

ProcessNet 2017, Jahrestreffen Fachgruppe Energieverfahrenstechnik, Frankfurt

Herstellung von Wasserstoff durch Nutzung der Heatpipe Reformer Technologie mit integrierter Wasserstoffabtrennung

J. Leimert¹, J. Karl¹

Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f, 90429 Nürnberg, jonas.leimert@fau.de

Motivation

Mit dem Heatpipe Reformer kann in einem allothermen, druckaufgeladenen Vergasungsverfahren ein wasserstoffreiches Synthesegas erzeugt werden. Die resultierenden hohen Wasserstoffpartialdrücke ermöglichen eine Abtrennung durch Membranen. Wird diese direkt im Vergaser durchgeführt, kann zusätzlich die Wasserstoffausbeute sowie der Umsatz von CO und CH₄ nach dem Prinzip von Le Chatelier erhöht werden.

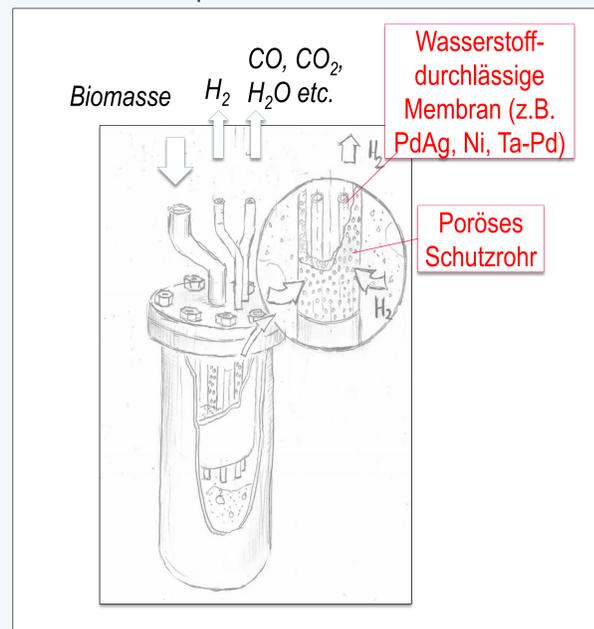


Abb. 1: Prinzipskizze eines Heatpipe Reformers mit integrierter Wasserstoffabtrennung

Heatpipe Reformer

Für die Demonstration dieses Prozesses wurde der in Abbildung 2 gezeigte Heatpipe Reformer im 100 kW Maßstab aufgebaut. Die Pilotanlage wurde in mehreren Versuchskampagnen mit Braunkohle und Biomasse betrieben und konnte im druckaufgeladenen Betrieb bis zu 55 % Wasserstoff im Synthesegas erzeugen. Die Brennkammer mit hoher Wärmerückgewinnung erlaubt Kaltgaswirkungsgrade von bis zu 46 % in der Versuchsanlage und über 70 % für eine kommerzielle Anlage im 1 MW Maßstab [1, 3]. Ab-

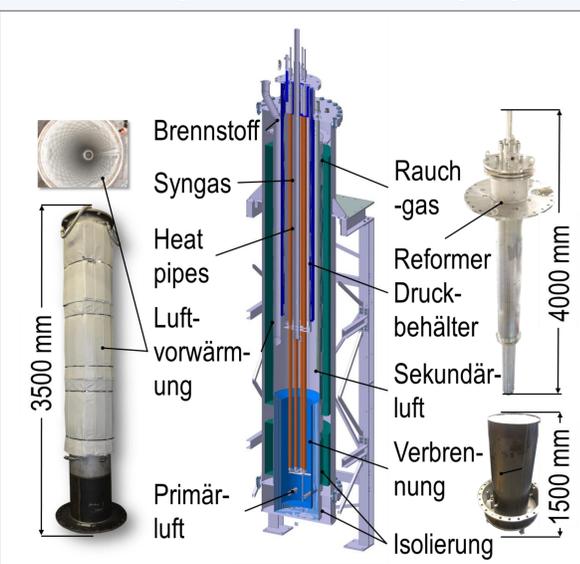


Abb. 2: Anlagenschema des 100 kW Heatpipe Reformers

bildung 3 zeigt die erzielten Gaskonzentrationen der Synthesegaskomponenten.

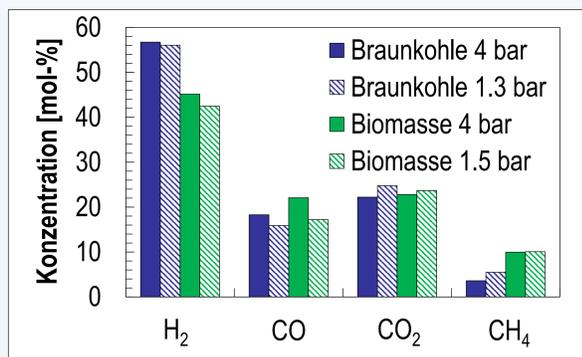


Abb. 3: Synthesegaskonzentration aus der Braunkohle- und Biomassevergasung

Membranen zur H₂-Abtrennung

Nickel wurde nach einer Literaturstudie zu bestehenden Membransystemen ausgewählt, da es eine hohe Stabilität mit guter Permeabilität im Temperaturbereich der Vergasung bietet. Darüber hinaus konnte in Vorversuchen mit Einzelmembranen die Funktion der Nickelkapillaren in Synthesegasatmosphäre ermittelt werden. [2]

Die in Abbildung 4 gezeigte Zusammenfassung vieler Einzelkapillaren zu einem Membranbündel mit einer Epoxidharzdichtung ermöglichte eine hohe Membranfläche und damit einen Wasserstoffvolumenstrom von bis zu 1.0 l_N min⁻¹ bei einer Reinheit von 99.9 %. Die Konstruktion ermöglicht ein einfaches Upscaling durch eine Verlängerung der Rohrlänge oder Erhöhung der Rohranzahl. Das Membranbündel wurde sowohl als Proof-of-concept während einer Vergasungskampagne direkt im Heatpipe Reformer, als auch für Versuche im Labormaßstab eingesetzt.

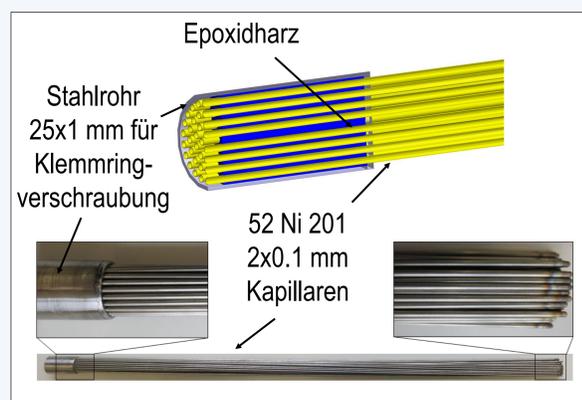
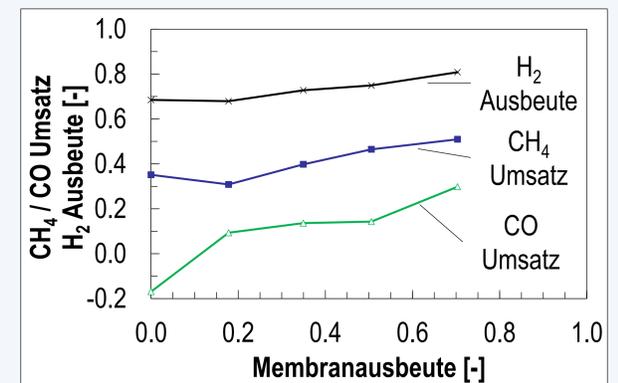


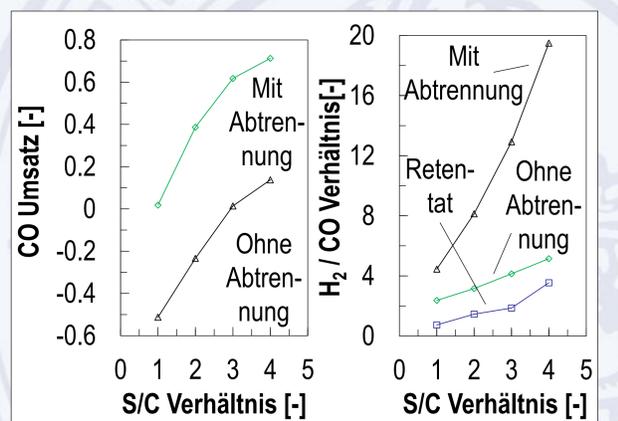
Abb. 4: Nickelmembranbündel mit Epoxidharzdichtung

Mit dem Membranbündel wurden Tests mit flaschengemischtem Synthesegas mit der in den Vergasungsexperimenten ermittelten Zusammensetzung durchgeführt. Ziel war dabei die Evaluierung des Einflusses der Wasserstoffabtrennung auf den Umsatz der Komponenten CO und CH₄. Abbildung 5 zeigt ein typisches Ergebnis dieser Versuche: Die Membranausbeute bezeichnet hier den Anteil des durch die Membran abgetrennten Wasserstoffs am

aus dem Feed gewinnbaren Wasserstoff. Der Umsatz beider Kohlenstoffkomponenten steigt wie erwartet deutlich mit der Membranausbeute an.

Abb. 5: Auswirkungen der H₂ Abtrennung auf Umsatz und Ausbeute in flaschengemischtem Synthesegas

Zusätzlich wurden Parameterstudien zu den Auswirkungen verschiedener Prozessparameter auf die Synthesegaskonzentration durchgeführt. Abbildung 6 zeigt beispielhaft den Einfluss des S/C Verhältnisses. Es wird deutlich, dass die Membranen auch zur Einstellung des gewünschten H₂ / CO Verhältnisses eingesetzt werden können.

Abb. 6: Auswirkungen der H₂ Abtrennung auf Umsatz und H₂ / CO Verhältnis in flaschengemischtem Synthesegas

Zusammenfassung

Das präsentierte Konzept ermöglicht die Herstellung von hochreinem Wasserstoff aus verschiedenen Festbrennstoffen. Die vorgestellten Nickelmembranen erfüllten alle Anforderungen in Bezug auf Stabilität und konnten die Wasserstoffausbeute des Prozesses deutlich erhöhen.

[1] J. M. Leimert, P. Treiber, and J. Karl. The Heatpipe Reformer with optimized combustor design for enhanced cold gas efficiency. *Fuel Processing Technology*, 141:68–73, 2016.
 [2] J. M. Leimert, and J. Karl. Nickel membranes for in-situ hydrogen separation in high-temperature fluidized bed gasification processes. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(22):9355–9366, 2016.
 [3] J. M. Leimert, P. Treiber, M. Neubert, A. Sieber, and J. Karl. Performance of a 100 kW Heatpipe Reformer operating on Lignite. *Energy and Fuels*, in Review, 2017.



Kontakt:

Dipl.-Ing. Jonas Leimert

Jonas.Leimert@fau.de

Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik
 Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
 Fürther Straße 244f, 90429 Nürnberg
 www.evt.cbi.uni-erlangen.de