



University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna

Underground Sun Conversion

Geo-Methanisierung zur großtechnischen Speicherung von erneuerbarer Energie

Andreas P. Loibner^a, Cathrine Zagnun^a,
Niels Waldmann^a, Johanna Schritter^a and Stephan Bauer^b

^a BOKU, IFA-Tulln, Institute of Environmental Biotechnology
Geobiotechnology and Environmental Chemistry

^b RAG Austria AG, Green Gas Technology

Project partners:



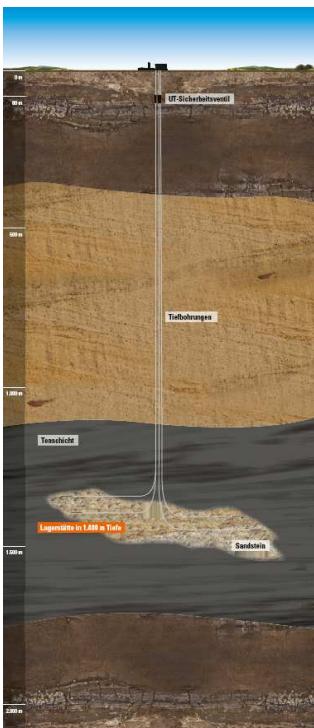
www.underground-sun-conversion.at





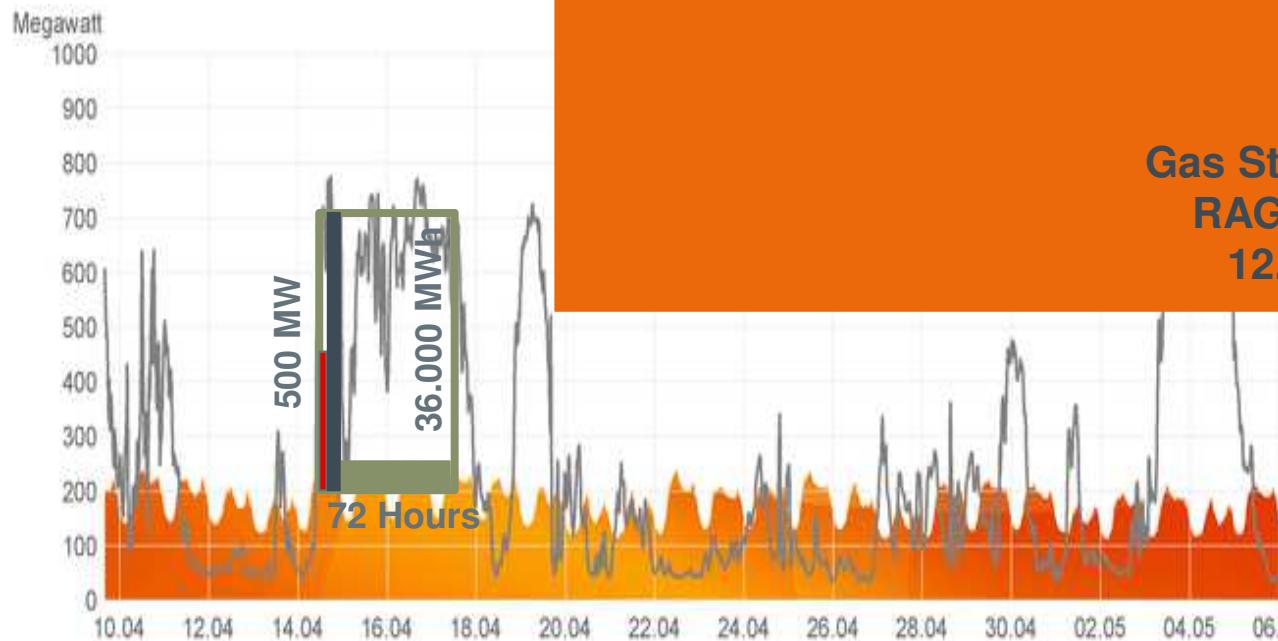
University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna

Underground Gas Storage



- Why storing renewable energy in underground reservoirs?
- How to store renewable energy in underground reservoirs?

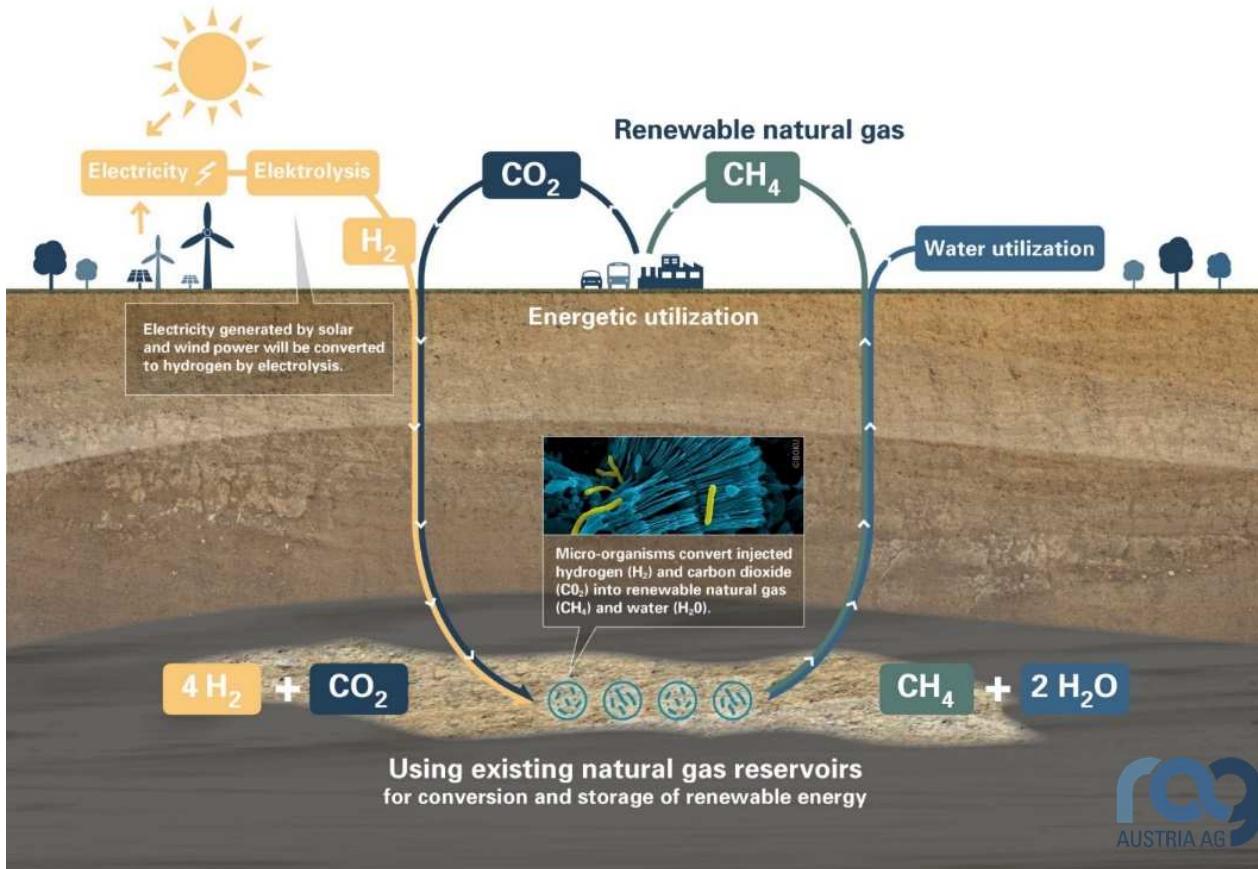
The Dimension



Erneuerbares Geo-Methan in einem geschlossenen Kohlenstoffkreislauf



University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna



Kombination der Energiespeicherung mit Umwandlung von Wasserstoff zu Methan



University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna

Biogene Methanisierung

Mikrobielle Umwandlung (Archaea) von H₂ und CO₂ zu Methan

- **hydrogenotroph:** $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $\Delta G = -135,6 \text{ kJ/mol CH}_4$ (*Methanobacteriaceae* ...)
- acetotroph: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$
 $\Delta G = -31,0 \text{ kJ/mol CH}_4$ (*Methanosarcinaceae*, *Methanosaetaceae*)
- Weitere Substrate: Format, Ethanol, Methanol, Methylamin, Dimethylsulfid, Propanol...

Weitere potentiell Wasserstoff-zehrende Prozesse im Untertage-Gasspeicher



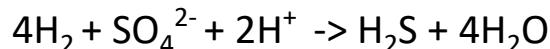
University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna

- **Homoacetogenese**



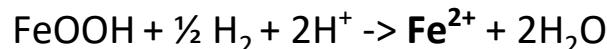
(z.B. *Clostridium thermoaceticum*, *Acetobacterium woodii*)

- **Sulfat-Reduktion**



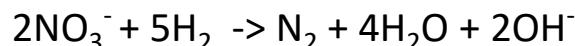
(z.B. Deltaproteobacteria: *Desulfovibrio*, *Desulfovobacter*, *Desulfotomaculum*; Clostridia: *Peptococcaceae*)

- **Eisen-Reduktion**



(z.B. Deltaproteobacteria: *Geobacter*; Gammaproteob.: *Shewanella*)

- **Denitrifikation**



(z.B. *Pyrolebus*, *Thiobacillus denitrificans*)

Batch Experimente – Labormaßstab



University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna

■ 10 Hochdruck-Bioreaktoren

$$P_{\max} = 48 \text{ bar}, T_{\max} = 40^\circ\text{C}$$

- 8 biotische Reaktoren (Unterschiede im H₂-Gehalt)
- 2 abiotische Reaktoren (Biozid, γ -Bestrahlung)
- Wiederbefüllung mit Gasmischungen über 2,5 Jahre



UGS Formationswasser



UGS Bohrkern



Einführung der Kerne

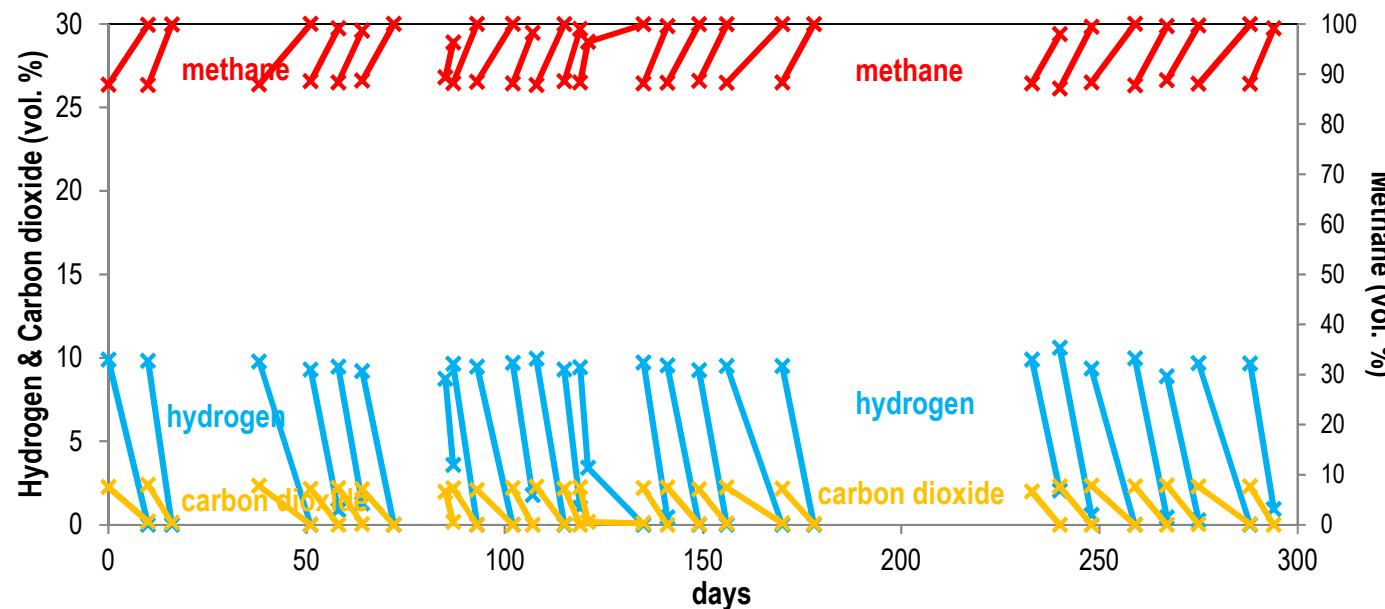


Inkubation unter Reservoirbedingungen


 University of Natural Resources and
 Life Sciences, Vienna

Batch Reaktoren – Ergebnisse

Geomethanisierung

 Gasmix 3: 2,5% CO₂ + 10% H₂ + 87,5% CH₄



 University of Natural Resources and
 Life Sciences, Vienna

Batch Reaktoren – Ergebnisse

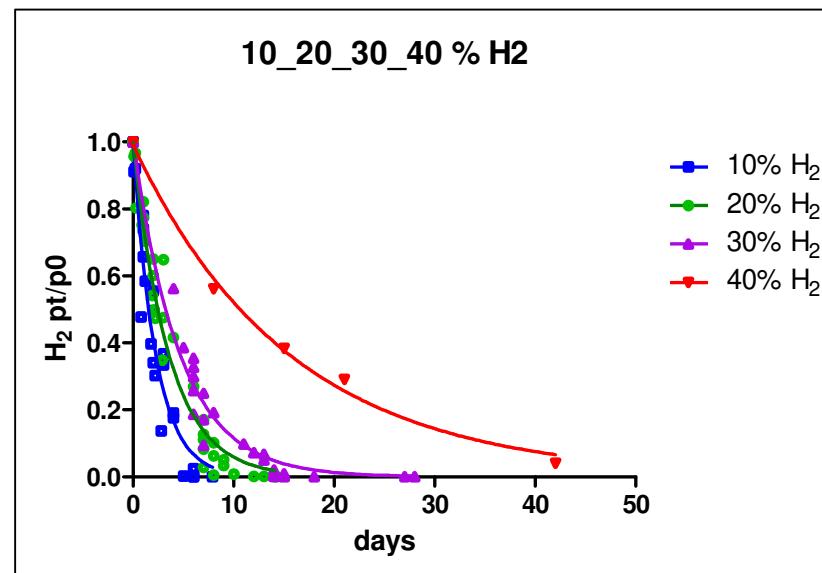
Methanisierung bei steigendem initialen H₂ pp

Gasmix 3: 2.5% CO₂ + 10% H₂ + 87.5% CH₄

Gasmix 4: 5% CO₂ + 20% H₂ + 75% CH₄

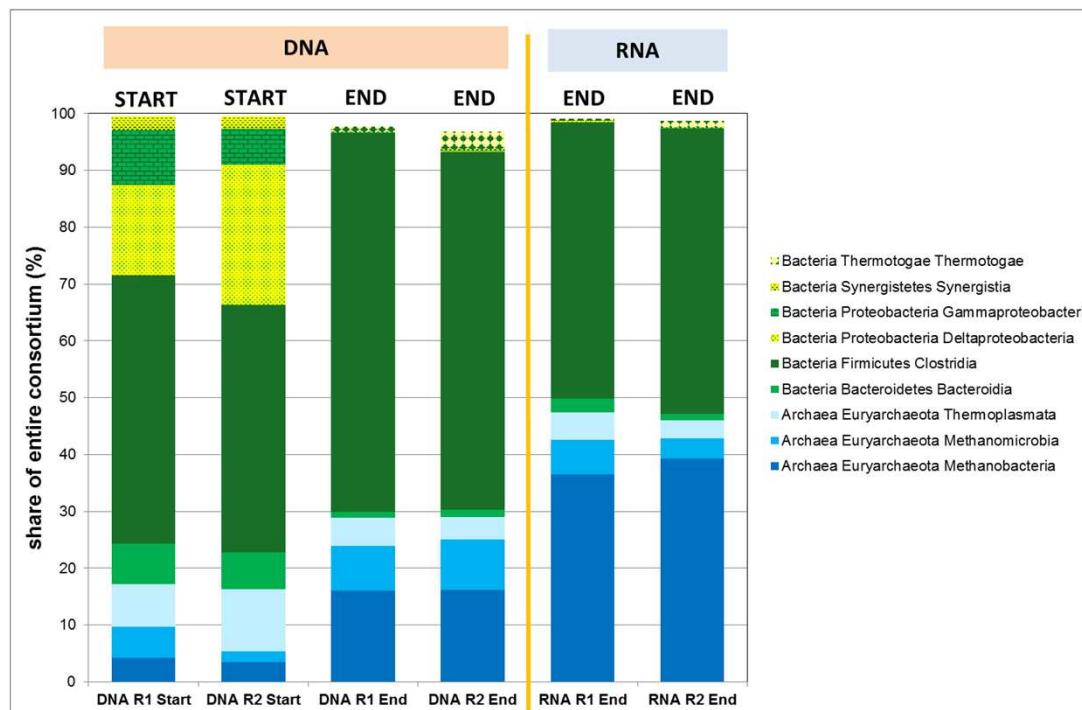
Gasmix 5: 7.5% CO₂ + 30% H₂ + 62.5% CH₄

Gasmix 7: 10% CO₂ + 40% H₂ + 50% CH₄




 University of Natural Resources and
 Life Sciences, Vienna

Mikrobielle Konsortien in Reaktorflüssigkeit nach 3 Monaten Gaskonversion



Feldversuch

Hydrogenotrophe Methanogenese 1000 m unter der Erdoberfläche



University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna

Underground Sun Storage

Co-Speicherung von H₂ (10%) in Erdgas

Underground Sun Conversion

Co-Speicherung von H₂ (10%) und Kohlendioxid (2,5%) in Erdgas



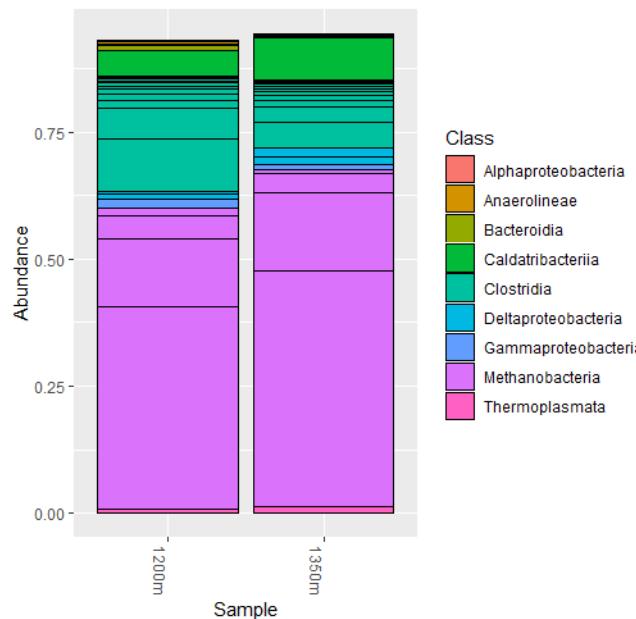
Gasspeicher für Feldversuch: Lehen (Nähe Vöcklabruck)

- Tiefe 1070 m TVD
- Initialdruck 107 bara
- Gas im Speicher 5,5 MMNm³
- Produziertes Vol. 4,4 MMNm³
- Aktueller Druck 70 bara
- Permeabilität 600 mD
- Temperatur 41 °C
- Mächtigkeit 1.7 m




 University of Natural Resources and
 Life Sciences, Vienna

16S RNA Analyse von Formationswasser aus dem Testfeld Post H₂ Co-Speicherung



Taxonomic Level: Class

Source: Total RNA

239 taxa in total

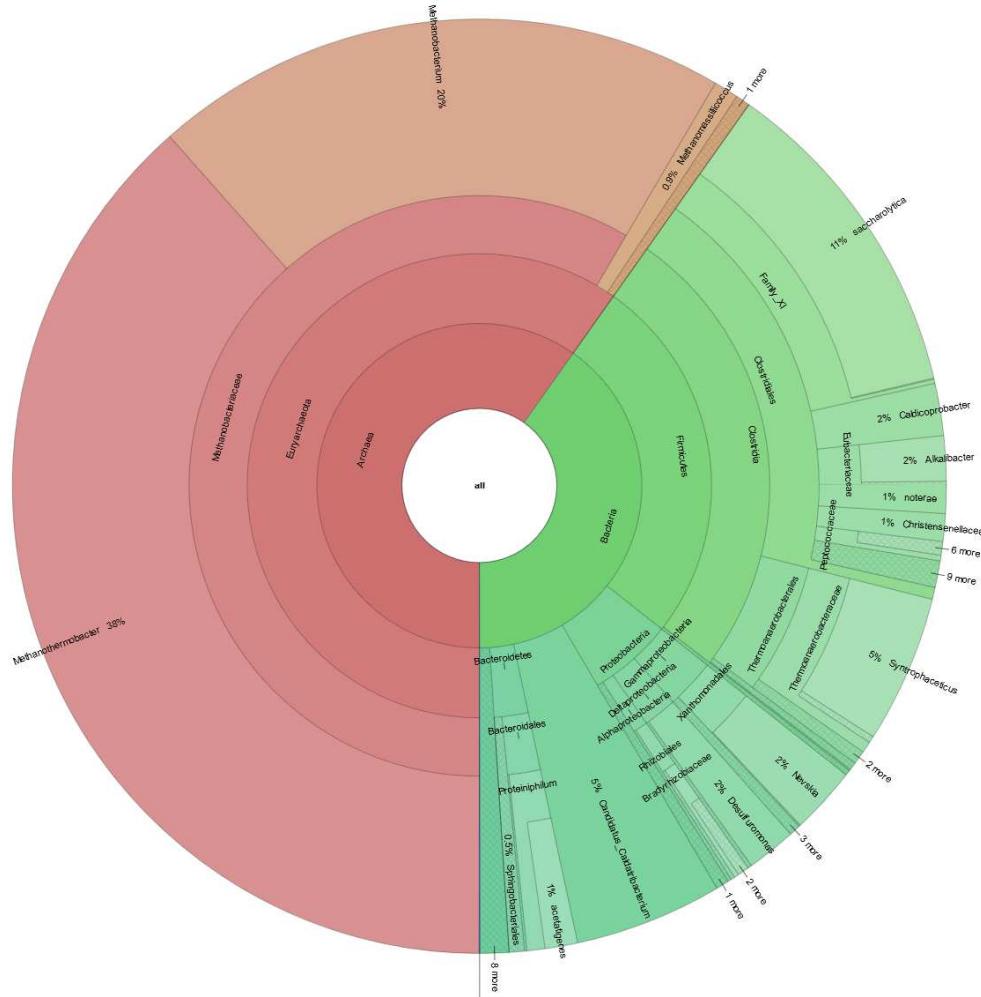
filter criteria: taxa > 0,2% rel. Abundance

24 taxa remaining

Mikrobielle Gemeinschaft im Testfeld nach Wasserstoffspeicherung - RNA Daten



**University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna**

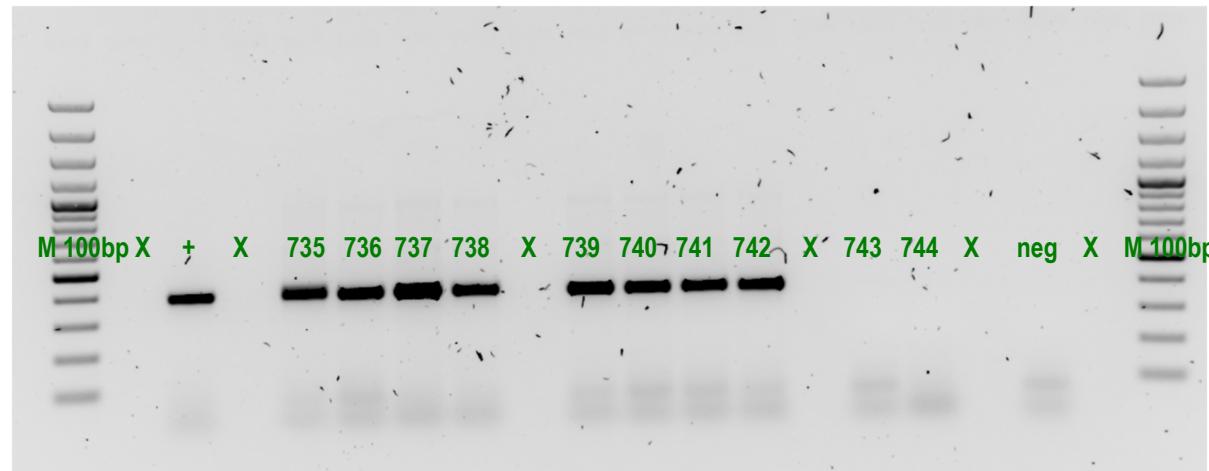




Detektion des mcrA-Gens in Reaktorflüssigkeit & Formationswasser

Das **mcrA**-Gen codiert für die alpha-Untereinheit der Methyl-Coenzyme M Reduktase und wird als metabolischer Marker für Methanogenese genutzt.

Die Detektion des Transkripts ist ein Nachweis für aktive Methanogenese





Zusammenfassung

- Langzeitstabilität des mikrobiellen Geomethanisierungsprozesses im Labormaßstab nachgewiesen
- Vergleichbare Verschiebung des mikrobiellen Konsortiums zu Methanogenen in Laborreaktoren und im Testfeld
- Methanogenese im Gasreservoir nachgewiesen durch Detektion des mcrA-Gentranskripts und durch Isotopenverschiebung
- Methansierungsrate
 - $H_2/CH_4 = 0,05 \text{ d}^{-1}$ (Labor) bzw. $CO_2/CH_4 = 0,2 \text{ d}^{-1}$ (Labor)
 - $100 \text{ Nm}^3 H_2 + 25 \text{ Nm}^3 CO_2$ ergeben $25 \text{ Nm}^3 CH_4$ in 5 d

Schlussfolgerungen



University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna

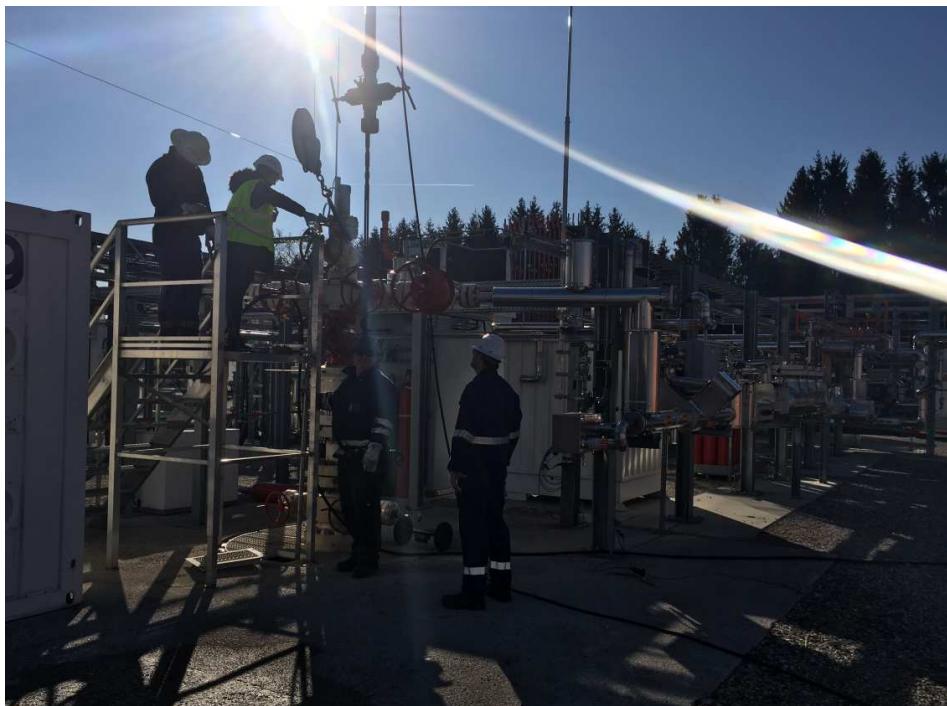
Geomethanisierung als global einsetzbare Brückentechnologie?

Österreich: Erdgasspeichervolumen: $8 \cdot 10^9 \text{ Nm}^3$ (88 TWh)

- Annahme 50% der Speicher geeignet für GeoM
- 30% H₂: $1,2 \cdot 10^9 \text{ Nm}^3$ H₂ bzw. $3 \cdot 10^8 \text{ Nm}^3$ CH₄ (Umwandlung theor. in 15d)
- 3 Konversionszyklen pro Jahr realistisch: $9 \cdot 10^8 \text{ Nm}^3$ CH₄ pa (ca. 10 TWh)
- Speicherung erneuerbarer Energie im TWh-Bereich und gleichzeitige Konvertierung zu einem Energieträger, der mit der vorhandenen Energieinfrastruktur vollständig kompatibel ist.
- Anteil von Lagerstätten mit biogenem Erdgas wird weltweit auf ca. 20% geschätzt. Damit liegt ein erhebliches Potential zur Speicherung von erneuerbarer Energie in Form von Geomethan vor.



University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna



Fromationswasser Beprobung, UGS Lehen, Februar 2019

Kontakt

andreas.loibner@boku.ac.at