

# CARBON CAPTURE AND UTILIZATION (CCU) – VERFAHRENSWEGE UND DEREN BEWERTUNG

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Lehner<sup>1</sup>, Mag. Robert Treimer<sup>2</sup>, Univ.-Prof. Dr. mont. Peter Moser<sup>2</sup>, Dipl.-Ing. Vassiliki Theodoridou<sup>3</sup>, O.Univ.-Prof. Dr. mont. Hubert Biedermann<sup>3</sup>

## Ausgangslage

Das EU-Klimapaket fordert eine Reduktion der Treibhausgas (THG)-Emissionen um 20 % im Zeitraum 1990 bis 2020. Österreich ist aufgefordert, seine THG-Emissionen im Zeitraum 2005 bis 2020 um 16 % zu reduzieren. Die wichtigsten Verursacher von THG-Emissionen sind in Österreich laut Umweltbundesamt die Sektoren Industrie und produzierendes Gewerbe, Verkehr, Energieaufbringung, Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch. Laut Klimaschutzbericht 2009 des Umweltbundesamts ist in Österreich in der Periode 1990 bis 2020 mit einem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 23 % zu rechnen, falls keine Anstrengungen zur THG-Reduktion unternommen werden.

Laut IEA kann der Beitrag von Carbon Capture and Storage (CCS) zur THG-Reduktion einen Anteil von 19% übernehmen. Die in Österreich laufende Gesetzgebung lässt CO<sub>2</sub>-Speicherstätten nur bis zu einer Kapazität von 100.000 Tonnen zu Forschungszwecken zu. Es kann daher erwartet werden, dass CCS für Österreich keine Option darstellt. Eine Möglichkeit, um den Widerspruch zwischen Anstieg der THG-Emissionen und der Forderung nach einer Reduktion der THG-Emissionen aufzulösen, besteht in CCU - Carbon Capture and Utilization.

## CCU Verfahrenswege

Die Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen und des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Atmosphäre beruht im Sinne einer Gesamtstrategie für das CO<sub>2</sub> Management auf den drei Elementen Vermeidung, Speicherung und stofflicher Verwertung. Dabei nimmt die Vermeidung von CO<sub>2</sub> Emissionen eine vorrangige Stellung ein, da Maßnahmen zur Speicherung oder Verwertung von CO<sub>2</sub> zusätzliche Energie erfordert und damit, falls diese Energie nicht aus CO<sub>2</sub> neutralen Quellen stammt, die Emission von zusätzlichem CO<sub>2</sub> erzeugt. Die Speicherung von CO<sub>2</sub> kann bestenfalls eine Übergangslösung sein, nicht zuletzt deshalb, da sie mit erheblichen Kosten und einem großen Energieaufwand verbunden ist, der zusätzliches CO<sub>2</sub> emittiert.

Da CO<sub>2</sub>-Mitigationsmaßnahmen alleine jedoch nicht ausreichen werden, um den Anstieg an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre wirkungsvoll einzuschränken, haben wertschöpfende Verfahren zur CO<sub>2</sub>-Nutzung eindeutig Vorrang vor nicht-wertschöpfender Speicherung. Die stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> als eine billige, in großen Mengen verfügbare C1-Kohlenstoffquelle kann dabei grundsätzlich in chemischen oder biologischen Prozessen unter Generierung einer Wertschöpfung in Produkten erfolgen.

---

<sup>1</sup> Institut für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Str. 18, 8700 Leoben, 03842/402-5001, 03842/402-5002, [markus.lehner@unileoben.ac.at](mailto:markus.lehner@unileoben.ac.at), <http://vtiu.unileoben.ac.at>

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, 03842/402-2001, 03842/402-2002, [robert.treimer@unileoben.ac.at](mailto:robert.treimer@unileoben.ac.at), [www.unileoben.ac.at/bbk](http://www.unileoben.ac.at/bbk)

<sup>3</sup> Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften, Montanuniversität Leoben, Peter-Tunner-Str. 25/III, 8700 Leoben, 03842/402-6001, 03842/402-6002, [vassiliki.theodoridou@unileoben.ac.at](mailto:vassiliki.theodoridou@unileoben.ac.at), <http://wbw.unileoben.ac.at>

Als CO<sub>2</sub>-Senke sind chemische Umsetzungen nur dann relevant, wenn netto über den gesamten Lebenszyklus des „Speicherprodukts“ CO<sub>2</sub> eingespart wird. Da CO<sub>2</sub> ein energetisches Endprodukt aus Verbrennungsprozessen mit einer freien Standardbildungsenthalpie von  $-393 \text{ kJ/mol}$  ist, ist die Aktivierung, also Reduktion von CO<sub>2</sub>, als Umkehrung der Verbrennung energetisch entsprechend aufwändig. Daher ist die stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> im großen Maßstab an die Verfügbarkeit nicht fossiler Energiequellen gebunden, weil sonst im Extremfall ein höherer Energieeinsatz erforderlich ist als die aus der ursprünglichen Verbrennung gewonnene Energie. Für die stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> als C1-Synthesebaustein, sowohl in chemischen als auch in biologischen Prozessen, sind unter anderem folgende Kriterien relevant:

- Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz des gesamten Prozesses
- Die generierte Wertschöpfung, die den Prozess wirtschaftlich selbsttragend machen kann
- Das jeweilige Mengenpotential in Relation zu den gesamten, fassbaren CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Mögliche Prozessalternativen, auch im Vergleich mit herkömmlichen Synthesewegen
- Die notwendige Reinheit des CO<sub>2</sub> im Hinblick auf katalytische Synthesewege
- Die Produkteigenschaften, sowohl im Vergleich mit auf herkömmlichen Wege synthetisierten Produkten, als auch im Hinblick auf die Lebensdauer der Produkte (vollständige Lebenszyklusbetrachtung)

Im Beitrag werden folgende chemische und biologische Verwertungsoptionen von CO<sub>2</sub> vorgestellt:

- Synthese von Methan
- Synthese von Kraftstoffen und Chemierohstoffen
- Karbonatisierung mineralischer Rohstoffe
- Mikroalgen
- Photokatalyse und „Dream Reactions“

Dabei wird auf das Mengenpotential, den Stand der Technik sowie die Limitierungen der einzelnen Optionen eingegangen. Es wird aufgezeigt, dass für eine energetische, ökologische und ökonomische Gesamtbewertung derzeit noch ein fundierter Überblick über die verfügbare Datengrundlage zu diesen Verwertungsoptionen sowie geeignete methodische Bewertungswerkzeuge fehlen. Ansätze zum Schließen dieser Lücken werden abschließend diskutiert.