

Effizienzsteigerung der Biomethanisierung im GICON®-Rieselbettverfahren unter Nutzbarmachung der Abwärme

MARKO BURKHARDT, OLIVER HORN, MICHAEL TIETZE, FALKO NIEBLING, GÜNTER BUSCH,
LEANDER SCHLEUSS

1 Einleitung

Durch den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien steigt der Anteil fluktuierender Wind- oder Solarenergie, jedoch steigt der nicht integrierbare Anteil. Die Power-to-Gas-Strategie ist eine der Schlüssellösungen, um die schwankende Erzeugung der regenerativen Energien mit dem Energiebedarf zu koppeln. Der hier vorgestellte Ansatz beschreibt die Umsetzung von elektrolytisch erzeugtem „grünen“ Wasserstoff mit anschließender biologischer Methanisierung mittels Rieselbetttechnologie zu „grünem“ Methan. Durch den flexiblen Betrieb sowie die Energiespeicherung und -verteilung im bereits etablierten Erdgasnetz oder Nutzung als CNG/LNG kann die Sektorenkopplung gelingen. Aufgrund des exothermen Charakters der Reaktion wird Wärme frei, die im vorgestellten Verfahren nutzbar und aufgewertet wird. Somit wird ein Beitrag zur Defossilisierung der Energie- und Wärmeversorgungs-systeme geleistet. Der Ansatz stärkt auch die Unabhängigkeit von Energieimporten, was angesichts der aktuellen geopolitischen Herausforderungen wichtig ist.

2 Technische Lösung der biologischen Methanisierung und Wärmerückgewinnung

Die biochemische Reaktion der hydrogenotrophen Methanogenese von Wasserstoff (H₂) und Kohlenstoffdioxid (CO₂) zu Methan erfolgt gemäß Gleichung 1:



Bei der vergleichsweise niedrigen Temperatur dieser sogenannten biologischen Methanisierung addiert sich zur Reaktionsenthalpie bei der jeweiligen Reaktionstemperatur die Kondensationsenthalpie des Wasserdampfs nach Gleichung 2:



Daher beträgt die insgesamt abzuführende Wärme bei der Bildung eines Mols Methan je nach Temperatur etwa 253 kJ. Der Einsatz von Mischkulturen mit unterschiedlichen hydrogenotrophen Mikroorganismen wirkt sich stabilisierend auf den Prozess im Hinblick auf einen kontinuierlichen und praktischen Betrieb aus (Blume et al. 2010, Marshall et al. 2013). Idealerweise ist der Prozess mesophil (bei 37 bis 40 °C), thermophil (55 oder 65 °C) oder hyperthermophil (über 80 °C). Die Umsetzung erfolgt jedoch ausschließlich in der flüssigen Phase, sodass die physikalische Herausforderung im Stoffaustausch besteht. Aufgrund der hohen Stoffaustauschoberfläche bietet sich das bereits patentierte GICON®-Rieselbettverfahren an (Busch et al. 2017, Burkhardt und Busch 2013, Burkhardt et al. 2015, Burkhardt et al. 2019, Burkhardt et al. 2016, Tietze et al. 2021). Der Grundlagenforschung an der Brandenburgischen Technischen Universität folgte das Scale-up im GICON®-Großtechnikum (www.gicon-consult.de/services/research/biogas-center). Mit der Machbarkeitsstudie „WeMetBio“ konnte die technische und energetische praktische Umsetzbarkeit nachgewiesen und prozessrelevante Kennzahlen ermittelt werden (Tab. 1) (Burkhardt et al. 2022).

Tab. 1: Prozess- und praxisrelevante Kennwerte des GICON®-Rieselbettverfahrens

Methankonzentration	> 95 % CH ₄
Methanbildungsrate (ohne Biogasanteil)	7 Nm ³ CH ₄ /(m ³ · d)
Eigenenergiebedarf (Methanisierung)	0,27 kWh/Nm ³ CH ₄
CAPEX (Methanisierung)	920 €/kW _{th,CH4} (Hs)
THG-Minderungspotenzial	86,5 % (2022)
Methangestehungskosten	9,2–12 ct/kWh _{CH4}
Effizienz (Methanisierung)	83 %
Effizienz (Meth + Elektrolyse)	63–78 %

Weitergehende energetische Optimierungsansätze werden im Projekt „RB-HTWP – Biomethanisierung im Rieselbettverfahren und Abwärmenutzung durch eine Hochtemperaturwärmepumpe am Standort Klettwitz/Lausitz“ angestrebt.

Thema ist die Überführung der biologischen Methanisierung im innovativen Rieselbettverfahren in die industrielle und energiewirtschaftliche Praxis. Die CO₂-Verwertung und die Versorgung mit grünem Erdgas am konkreten Standort Klettwitz/Lausitz stehen im Vordergrund. Die Wärmeverwertung und -aufwertung erfolgt unter Einsatz einer Hochtemperaturwärmepumpe (HTWP) zur dezentralen Wärmeversorgung, zur Bereitstellung industrieller Prozesswärme, zur Hochtemperaturelektrolyse oder zur Hochtemperaturwärmespeicherung. Denkbar ist eine Anhebung des Temperaturniveaus der Wärmeströme auf ein Temperaturniveau von 150 °C. Für standortübergreifende Anwendungen werden auch Temperaturen bis zu 250 °C in Betracht gezogen. Die erzeugte Wärme kann so für verschiedene Anwendungen genutzt werden: bis zu 120 °C für Fernwärmenetze und für viele industrielle Prozesse. Zur weiteren Effizienzsteige-

Die biologische Methanisierung im hyperthermophilen Temperaturbereich wird in Betracht gezogen.

Im GICON®-Großtechnikum wird bereits ein wärmeoptimierter Rieselbettreaktor mit einem Arbeitsvolumen von 1,8 m³ betrieben (Abb. 1).



Abb. 1: Rieselbettreaktor im GICON®-Großtechnikum (© Burkhardt)

Der Rieselbettreaktor wurde in die bestehende Infrastruktur integriert. Das erzeugte Gas wird in das örtliche Erdgasnetz eingespeist. Das Hauptziel der aktuellen Untersuchung ist das Wärmemanagement und die Wärmeableitung, um eine höhere Prozessintensität zu erreichen. Darüber hinaus sind die Ermittlung der Energiebilanz und die Verifizierung des theoretischen Modells weitere Ziele.

Literatur

- Blume, F.; Bergmann, I.; Nettmann, E.; Schelle, H.; Rehde, G.; Mundt, K.; Klocke, M. (2010): Methanogenic population dynamics during semi-continuous biogas fermentation and acidification by overloading. *Journal of applied microbiology* 109(2), pp. 441–450
- Burkhardt, M., Hilde, H., Tietze, M., Niebling, F. (2022): Biological methanation by GICON®-trickle bed process – an upgrade for conventional biogas plants. In: Conference proceedings – 8th International Conference on Renewable Energy Gas Technology, 17th-18th of May 2022, Malmö (Schweden)
- Burkhardt, M.; Uellendahl, H.; Vith, W.; Viertmann, O.; Horn, O. (2021): WeMetBio- Demand-oriented storage of fluctuating renewable (wind) energy through integration of biological methanation in the trickle bed process. final report, FKZ 2219NR134, FKZ 2219NR401
- Burkhardt, M.; Jordan, I.; Heinrich, S.; Behrens, J.; Ziesche, A.; Busch, G. (2019): Long term and demand-oriented biocatalytic synthesis of highly concentrated methane in a trickle bed reactor. *Applied Energy* 240, pp. 818–826
- Burkhardt, M.; Heinrich, S., Tietze, M. (2016): Purification of hydrolysis gas of the double stage solid/liquid digestion process (GICON-process) by bio-catalytic methane enrichment in a novel anaerobic trickle bed reactor. Final project report KF 2023754RH3, Cottbus
- Burkhardt, M.; Koschack, T., Busch, G. (2015): Biocatalytic methanation of hydrogen and carbon dioxide in an anaerobic three-phase system. *Bioresource Technology* 178, pp. 330–333
- Burkhardt, M.; Busch, G. (2013): Methanation of hydrogen and carbon dioxide. *Applied Energy* 111, pp. 74–79
- Busch, G.; Burkhardt, M.; Grossmann, J. (2017): Process and device for the methanation of gases using trickle bed reactors. patent specification DE 102013209734.4, WO 2013/171248 A2, 27.07.2017
- Marshall, C. W.; LaBelle, E. V.; May, H. D. (2013): Production of fuels and chemicals from waste by microbiomes. *Current Opinion in Biotechnology* 24(3), pp. 391–397
- Tietze, M.; Bischof, H.; Niebling, F.; Buschmann-Kosel, J., Burkhardt, M. (2021): Investigation and further development of a process for the biological methane enrichment of biogas using an innovative trickle bed process (internal and external biological methane enrichment in the trickle bed process – an upgrade for classic biogas plants). Final report FKZ 33152/01

Förderhinweis

Die Autoren bedanken sich für die Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. FKZ: 03EI5451.