

BiRG

Remzi Can Samsun, Joachim Pasel, Stefan Weiske, Ralf Peters

Forum A

12:30 – 14:00 Uhr

Wasser-Gas-Shiftreaktor zur Anreicherung von CO₂ im Eduktgas der mikrobiellen Methanisierung

Keywords:

Biogene Reststoffe, Pyrolysegas, WGS, Reaktorentwicklung

Die energetische Nutzung von biogenen Reststoffen zur Gewinnung von erneuerbarer Energie bietet eine alternative Verwertungsoption zu deren Entsorgung. Sie liefert einen wichtigen Beitrag zur Erreichung einer Treibhausgasneutralität. Das Ziel des Verbundprojekts BiRG ist es, eine Demonstrationsanlage bestehend aus einer Pyrolyse, einer Gasreinigung, einem Wasser-Gas-Shiftreaktor (WGS) und einer mikrobiellen Methanogenese zu erproben. Diese Anlage wandelt das durch die Pyrolyse anfallende (Bio-)Gas zu einem Produktgas um, das in das Erdgasnetz eingespeist werden kann. Dabei wird als Nebenprodukt der Pyrolyse Biokohle produziert, so dass alle Reststoffe energetisch verwertet werden können.

FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Das Institut für Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-14) des Forschungszentrums Jülich arbeitet zusammen mit den Projektpartnern New Power Pack GmbH (Koordination), Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Open Grid Europe GmbH sowie den Unterauftragnehmern MicroEnergy GmbH und R+A Industrieanlagenbau GmbH an der Realisierung der hochwertigen energetischen Verwertung von unterschiedlichen biogenen Reststoff-Kombinationen. Die Forschungsschwerpunkte beinhalten die Entwicklung von einzelnen Prozessschritten sowie von einem optimierten Gesamtsystem, damit der untersuchte Technologiepfad mit Hilfe der Demonstrationsanlage validiert werden kann.

Dabei liegt der Fokus der Forschungsaufgaben des Forschungszentrums Jülich auf der Entwicklung, Erprobung und Bereitstellung eines mehrstufigen Wasser-Gas-Shiftreaktors zur Reduktion der CO-Konzentration im Pyrolysegas auf maximal 1 (Vol.-%), damit die nachgeschaltete mikrobielle Methanogenese ohne Leistungseinbuße bzw. Degradation betrieben werden kann. An dieser Stelle erfolgt ein Technologietransfer aus dem Gebiet der Brenngaserzeugung für Brennstoffzellensysteme. Das Forschungszentrum Jülich hat in der Vergangenheit verschiedene Generationen von Wasser-Gas-Shiftreaktoren für Brennstoffzellensysteme entwickelt [1-3].

Die Wasser-Gas-Shiftreaktoren bestehen aus einer Hoch- und einer Niedertemperatur-Shiftstufe. Durch die Aufteilung in zwei Temperaturstufen wird zunächst der größte Anteil an CO in einer Hochtemperaturstufe unter hoher Reaktionsgeschwindigkeit zusammen mit Wasserdampf in CO₂ und H₂ umgewandelt. Die schnelle Reaktionskinetik ermöglicht eine kompakte Auslegung dieser Stufe. Jedoch wird der CO-Umsatz durch das thermodynamische Gleichgewicht limitiert. In der nachgeschalteten Niedertemperaturstufe verschiebt sich das Gleichgewicht in Richtung der gewünschten Produkte H₂ und CO₂, so dass geringere CO-Konzentrationen am Ausgang dieser Stufe möglich sind. Die langsamere Reaktionsgeschwindigkeit in dieser Stufe erfordert eine längere Verweilzeit und dadurch einen größeren Reaktionsraum.

Das typische Produktgas einer autothermen Dieselreformierung, die im Zentrum dieser Entwicklungen stand, enthält ca. 10 (Vol.-%) CO im Vergleich zu bis zu 30 (Vol.-%) im Pyrolysegas. Aus diesem Grund ist die Entwicklung eines neuen Reaktorkonzeptes notwendig, um die höhere CO-Konzentration im Eduktgas des Shiftreaktors auf den gleichen Zielwert von 1 (Vol.-%) im Produktgas zu reduzieren.

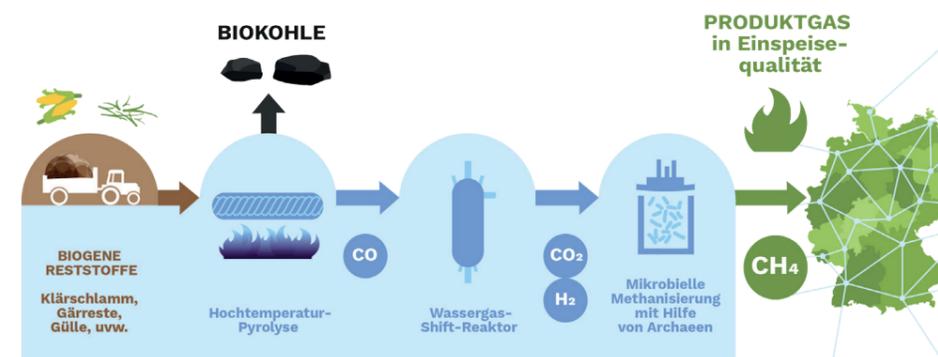
KONKRETE AKTIVITÄTEN

Die Entwicklung eines geeigneten Reaktorkonzeptes für die Wasser-Gas-Shiftreaktion nach den Pyrolyse- und Gasreinigungsstufen erfolgt mit Hilfe von Experimenten und Simulationen. Im Rahmen von Vorversuchen wird der Effekt der steigenden CO-Konzentrationen auf die Leistung eines bestehenden Shiftreaktors gekoppelt mit einem autothermen Dieselreformer untersucht. Hierbei wird das Produktgas der Dieselreformierung mit zusätzlichen Mengen an CO und Wasserdampf so konditioniert, dass seine Zusammensetzung der des Pyrolysegas möglichst nahekommt. Mit Hilfe der Erkenntnisse aus den Vorversuchen wird ein Prozessmodell aufgebaut, um mögliche Verschaltungsvarianten bezüglich der Reaktionsführung zu simulieren. Durch Verfahrenssimulationen mit dem entwickelten Modell werden neue Reaktorkonzepte entworfen. Diese Konzepte beinhalten neben der Anzahl der Reaktionsstufen und der Auswahl der Raumgeschwindigkeiten auch die Temperaturstufen und Kühlkonzepte. Die entwickelten Konzepte werden für zwei Fälle simuliert. Im ersten Fall werden Parameter für weitere Experimente zur Validierung des neu entwickelten Konzeptes ausgehend von einem angepassten Reformat aus der Dieselreformierung mit erhöhter CO-Konzentration bestimmt. Im zweiten Fall wird das gleiche Konzept für den späteren Reaktorbetrieb mit Pyrolysegas im Gesamtsystem optimiert.

Die Erkenntnisse aus den ersten Vorversuchen und Simulationen zeigen eine starke Temperaturerhöhung im zweistufigen Shiftreaktor aufgrund der im Vergleich zur Dieselreformierung höheren Eduktkonzentration an CO in der exothermen Wasser-Gas-Shiftreaktion. Diese Temperaturerhöhung führt zu einer Überschreitung der zulässigen Temperaturen von 450 – 470 °C im Shiftkatalysator.

Im Rahmen des BiRG-Projektes wurden zwei mehrstufige Reaktorkonzepte entwickelt, um die Temperaturerhöhung unter den genannten Grenzen zu halten und gleichzeitig am Austritt des Gesamtreaktors eine CO-Konzentration von maximal 1 (Vol.-%) zu erreichen. Bei der Statuskonferenz werden Ergebnisse von zwei Konzepten präsentiert und einander gegenübergestellt, damit das optimale Konzept für die Integration in die Demonstrationsanlage ausgewählt werden kann.

<https://www.energetische-biomassenutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/BiRG-655>
Graphical abstract (Source: Joshua Röbisch, DBFZ)



- [1] PASEL, J.; SAMSUN, R.C.; TSCHAUDER, A.; PETERS, R.; STOLTEN, D. (2018): Water-gas shift reactor for fuel cell systems: Stable operation for 5000 hours. International Journal of Hydrogen Energy, 43(41), pp. 19222-19230.
- [2] KREKEL, D., SAMSUN, R.C.; PASEL, J.; PRAWITZ, M.; PETERS, R.; STOLTEN, D. (2016): Operating strategies for fuel processing systems with a focus on water-gas shift reactor stability. Applied Energy, 164, pp. 540-552.
- [3] SAMSUN, R.C., PRAWITZ, M.; TSCHAUDER, A.; MEIBNER, J.; PASEL, J.; PETERS, R. (2020): Reforming of diesel and jet fuel for fuel cells on a systems level: Steady-state and transient operation. Applied Energy, 279, 115882.

ERGEBNISSE**WEITERE INFORMATIONEN****LITERATUR**

03EI5415 BiRG

Umwandlung biogener Reststoffe in Produktgas durch Pyrolyse, Shift und mikrobielle Methanisierung

Dr. Remzi Can Samsun*, Dr. Joachim Pasel, Stefan Weiske und Prof. Dr. Ralf Peters

r.c.samsun@fz-juelich.de

Forschungszentrum Jülich GmbH,
IEK-14: Elektrochemische Verfahrenstechnik
Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich