FC-DIAMOND

PEM Fuel Cell Degradation Analysis and Minimization Methodology Based on Joint Experimental and Simulation Techniques

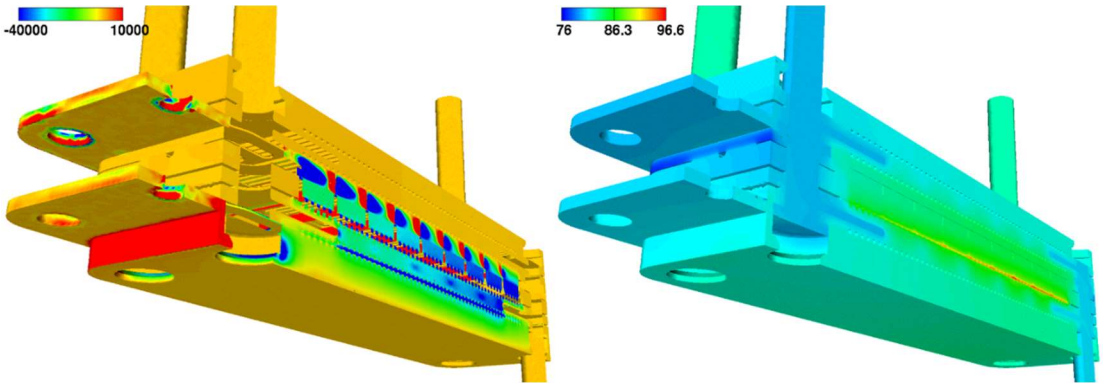
Ein Projekt finanziert im Rahmen der 5. Ausschreibung
des Programms **Mobilität der Zukunft**
Fahrzeugtechnologien

Elektrofahrzeuge mit PEM-Brennstoffzellen sind hocheffizient und verbrauchsarm und verursachen zudem im Betrieb mit H_2 keinerlei Emissionen. H_2 als Kraftstoff kann mittels Wasserelektrolyse aus regenerativ erzeugtem Strom ebenfalls emissionsfrei erzeugt werden. Die Kosten zur Herstellung der in den Fahrzeugen verbauten Brennstoffzellen-Systeme sind aber nach wie vor sehr hoch und können durch den geringen Skalierungseffekt der ersten Serienproduktionen noch nicht ausreichend gesenkt werden. Auch stellen die Materialkosten wie beispielsweise das Platin in der Katalysatorschicht sowie die protonenleitenden Membranen einen wesentlichen Kostenfaktor dar.
Eine Reduktion des Platingehaltes hat jedoch eine direkte Auswirkung auf die Aktivität der Katalysatorschicht und somit auf die Leistungsfähigkeit von Kathode und gesamter Brennstoffzelle. Des Weiteren hat eine Reduktion des Platingehalts auch deutlich negative Auswirkungen auf das Alterungsverhalten der Zelle. Ein besseres Verständnis der grundlegenden Mechanismen, die zur Zellalterung (Degradation) führen, ist somit eine wesentliche Grundvoraussetzung für die zukünftige Entwicklung von effizienten, alterungsresistenten und trotzdem kostengünstigen PEM-Brennstoffzellen.

Gegenstand des Projekts FC-DIAMOND war die Untersuchung und Quantifizierung von Alterungsprozessen der Membran-Elektroden-Einheit von PEM-Brennstoffzellen auf Basis einer kombinierten experimentellen / simulationsgestützten Analysemethodik. Dazu wurden unter Verwendung von Laborzellen mit idealisiertem Strömungsfeld beschleunigte Alterungsuntersuchungen durchgeführt. Basierend auf den gewonnenen experimentellen Erkenntnissen wurden detaillierte reaktionskinetische Alterungsmodelle für Katalysatorschicht und Membran entwickelt. Implementiert in die entsprechend erweiterte 3D-Simulationsplattform AVL FIRE™ wurden auf Basis dieser Modelle virtuelle Experimente zur Membranalterung und Katalysatordegradation für ausgewählte Membran-Elektrodeneinheiten bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen durchgeführt. Die mit Hilfe der 3D-Simulationen

gewonnenen Einblicke in die Charakteristik der Alterungsprozesse ermöglichte deren Zuordnung zu örtlichen geometrischen Gegebenheiten und lokalen Betriebsbedingungen, wie Flüssigwasseranteil, Stromdichteverteilung, etc. Die Überprüfung der Übertragbarkeit der gewählten Vorgangsweise auf die Analyse und Quantifizierung von Degradationserscheinungen in realen Brennstoffzellen erfolgte durch Simulation von Zellen mit industriellen Flow-Fields und Vergleich der berechneten lokalen und globalen Degradationserscheinungen mit den korrespondierenden experimentellen Daten.

Als Ergebnis des Projekts steht zukünftig eine Analysetechnik zur Verfügung, die eine simulationsgestützte Beschreibung der ortsaufgelösten Alterungsvorgänge in der Membran-Elektrodeneinheit von PEM-Brennstoffzellen ermöglicht. Das Simulationsmodell verwendet dabei die Betriebsbedingungen und die Struktur der Zelle als Eingangsparameter, um die Auswirkung der Platinbeladung oder auch der geometrischen Ausgestaltung der Zelle auf die Veränderung der Leistungsfähigkeit der Zelle im Betrieb zu ermitteln. Mithilfe der neu geschaffenen Simulationsmethodik ist es in Zukunft möglich, PEM-Brennstoffzellenkonfigurationen bei Verwendung von genau spezifizierten Membran-Elektrodeneinheiten und wohldefinierten Betriebsparametern hinsichtlich der im Betrieb zu erwartenden Alterungseffekte zu untersuchen.



Simulationsergebnisse für eine instrumentierte PEM-Brennstoffzelle mit industriellem Flowfield dargestellt in einer Hälfte des Gesamtaufbaus: links: Komponente der Stromdichte normal auf die Zelle (A/m2); rechts: Temperatur (°C)

Tatschl, R., Fink, C., Urthaler, P., Hacker, V., Bodner, M., Schenk, A., Karpenko-Jereb, L., Schatt, E., Verebes, P., Bergmann, A., Gößling, S., Peinecke, V., PEM Fuel Cell Degradation Analysis Based on Joint Experimental and Simulation Techniques, 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria

Karpenko-Jereb, L., Sternig C., Fink C., Tatschl R., Membrane Degradation Model for 3D CFD Analysis of Fuel Cell Performance as a Function of Time, International Journal of Hydrogen Energy 41 (2016) 13644-13656, doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.05.229

Kontaktdaten:

AVL LIST GMBH
Hans-List-Platz 1
A-8020 Graz

TU Graz – ICVT
Inffeldgasse 25/C
A-8010 Graz

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH
Carl Benz Strasse 201
D-47057 Duisburg

TU Graz – IPTC
Stremayrgasse 9/I
A-8010 Graz

TU Graz – IES
Inffeldgasse 10/II
A-8010 Graz