

## FC-Dynamics – Schlussbericht

- Abgasanalyse • Alterungsverhalten • Betriebsparameter • Brennstoffzellenantrieb • Brennstoffzellenfahrzeug
- Brennstoffzellenstapel • Brennstoffzuführvorrichtung • chemischer Abbau • CO<sub>2</sub> • Druckabfall • dynamisches Verhalten • Experiment • Forschungsbericht • Katalysator • Kohlenstoff • Korrosionsmechanismus
- Lastwechsel (Lastspiel) • Lebensdaueranalyse • Leistungsdichte • Messmethode • Millisekundenbereich
- Modellbildung • Neutronenradiographie • numerische Strömungssimulation • Polymerelektrolytmembranbrennstoffzelle • Prüfstand • Reaktionspartner • Stromdichte • Strömungsfeld • Zykluszeit

### Abstract

Die Lebensdauern von Polymerelektrolyt-Membranbrennstoffzellen (PEFC)-Stacks in hochdynamischen Anwendungen wie dem automotiv Bereich sind wesentlich geringer als die Lebensdauern vergleichbarer Stacks im stationären Betrieb oder in Anwendungen mit moderater Dynamik und eine der entscheidenden Barrieren auf dem Weg zur Kommerzialisierung.

Ziel des Projektes FC-(Fuel Cell) Dynamics war die experimentelle und modellierende Identifizierung der Bedingungen, die für die deutlich schnellere Alterung der Zellen im hochdynamischen Betrieb verantwortlich sind.

Das Projekt wurde in folgende vier Arbeitspakete (AP1 bis AP4) gegliedert, die von November 2009 bis März 2012 umgesetzt wurden: (AP1) Evaluierung und Festlegung von Betriebsparametern, Messmethoden und Messmitteln, Entwicklung und Bau eines geeigneten hochdynamischen Teststandes. (AP2) Hochdynamische experimentelle Untersuchung von Lastsprüngen und Start-Stopp-Vorgängen an Kleinstacks. Untersuchung ausgewählter Betriebszustände mit Neutronenradiographie. (AP3) Unterstützung und Ergänzung der experimentellen Untersuchungen mit CFD-(Computer Fluid Dynamics) Modellierungen. (AP4) Zusammenführung der Ergebnisse aus AP2 und AP3; Definition einer optimalen Betriebsstrategie für den hochdynamischen Betrieb; Verifizierung der Betriebsstrategie an einem Großstack.

Unter dynamischen Betriebsbedingungen von Brennstoffzellen ist die Zufuhr der Reaktanden zum Katalysator sowohl anoden- als auch kathodenseitig nicht immer vollständig gewährleistet. Gerade bei Start-Stopp-Zyklen und schnellen Lastwechseln oder durch die Kondensation von Wasser können sich Bereiche der Unterversorgung ausbilden, die eng mit Degradationsvorgängen wie der chemischen oder elektrochemischen Kohlenstoffkorrosion verknüpft sind und dadurch maßgeblich die Lebensdauer der Zellen beeinflussen. Der Teststand wurde für hochdynamische Messungen konzipiert, die Zykluszeit der Datenerfassung, der Teststandsensoren und der Steuerung der Aktoren liegt bei etwa 3 ms. In die



getesteten Stacks wurde eine Platine eingebaut, mit der Stromdichte und Temperatur orts aufgelöst gemessen werden können. Um durch Unterversorgungszustände verursachte Alterungseffekte nachzuweisen, wurde ein NDIR-Messgerät (NDIR; nichtdispersives Infrarot) am Anoden- bzw. Kathodenausgang des Teststandes angeschlossen. Mit dem NDIR können die CO<sub>2</sub>- und die H<sub>2</sub>-Konzentration der Abgase gemessen werden. Bei Zufuhr von CO<sub>2</sub> freier Luft (synthetische Luft) auf der Kathode ist die gemessene CO<sub>2</sub>-Konzentration ein Maß für die Kohlenstoffkorrosion in der Zelle. Bei den Lastsprungmessungen weisen große Bereiche der aktiven Fläche, vor allem in der Mitte und nahe den Gasausgängen deutlich niedrigere Stromdichten als zu Beginn der Messungen. Innerhalb dieser Bereiche findet bei hoher Dynamik die größte Unterversorgung und somit die größte Alterung statt. Die NDIR Diagramme zeigen den durch die Unterversorgung verursachten Abfall des H<sub>2</sub>- und den Anstieg des CO<sub>2</sub>-Anteils im Abgas. Bei einer um 4 s verzögerten Medienanpassung ist ein deutlicher Peak im CO<sub>2</sub>-Anteil zu sehen, d.h. hier wird massiv Kohlenstoff oxidiert.

In den AP2 und AP3 wurden folgende drei verschiedene Flowfield-(FF)-Designs untersucht: (1) Parallel-FF mit kurzen Kanälen, großem Gasvolumen und geringem Druckabfall, (2) Pföstchen-FF mit kurzen Kanälen, mittlerem Gasvolumen und geringem Druckabfall und (3) Mäander-FF mit langen Kanälen, geringem Gasvolumen und hohem Druckabfall. Anwendungen mit hoher Leistungsdichte und schnellen Lastwechseln benötigen eine optimierte Betriebsstrategie, um Unterversorgungszustände und damit Degradationsreaktionen zu minimieren. Optimierte Betriebsstrategie bedeutet, dass die Ströme der Reaktionsgase bereits vor einem Lastsprung an die höhere elektrische Stromdichte angepasst werden müssen. Die mindestens nötige Vorlaufzeit, die nötig ist damit nach dem Sprung keine unterversorgten Bereiche entstehen, ist für Anode und Kathode verschieden und hängt ab von der elektrischen Stromdichte nach dem Lastsprung, dem Gasvolumen im Flowfield, dem Betriebsdruck und von Betriebsbedingungen wie Umsatz und Taupunkt der Reaktanden.

### **Autoren und Institution**

Enz, Simon; Klages, Merle; Schlumberg, Günther; Scholta, Joachim;  
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart, DE

### **Link zum vollständigen Abschlussbericht**

<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb14/789984024.pdf>

### **Förderkennzeichen**

03BV111



<b>Partner</b>	<b>Laufzeitbeginn</b>	<b>Laufzeitende</b>	<b>Projektbudget</b>	<b>Fördersumme</b>
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)	01.10.2009	31.03.2012	851.128 €	851.128 €
<b>Gesamt</b>			<b>851.128 €</b>	<b>851.128 €</b>



Dieser Steckbrief wurde mit Unterstützung der WTI-Frankfurt eG nach wissenschaftlichen Richtlinien zur Dokumentation von Fachinformationen erstellt.