

„Entwicklung eines Bioethanol-Dampfreformers zur Erzeugung von Wasserstoff für den Einsatz in einem PEM-Brennstoffzellen-BHKW“

Abstract:

Für den Einsatz von Bioethanol als Brennstoff in einem PEM-Brennstoffzellen-BHKW ist ein kompakter Dampfreformer zur Erzeugung eines wasserstoffreichen Produktgases entwickelt und untersucht worden.

Basierend auf den thermodynamischen Gleichgewichtsberechnungen der Dampfreformierung von Ethanol werden die geeigneten Bereiche der Parameter Druck, Temperatur, S/C-Verhältnis (Dampf/Kohlenstoff-Verhältnis) für die experimentellen Untersuchungen der Reformerkatalysatoren festgelegt. Bei dem Katalysatorscreening werden sieben Katalysatoren bezüglich der qualitativen und quantitativen Produktgasbildung untersucht. Wichtig dabei ist, dass der Katalysator die Bildung von höhersiedenden Komponenten (z.B. Ethen, Acetaldehyd) im Produktgas unterdrückt. Außerdem ist für die Beurteilung eines geeigneten Katalysators die Wasserstoffausbeute entscheidend. Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchung, bei denen sich der Nickelkatalysator hinsichtlich der Selektivität und der Wasserstoffausbeute als geeigneter Katalysator für die Dampfreformierung von Bioethanol gezeigt hat, ist ein Dampfreformer im kleinen Leistungsbereich (bis 4300 W) zur Energieversorgung eines Einfamilienhaushalts entwickelt worden.

Bei der Entwicklung des Dampfreformers werden spezielle Anforderungen an die wärmetechnische Verknüpfung von Reformerbereich und Brennerbereich gestellt. Trotz einer kompakten Brenner/Reformereinheit soll die für die endotherme Reformierreaktion benötigte Wärme durch den Brenner, durch Strahlung und erzwungene Konvektion übertragen werden. Außerdem muss die Prozesswärme zur Verdampfung und Überhitzung des flüssigen Reformereduktstroms vom Brenner bereitgestellt werden. Dabei soll der Brenner sowohl die chemisch gebundene Energie von gasförmigen Brennstoffen (Wasserstoff), als auch von flüssigen Brennstoffen (Ethanol) umsetzen können. Des Weiteren ist gefordert, dass in dem Brenner sowohl das niederkalorische Offgas von der Druckwechseladsorptionsanlage, als auch das Offgas von der Brennstoffzelle vollständig oxidiert werden kann. Um die Wärmeverluste an die Umgebung zu reduzieren, wird der Reformer als Ringspaltreaktor mit zentrisch angeordnetem Porenbrenner konzipiert,

Der Porenbrenner besteht aus einer porösen Si-SiC-Schaumkeramik. Durch die ausgedehnte, dreidimensionale Reaktionszone werden die Temperaturspitzen in der Reaktionszone reduziert, so dass die Bildung von thermischem NO_x reduziert wird. Durch experimentelle Versuche soll der Porenbrenner soweit optimiert werden, dass die Schadstoffemissionen (NO_x , CO) soweit wie möglich reduziert werden und gleichzeitig ein vollständiger Ausbrand der flüssigen und gasförmigen Brennstoffe erreicht wird. Dabei sollen die verschiedenen Arten der Brennstoffzufuhr untersucht werden und die Durchströmungsrichtung in der Schaumkeramik variiert werden. Um eine realistische Temperaturverteilung zu erreichen werden die Brenneruntersuchungen gleichzeitig zu dem Dampfreformierungsbetrieb durchgeführt. Aufgrund mehrerer Temperaturmessstellen im Brennraum und in der Ringspaltzone des Reformers können detaillierte Aussagen über die jeweiligen Wärmeübertragungsmechanismen zwischen dem Brennraum und der Katalysatorschüttung des Dampfreformers gemacht werden.

Bei der Untersuchung der Betriebsparameter Temperatur, Druck und S/C-Verhältnis werden die aus energetischer und exergetischer Sicht optimalen Betriebsverhältnisse des Dampfreformers bestimmt. Basierend auf den Ergebnissen der experimentellen Versuche werden konzeptionelle Verbesserungen des Porenbrenners und des Dampfreformierprozesses von Ethanol aufgezeigt.