

Diplomarbeit

von cand. mach. Stefan Hemmer

**Analyse der Spannungsdegradation bei
PEM-Brennstoffzellenstacks innerhalb der
Antriebsstrangentwicklung von Kraftfahrzeugen**

1. August 2013

angefertigt bei der

DAIMLER AG

Abteilung Antriebsstrang Testing und QM (RFE)

mitbetreut von und angefertigt bei

Dipl.-Ing. Andreas Gaulhofer

Dr. Stefan Reiff

Betreuung seitens der Universität Stuttgart stellvertretend durch

Prof. Dr. K. Andreas Friedrich

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Institut für technische Thermodynamik

Elektrochemische Energietechnik

Kurzfassung

Gegenstand der hier vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung des Degradationsverhaltens von Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellenstacks im automotiven Bereich. Im Fokus steht dabei insbesondere der Zusammenhang zwischen der Fahrer- Betriebsweise und den relevanten Degradationsmechanismen.

Die als relevant angesehenen Degradationsmechanismen werden auf Basis einer Literaturrecherche zusammenfassend dargestellt und erläutert. Der Fokus für nachfolgende Untersuchungen wird in diesem Zusammenhang auf die Mechanismen gelegt, die einen dauerhaften Spannungsrückgang des Brennstoffzellenstacks verursachen (Spannungsdegradation).

Um die ursächlichen Belastungsfaktoren für diesen Spannungsrückgang zu identifizieren, wird im ersten Schritt ein Vergleich zwischen Brennstoffzellenstacks mit verschiedenen Degradationsraten innerhalb einer in sich baugleichen Fahrzeugflotte durchgeführt. Es zeigt sich, dass die Verteilung der Anzahl der Stillstand-Events mit einer Dauer von >100 Minuten eine signifikante Tendenz zwischen den untersuchten Stack-Gruppen aufweist. Die im Vergleich stärker gealterten Brennstoffzellenstacks haben eine doppelt so hohe Anzahl an Stillstands-Events mit einer Dauer von >100 Minuten, als die Brennstoffzellenstacks mit einer weniger stark ausgeprägten Spannungsdegradation.

Auf Basis dieser Erkenntnis folgt im weiteren Verlauf der Arbeit die Quantifizierung des Spannungsverlusts durch ein lineares Regressionsmodell auf Basis des ermittelten Belastungsfaktors der Anzahl der Stillstands-Events >100 Minuten. Dieses Regressionsmodell wird einem bereits vorhandenen Modell, das die Laufleistung als alterungsrelevanten Belastungsfaktor beinhaltet gegenübergestellt.

Es zeigt sich, dass die Anzahl der Stillstands-Events >100 Minuten im Gegensatz zu der Laufleistung der Fahrzeuge eine deutlich signifikantere Größe zur Beschreibung der Spannungsdegradation der Brennstoffzellenstacks darstellt. Im folgenden wird ein kombiniertes Alterungsmodell bestehend aus den beiden potentiellen Belastungsfaktoren (Laufleistung, Anzahl der Stillstands-Events >100 Minuten) erstellt. Die Aufteilung des durch die Spannungsdegradation hervorgerufenen Gesamtspannungsverlusts auf die beiden Belastungsfaktoren, wird anhand eines Rechenbeispiels quantifiziert.

Eine abschließende Diskussion erläutert die generierten Ergebnisse in Bezug auf die vorgestellten, relevanten Degradationsmechanismen und deren Abläufe. Hierbei wird die Ruthenium-Degradation als hauptursächlicher Degradationsmechanismus bestätigt.