

BioPore

Der Einfluss mikrobiellen Wachstums auf die hydraulischen Eigenschaften poröser Gasspeicher

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschung 5. Ausschreibung 2018	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.08.2019	Projektende	31.07.2023
Zeitraum	2019 - 2023	Projektlaufzeit	48 Monate
Keywords	Wasserstoffspeicher, mikrobielles Wachstum, Gaskonversion, Gaslagerstätten, porenskaligen Fluidodynamik		

Projektbeschreibung

Ein Großteil der erneuerbaren Energieproduktion schwankt in einer Art und Weise, die in der Regel nicht dem zeitlichen Verlauf des Energieverbrauchs entspricht. Dadurch entstehen Überproduktionen sowie Unterdeckungen unseres Energieverbrauchs durch erneuerbare Energien. Um diese Schwankungen auszugleichen und überschüssige Energie großtechnisch zu speichern, benötigt man Energiespeicher mit enormen Kapazitäten. Gas als chemischer Energieträger kann in den erforderlichen Mengen in erschöpften Gaslagerstätten gespeichert werden. Dies gilt auch für Wasserstoff, der mittels Elektrolyse aus erneuerbaren Energien gewonnen werden kann. Dazu wurde ein Pilotprojekt durchgeführt („Underground Sun Storage“ – ein FFG Leitprojekt), im Rahmen dessen ein Wasserstoff/Methan Gemisch in eine erschöpfte Gaslagerstätte gespeichert wurde, um technische Risiken in Hinsicht auf den Verlust von Wasserstoff im Reservoir durch physikalische, chemische und biologische Prozesse zu untersuchen. Es hat sich erwiesen, dass speziell mikrobielle Prozesse im Reservoir zum Verlust von Wasserstoff führen können. Dabei wandeln Mikroorganismen etwa Wasserstoff und Kohlendioxid in Methan um.

In einem Folgeprojekt „Underground Sun Conversion“ wird gegenwärtig untersucht, ob die in-situ mikrobielle Methanogenese gezielt genutzt werden kann, um erneuerbare Energie in Form von Methan zu speichern. Dies bewirkt jedoch Wachstum der Biomasse im Porenraum des Gasspeichers. Als Konsequenz einer Biomasseanreicherung reduzieren sich der zur Speicherung verfügbare Porenraum und die Permeabilität des Reservoir-Gesteins was die Speicherkapazität sowie Injektivität kompromittiert.

Im Rahmen des vorliegenden Antrags soll nun das mikrobielle Wachstum in porösen Medien und die daraus resultierenden Konsequenzen systematisch im Mikromaßstab untersucht werden. Es ergeben sich folgende Fragestellungen: (a) inwiefern führt die Reduktion des effektiven Porenraums zu einer Reduktion der Permeabilität? Wie kann diese Beziehung beschrieben werden? (b) Wie verteilt sich mikrobielle Biomasse im Porenraum? Begrenzt das Wachstum die Substratzufuhr, so wäre zu bezweifeln, dass die Gaskonversionsrate auf einem ökonomischen Niveau gehalten werden kann.

Es ist nicht zwingend, dass Biomassewachstum als Reduktion des Porenraums beschrieben werden kann. Dazu sollen die grundlegenden Mechanismen auf der Porenskala verstanden und quantifiziert werden – Mikrofluidik wird eingesetzt werden, um (a) mikrobielles Wachstum im Porenraum unter gut kontrollierten Bedingungen (chemisch biologisch) zu untersuchen, detailliert zu visualisieren und den Porenraum systematisch zu variieren. In Kombination mit numerischen

Strömungssimulationen, ist die Zielsetzung ein grundlegendes Verständnis mikrobiellen Wachstums und dessen Einfluss auf die hydraulischen Eigenschaften poröser Medien und die Modellbildung.

Ein weiteres Ziel ist es, geeignete bildgebende Methoden zur Visualisierung von Biomasse in Gestein auf der Mikro- und Makroskala zu identifizieren und zu entwickeln. Damit soll die Grundlage für weiterführende Forschungsaktivitäten erarbeitet werden, um analoge Untersuchungen für spezielle Speicherstätten zu ermöglichen.

Abstract

The bulk of renewable energy production varies in a way that typically does not correspond to the time dependence of energy consumption. This leads partly to surplus production or to shortage of energy supply by renewables. To smoothen these variations in supply and to store surplus renewable energy on a large scale, an enormous energy storage capacity is required.

Gas as energy carrier, and hence Energy, can be stored in such large amounts in subsurface reservoirs like in depleted gas fields. Hydrogen gas is an efficient energy carrier and can be produced by means of electrolysis from renewable energy. A first attempt to storage hydrogen in a gas field has been performed in Austria („Underground Sun Storage“, a FFG Leitprojekt). In the frame of this pilot project, a methane/hydrogen mixture has been stored in a depleted gas field to estimate the risk of hydrogen loss due to physical, chemical and biological processes in the reservoir; it turned out that especially microbial processes lead to hydrogen loss and hence to loss of energy. In these processes, microorganisms convert hydrogen and carbon dioxide into methane.

A follow-up project, “Underground Sun Conversion”, has been setup to investigate the possibility to use microorganisms on purpose to convert hydrogen in-situ to store renewable energy efficiently as methane. In-situ gas conversion will, however, result in the formation biomass in the pore space of reservoir rocks. As a consequence of excessive growth, biomass will reduce the pore space for gas storage and likely the permeability of the reservoir rock as well. As a result, biomass may compromise storage capacity and injectivity substantially.

In the frame of this research proposal, we systematically investigate the microbial growth and the resulting consequences on the pore scale to the medium scale. The following research questions are in the focus: (a) to what extend does the permeability change with changing porosity? Can it be quantified by a porosity/permeability relationship? (b) how is the exact distribution of the biomass in the pore space? If the biomass distribution limits the substrate supply to the microorganisms, the in-situ gas conversion rate would likely not be economic.

However, it is not clear whether biomass in the pore space can be described by a change in porosity and permeability - it may be that it must rather be described as a complex fluid. Therefore, it is required to observe the basic mechanisms directly on the pore scale and to quantify them. We will use microfluidics to investigate the relevant mechanisms on the pore scale. Furthermore, Microfluidics allows to perform flow experiments under well controlled chemical and biological conditions, to visualize flow and precipitation with a high spatial and time resolution and to vary the porous system and the system size systematically. By utilizing microfluidics, we aim for a basic and extensive understanding of the influence of microbial growth on the hydraulic properties of porous media, and to identify a modelling approach.

Further experiments will be performed in porous rock samples and on different scales with the purpose of identifying imaging methods to visualize biomass in “non-transparent” rock. This work package will lay the foundation for further and future studies in real reservoir rock and for specific storage operations.

Projektkoordinator

- Montanuniversität Leoben

Projektpartner

- Johannes Gutenberg Universität Mainz - Institut für Geowissenschaften
- University of Bergen - Department of Physics and Technology
- Universität für Bodenkultur Wien
- RAG Austria AG