizienten über die Versuchsdauer auf einem konstanten Niveau von 1 MPa gehalten. Bei undrainierter Porendruckrandbedingung ist das undrainierte Kompressionsmodul sowie der Skempton Koeffizient ermittelt worden. Die Regelung und Messung des Porenfluiddrucks erfolgte in beiden Versuchsaufbauten durch einen am unteren Probenende angeschlossen Volumen- und Druckregler (VPC).

In einer zweiten Versuchsreihe sind die Permeabilität und der spezifische Speicherkoeffizient bei konstanter mittlerer Spannung von 5, 10, 15, 20, 25 und 30 MPa mithilfe der linearen Porendruckbeaufschlagung nach Song & Renner (2006, 2008) ermittelt worden. Hierfür ist der Porendruck am unteren Probenende auf jeder Spannungsstufe mit einer Rate von  $0,05 \text{ MPa s}^{-1}$  von 1 auf 4,5 MPa erhöht worden. Während der Druckbeaufschlagung wird die verzögerte Porendruckentwicklung am oberen Probenende erfasst. Ein Druckgleichgewicht in der Probe bildet sich nach 30 s konstant gehaltenen maximalen Porendruck aus.

Für das drainierte und undrainierte Kompressionsmodul wurden 4,86 bzw. 7,89 GPa gemessen. Der ermittelte Biot-Willis Koeffizient liegt bei 0,78 der Skempton Koeffizient bei 0,53. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt die Spannungsabhängigkeit der bestimmten Parameter. So zeigen das drainierte und undrainierte Kompressionsmodul mit steigender Terzaghi-Effektivspannung einen zunehmenden Trend. Gegensätzlich dazu weisen der Biot-Willis und Skempton Koeffizient sowie die Permeabilität und der spezifische Speicherkoeffizient eine abnehmende Tendenz bei steigender Terzaghi-Spannung auf.

Experimentell bestimmte Daten sind die Grundlage für verschiedene hydromechanische Simulationen. Diese können einen ersten Ansatz bilden, um Aussagen über das mögliche Versagen von Bohrlochstandfestigkeiten, induzierten Subsidenzen und/oder Seismizitäten, Überschreiten von Bruchkriterien oder Veränderungen von hydraulischen Parametern wie der Permeabilität treffen zu können, wie sie beispielsweise während der Produktion von Öl oder Gas, der unterirdischen Einlagerung von  $\text{CO}_2$  sowie der Erschließung geothermischer Reservoirs auftreten können.

### References

- Song, I. and Renner, J. (2006), Linear pressurization method for determining hydraulic permeability and specific storage of a rock sample. *Geophysical Journal International*, 164: 685-696. doi:10.1111/j.1365-246X.2005.02827.x
- Song, I., and J. Renner (2008), Hydromechanical properties of Fontainebleau sandstone: Experimental determination and micromechanical modeling. *J. Geophys. Res.*, 113, B09211, doi: 10.1029/2007JB005055