

# Grüner Kalk – Membranreaktor zur Prozessoptimierung der CO<sub>2</sub>-intensiven Baustoffindustrie

Dr. Benjamin Jäger, Torsten Martin, M.Sc. Mohit Jain, Dominic Blattan

Energieintensive Unternehmen stehen durch die steigende Besteuerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und Druck seitens der Kundenschaft vor der Herausforderung, ihre Prozesse mit größerer Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit zu betreiben. Insbesondere die Baustoffindustrie ist hier betroffen: Der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Abgas von Zementwerken liegt üblicherweise zwischen 14 % und 33 %. In Kalkwerken kann dieser Wert auch über 40 % liegen. Um dieser Herausforderung zu begegnen, hat das Fraunhofer IKTS mit Partnern im BMFTR-Projekt »Grüner Kalk« Technologien für die klimaneutrale Kalkherstellung mittels Abscheidung und Nutzung von CO<sub>2</sub> entwickelt. CO<sub>2</sub>-intensive Unternehmen nutzen aktuell verschiedene Herangehensweisen, um klimafreundlicher zu werden. Dazu gehören die Substituierung fossiler Energieträger oder die Nachbehandlung von Industrieabgasen (Abscheidung und Speicherung – CCS oder Abtrennung und Nachnutzung – CCU). Im Kalkwerk gibt es jedoch eine besondere Herausforderung: Ein Großteil des CO<sub>2</sub> entsteht durch die Entsäuerung des Kalks während des Brandes. Daher ist eine CO<sub>2</sub>-Neutralität nur durch Substitution des Brenngases oder nur durch Einsatz eines elektrischen Ofens nicht erreichbar. Im neuen Anlagenkonzept wurde der Kalkstein zum Brennen in einen mit Schleusen abgedichteten Elektroofen eingebracht. Dabei entstanden Atmosphären mit deutlich über 80 Vol.-% CO<sub>2</sub>. In der Folge wurde über die Zugabe von grünem Wasserstoff die Umsetzung zu Methan erreicht. Zwei unterschiedliche Reaktorkonzepte wurden verglichen: biologische Methanisierung (Archaeen) und chemisch-katalytische Methanisierung im Membranreaktor. Im Membranreaktor fand die gezielte Zugabe von Wasserstoff über eine druckgesteuerte Dosierung statt. Anschließend wurde der Produktstrom getrocknet und der Pyrolyse zugeführt. Beim Zerfall des Methans zu elementarem Kohlenstoff und Wasserstoff wurde letzterer zur erneuten Umsetzung mit CO<sub>2</sub> zurückgeführt. Elementarer Kohlenstoff oder Carbon Black ist eine wertvolle Ressource, die in der chemischen Industrie oder zur landwirtschaftlichen Bodenaufwertung eingesetzt werden kann. Der Anlagenbau um den Membranreaktor wurde durch das Fraunhofer IKTS konzipiert, umgesetzt und anschließend in die Gesamtanlage beim Projektpartner HySON integriert.

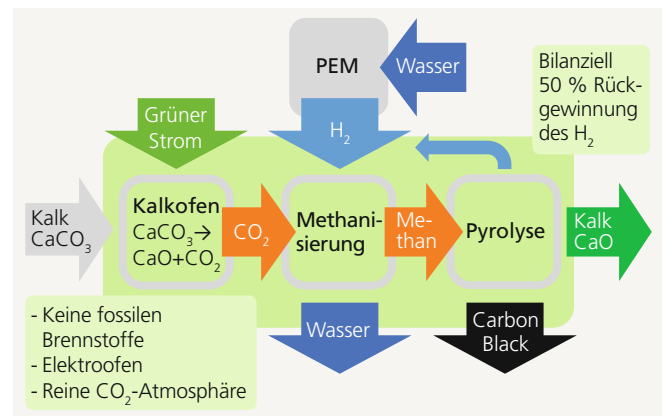


Abb. 1: Konzeptschema Grüner Kalk (Quelle: HySON).

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme konnten, je nach Verfahrensführung, unter Auslegungsbedingungen im Membranreaktor CO<sub>2</sub>-Umsätze von ~85 % bis > 99 % bei vollständiger Selektivität (> 99 %) zu Methan erreicht werden. Der Membranreaktor zeichnet sich dabei im Vergleich zur biologischen Methanisierung durch eine deutlich kompaktere Bauweise, breitere Betriebsfenster (Durchsatz und Stöchiometrie), gute Skalierbarkeit sowie auskoppelbare und somit potenziell nutzbare Wärme auf einem Temperaturlevel von > 200 °C aus. Ziel ist es nun, das Anlagenkonzept gemeinsam mit Kunden aus der Industrie weiter zu skalieren.

## Leistungs- und Kooperationsangebot

- Prozess- und verfahrenstechnische Auslegung
- Prozessnahe katalytische und verfahrenstechnische Untersuchungen (auch Membran-gekoppelt)
- Anlagenbau für Katalyse- und PtX-Prozesse von Labor- bis Containermaßstab
- Pulver- und Katalysatorpräparation von wenigen Gramm bis mehreren hundert Kilogramm



Abb. 2: Aufbau Teilanlage Membranreaktor. (Quelle: Timo Lutz | Team für Industriefotografie).



Abb. 3: Finaler Anlagenteil Methanisierung. (Quelle: Timo Lutz | Team für Industriefotografie).

Gefördert durch:



wir! Wandel durch Innovation in der Region