

# FESTOXIDBRENNSTOFFZELLEN ALS ZUKUNFTSTRÄCHTIGE, UMWELTFREUNDLICHE UND DEZENTRALE ENERGIETECHNOLOGIE FÜR DIE EMISSIONSREDUKTION UND EFFIZIENZSTEIGERUNG

Vanja SUBOTIĆ<sup>1</sup>, Christoph SCHLUCKNER<sup>1</sup>, Hartmuth SCHRÖTTNER<sup>2</sup>,  
Christoph HOCHENAUER<sup>1</sup>

## Hintergrund

Der Großteil der elektrischen und thermischen Energien, die einen unvermeidbaren Teil unseres Lebens darstellen, wird durch fossile Energieträger erzeugt. Die Ausbeutung dieser Energiequellen zur Energieerzeugung verursacht aber den anthropogenen Treibhauseffekt und trägt daher zum Klimawandel bei. Seit Beginn der industriellen Revolution stieg die Konzentration von primären Treibhausgasen wie CO<sub>2</sub> um 30%, CH<sub>4</sub> um 143% und N<sub>2</sub>O um 14% [1]. Ein bestimmter Anteil des stetig steigenden Energiebedarfs könnte auch auf eine umweltfreundlichere Weise durch die Verwendung von erneuerbaren Energien sichergestellt werden. Die Integration von volatilen erneuerbaren Energiequellen in das Energiesystem erfordert aber entsprechende Energiespeichersysteme. Der Weg von der Primärenergiequelle bis zur Endenergie ist auch für diesen Fall durch eine Reihe von verschiedenen Verlusten im Zuge der Energieumwandlung behaftet, die im Endeffekt zu einer starken Reduktion der Gesamteffizienz führen. Die Energieversorgung, mit dem Ziel den Primärenergieverbrauch sowie die Umweltbelastung zu reduzieren, erfordert jedoch neue innovative Wege der umweltfreundlichen und hocheffizienten Energieerzeugung.

Hochtemperatur-Brennstoffzellen, sogenannte Festoxidbrennstoffzellen (engl. „Solid Oxide Fuel Cells“, SOFCs), stellen eine vielversprechende Technologie zur dezentralen Deckung der Grundlast in Form von Mikro-KWKs, oder für die mobile Anwendung als Hilfsantriebssystem in der Fahrzeugindustrie dar. Sie ermöglichen eine direkte Umwandlung von chemischer Energie aus gasförmigem Brennstoff in elektrische Energie ohne zusätzliche verlustbehaftete Schritte und sichern daher auch im Teillast-Bereich eine stabile Energieversorgung mit hohem Wirkungsgrad. Der Wirkungsgrad ist für Brennstoffzellensysteme unabhängig von der Anlagengröße, da diese Systeme nicht Carnot-beschränkt sind. Konventionelle Kraft-Wärme-Prozesse erfordern hingegen jedoch mehrere verlustbehaftete Schritte wodurch der Gesamtwirkungsgrad zur Gewinnung von elektrischer Energie beschränkt wird. Zusätzlich bieten SOFCs ebenfalls große Flexibilität im Bereich des zu verwendenden Brennstoffs. Werden sie mit fossilen Brennstoffen betrieben weisen sie eine höhere Effizienz als konventionelle Systeme (zum Beispiel Verbrennungskraftmaschinen oder Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen) auf, wodurch die Emissionen von Treibhausgasen sowie von Stickoxiden reduziert werden. Bei direktem Betrieb mit Wasserstoff, welcher umweltfreundlich aus erneuerbaren Energien gewonnen werden kann, entstehen keinerlei Belastungen für die Umwelt. [2-4]

## Methodik

Eine SOFC-Zelle besteht aus zwei Elektroden – Anode und Kathode – und einem keramischen Festelektrolyt. Auf der Luft- oder Kathodenseite werden Sauerstoffmoleküle mittels Elektronen zu O<sub>2</sub>-Ionen reduziert, die weiter durch den für diese Ionen durchlässigen Elektrolyt, zur Brennstoffelektrode oder Anode transportiert werden. Abbildung 1 zeigt die REM (Rasterelektronmikroskopie) – Aufnahme einer Festoxidbrennstoffzelle. Die Betriebstemperatur dieser Zellenart liegt zwischen 600°C und 1000°C. Aufgrund der thermodynamischen Grenzen erreicht eine Brennstoffzelle eine maximale Leerlaufspannung von ungefähr 1,23 V; bei der charakteristischen Betriebsspannung von 0,7 V können Ströme von bis ca. 80 A erzielt werden.

<sup>1</sup> Technische Universität Graz, Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25b, 8010 Graz, Tel.: +43 316 873-7319, Fax: +43 316 873-7305, [vanja.subotic@tugraz.at](mailto:vanja.subotic@tugraz.at), [www.iwt.tugraz.at](http://www.iwt.tugraz.at)

<sup>2</sup> Technische Universität Graz, Institut für Elektronenmikroskopie und Nanoanalytik, Steyrergasse 17, 8010 Graz, Tel.: +43 316 873-8320, Fax: +43 316 811 596, [office@felmi-zfe.at](mailto:office@felmi-zfe.at), [www.felmi-zfe.at](http://www.felmi-zfe.at)

So zeichnen sich Festoxidbrennstoffzellen durch sehr hohe Leistungsdichten aus. Um für technische Anwendungen ausreichend hohe Spannungen zu erzielen werden mehrere Einzelzellen in Stapeln oder sogenannten Stacks zusammengeschaltet.

Um genaue Aussagen über die Zelleigenschaften und ablaufenden Prozessen machen zu können, werden Einzelzellen in speziell dafür ausgelegten Versuchsständen untersucht. Am Institut für Wärmetechnik werden sowohl Einzelzellen verschiedener Typen – elektrolytgestützte, anodengestützte oder metallgestützte Zellen – als auch Stacks analysiert. Zum Zweck der detaillierten Charakterisierung werden verschiedene Methoden, wie Messung von Polarisationskurven, elektrochemische Impedanzspektroskopie, Temperatur-, Druck- und Feuchte-messung, Gas- sowie Post-Mortem REM- und EDX-Analysen eingesetzt.

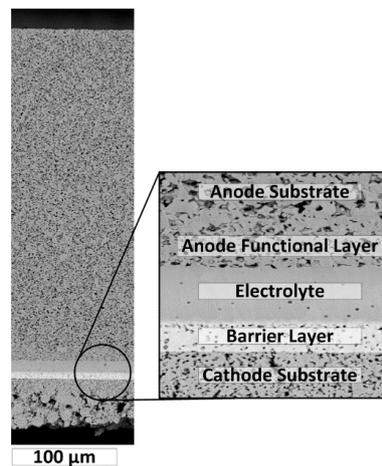


Abbildung 1: REM-Aufnahme einer Festoxidbrennstoffzelle [4].

## Ausblick und Schlussfolgerungen

Der vorliegende Beitrag wird die Effizienz der attraktiven umweltfreundlichen Brennstoffzellentechnologie aufzeigen und sie mit anderen konventionellen und neuartigen Energiegewinnungsmethoden vergleichen. Für einen optimalen Betrieb von Festoxidbrennstoffzellen müssen jedoch noch einige Probleme überwunden und erforscht werden, welche verhindern, dass SOFC heutzutage zum Stand der Technik zählen.

Im finalen Beitrag wird näher auf diese Probleme, begleitet mit praxiserprobten Lösungsvorschlägen, eingegangen werden. Es wird ebenso gezeigt wie die Reduzierung der Kapitalkosten der innovativen SOFC-basierte Energiesysteme erzielt werden kann, um diese Technologie effektiv im Wettbewerb mit anderen Technologien der Energieerzeugung zu bringen.

## Danksagung

Die Autoren möchten der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG danken, die die Forschung im Bereich SOFC großzügig in zahlreichen nationalen und internationalen Projekten fördert.

## Literatur

- [1] R.O'Hayre, S.-W. Cha, W. Colella, F.B. Prinz (2009), Fuel Cell Fundamentals, John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Subotić, V.; Schluckner, C.; Hochenauer, C.: Festoxidbrennstoffzelle - eine vielversprechende Zukunftstechnologie. - in: TU Graz research (2014) 2, S. 27 - 29
- [3] Subotić, V.; Schluckner, C.; Hochenauer, C.: An experimental and numerical study of performance of large planar ESC-SOFCs and experimental investigation of carbon depositions. - in: Journal of the Energy Institute (2015)
- [4] Subotić, V.; Schluckner, C.; Schroettner, H.; Hochenauer, C.: Analysis of possibilities for carbon removal from porous anode of solid oxide fuel cells after different failure modes. - in: Journal of power sources 302 (2016), S. 378-386