

Kopplung von Biomassevergasung mit SOFC-Brennstoffzellensystemen

S.Martini*, M. Kleinhappl*, H. Hofbauer**

*Austrian Bioenergy Centre, Graz

**Institut für Verfahrenstechnik und Technische Biowissenschaft, TU Wien

Kurzfassung

Die Brennstoffzellentechnologie eignet sich aus technologischen und energetischen Gründen vorteilhaft zur Stromerzeugung aus Biomasse. Spezifische Vorzüge ergeben sich aus dem emissionsarmen und sehr effizienten Betrieb. Das Produktgas aus der Wirbelschicht-Dampfvergasung zeichnet sich durch den **hohen** Wasserstoff- und **niedrigen** Stickstoff-Gehalt aus und ist bei Temperaturen von 900°C prädestiniert für die direkte Anwendung in Hochtemperatur-Brennstoffzellen. **Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs)** eignen sich für das wasserstoff-, kohlenmonoxid- und methanhaltige Produktgas. Die hohen Betriebstemperaturen ermöglichen eine vernünftige Nutzung der Abwärme, wodurch der Gesamtnutzungsgrad von Kombi-Kraftwerksprozessen erhöht werden kann.

Das Austrian Bioenergy Centre (ABC) beschäftigt sich mit der Aufbereitung des Produktgases aus einer Biomassevergasung zur Verwertung in einem SOFC-Testreaktor. Es wurde eine halbtechnische Versuchsanlage konzipiert, mit welcher die Aufbereitungstechnologien der Hochtemperaturfiltration und Adsorption-Gasreinigung unter realen Bedingungen untersucht werden können (Kooperation mit TU-Wien). Das aufbereitete Produktgas dient dem Test von Hochtemperaturbrennstoffzellen. Durch die FH Wels wird das Verhalten der SOFC-Brennstoffzelle bei Betrieb mit Produktgas unter Laborbedingungen untersucht.

Ziel des Projektes ist es die Brennstoffzellensystemtechnik und auch die Gasaufbereitung so zu optimieren, dass der Betrieb eines SOFC-Reaktors (15 bis 100 Watt) mit Produktgas untersucht und auch demonstriert werden kann. Verunreinigungen, wie Staub und reaktive chemische Begleitstoffe (S, Cl,..) beeinträchtigen den Betrieb bei Verwendung des Rohgases und müssen entfernt werden. Daraus ergeben sich zwei Hauptaufgaben der Aufbereitungsanlage: die Hochtemperatur-Filtration und die Hochtemperatur-Adsorption. Die systematische Untersuchung liefert die Anforderungen an das Gas (Grenzkonzentrationen, bei denen die Zelle möglichst verlustfrei arbeiten kann) und den Betriebsnachweis der untersuchten Technologien. Durch den praktischen Betrieb wird die reale Einsatzfähigkeit der Systemkopplung Brennstoffzelle mit Produktgas ermittelt.

Einleitung

Durch die Biomassevergasung können erneuerbarer Primärenergieträger in bestehende Energieanlagen effizient eingeführt werden und dabei fossile Brennstoffe substituieren. Zur Umwandlung des gasförmigen Energieträgers in Elektrizität und Wärme können Brennstoffzellensysteme hohe Gesamtnutzungsgrade erbringen. Die Brennstoffzellentechnologien befinden sich derzeit in verschiedenen Entwicklungsstufen. Die **Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs)** eignen sich besonders zur Verwertung des wasserstoff-, kohlenmonoxid- und methanhaltigen Produktgases aus der Biomassevergasungsanlage und bringen Vorteile durch die Beschickung mit Produktgas von 500 bis 850°C mit sich.

Brennstoffzellen - Technologie

Die Brennstoffzellen sind elektrochemische Gasoxidationsreaktoren, welche der Umsetzung von chemischer Reaktionsenthalpie in elektrische Energie dienen. Eine Elektrolytschicht stellt die Verbindung und zugleich membranartige Trennung zwischen der porösen Anode auf der einen und Kathode auf der anderen Seite dar (siehe **Abbildung 1**). Während die Anode vom oxidierbaren Brenngas umspült wird, erhält die Kathode das Oxidationsmittel (Sauerstoff) aus einem Luftstrom angeboten. An porösen Elektroden laufen beiderseits Ionisierungs- und Rekombinationsreaktionen ab, welche neben dem Stromfluß die Weiterleitung der entstandenen Ionen und die Abtrennung der Hauptgasphase vom Elektrolyten bewirken. An der Anode wird der Brennstoff (z.B.: Wasserstoff, Methan, Methanol) katalytisch oxidiert (im Fall von Wasserstoff zum Hydrogen-Ion). Die dabei abgegebenen Elektronen werden aus der Brennstoffzelle abgeleitet und fließen über einen

Verbraucher zur Kathode, während die entstandenen Ionen durch den Elektrolyten zur Kathode transportiert werden. Dort reagiert der Sauerstoff mit dem Hydrogen-Ion zu Wasser. D.h. die Brennstoffzelle ist ein elektrochemischer Reaktor mit einer einseitig durchlässigen Trennmembran im verfahrenstechnischen Sinn. Die Prozesse sind durch Stoffübertragung, Diffusion in Feststoffschichten und ablaufende chemische Reaktionen bzw. heterogene Katalyse in einer Serienschaltung bestimmt.

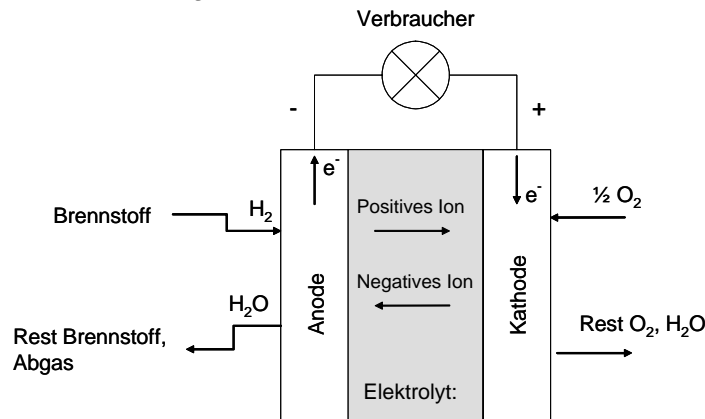


Abbildung 1: Grundsätzliches Funktionsschema einer Brennstoffzelle.

Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

Diese Brennstoffzelle beinhaltet einen keramischen Festkörper als Elektrolyt und erzielt bei Betriebstemperaturen von 800 bis 1.000 °C die besten Ergebnisse. Bei Betriebstemperatur kann Verlustwärme des Zellenstacks unmittelbar für die lokale Reformierung von CH-Verbindungen im Brenngas genutzt werden. Grundsätzlich wird der Wärmehaushalt durch die Temperatur des Brenngases und vor allem durch die Führung des Luftstromes auf der Kathodenseite beeinflusst. Aufgrund der hohen Betriebstemperatur kann die Abwärme auch für Prozessdampfversorgung genutzt werden oder der Einsatz von nachgeschalteter Gasturbinen möglich, um den elektrischen Teilwirkungsgrad zu steigern. In der praktischen Realisierung werden zwei Bauweisen unterschieden: Röhrentyp (=tubular design) und Plattenbauweise (=planar design).

Die SOFC erlaubt eine vollständige Methanreformierung mit Wasserdampf an der Anode bzw. deren aktiver Beschichtung, dies trägt zur lokalen Kühlung des Elektrolyten bei (Wärme von ohmschen Durchleitungsverlusten). CO reagiert auch hier praktisch nicht direkt mit den transportierten O₂-Ionen, sondern wird durch Shiftreaktion mit H₂O zu CO₂ und H₂ umgesetzt, und letzterer wieder elektrochemisch oxidiert. Zur Reformierung muß lokal ausreichend Wasserdampf zur Verfügung stehen, damit eine Crackung mit lokaler Kohlenstoffabscheidung verhindert werden kann.

Kopplung von SOFC-Systemen in KWK-Prozessen

Die Integration der FC in die Gaserzeugung, Gasaufbereitung, Abwärme- und Restgasnutzung ist aus energietechnischen Gründen erforderlich: Prozesssimulationsdaten von [Kaiser, 2002] zeigten, dass solche Systeme elektrische Wirkungsgrade für die PAFC von 28.3 % bzw. die MCFC 34.3 % erreichen (incl. Eigenverbrauch der Anlagen für Pumpen und Verdichter). Da die PAFC für gewöhnliche Gase (ev. incl. Reformierung) bereits weit entwickelt ist und auch kommerziell vertrieben wird, sind hier weitere Effizienzsteigerungen nicht zu erwarten. Aufgrund der Kopplungsbedingungen wurde der SOFC der Vorzug gegeben.

Energetische Analyse

Voruntersuchungen der TU Wien [Pröll, 2003] zeigten mit Prozesssimulationen, dass die Kopplung der Biomassevergasung mit einer Heißgasreinigung und einer atmosphärischen SOFC elektrische Wirkungsgrade von 30 bis 40 % und einen Gesamtnutzungsgrad des Brennstoffes von rund 60 bis 75 % erreichen kann. Dies zeigt den energetischen Vorteil der SOFC bei Kopplung der Biomassevergasung gegenüber anderer FC-technologien.

Zum Vergleich erfolgt eine Gegenüberstellung der SOFC-Systeme mit Gasmotoren bzw. Mikrogasturbine (**Abbildung 2**). Als Bezugsgröße wird der Energieinhalt des Produktgases (wie z.B. des Vergasung-Biomassekraftwerkes Güssing) herangezogen. Es wird von einer Kraftwärmekopplung aus gegangen, die Nutzung der Abwärme in Hochtemperatur- (HT) und Niedertemperatur- (NT) unterschieden, und die Nutzung der Wärme aus der Produktgaskühlung nicht unmittelbar berücksichtigt. Das Ergebnis der energetischen Prozessbewertung mit Bilanzierung wird in Q-T-Diagrammen visualisiert.

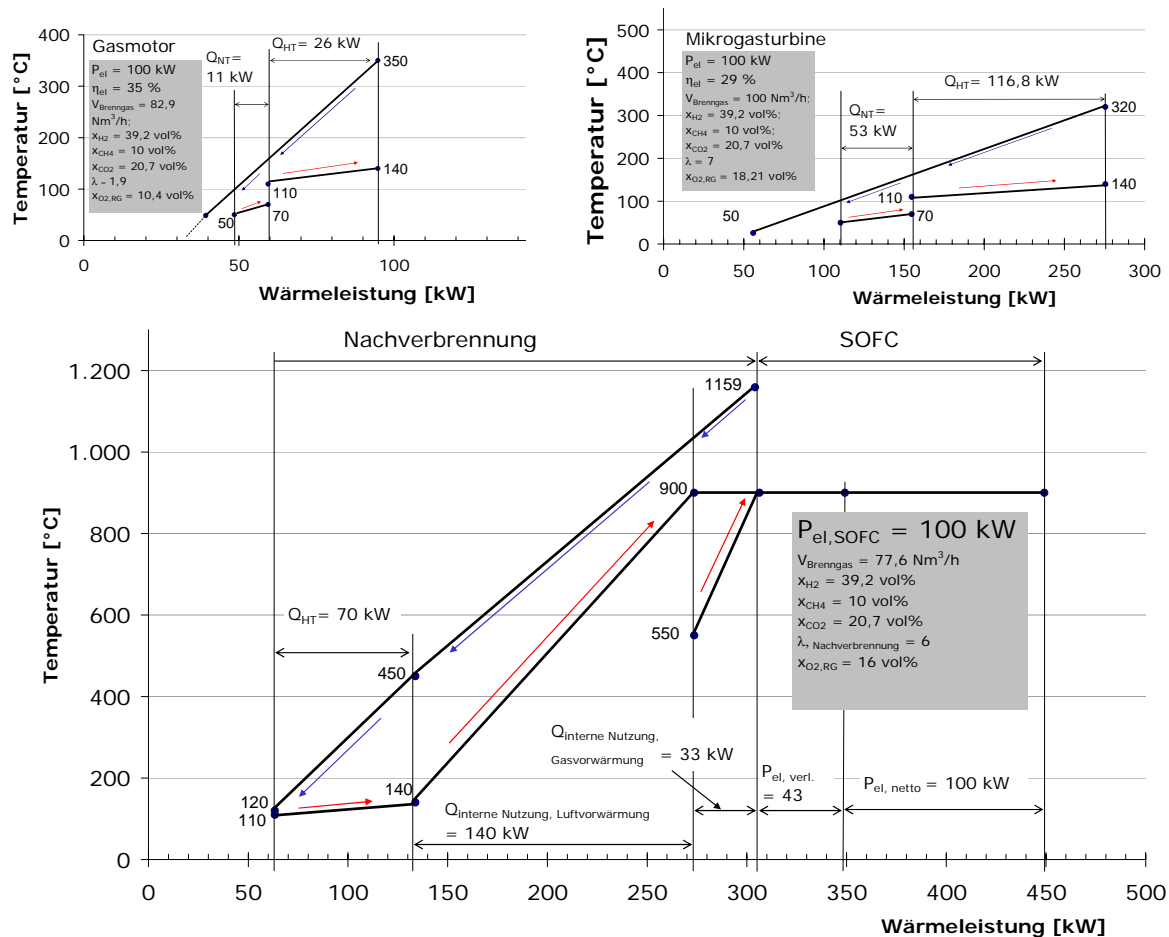


Abbildung 2: Energetischer Vergleich von Gasmotoren, Gasturbinen und SOFC-Brennstoffzellen beim Betrieb mit Produktgasen. Basisdaten siehe [Martini 2008].

Bei der Zuführung einer gleichen Produktgasmenge zeichnet sich der Betrieb der SOFC-Brennstoffzelle durch einen höheren elektrischen Teilwirkungsgrad aus, welcher elektrochemisch-reaktionstechnisch begründet ist und bekannter Weise nicht durch ein thermodynamisches Limit (Carnot) begrenzt ist. Die Nutzung der Abwärme ist durch die günstigere Temperaturlage z.B. aus dem Strom der Kathodenabluft mit Nachverbrennung des Restgases erleichtert. Der zwar energietechnisch aufwändigere Apparateprozess wird durch den Vorteil der Energiewandlung mit einem Reaktor ohne „bewegte Maschinenteile“ im Unterschied zu Kolbenmaschinen und Turbinen charakterisiert.

Beschreibung der Versuchsanlage

Aus der Vergasungsanlage des Biomassekraftwerkes Güssing wird heisses Produktgas entnommen, mit einer halbertechnischen Versuchsanlage aufbereitet und der Brennstoffzellentesteinheit zugeführt (**Abbildung 3**). Das rohe Produktgas besteht aus ca. 35% H_2O , 25% H_2 , 17% CO , 13% CO_2 , 7% CH_4 , 2% C_2H_2 , Rest N_2 und Verunreinigungen. Durch eine beheizte Gaszuleitung (20 m Länge) wird dieses Gas der Aufbereitung zugeführt. Zur Einstellung dient eine beheizte Membranpumpe (250°C), wobei 5 Nm^3/h gefördert werden können. Ein Hochtemperatur-Kerzenfilter trennt Staub ab und durch eine Adsorbereinheit werden chemisch reaktive Verunreinigungen an Feststoff-Adsorbentien gebunden (besonders

Schwefelkomponenten). Für den SOFC-Testreaktor werden 10 bis 20 % der Menge weitergegeben, der Rest in die Anlage zurückgeführt (**Abbildung 3**).

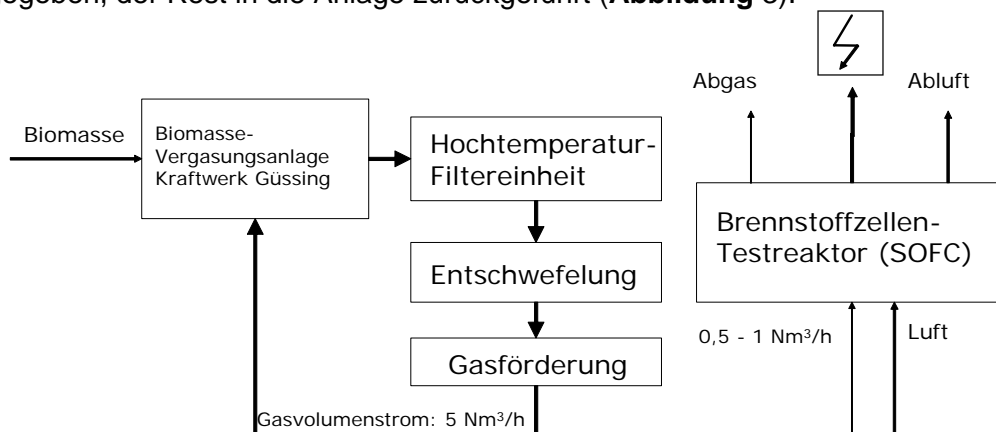


Abbildung 3: Schema der Versuchsanlage zur Untersuchung des SOFC-Betriebsverhaltens mit Produktgas der Vergasungsanlage in Güssing [**Martini, 2007**].

Hochtemperatur-Filtration

Die Staubabscheidung erfolgt in zwei parallelen Einheiten, welche während des Betriebes bei 400 bis 600 °C gereinigt werden können. Die Filterkerzen bestehen aus metallischen Endlos-Wirr-Fasern mit Durchmessern von 10 bis 30 µm (**Abbildung 4**). Der Staub aus Aschepartikeln, Agglomeraten (Russ), nicht vollständig umgesetztem Brennstoff (Holzkohlestücke) und kondensierten anorganischen Verbindungen wird aus dem reduzierend wirkenden Produktgas abgetrennt.

Eine Kondensation von organischen Verbindungen wurde nicht festgestellt.



Abbildung 4: Hochtemperatur-Filterkerze, Membran aus metallischen Endlos-Wirr-Fasern. Fa GST-Systeme .

Hochtemperatur-Entschwefelung

Die Adsorbereinheit beinhaltet schüttgutartige Adsorbentien, wie z.B.: Zinkoxid, welche der reaktiven Bindung von schwefelhaltigen Komponenten (H_2S , COS, Mercaptane und Thiophene) dienen. Bei einer Versuchsdauer von 750 Stunden wird ein Adsorbensvolumen von 4,6 l benötigt. In die Adsorptionskolonne (Dm 100 mm) kann eine zweite Adsorbens- oder auch Katalysatorschicht eingebracht werden. Messmöglichkeiten (t, Δp), sowie Gasentnahmen sind vorgesehen. Durch die Begleitheizung kann die Temperatur schichtenweise bzw. in zwei getrennten Heizzonen eingestellt werden.

Die Versuchsanlage kann halbautomatisch ohne weitere Bedienung betrieben werden und ist mit Regel- und Sicherheitseinrichtungen ausgestattet. Messmöglichkeiten zur Erfassung aller relevanten Prozessparameter sind vorhanden und mit einer Datenerfassung verbunden. Der Testaufbau wurde multifunktional ausgeführt, sodass die Betriebsparameter frei einstellbar sind. Der Aufbau und die technische Ausstattung hat sich im bisherigen Betrieb bewährt. Mit dem standardisierten Probenahme-Equipment des ABC können die relevanten Qualitätsfaktoren des Roh- und Reingases gemessen werden [**Roschitz, 2007**]. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf den schwefelhaltigen Verbindungen (H_2S , COS, Mercaptane, organische Verbindungen), welche das Brennstoffzellenverhalten wesentlich beeinflussen. Eine weitere Herausforderung ist die Detektion von schwefel- und chlorhaltigen Verbindungen bei niedrigsten Konzentrationen. Ein spezielles Verfahren zur Bestimmung von Spuren in Reingasen wurde entwickelt [**Koller, 2008**].



Abbildung 5: Versuchsanlage (grau markiert) vor Biomasse-Kraftwerk in Güssing, Österreich.



Abbildung 6: Ansicht der Versuchsanlage.

Brennstoffzellen-Testreaktor

Nach der Aufbereitung werden $0,5 - 1 \text{ Nm}^3/\text{h}$ (10-20 %) des gereinigten Produktgases abgezweigt und über einen einstellbaren Gaserhitzer und eine Durchflussmessstrecke in den Testreaktor (**Abbildung 7**) geleitet. Es kann bei frei einstellbaren Betriebsbedingungen das Betriebsverhalten der SOFC-Einheit (Beständigkeit gegenüber Verunreinigungen, Leistung, Degradation, Langzeitverhalten, interne Reformierung) untersucht werden. Eine kompakte Bauweise des wärmeisolierten Gehäuses mit Gas- und Lufterhitzer wurde gewählt, um die Wärmeverluste gering zu halten.

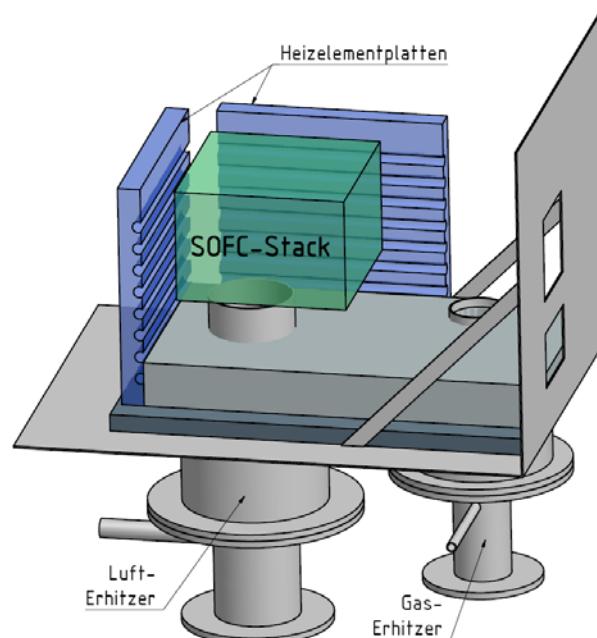


Abbildung 7: 3D-Ansicht des SOFC-Teststandes mit integrierten Gas- und Lufterhitzern, sowie der Strahlungs-Heizelementen.

Heizelemente ermöglichen eine freie Einstellung der Testbedingungen. Der Gaserhitzer ist direkt mit dem SOFC-Stack verbunden. Messeinrichtungen für Temperaturen, Spannung und Strom sind angebracht. Die technische Ausführung ermöglicht sehr flexible Testbedingungen und die Prüfung unterschiedlicher Zellgenerationen sowie geometrischer Ausführungen.

Ergebnisse Hochtemperaturfiltration

Der Hochtemperaturfilter zeigte ein geeignetes Betriebsverhalten. Es erfolgt eine automatische Abreinigung (Stickstoffpuls) ca. alle 20 min, wobei der Druckverlust nach jeder Abreinigung annähernd den Ausgangswert erreicht, was auf eine funktionierende Abreinigung schließen lässt. Langzeitversuche mit Messungen von Roh- und Reingas, sowie die Kontrolle des Sicherheitsfilters laufen derzeit. Die Staubabscheidung ist ein komplexer Vorgang, bei dem die Art und die Struktur des entstehenden Filterkuchens eine wichtige Rolle spielt. Die angeführten Bestandteile beeinflussen den Anlagerungsvorgang. Obwohl die Oberfläche des Kuchens kompakt ist ermöglichen Poren die Durchströmung. Offenporige Filterkuchen senken die lokalen Geschwindigkeiten, den Druckverlust und vermeiden damit den Durchriss von Feinstpartikeln. Die **Abbildung 8** zeigt den zeitlichen Verlauf des Differenzdruckes. Die Abreinigung wird bei einem Differenzdruck von 20 mbar durch einen Differenzdruckschalter automatisch ausgelöst, der N₂-Vordruck (Windkesseldruck) ist auf 1 bar ü eingestellt. Die Gas-Temperatur im Filtergehäuse beträgt 460 °C bei einem Durchfluss von 6 bis 6,5 Bm³/h.

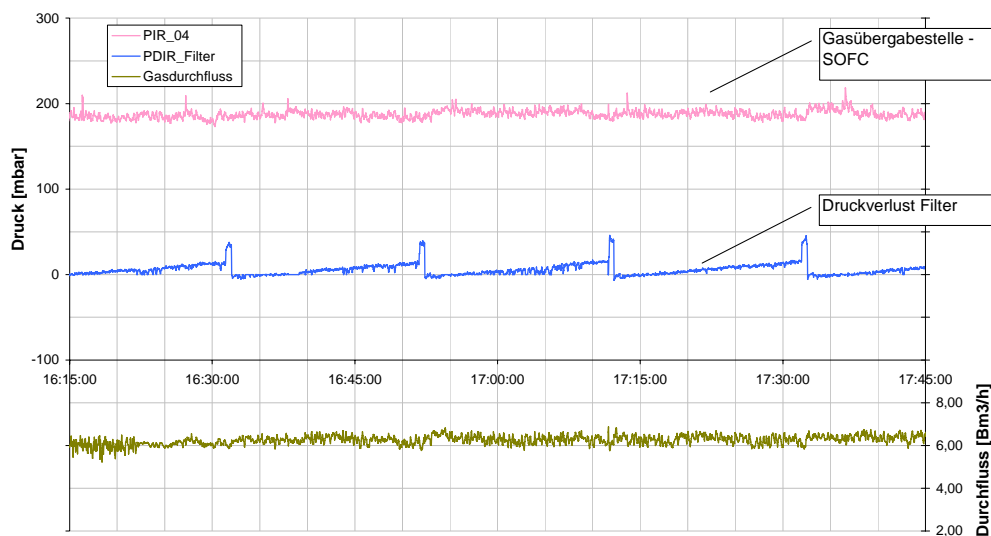


Abbildung 8: Differenzdruckverlauf Filter – Abreinigungszyklus (Beispiel).

Durch spezielle Entnahmen wird das Prozessgas vor und nach den Filtereinheiten durch Sonden entnommen und auf einen beheizten Plan-, bzw. Hülsenfilter geleitet. Die Entnahmetemperatur beträgt 450 bis 500°C, die des Messfiltergehäuses 190°C (geregelt). Das Rohgas beinhaltet einen Staubgehalt von 11 bis 25 g/Nm³, welcher nach dem Filter auf 0,5 bis 5 mg/Nm³ reduziert ist. Der ausreichende Filtereffekt einschließlich der Abreinigung ist damit dargestellt.

Hochtemperatur-Entschwefelung

Um einen stabilen Betrieb der SOFC zu gewährleisten, müssen Verunreinigungen, insbesondere Schwefelverbindungen (150 – 200 ppm_v) aus dem Produktgasstrom abgetrennt werden. Verschiedene Voruntersuchungen zeigten, dass ein Dauer-Betrieb (48h) mit realen Produktgasmischungen unter Laborbedingungen möglich ist. Auftretende Leistungs-schwankungen waren eher auf Kontaktprobleme der eingesetzten frühen Zellgeneration zurück zu führen [**Buchinger, 2004**]. Dazu wurden mehrere Tests mit Prüfgas (100 ppm_v H₂S in H₂) durchgeführt. Die eingesetzten Brennstoffzellen zeigten eine hohe Resistenz gegenüber H₂S im 48h-Dauer-Betrieb.

Üblicherweise werden Konzentrationen kleiner 10 ppm_v H₂S mitgeteilt, um die Zelleistung nicht wesentlich zu verringern [**Elangovan, 1998**]. Kritisch erwies sich der Schwefelgehalt allerdings bei Aufheiz- und Abkühlphasen zu Beginn und Ende der Versuche, z.B. unter 800°C. Hier konnte ein deutlicher Leistungseinbruch festgestellt werden, sodass für die Kombination der SOFC mit Produktgas ein möglichst geringer Schwefelgehalt angestrebt

werden muss und auch spezielle Fahrweisen für den Start und das Abstellen sinnvoll sind. Weiters ist zu beachten, dass es nach einer Optimierung der Zellperformance der nächsten Generation relativ gesehen zu einer größeren Beeinflussung durch Verunreinigungen kommen kann. Durch die Fa. Alpps werden laufend Entwicklungsarbeiten durchgeführt, was zu einer wesentlichen Steigerung der Verfügbarkeit und Verbesserung der Leistungskennlinien geführt hat.

Im Rahmen von Untersuchungen an der TU Wien wurden drei verschiedene Adsorbentien (RVS-1®, TCH-2®, PURASPEC 2010®) zur Abtrennung von H₂S bei hohen Temperaturen unter Laborbedingungen analysiert [**Grausam, 2005**]. Dabei wurde wie erwartet bei allen eingesetzten Adsorbentien eine Verschlechterung des Adsorptionsverhaltens bei steigender Temperatur festgestellt. Die besten Ergebnisse erzielte PURASPEC 2010®, dabei wurden bei einer Temperatur von 500 °C H₂S-Konzentrationen unter 1,5 ppm_v im Reingas gemessen. Auch bei einer Temperatur von 550 °C wurden noch Endkonzentrationen von unter 4 ppm_v erreicht [**Kirnbauer, 2005**].

Für detaillierte Aussagen über das Langzeitverhalten der Adsorbentien (Zink-Verdampfung, Masseverlust, Verschmutzung, Regeneration) sind weitere Untersuchungen unter realen Bedingungen geplant.

Zusammenfassung

Zur Nutzung von Produktgas der Biomassevergasung erweist sich die SOFC aufgrund der hohen Betriebstemperaturen und der Anforderungen an das Brenngas als geeignete Technologie. Gute Resultate bezüglich der Effizienz und Nützung der Abwärme sind zu erwarten.

Das laufende Projekt untersucht das Betriebsverhalten von Brennstoffzellen-Systemen unter realen Bedingungen, sowie die gewählten Aufbereitungsmethoden des Produktgases. ABC hat eine Versuchsanlage konzipiert und am Gelände des Biomasse-Kraftwerks Güssing errichtet. Funktionstests der beheizten Gaszuleitung (20 Meter, 500 bis 600 °C) und der Filtereinheit (500 °C mit Abreinigung) zeigten bei realem Produktgas sehr gute Ergebnisse. Z.B. dokumentieren Kontrollmessungen der Staubbelastungen im Roh- und Reingas einen guten Betrieb der Heißgasfiltration.

Voruntersuchungen von Adsorbentien (Metalloxide) haben bei mit synthetischen Gasmischungen unter Laborbedingungen das Anwendungsprogramm für die laufenden Feldtests definiert. Voruntersuchungen der Betriebsweisen von SOFC- Einzelzellen mit Produktgasmischungen wurden unter Laborbedingungen durchgeführt, ebenso wurde das Zellverhalten auf H₂S-Konzentrationen von 100 ppm_v analysiert.

Methoden zur begleitenden Charakterisierung des Produktgases (Spurenstoffe) wurden spezifisch entwickelt.

Weiterführende Arbeiten im Rahmen laufender Vorhaben:

- Untersuchungen über das Verhalten von Brennstoffzellen-Stacks (Betriebsstunden, Degradation, zulässige Konzentrationen, Leistung) im Betrieb mit Produktgas
- Langzeitversuche zur Hochtemperatur- Staub- und Partikel- Abtrennung (Filtermaterialien)
- Versuchsserien mit unterschiedlichen Adsorbentien zur Abtrennung von H₂S aus dem realen Produktgas
- Optimierung der Prozess-Steuerungs-Strategie für den Betrieb von SOFC-Stacks mit Produktgas
- Einbindung der erhaltenen Daten in vorhandene Prozess-Simulationen zur Integration von SOFC-Systemen in den Kraftwerksprozess
- Entwicklung eines Konzepts zur direkten Anwendung von SOFC-Systemen in KWK-Prozessen (100 W; 1.000 W und 10.000 W Konzeptweg)

Kontakt: DI Stefan Martini AUSTRIAN BIOENERGY CENTRE GmbH, AREA GASIFICATION, Inffeldgasse 21b; A-8010 GRAZ, AUSTRIA, stefan.martini@abc-energy.at, Tel: ++43 (0)316 873 9211, FAX: ++43 (0)316 873 9202

Literaturverzeichnis und Danksagung

- [Buchinger, 2004] G. Buchinger, A. Grausam, *Vorversuche – Verwendung Biomasse Produktgas in SOFCs*, Projektbericht, FH Wels, Austrian Bioenergie Centre, Area II Gasification, Graz (2004)
- [Elangovan, 1998] S. Elangovan, J. Hartvigsen, A. Khandkar, R.M. Privette, K.E. Kneidl, M.A. Perna, D.R. Rowley; *Planar solid oxide fuel cell integrated system technology development*, Journal of Power Sources (1998)
- [Grausam, 2005] A. Grausam, *Kopplung von SOFC mit Biomassevergasung, Einzeltests und Gasanalytik in Güssing*, Projektbericht, Austrian Bioenergie Centre, Area II Gasification, Graz (2005)
- [Kirnbauer, 2005] F. Kirnbauer, *Experimental investigations of different high temperature desulfurization sorbents to couple a Solid Oxide Fuel Cell with a biomass gasifier*, Diplomarbeit, Technische Universität Wien (2005)
- [Koller, 2008] M. Koller, *Verfahrensaufbau zur Bestimmung von organischen Halogen- und Schwefelspuren in Prozessgasen*, Diplomarbeit, Technische Universität Wien, Austrian Bioenergie Centre, Area II Gasification, Graz (2008)
- [Martini, 2008] S. Martini, *Bewertung von KWK-Prozessen*, interner technischer Bericht, Austrian Bioenergie Centre, Area II Gasification (2008)
- [Pröll, 2003] T. Pröll, *Utilization of producer gas in high temperature fuel cells*, Projektbericht, Austrian Bioenergie Centre, Area II Gasification, Graz (2003)
- [Roschitz, 2007] C. Roschitz, M. Rumpl, M. Kleinhapfl, H. Hofbauer, *Development and application of a portable sampling device for different fuel gases*, 15th European Biomass conference, Berlin (2007)

Danksagungen

Das Projekt wird zu 60% von öffentlicher Seite im Rahmen des K-Plus Programmes gefördert vom Land Steiermark bzw. Land Niederösterreich, der Stadt Graz, sowie der FFG.

Die Wissenschaftliche Betreuung wird von Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Hermann Hofbauer, Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik TU- Wien, Österreich und Univ.Prof. Dipl.-Chem. Dr. Dieter Meissner, FH Wels; ECO ENERGY; Österreich durchgeführt.

Diese Projektarbeit wurde zusammen mit den Projektpartnern:

- Repotec – Renewable Power Technologies Umwelttechnik Ges.m.b.H
- Alpps Fuel Cell Systems Ges.m.b.H
- Biomasse Kraftwerk Güssing Ges.m.b.H und Co KG
- GST-Systeme GmbH.

abgewickelt, wofür wir für Zusammenarbeit und Unterstützung ausdrücklich danken wollen.

Die Autoren danken zudem für die Durchführung der interdisziplinären Arbeiten, sowie den Mitarbeitern T. Pröll, A. Grausam, F. Kirnbauer, G. Buchinger, M. Koller.