

Laboruntersuchungen zu den mechanischen Eigenschaften und der Gasdichtheit von Bohrlochzementen und Casing-Zementation-Steinsalz-Verbundsystemen für Salzkavernen

T. Pan, K.-H. Lux, R. Wolters-Zhao

TU Clausthal, Lehrstuhl für Geomechanik und multiphysikalische Systeme, Clausthal-Zellerfeld, Germany

Im Kontext der Energiewende und der Klimaneutralität können nicht mehr für die Erdgasspeicherung erforderliche Kavernen in Wasserstoffspeicherkavernen umgerüstet werden. Entscheidend für die weitere sichere Speicherung von Wasserstoff in den ehemaligen Salzkavernen ist die Integrität ihrer Zugangsbohrung. Ziel der Untersuchungen ist es daher, die mechanischen und hydraulischen Eigenschaften von Bohrlochzementen sowie den Erhalt der Integrität des Casing-Zementation-Steinsalz-Verbundsystems unter den zusätzlichen Beanspruchungen durch den Kavernenspeicherbetrieb zu ermitteln.

Untersucht worden sind die mit teilgesättigter und vollgesättigter Sole hergestellte Zemente der API-Klasse C, also 50 Zementvollprüfkörper sowie 8 Casing-Zementation-Steinsalz-Verbundprüfkörper. Vor der Durchführung sind die Prüfkörper über einen Zeitraum von 2 Jahren in Druckbehältern gelagert worden.

Mechanische Tests an Zementvollprüfkörpern umfassten elastische Eigenschaften, Kurzzeitfestigkeit und Langzeitkriecheigenschaften. Die Ergebnisse wurden mit früheren Daten zu denselben Zementationsvarianten verglichen, wobei die Prüfkörper jedoch eine kürzere Aushärtungszeit aufwiesen.

Hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften der Zementationsvarianten sind einerseits die Gasdurchlässigkeit der Zementvollprüfkörper bei einer Temperatur von 40 °C und verschiedenen Gasdrücken sowie mechanischen Beanspruchungssituationen untersucht worden, andererseits wurde dann zusätzlich auch die integrale Gasdurchlässigkeit der Casing-Zementation-Steinsalz-Verbundprüfkörper vor und nach einer überprägten mechanischen Extensionsbeanspruchung ermittelt.

Die an den Vollprüfkörpern erhaltenen Messergebnisse zeigen, dass die Zementation bei Gasdrücken unterhalb der minimalen mechanischen Spannung selbst eine nur sehr geringe Gasdurchlässigkeit aufweist und der beobachtete Gasdurchfluss vornehmlich auf nach der Aushärtung in den Prüfkörpern vorhandene und vernetzte Mikrorisse zurückzuführen ist. Bei den Verbundprüfkörpern war der beobachtete Durchfluss vornehmlich auf in den Kontaktflächen Casing-Zementation und Zementation-Steinsalz, aber auch in der Zementation selbst vorhandene Mikrorisse zurückzuführen. Die ermittelte integrale Permeabilität lag in der ersten Versuchsstufe dabei zwischen $K = 10^{-18} \text{ m}^2$ und 10^{-19} m^2 . Während der zweiten mechanischen Versuchsstufe führten die TE-Beanspruchung und die resultierende axiale Deformation der Verbundprüfkörper zu einer allmählichen Schließung von Mikrorissen, wodurch die integrale Permeabilität in der dritten hydraulischen Versuchsstufe gegenüber der ersten Versuchsstufe auf $K < 10^{-20} \text{ m}^2$ reduziert wurde. Damit zeigt sich zumindest tendenziell innerhalb des Untersuchungsrahmens, dass die Kavernenkonvergenz bedingten Überzugswirkungen auf den Bohrungsbaubau und speziell den Erhalt der Bohrungsintegrität mit dem Indikator integrale Permeabilität keine nachteiligen, sondern eher positiven Auswirkungen haben.