

Machbarkeitsstudie zur CO₂-Implementierung als Küssengas in H₂-Salzkavernen:

Numerische und Analytische Modellierung

Prof. Mohd Amro, Dr. Carsten Freese und Dipl.-Ing. Taofik Nassan

Die Untergrundspeicherung von Energierohstoffen spielt für die Wirtschaft und Gesellschaft z. B. für die strategische Bevorratung eine wichtige Rolle. Dabei ist die Untergrundspeicherung von Wasserstoff in porösen Sedimentstrukturen und Salzkavernen ein neuartiges F&E-Gebiet, da der Wasserstoff mit seinen besonderen Moleküleigenschaften spezielle Anforderungen an die Dichtheit der abdeckenden Gesteine und der Bohrlochkomplettierung stellt. Die Aktivitäten rund um die Wasserstoffspeicherung zielt u.a. auf Erforschung neuer Speichermedien und auf technische Weiterentwicklungen in der Ober- und Untertagetechnik.

Speicherung im geologischen Untergrund ist Stand der Technik und wird in Deutschland seit 1950 in Porenspeichern und seit 1962 in Salzkavernen erfolgreich praktiziert (Obst 2008). Letztere bieten, infolge ihrer natürlichen Dichtheit und der Möglichkeiten eines technisch dichten Abschlusses zur Erdoberfläche hin, sowie den hohen Ein- und Auspeiseraten, gute Voraussetzungen für Gasspeicherung unter erhöhtem Druck. Aufgrund der langjährigen positiven und praktisch havariefreien Erfahrung auf dem Gebiet der Untergrundspeicherung ist auch die Speicherung von „Grünem“ Wasserstoff, in Salzkavernen und Porenspeichern eine gute Möglichkeit diese sichere und bewährte Technologie für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende zu nutzen.

Dabei müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Die Leistung muss saisonale und tageszeitliche Bedarfsschwankungen ausgleichen können.
- Deckung des Spitzenbedarfs (peak-shaving) (hohe Entnahmeraten bei Salzkavernen)
- Kurzzeitige Versorgungsengpässe müssen überbrückbar sein
- Der Speicher muss wirtschaftlich betreibbar sein.

Der Gasinhalt eines Speichers (z.B. Kavernenspeicher) unterteilt sich grundsätzlich in Küssengas und Arbeitsgas. Kavernen benötigen aus Stabilitätsgründen einen resultierenden minimalen Speicherdruck, der durch ein bestimmtes Küssengasvolumen eingehalten werden kann und während der Betriebszeit insbesondere während Auspeicherphasen permanent im Speicher verbleiben muss, um lang zeitlich einen sicheren Betrieb der Kaverne zu gewährleisten. Der Küssengasanteil kann bis 50 % vom maximalen Speichervolumen betragen.

Die vorliegende Idee soll die Möglichkeit der Nutzung von CO₂ als Küssengas bei der Speicherung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff in Salzkavernen untersucht. Zunächst soll der aktuelle Stand der Untergrundspeicherung von Wasserstoff, als auch von Wasserstoff-Gas-Gemischen dabei näher betrachtet werden.

Wasserstoff zeigt kein Idealgasverhalten gemäß der thermischen Zustandsgleichung. Deswegen muss zur Berücksichtigung des realen Gasverhaltens, die Idealgasgleichung durch den Realgasfaktor Z ergänzt werden. Das thermodynamische Verhalten von Wasserstoff als Realgas weist im Vergleich zu anderen Realgasen eine Besonderheit auf. Im Normalfall, lagern die Moleküle unter Druck stehender Gase dichter zusammen und ziehen einander an.

Wasserstoff ist das Gas mit der niedrigsten Dichte von: $\rho = 0,08989 \text{ kg/m}^3$). Somit ist seine volumenbezogene Energiedichte als Gas gegenüber anderen Brennstoffen ist sehr klein. Sie beträgt im Normzustand nur etwa ein Drittel derer des energiewirtschaftlich etablierten Erdgases.

Durch die Verdichtung des Wasserstoffs wird die volumetrische Energiedichte zwar gesteigert, erreicht aber nicht die des Erdgases bei gleichem Druckniveau. Trotz alledem steht mit dem Wasserstoff und dessen chemisch gebundener Energie ein beachtliches Energiepotential zur Verfügung.

Im Rahmen der vorgesehenen Arbeit soll der Einsatz von CO_2 als Kissengas in Wasserstoffkavernen betrachtet werden. CO_2 als preiswertes Kissengas soll einerseits ermöglichen, das im Anfangsstadium des Betriebes wenn das Wasserstoffangebot noch nicht so groß ist, um Kavernen komplett mit ihm zu füllen ein sicherer Kavernenbetrieb gegeben ist, und andererseits in Ausspeisephase das gesamte Wasserstoffvolumen zur Nutzung bereit zu stellen.

Im Rahmen von Simulation unterschiedlicher thermodynamischer Zustände ist zu untersuchen, ob es zu einer ausreichend stabilen Schichtung der Gase auf Grund ihrer Dichteunterschiede kommt. In der Folge wäre es dann möglich, hauptsächlich das wirtschaftlich nutzbare Wertgas auszuspeichern und CO_2 in der Kaverne zu belassen.

Mögliche Fragestellungen / zu untersuchende Punkte:

- Wie schnell stellt sich in einem Druckbehälter eine gravimetrische Segregation ein?
- Wird die Segregation durch die Diffusion der Gase ineinander abgebaut?

Darüber hinaus sollen im Rahmen der numerischen/analytischen Modellierung noch folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Wechselwirkung zwischen H_2/CO_2 und Phasenverhalten
- Vermischungspotenzial von H_2/CO_2 und Quantifizierung der Diffusion
- Die Betrachtung der Wasserbeladung des Ausspeisegases