

# Kombinierte Reformierung von Biogas zur Synthesegas-Erzeugung und Verstromung mittels SOFC-Hochtemperatur-Brennstoffzelle

16126 N

Im Rahmen dieses Projekts wurden zunächst bei der Nordzucker AG in Uelzen für das Biogas der Abwasserbehandlungsanlage die Konzentrationen der Komponenten Methan, Kohlendioxid und Schwefelkohlenwasserstoff während der Produktionszeiträume 2009/10, 2010/11, 2011/12 online erfasst. Anschließend wurden die Biogas-Rohgasproben auf weitere Schadstoffe untersucht. Neben Schwefelkohlenwasserstoff konnten auch geringste Mengen an Mercaptanen detektiert werden. Weitere Schadstoffe wie Chlor-, Fluor-, Ammonium- und Siloxanverbindungen waren nicht nachweisbar. Um den beim späteren Reformingprozess störenden Schwefelkohlenwasserstoff aus dem Biogas zu entfernen, wurde eine Schwefelkohlenwasserstoff-Falle konstruiert und erprobt. Damit konnte die geforderte Grenzkonzentration von 1 ppmv Schwefelkohlenwasserstoff am Ausgang der Falle durchgehend eingehalten werden.

Durch Screeningtests mit unterschiedlichen Katalysatorformulierungen wurde ein Katalysator gefunden, mit dem synthetisches Biogas durch kombinierte Trocken- und Dampfreformierung ab einer Temperatur von 550 °C bis zum thermodynamischen Gleichgewicht umgesetzt werden kann. Anschließend wurden die charakteristischen Leistungskurven für den kommerziellen SOFC-Stack MK200 mit dem synthetischem Biogasreformat aufgenommen. Ein Langzeitversuch über 1.400 Betriebsstunden ergab keine erkennbare Degradation beim Betrieb mit dem synthetischen Biogasreformat.

Die Prozesssimulationen des Gesamtsystems bildeten die Grundlage für die Systemauslegung und lieferten zunächst die zu erwartende Zusammensetzung des Biogasreformates. Durch verfeinerte Simulationstechniken konnte schließlich das Gesamtsystemverhalten abgebildet und die Wirkungsgrade präzise vorausgesagt werden. Diese Erkenntnisse wurden genutzt, um ein Reformiermodul aus Brenner-Reformer-Einheit, Überhitzer und Verdampfer auszulegen und unter Berücksichtigung der Schnittstellen mit dem Gesamtsystem zu konstruieren. Strömungstechnische Simulationen am Modul ergaben, dass eine homogene Durchmischung der Gase beim Anströmen der Katalysatoren erfolgt. Außerdem konnte in allen untersuchten Betriebspunkten ein Brenngas nahe dem thermodynamischen Gleichgewicht für die entsprechende Reformeraustrittstemperatur erzeugt werden. Schließlich wurde für das Gesamtsystem ein RI-Fließbild entwickelt und Zulieferkomponenten, Messtechnik sowie das Steuerungssystem organisiert und die Steuerungssoftware programmiert.

Das System wurde im Labor aufgebaut und zunächst mit synthetischem Biogas in Betrieb genommen. Dabei wurde eine elektrische Leistung zwischen 900 und 960  $W_{el}$  bei einem Wirkungsgrad zwischen 41 und 51 % erreicht. Außerdem wurde das System auch bei der Nordzucker AG in Uelzen mit realem Biogas betrieben. Dabei wurden die einstellbaren Parameter variiert, um ein mögliches Betriebsfenster festzulegen. Die erzielte Leistung lag hier bei 700 bis 800  $W_{el}$ , bei einem Wirkungsgrad von 40 bis 53 %. Abschließend wurde das System in der CUTEC über 500 h mit synthetischem Biogas bei konstanter elektrischer Leistung von 983  $W_{el}$  und 51 % elektrischem Wirkungsgrad ohne erkennbare Degradation betrieben.

Anhand einer Wirtschaftlichkeitsabschätzung basierend auf dem Erneuerbaren Energiegesetz (Stand 2012) wurde der maximale spezifische Anschaffungspreis für ein 75- $kW_{el}$ -SOFC-System mit etwa 5.000 €/ $kW_{el}$  ermittelt. Der Erlös entspricht hierbei dem eines konventionellen Blockheizkraftwerks, wenn man eine Betriebsdauer von 20 Jahren zugrunde legt.

In diesem Projekt konnte gezeigt werden, dass ein biogasbetriebenes SOFC-System sowohl im stabilen Betrieb an der Biogasanlage in Uelzen als auch im Dauerversuch in der CUTEC mit einem Wirkungsgrad > 50 % betrieben werden kann.

Bearbeitet wurde das Forschungsthema vom 07/09 bis 04/12 vom **CUTEC Institut GmbH, Clausthaler Umwelttechnik Institut GmbH** (Leibnizstr. 21-23, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Tel.: 05323/933-100) unter der Leitung von Prof. Dr. O. Carlowitz (Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. O. Carlowitz) und dem **Zentrum für Brennstoffzellen Technik gGmbH** (Carl-Benz-Str. 201, 47057 Duisburg, Tel.: 0203/7598-4277) unter der Leitung von Dr. Chr. Spitta (Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. A. Heinzel).

[--> TIB](#)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 16126 N der Forschungsvereinigung DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.