



Power-to-Biogas:

(FKZ: 03KB165A)

Experimentelle Untersuchung zur Katalysatordeaktivierung und zur Leistungsfähigkeit eines zweistufigen Methanisierungssystems für die Direktmethanisierung von Biogas

Simon Markthaler*, Fabian Grimm, Jürgen Karl

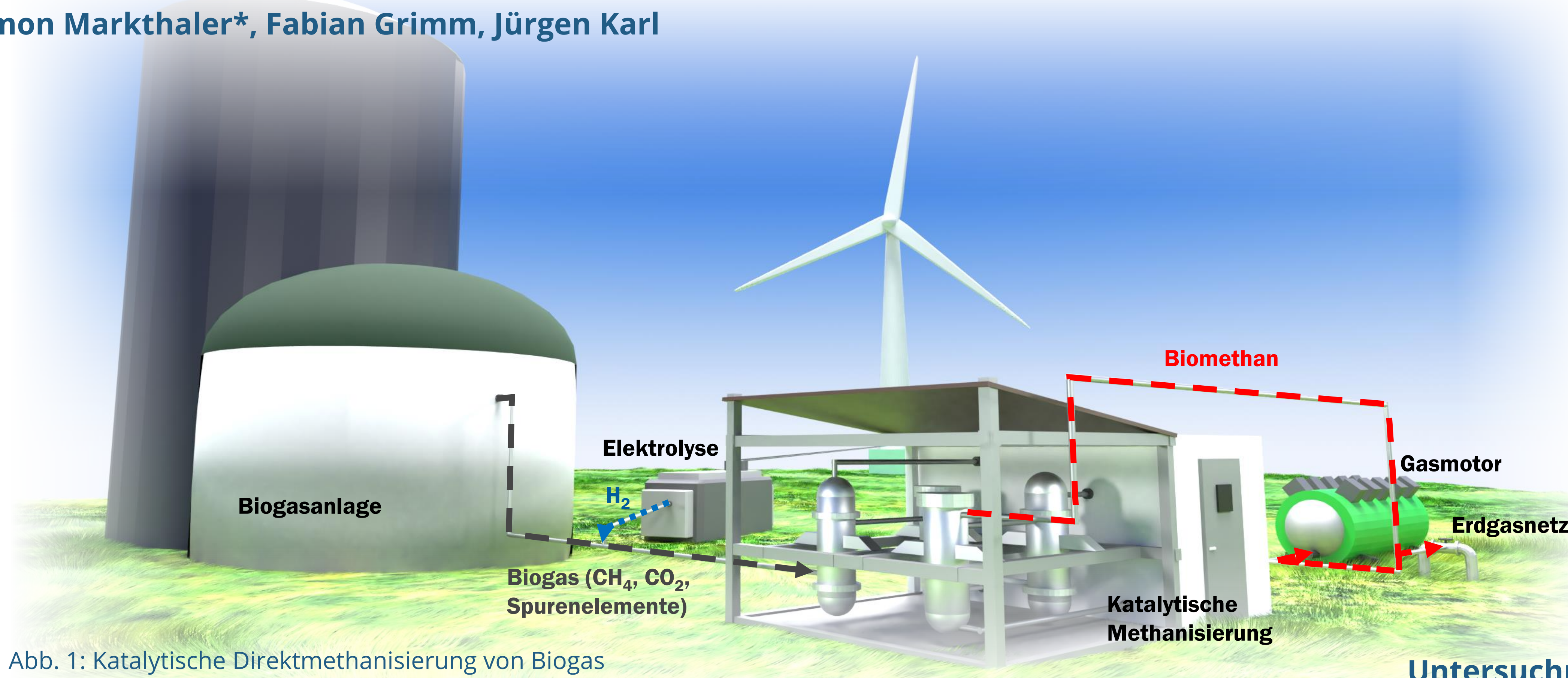


Abb. 1: Katalytische Direktmethanisierung von Biogas

Motivation

- Katalytische Direktmethanisierung von Biogas ermöglicht die Veredelung von entschwefeltem Biogas zu Biomethan (CH₄) unter Nutzung des darin enthaltenen CO₂ (siehe Abb. 1)
- Langzeitstabilität ohne Deaktivierung durch Spurenelemente und hohe Leistungsfähigkeit muss für den Betrieb gewährleistet sein

Untersuchung der Leistungsfähigkeit

Untersuchung der Katalysatordeaktivierung

- Experimente an 1kW-Festbettreaktor durch mögliche Spurenelemente im Biogas an zwei verschiedenen Ni/Al₂O₃-Katalysatoren (siehe Abb. 2)
- Versuche mit Ammoniak (NH₃) und Hexamethyldisiloxan (L2) mit den Konzentration:

NH₃: $5 - 100 \text{ mg/m}^3_{\text{Biogas}} = 7 - 141,5 \text{ ppm}$ ($\Delta \pm 1 - 20 \text{ mg/m}^3$ im Eduktgas)
(Vgl. NH₃-Konzentrationsbereich im Biogas $\leq 10 \text{ mg/m}^3_{\text{Biogas}}$ nach [1])

L2: $11 - 167 \text{ mg/m}^3_{\text{Biogas}} = 1,5 - 25 \text{ ppm}$ ($\Delta \pm 2,7 - 40 \text{ mg/m}^3$ im Eduktgas)
(Vgl. Siliziumverbindungen im Biogas $\leq 30 \text{ mg/m}^3_{\text{Biogas}}$ nach [1])

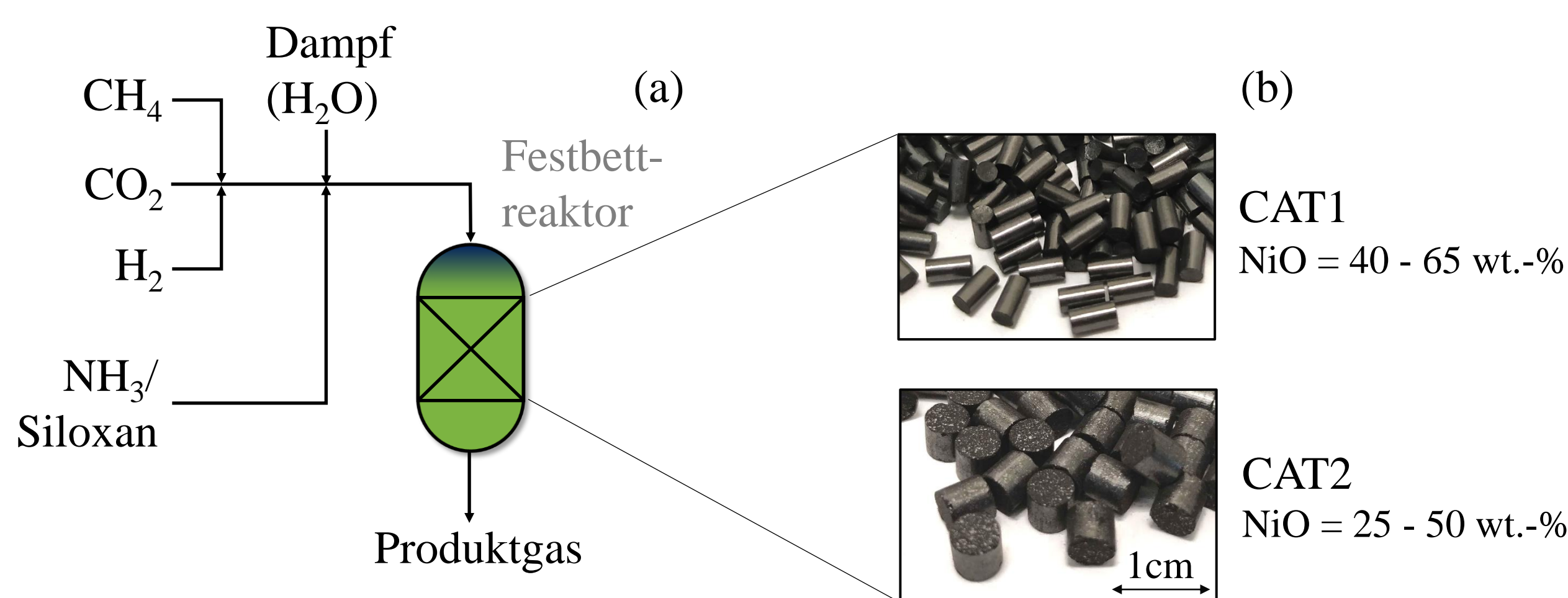


Abb. 2: Schematische Abbildung des 1kW-Reaktorsystems (a) und fotografische Darstellung der verwendeten Katalysatoren (b)

Ergebnisse:

- Keine Deaktivierung durch Ammoniak über Expositionsdauer feststellbar
- Keine Deaktivierung von CAT1 durch L2 über Expositionsdauer feststellbar
- Deaktivierung von CAT2 durch L2 bei Konzentrationen $\geq 5 \text{ ppm}$ im Biogas ($\geq 1 \text{ ppm}$ im Eduktgas) (siehe Abb. 3)

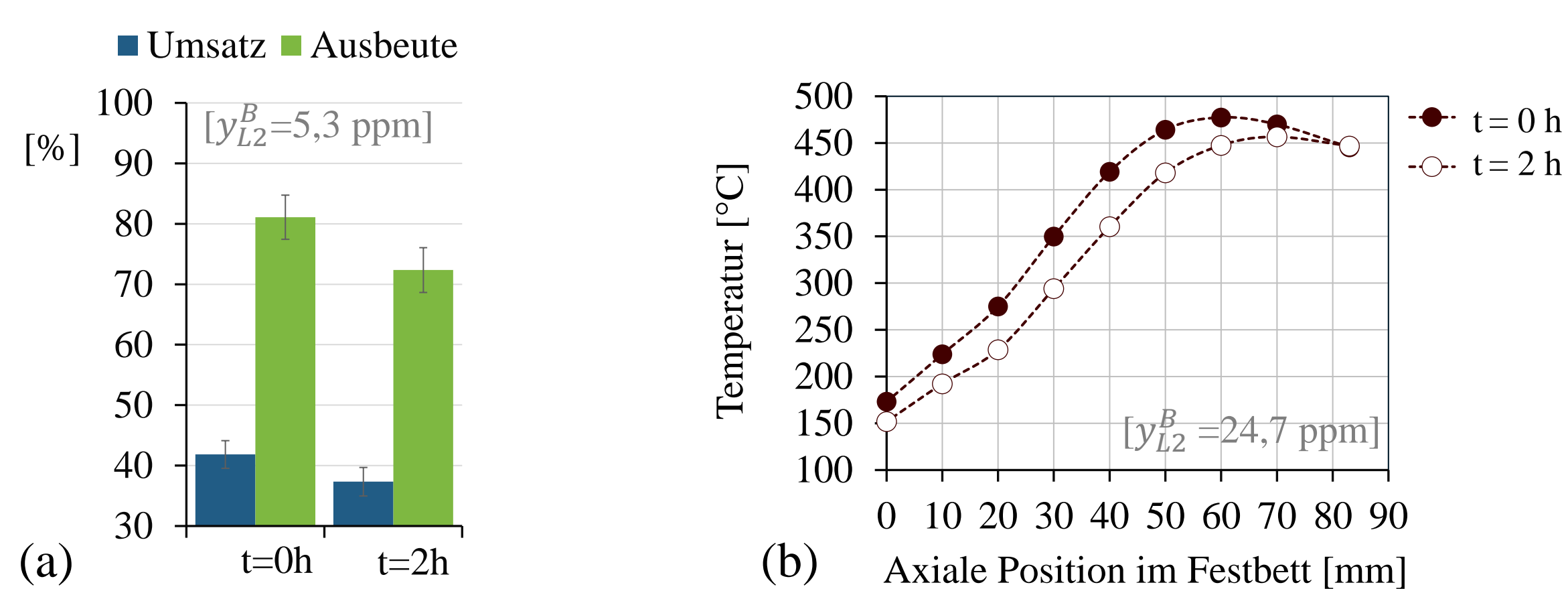


Abb. 3: H₂-Umsatz und CH₄-Ausbeute bez. auf CO₂ (a) und axiale Temperaturprofile im Festbett (b) vor und nach der Exposition mit Hexamethyldisiloxan (L2) unter Verwendung des Katalysators CAT2 bei Methanisierungsversuchen mit synthetischen Biogas (CH₄/CO₂=1/1) [y_{L2}^B: Molarer Anteil von L₂ im Biogas; t: Expositionsdauer; Druck p = 4,5 bar_{abs}; GHSV ≈ 9000 1/h]

- Experimente an zweistufigem 5kW-Methanisierungssystem mit Zwischenkondensation mit CAT1 (siehe Abb. 4, Prozessdesign nach [2])
- Analyse des Einflusses von Druck, Leistung und Biogaszusammensetzung

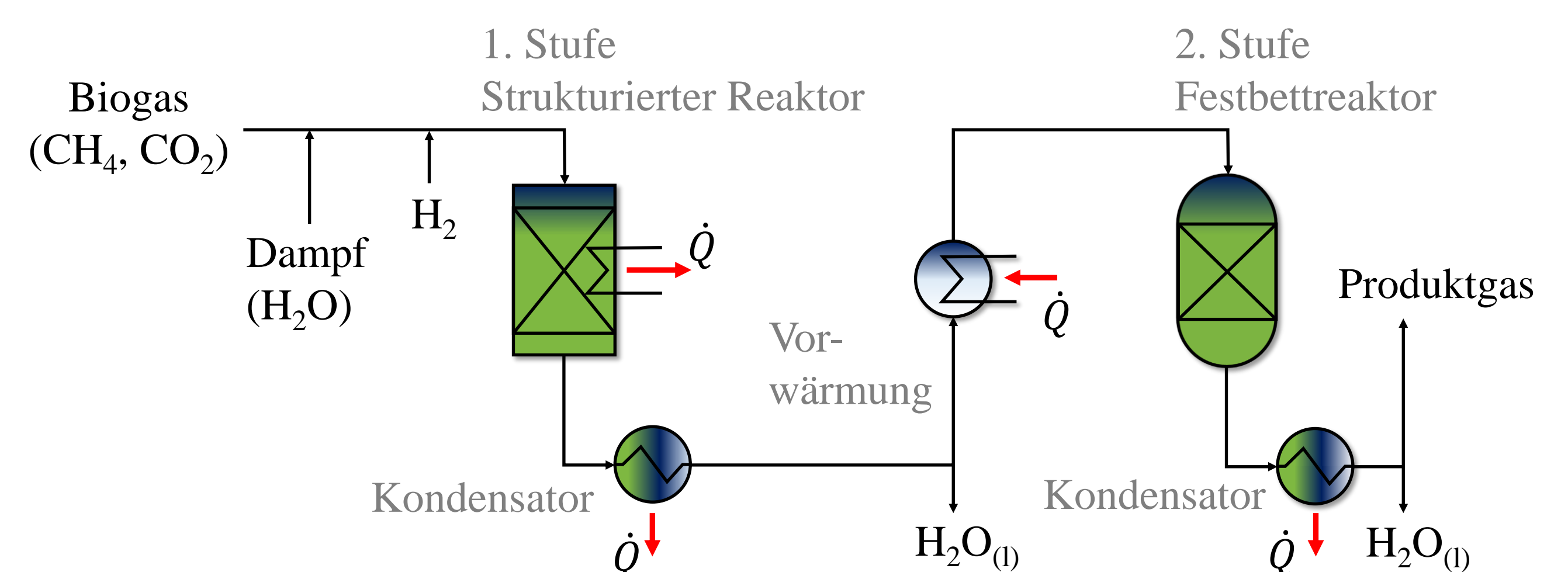


Abb. 4: Schematische Abbildung des zweistufigen 5kW-Reaktorsystems mit Zwischenkondensation

Ergebnisse:

- Steigende Qualität bei erhöhtem Druck und mäßiger Leistung (siehe Abb. 5)
- Produktgasqualität nur gering von Biogaszusammensetzung abhängig (Tendenziell: CH₄/CO₂ ↓ → Reaktionstemperaturen ↑ → y_{CH₄}^P ↑)

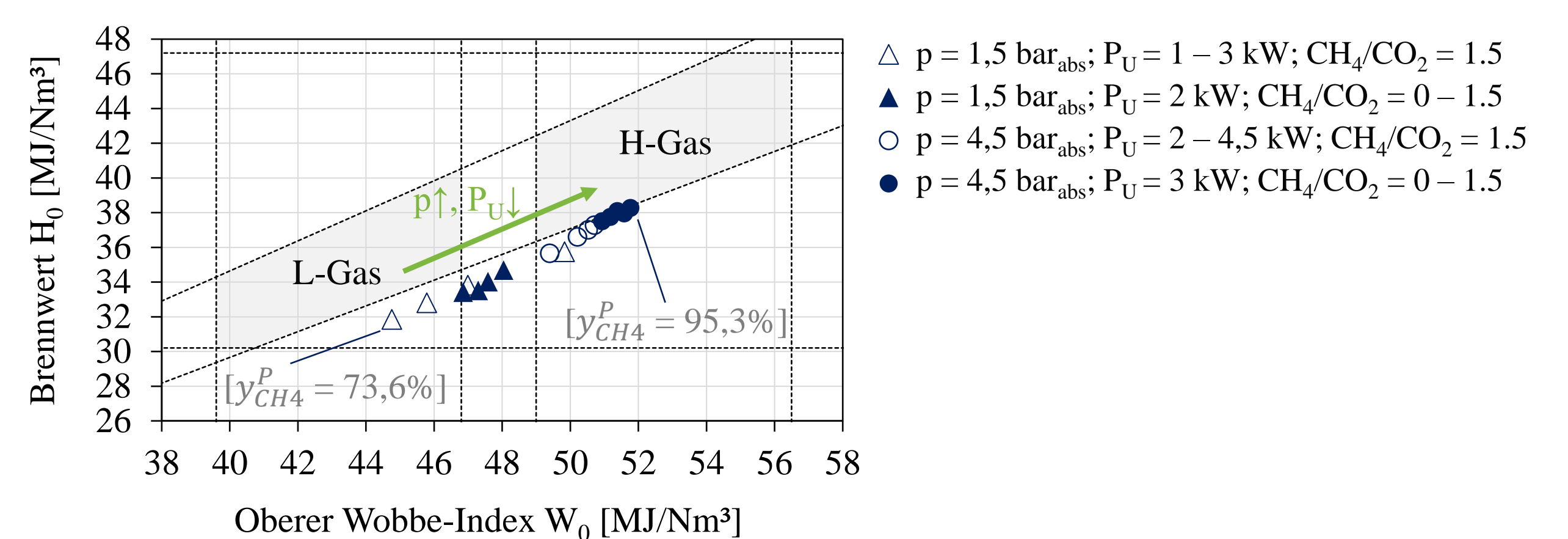


Abb. 5: Brennwert über oberem Wobbe-Index für das Produktgas bei der zweistufigen Methanisierung von Biogas mit Variation der Leistung P_U und der Biogaszusammensetzung (CH₄/CO₂) auf zwei verschiedenen Druckniveaus p [y_{CH₄}^P: Molarer Methananteil im Produktgas; L-Gas und H-Gas gemäß dem deutschen G260-Standard]

Fazit

- Ammoniak als Spurenelement im Biogas unproblematisch
- Möglicher Grund für L2-Deaktivierung von CAT2, aber nicht von CAT1: Unterschiede in der Mikrostruktur der Katalysatoren (Porengröße und Form, Verteilung katalytisch aktiver Zentren, Elektronendichte, ...)
- Zweistufige Methanisierung von Biogas mit Potential zur Einspeisung ins Erdgasnetz



*Hauptautor:
Simon Markthaler, M. Sc.
Tel.: +49 (0) 911/5302-9113
E-Mail: simon.markthaler@fau.de

Lehrstuhl für
Energieverfahrenstechnik
Fürther Straße 244f,
90429 Nürnberg,
www.evt.tf.fau.de

Literatur:

- [1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). Leitfaden Biogasaufbereitung und -einspeisung. 2014
- [2] Neubert, M., Hauser, A., Pourhossein, B., Dillig, M., & Karl, J. (2018). Experimental evaluation of a heat pipe cooled structured reactor as part of a two-stage catalytic methanation process in power-to-gas applications. Applied Energy, 229, 289-298.