

Methanisierung von CO₂ als chemischer Energiespeicher

Philipp Biegger, Aaron H. Felder, Markus Lehner
MU Leoben, Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes, 8700
Leoben, Franz-Josef-Straße 18
philipp.biegger@unileoben.ac.at, aaron.felder@unileoben.ac.at,
markus.lehner@unileoben.ac.at

Kurzfassung

Elektrische Energie aus erneuerbaren Energieträgern kann aufgrund ihrer Erzeugungseigenschaft stark fluktuierend anfallen. Eine Möglichkeit zur Speicherung bietet die Power-to-Gas-Technologie, bei welcher durch Wasserelektrolyse Wasserstoffgas erzeugt wird. Der Wasserstoff kann in einem weiteren Schritt, der Methanisierung, gemeinsam mit Kohlendioxid zu synthetischem Erdgas umgewandelt werden. Das künstlich erzeugte Methan eignet sich nach entsprechender Aufbereitung für die Einspeisung ins Erdgasnetz. [1]

Im Zuge der Forschungsprojekte „EE-Methan aus CO₂“ und „OptFuel“ wurde an der MU Leoben eine Versuchsanlage zur Methanisierung von CO₂ errichtet, an welcher Anlage sollen verschiedene Projektinhalte zum Thema Methanisierung eingehend untersucht werden.

Einleitung

Die starken Veränderungen in der Energieerzeugungsstruktur des europäischen Energiemarktes haben massive Auswirkungen auf die gesamte Energiewirtschaft. Moderne Gaskraftwerke werden von den stark subventionierten erneuerbaren Energien aus dem Markt verdrängt, während Kohlekraftwerke aufgrund des niedrigen Brennstoffpreises einen starken Aufschwung erleben.

Der Wandel in der Energieversorgung führt zu einem Anstieg des energetischen Speicherbedarfs, wofür prinzipiell verschiedene Technologien in Frage kommen. Elektrische Energiespeicher wie Li-Ionen-Akkus verfügen zwar über eine annehmbare Speicherdichte, sind aber als großtechnische Speicher durch begrenzte Ladezyklen und hohe Kosten nur bedingt geeignet. Technologien wie Druckluftspeicher, Schwungräder und Kondensatoren (SuperCaps) sind aufgrund der geringen Energiedichte nur für kleine oder kurzzeitige Speicher einsetzbar. Die technisch ausgereiften Pumpspeicherkraftwerke sind abhängig von der Topografie stark limitiert.

Um große Mengen an Energie über saisonale Zeiträume speichern zu können muss auf chemische Energiespeicher in Form von gasförmigen oder flüssigen Kohlenwasserstoffen zurückgegriffen werden. Methan (CH₄) ist hierbei als besonders geeignet anzusehen, da es eine hohe Energiedichte aufweist und über eine vorhandene Infrastruktur sowie Speichermöglichkeiten verfügt. [2]

In den vom BMWFW geförderten Research Studios Austria „EE-Methan aus CO₂“ [3] und „OptFuel“ [4] soll u.a. die Energiespeicherung durch chemische und biologische Methanisierung näher untersucht werden. Die Projekte werden gemeinsam von den Konsortialpartnern Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes an der MU Leoben, Energieinstitut an der JKU Linz, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften an der TU Wien, Profactor GmbH und der Christof International Management GmbH (Christof Group) bearbeitet und durch die

Verbände Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) und Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen (FGW) finanziell unterstützt. Die Projekte starteten Anfang 2013 und haben eine geplante Laufzeit von drei Jahren. Die Projektkosten belaufen sich auf ca. 780.000 € für „EE-Methan aus CO₂“ und ca. 850.000 € für das Projekt „OptFuel“.

Methanisierung

Bei der Methanisierung handelt es sich um eine stark exotherme Reaktion, welche durch Metalle der 8. Nebengruppe (z.B: Ni, Ru, Fe, Co, Rh, Pt) katalytisch beschleunigt wird. [5] Die Nettoreaktion läuft nach folgender Gleichung ab:



Die hohe Exothermie führt zu einem starken Temperaturanstieg im Reaktor, welcher sich positiv auf die Reaktionsgeschwindigkeit, jedoch negativ auf das thermodynamische Gleichgewicht auswirkt. Daher ist es erforderlich ein für den jeweiligen Anwendungsfall optimales Betriebsfenster hinsichtlich Kinetik und Gleichgewicht zu ermitteln. [6]

Laboranlage zur Methanisierung von CO₂

Die Laboranlage (siehe Abbildung 1) an der MU Leoben wurde im Zuge der Forschungsprojekte nach ca. einjähriger Vorbereitung & Planung im Frühjahr 2014 errichtet.



Abbildung 1: Laboranlage zur Methanisierung von CO₂

Sie umfasst bis zu drei seriell verschaltete Reaktoren, welche mit verschiedenen katalytisch wirksamen Materialien bestückt werden können. Mehrere Heizungen und Zwischenkühlungen ermöglichen definierte Eintrittstemperaturen in die Reaktoren. Über Bypassleitungen kann Frischgas gezielt zugemischt werden während ein CEM-Modul die Beaufschlagung des Prozessgases mit Wasserdampf ermöglicht. Ein vereinfachtes Verfahrensfliessbild der endgültigen Ausbaustufe ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Gaszusammensetzung an verschiedenen Messstellen wird über IR-Spektrometrie bzw. WLD-Detektion online analysiert.

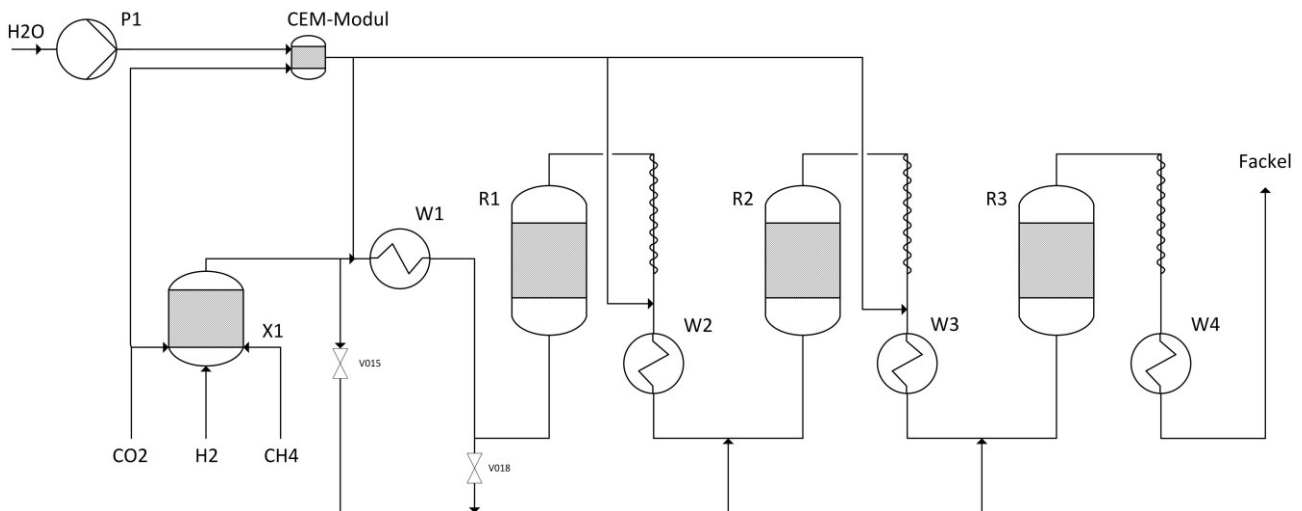


Abbildung 2: vereinfachtes Verfahrensfliessbild

An der Anlage sollen unter Anderem neuartige keramische Wabenkatalysatoren, welche speziell auf die Bedürfnisse der CO₂-Methanisierung angepasst sind, untersucht werden. Die strukturierte Form dieser Katalysatoren verspricht eine gleichmäßige Durchströmung mit geringem Druckverlust und eine kontrollierte Wärmeverteilung innerhalb des Keramikkörpers. Das Verfahrenskonzept wurde für die monolithischen Katalysatoren adaptiert und soll eine Modularisierung des Prozesses und Verbesserungen hinsichtlich des Wirkungsgrades ermöglichen.

Die Inbetriebnahme der Laboranlage soll bis Juli 2014 abgeschlossen sein um anschließend erste Leermessungen durchführen zu können. Während der Sommermonate ist geplant kommerziell erhältliche Katalysatoren zu untersuchen. Diese dienen als Benchmark für die neu entwickelten Wabenkatalysatoren, welche ab Herbst 2014 validiert werden sollen. Im Zuge der Untersuchungen wird vor allem auf Umsetzungsgrad, Temperaturentwicklung, Katalysatorlebensdauer und die Bildung von unerwünschten Nebenprodukten wie Kohlenmonoxid Wert gelegt.

Zusammenfassung

Die Umwandlung von elektrischer in chemische Energie in Form von Methan ist eine vielversprechende Option zur großtechnischen, saisonalen Speicherung. Im Zuge der genannten Forschungsprojekte soll die Entwicklung von katalytisch beschichteten keramischen Wabenkörpern eine Modularisierung und Verbesserung des Konzeptes ermöglichen. Die Anpassung des Verfahrens an die jeweiligen Anforderungen verspricht einen anwendungsoptimierten Wirkungsgrad sowie eine erhöhte Lebensdauer der Katalysatoren.

References

- [1] S. Bajohr, M. Götz, F. Graf, and F. Ortloff, "Speicherung von regenerativ erzeugter elektrischer Energie in der Erdgasinfrastruktur," *gwf-Erdgas*, pp. 200–210, <http://www.dvgw-innovation.de/fileadmin/dvgw/angebote/forschung/innovation/pdf/speicherung.pdf>, 2011.
- [2] M. Götz, D. Buchholz, and S. Bajohr, "Speicherung elektrischer Energie aus regenerativen Quellen im Erdgasnetz," *bbr Sonderheft: Neue Leitungsnetze - Netzausbau*, pp. 14–19, http://www.erdgas-innovativ-nutzen.de/wp-content/uploads/2011/08/bbr_Neue_Netze_14_19_Goetz.pdf, 2011.
- [3] P. Biegger, A. H. Felder, and M. Lehner, "EE-Methan aus CO₂: Entwicklung eines katalytischen Prozesses zur Methanisierung von CO₂ aus industrielle Quellen," in *Book of Abstracts zum 9. Minisymposium der Verfahrenstechnik*, Leoben, 2013, pp. 105–107.
- [4] Steinmüller, Horst et al, "Power to Gas - Eine Systemanalyse: Markt- und Technologiescouting und -analyse," Im Auftrag des BMWFJ, 2014.
- [5] K. Kaltenmaier, "Untersuchungen zur Kinetik der Methanisierung von CO₂-reichen Gasen bei höhern Drücken," Fakultät für Chemieingenieurwesen, Karlsruhe, Universität, Karlsruhe, 1988.
- [6] W. Wang, S. Wang, X. Ma, and J. Gong, "Recent advances in catalytic hydrogenation of carbon dioxide," *Chemical Society Reviews*, vol. 40, no. 7, pp. 3703–3727, <http://dx.doi.org/10.1039/C1CS15008A>, 2011.