

Underground Sun Conversion

Geo-Methanisierung zur großtechnischen Speicherung von erneuerbarer Energie

Andreas P. Loibner^a, Cathrine Zaknun^a, Hannes Konegger^a, Niels Waldmann^a, Johanna Schritter^a, Markus Pichler^b und Stephan Bauer^b

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

^b RAG Austria AG, Green Gas Technology

Wasserstoff, produziert aus Überschüssen an erneuerbarer Energie, wird gemeinsam mit Kohlendioxid in Untertage-Erdgasspeicher eingebracht und dort durch natürlich vorkommende Mikroorganismen zu Methan umgewandelt und gespeichert. Dieser Energieträger ist vollständig kompatibel mit der existierenden Erdgasinfrastruktur und kann im TWh-Bereich vorgehalten werden.

In Österreich werden ca. 65% des Gesamtenergiebedarfs über fossile Energieträger gedeckt. Eine Erhöhung des Anteils an Energie aus erneuerbaren Quellen erfordert auf Grund volatiler Produktionsströme eine effiziente Speicherlösung mit sehr hoher Kapazität, die durch eine Konversion von elektrischer Energie in chemische Energieträger realisiert werden kann. Power to Gas, die elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff (H₂) aus Überschüssen an ‚erneuerbarem Strom‘ stellt eine Möglichkeit zur Umwandlung von elektrischer Energie in eine großtechnisch speicherbare Form dar. Die anschließende Methanisierung von so hergestelltem H₂ mit Kohlendioxid (CO₂) eröffnet die Möglichkeit der uneingeschränkten Nutzung von bestehender Speicher-, Verteilungs- und Verwertungsinfrastruktur für gasförmige Energieträger, wobei die Methanisierung chemisch oder mikrobiell in entsprechenden Reaktoren katalysiert werden kann.

Eine Speicherkapazität für Erdgas in der Höhe von 1011 Nm³ bildet bereits jetzt das Rückgrat der saisonalen Energiespeicherung in Europa. In Österreich steht mit 8*10⁹ Nm³ (88 TWh) ein Speichervolumen zur Verfügung, das in etwa dem jährlichen Erdgasverbrauch entspricht. Das Verfahren der Geo-Methanisierung (Abb. 1) nutzt nun Untertage-Erdgasspeicher zur saisonalen Vorhaltung erneuerbarer Energie bei gleichzeitiger mikrobieller Umwandlung von H₂ zu Methan (CH₄), einem Energieträger der vollständig kompatibel mit der vorhandenen Erdgasinfrastruktur ist (1, 2).

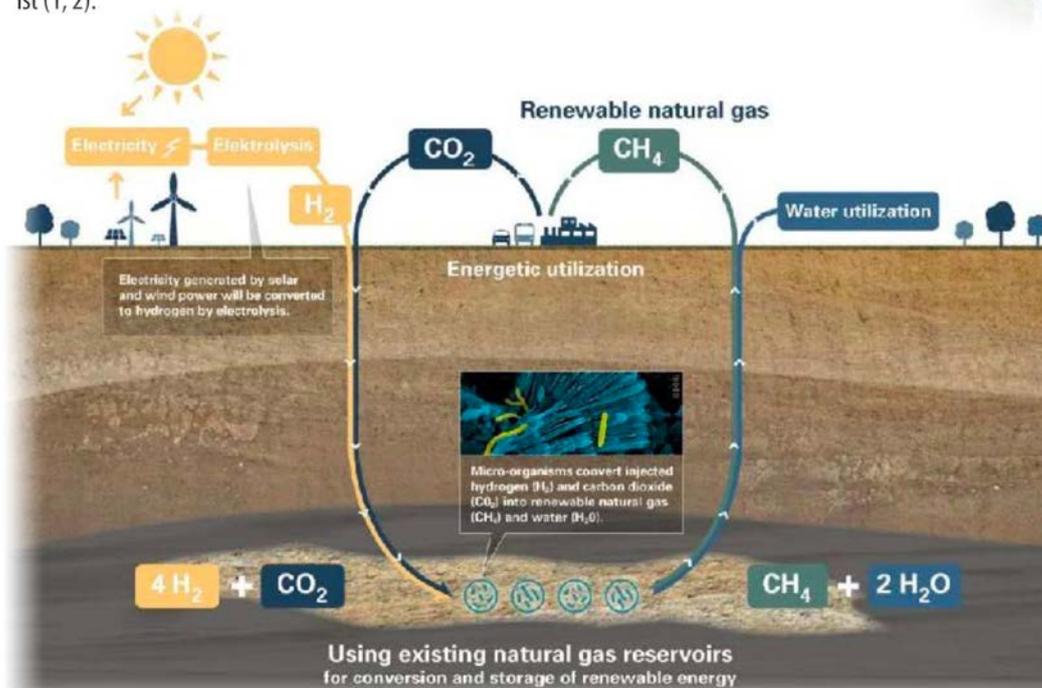


Abb. 1: Geo-Methanisierung – Schließung des Kohlenstoffkreislaufes durch mikrobielle Methanisierung von CO₂ und H₂ in ausgeförderten Erdgaslagerstätten.

Die Möglichkeit der Nutzung von Erdgaslagerstätten zur Geo-Methanisierung wurde in *Underground Sun Conversion*, einem Leitprojekt des Klima- und Energiefonds, untersucht (www.underground-sun-conversion.at). An der BOKU wurden Möglichkeiten zur Produktion von erneuerbarem Geo-Methan untersucht. Dazu wurden H₂ und CO₂ in Hochdruckbioreaktoren eingebracht und dort durch Mikroorganismen aus der Lagerstätte in CH₄ umgewandelt. Abbildung 2 zeigt die Methanbildung bei wiederholter Einspeicherung der Substratgase (25 Zyklen). Eine vollständige Konversion von H₂ und CO₂ erfolgt auch nach nahezu einem Jahr noch innerhalb von 5-7 Tagen womit die Stabilität des mikrobiellen Prozesses bestätigt wird.

Eine Zunahme von methanogenen Mikroorganismen während H₂/CO₂ Exposition im Hochdruckbioreaktor bestätigt die mikrobielle Bildung von Methan (Abb. 3).

Eine Erhöhung des H₂ / CO₂ Anteils in Methan zeigte, dass die Reaktionsraten bis zu einer H₂ Konzentration von 30% (CO₂ 7,5%) weitgehend konstant sind, darüber hinaus jedoch abnehmen (Abb. 4). Daraus folgt, dass die höchsten Methanbildungsraten im Untertage-Erdgasspeicher bei Vorlage geringer Wasserstoffmengen erzielt werden können.

Ausblick

Laborexperimente belegen eine reproduzierbare mikrobielle Methanisierung von H₂ und CO₂ unter nachgestellten Reservoirbedingungen. Die beobachtete Konversionsdauer von 15-20 Tagen bei einem H₂ Anteil von 30% (CO₂ stöchiometrisch) verdeutlicht das enorme Potenzial der Geo-Methanisierung zur Umwandlung und Speicherung von erneuerbarer Energie. Nimmt man an, dass 50% des Speichervolumens für Erdgas in Österreich, das sind 4*10⁹ Nm³, für eine Geo-Methanisierung genutzt werden können, so ergeben sich daraus bei Einspeicherung von 30% H₂ mit 7,5% CO₂ und erfolgreicher Methanisierung 3*10⁸ Nm³ CH₄. Zykluszeiten wie im Labor unter optimalen Bedingungen erzielt, dürften jedoch im Feld nicht realisierbar sein, allein schon wegen der erforderlichen Ein- und Ausspeicherung sehr großer Gasvolumina. Geht man jedoch von der Annahme aus, dass drei vollständige Konversionszyklen pro Jahr möglich sind, so lässt sich damit eine Speicherkapazität an erneuerbarer Energie in der Höhe von nahezu 10 TWh generieren. Geo-Methan kann damit einen signifikanten Beitrag zur Speicherung erneuerbarer Energie leisten und stellt so einen wichtigen Meilenstein in der Umstellung auf eine nachhaltige Energieversorgung dar.

Referenzen:

- 1) Strobel G, Hagemann B, Huppertz TM, Ganzer L (2020). Underground bio-methanation: Concept and potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 123, 109747
- 2) Mitteregger M, Bauer S, Loibner AP, Schritter J, Gubik A, Backes D, Pichler M, Komm R, Brandstätter-Scherr K. Method for the hydrogenotrophic methanogenesis of H₂ and CO₂ into CH₄, no. EP3280807A1, European Patent Office.

Bildquellennachweis:

Hintergrundbild Seite1: RAG, www.underground-sun-conversion.at

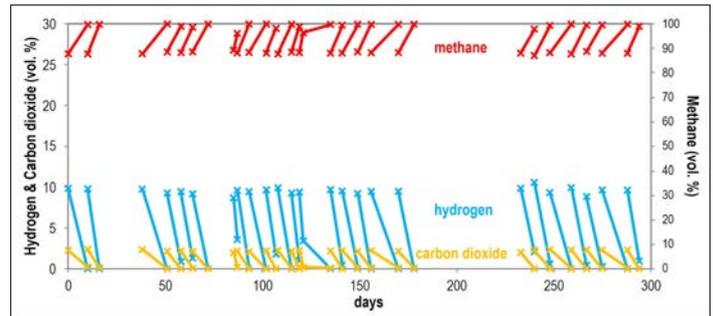


Abb. 2: Reproduzierbare Umwandlung von Wasserstoff (10%) und CO₂ (2,5%) bei nachgestellten Lagerstättenbedingungen (40°C, 45 bar).

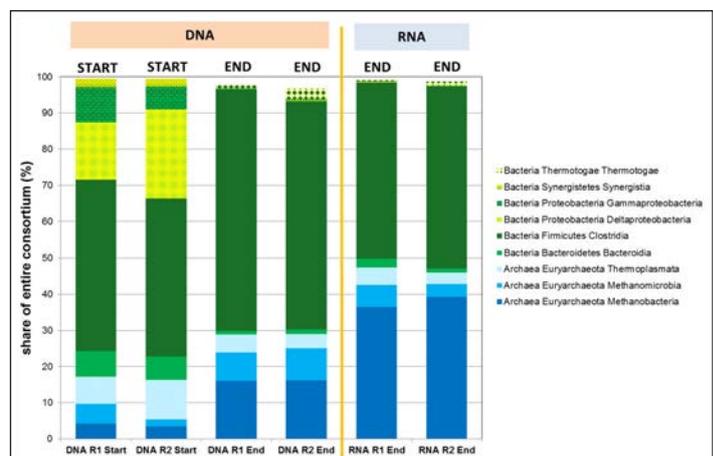


Abb. 3: Zusammensetzung mikrobieller Konsortien (Klassen) in Hochdruckbioreaktoren (R1 & R2). Anteil an Methanogenen (blau) am mikrobiellen Konsortium zu Beginn (DNA Start) und nach drei-monatiger H₂ / CO₂ Exposition (DNA End). Methanogene Aktivität nach drei Monaten (blau, RNA End).

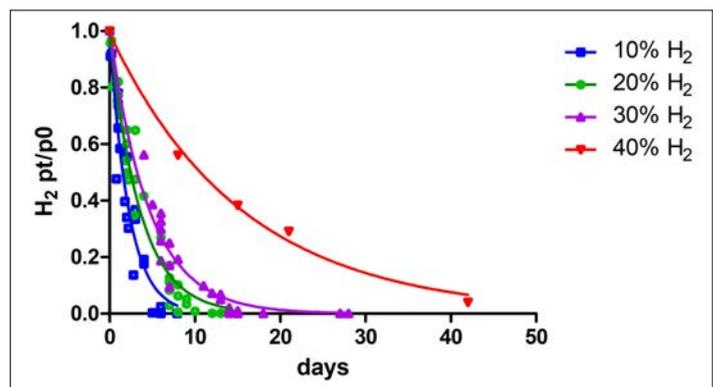


Abb. 4: Methanproduktionsrate in Abhängigkeit von der H₂ Konzentration im eingelagerten Gasgemisch; stöchiometrischer Anteil an CO₂, nachgestellte Lagerstättenbedingungen.

Impressum:

BOKU-Energiecluster
 Universität für Bodenkultur Wien
 Koordination: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gernot Stögllehner
 Peter-Jordan Straße 82, A - 1190 Wien
energiecluster@boku.ac.at
<https://boku.ac.at/boku-energiecluster>
 Stand: Mai 2021
 ISSN 2791-4143 (Online)
 DOI 10.5281/zenodo.1025681