

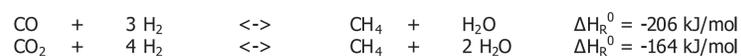
Eine angestrebte Reduktion des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre basiert auf den drei Elementen der Vermeidung, Speicherung und Verwertung. Grundsätzlich sollte die Vermeidung von CO₂-Emissionen eine vorrangige Stellung einnehmen. Speicherverfahren werden unter der Bezeichnung "**Carbon Capture and Storage**" (CCS) geführt und umfassen unter anderem die aktuell stark diskutierte Einbringung von CO₂ in Erdöl- und Erdgaslagerstätten bzw. Aquifere. Demgegenüber bietet eine stoffliche Nutzung im Sinne des Begriffs "**Carbon Capture and Utilisation**" (CCU) die Chance einer Wertschöpfung, die den gesamten Prozess wirtschaftlich selbsttragend machen kann. Mögliche Verwertungswege umfassen die Methanisierung, die Erzeugung von Synthesegas, die Karbonatisierung mineralischer Rohstoffe sowie die Umsetzung von Kohlendioxid in Biomasse mittels Mikroalgen.

Mögliche CCU-Verfahren

In Tabelle 1 werden die aktuell diskutierten Verfahren zur CO₂-Verwertung hinsichtlich Mengenpotential und Anwendbarkeit beurteilt [1].

Aus Sicht der Autoren stellt zum momentanen Zeitpunkt die Methanisierung die vielversprechendste Option zur CO₂-Verwertung dar. Unter der Voraussetzung des Vorhandenseins von Wasserstoff aus regenerativen Quellen kann nicht nur Kohlendioxid verwertet sondern auch Überschussstromstrom z.B. aus Windkraftanlagen auf chemischem Weg gespeichert werden.

Die Herstellung von synthetischem Methan aus Kohlendioxid oder Synthesegas erfolgt als stark exotherme, heterogen gas-katalytische Reaktion (Sabatier-Reaktion):



Bei der technischen Umsetzung sind weitere Reaktionen wie die Wasserstoffherstellung, das Boudouard-Gleichgewicht und die Wassergas-Shift-Reaktion zu beachten. Durch die hohe Exothermie der ablaufenden Reaktionen ist eine optimierte Prozessführung mit Abwärmenutzung unumgänglich.

Verfahrensweg	Mengenpotential	Limitierungen	Stand der Technik
Methanisierung	hoch (Bereich Gt CO ₂ /a)	(regenerativer) H ₂ notwendig	industriell ausgereift
Kraftstoffe	hoch (ca. 2 Gt CO ₂ /a)	kurzzeitige Bindung, aufwändige Raffination	Teilschritte in Anwendung
Chemierohstoffe	gering (max. 0,3 Gt CO ₂ /a)	notwendige Reinheit des CO ₂ , (regenerativer) H ₂	vereinzelte Anwendung
Karbonatisierung	sehr hoch (mehrere Gt CO ₂ /a)	energetischer Aufwand, Wirtschaftlichkeit	Umsetzungen im Pilotmaßstab
Mikroalgen	gering bis mittel (Bereich Mt CO ₂ /a)	Ausbeute, Flächenbedarf, Gesamt-CO ₂ -Bilanz	Umsetzungen im Pilotmaßstab
Photokatalyse, Dream Reactions	unbekannt	Katalysatoren und Verfahren	Grundlagenforschung

Tabelle 1 - Überblick und Bewertung von Verfahren zur CO₂-Nutzung [1]

Methanisierung: CO₂-Senke und Speicheroption für regenerativ erzeugte elektrische Energie

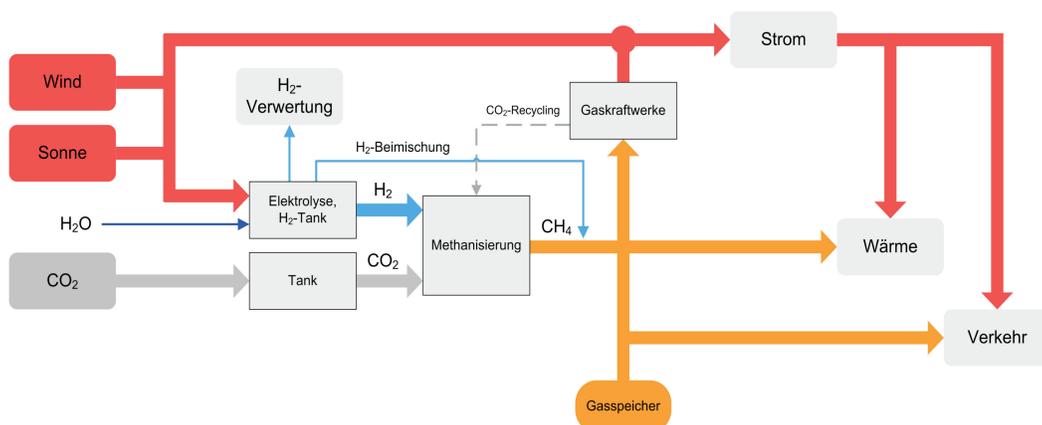


Abbildung 2 - Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen; nach [2]

Der angestrebte Ausbau von erneuerbarer Energieerzeugung durch Photovoltaik oder Windkraft bringt eine starke zeitliche und räumliche Fluktuation der zur Verfügung stehenden Energiemenge mit sich. Um die Grundlast durch regenerative Stromerzeugung abdecken zu können, müssen Möglichkeiten zur Speicherung des Überschussstromes gefunden werden.

Die größten Vorteile der chemischen Energiespeicherung in Form von Methan liegen in der bereits vorhandenen Infrastruktur, den bekannten Verfahren sowie den großen Speichermöglichkeiten. Ein Schema zur Speicherung von Strom aus regenerativen Energiequellen ist in Abbildung 2 gezeigt. Aufgrund von Wirkungsgradüberlegungen sollte zunächst der im Rahmen einer Elektrolyse erzeugte Wasserstoff direkt verwertet oder dem Erdgasnetz beigemischt werden (bis 5 Vol.-% ohne Einschränkungen möglich). Sind diese Optionen erschöpft bzw. nicht vorhanden, kann eine Methanisierung und Einspeisung ins Erdgasnetz die Lösung der Stromspeicherung und -übertragung bringen. Eine Umstellung des Energieversorgungssystems auf eine reine Wasserstoffinfrastruktur ist in den nächsten Jahrzehnten nicht zu erwarten, vor allem da Wasserstoff im Vergleich zu Methan eine deutlich niedrigere volumetrische Energiedichte sowie eine erschwerte Lagerung mit sich bringt.

In Deutschland wird die Gasspeicherkapazität der derzeit vorhandenen Poren- und Kavernenspeicher auf knapp 21 Mrd m³ geschätzt. Diese kann in absehbarer Zeit auf 36 Mrd m³ erhöht werden. Umgerechnet entspricht dies einer heute verfügbaren Speicherkapazität an chemischer Energie von 230 TWh Methan oder 74 TWh Wasserstoff. [3]

Festbettverfahren:
- Lurgi-Methanisierung
- Linde-Methanisierung
- RM-Prozess
- Conoco/BGC-Prozess
- TREMP-Verfahren
- HICOM-Verfahren

Wirbelschichtverfahren:
- COMFLUX-Verfahren
- Bi-Gas-Prozess
- Synthane-Prozess

Dreiphasen-Verfahren:
- Liquid-Phase-Methanation

Forschungen im Bereich:
- Mikro-Reaktoren
- Einsatz von Wabenkatalysatoren

Zusammenfassung

Die breite Palette der möglichen Verfahren zur CO₂-Nutzung zeigt einerseits die weltweiten Anstrengungen, die in diesem Bereich unternommen werden, andererseits hat sich bisher kein Verfahren herauskristallisiert, welches als uneingeschränkt geeigneter Prozess einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-Minderung leisten kann. Einzig die Methanisierung kann zum jetzigen Zeitpunkt als industriell ausgereifte Technologie mit durchaus hohem Speicherpotential für CO₂ genannt werden, vorausgesetzt der notwendige Wasserstoff stammt aus regenerativen Quellen.

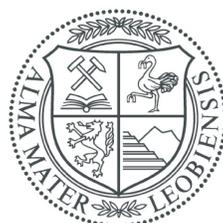
Insgesamt werden CCU-Verfahren genauso wie CCS alleine bei weitem nicht ausreichen, um die Reduktionsziele für Kohlendioxid zu erreichen. Trotzdem liefern einige Prozesse einen wirtschaftlich interessanten und technischen aussichtsreichen Weg zur stofflichen Verwertung von CO₂. Für die meisten Verwertungswege sind allerdings noch weitere Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen notwendig. Dazu gehört auch die Entwicklung einer Methode zur systematischen ökologischen und ökonomischen Gesamtbewertung der Verwertungsoptionen.

Dipl.-Ing. Philipp Biegger
E-Mail: philipp.biegger@unileoben.ac.at

Dipl.-Ing. Markus Ellersdorfer
E-Mail: markus.ellersdorfer@unileoben.ac.at

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Markus Lehner
E-Mail: markus.lehner@unileoben.ac.at

**Institut für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes -
Montanuniversität Leoben**
Franz-Josef-Straße 18
8700 Leoben, Österreich



Literatur:

- [1] Lehner, M. et al.: Carbon Capture and Utilization (CCU) - Verfahrenswege und deren Bewertung, Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 157. Jg. (2012), Heft 2, S. 63-69.
- [2] Forschungsverbund Erneuerbare Energien (Hrsg.): Energiekonzept 2050 - Eine Vision für ein nachhaltiges Energiekonzept auf Basis von Energieeffizienz und 100% erneuerbaren Energien, Online unter: http://www.fvee.de/fileadmin/politik/10.06.vision_fuer_nachhaltiges_energiekonzept.pdf Stand: April 2012.
- [3] Götz, M. et al.: Speicherung elektrischer Energie aus regenerativen Quellen im Erdgasnetz, bbr Sonderheft: Neue Leitungsnetze - Netzausbau, Ausgabe August 2011, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH (Hrsg.), p. 14-19.