

Advanced direct biogas fuel processor for robust and cost-effective decentralised hydrogen production

WIELAND, Christoph; WEINBRECHT, Petra; WEIS, Christof; TRIMIS, Dimosthenis

Hintergrund der Arbeit

- Dezentrale Herstellung von reinem Wasserstoff
- Regeneratives Biogas als Einsatzstoff
 - Faulgas, Deponiegas, Klärgas
- Hoher Wirkungsgrad ($\eta = 80\%$, bezogen auf oberen Heizwert)
 - Effiziente Nutzung der Rohstoffe
 - Schlüssel zur ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit
- Energie-Intensiver Prozess
- Brennbare Komponenten im Abgas
- Bereitstellung von Energie für Reformierung
 - Durch O_2 -Zugabe
 - Prozessintegration
 - Verwertung von Restgas

$\eta_{\text{ohne Rekuperation}} = 60,8\%$
 $\eta_{\text{ohne Brenner}} = 69,9\%$
 $\eta_{\text{BioRobur}^{\text{plus}}} = 80,2\%$

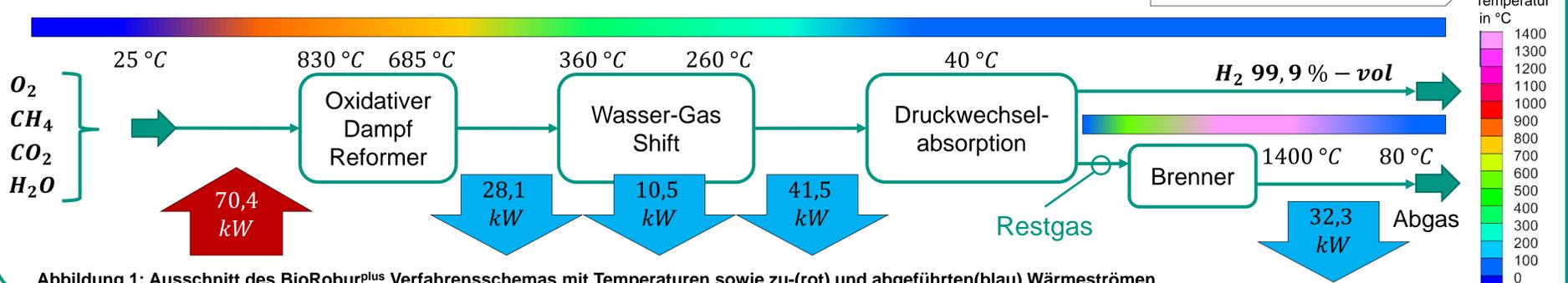


Abbildung 1: Ausschnitt des BioRobur^{plus} Verfahrensschemas mit Temperaturen sowie zu-(rot) und abgeführten(blau) Wärmeströmen

Herausforderungen der Brenner-Sektion

- Hoher Inert-Anteil im Restgas
 - Hohe Vorwärmung benötigt
- Biogas als zweiter Brennstoff
 - Variation verbrennungstechnischer Eigenschaften
- Anspruchsvolle Wärmeübertragung

Tabelle 1:
Zusammensetzung, Unterer Heizwert (LHV) und laminare Brenngeschwindigkeit (S_L^*) der Brennstoffe *

%-vol	Rest-Gas	Bio-Gas
CO_2	70,4	1,2
CH_4	1,2	60
H_2	20,9	—
LHV (MJ/kg)	2	18
S_L^* (m/s)	1,2*	0,16*

* Bedingungen für S_L^* siehe Ergebnisteil

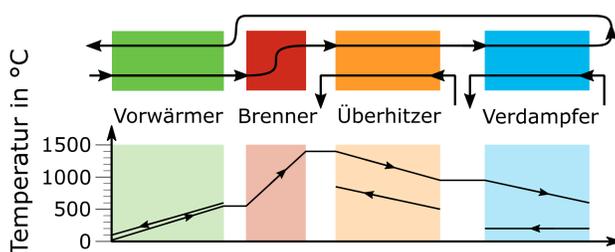


Abbildung 2: Temperaturniveaus in der Brennersektion

Lösungsansatz: Porenbrenner

- Verbrennung in porösem, inertem Medium (PIM)
 - Robuste Stabilisierung der Flamme durch thermische Trägheit
 - Wärmeauskopplung durch Festkörperstrahlung
 - Kinematische Stabilisierung der Flamme $u_{Gas} = S_{PIM}$
- Anforderungen:
 - Betrieb mit unterschiedlichen Brennstoffen
 - Mischbetrieb mit beiden Brennstoffen
 - Großer Modulationsbereich

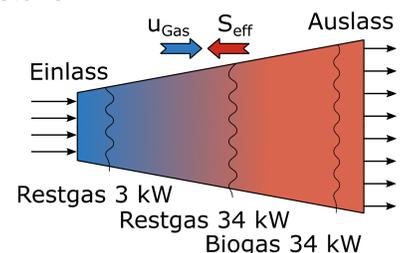


Abbildung 3: Schematische Darstellung des konischen Brenners mit Flammenposition in verschiedenen Betriebsmodi.

1D-Simulation und Ergebnisse

- Berechnungen für 10 PPI SiSiC-Schaum [1]
- Numerische 1D-Flammenrechnung mit modifiziertem PREMIX [2]
 - Zusätzliche Enthalpiebilanz für Feststoffphase
 - Effektive Wärmeleitung im Feststoff inklusive Strahlung
 - Wärmeübergang $Nu_V = 0,3 + \frac{2}{3} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \cdot Re^{\frac{1}{2}}$
 - Dispersion $\Phi_{eff} = \Phi_M \cdot (1 + \frac{Pe}{K_{ax}})$
 - Berücksichtigung variabler Querschnittsfläche
- Detaillierte Chemie über GRI3.0 Mechanismus [2]
- Bedingungen der Verbrennung
 - Restgas: $\lambda = 1,2$; $T_{ein} = 550\text{ °C}$
 - Biogas: $\lambda = 1,8$; $T_{ein} = 180\text{ °C}$

- Ergebnisse der Simulationen
 - Axiale Profile
 - Brenngeschwindigkeit S_{PIM}
 - $S_{PIM}(\text{Restgas}) = 14,2 \frac{m}{s}$
 - $S_{PIM}(\text{Biogas}) = 0,99 \frac{m}{s}$

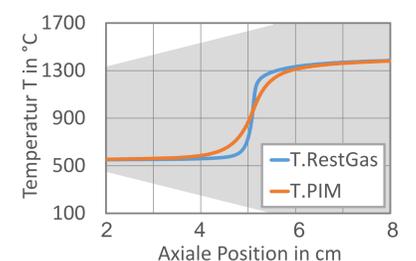


Abbildung 4: Adiabate Temperaturprofile in PIM und Gasphase für Restgas

- Dimensionierung des porösen Festkörpers auf Basis der Simulationsergebnisse
 - Einlass: $d_{in} = 12\text{ mm}$
 - Auslass: $d_{out} = 120\text{ mm}$
 - Länge: $L = 150\text{ mm}$

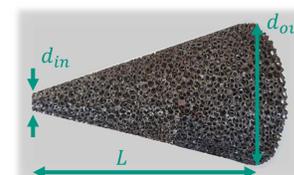


Abbildung 5: Fotografie des Porenbrenners

[1] Voß, S.: Verbrennung von Wasserstoff und Syngasgemischen – Untersuchungen zur Flammenstruktur in porösen inerten Medien und Querströmungen, Shaker Verlag, Aachen, 2014
 [2] Mendes, M.: Modelling and Simulation of Hydrocarbon Oxidation Processes within Porous Inert Media, Technical University of Lisbon, Dissertation, 2011
 [3] Smith, G et al.: http://www.me.Berkley.edu/gri_mech; called 30.04.2018



Kontakt:
christoph.wieland@kit.edu

This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking under grant agreement No 736272. The Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program and Hydrogen Europe and N.ERGHY

