

Zentrum für
BrennstoffzellenTechnik gGmbH
Name der Forschungsstelle

15279 N/1
AiF-Vorhaben-Nr.

01.08.2007 bis 31.12.2009
Bewilligungszeitraum

Abschlussbericht

(Forschungsstelle 1 von 2)

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWA über die



geförderten IGF-Forschungsvorhaben

- Normalverfahren
 Fördervariante ZUTECH

Forschungsthema

Systematische Untersuchung des Einflusses von Stromwelligkeit im
hoch- und niederfrequenten Bereich auf Polymer-Elektrolyt-Membrane
in Niedertemperatur-Brennstoffzellen

Duisburg, den 15.5.2010

Unterschrift des Projektleiters

El. Anlagen und Netze (EAN)
Name der Forschungsstelle

15279 N/2
AiF-Vorhaben-Nr.

01.08.2007 bis 31.12.2009
Bewilligungszeitraum

Abschlussbericht

(Forschungsstelle 2 von 2)

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWA über die



geförderten IGF-Forschungsvorhaben

- Normalverfahren
 Fördervariante ZUTECH

Forschungsthema

Systematische Untersuchung des Einflusses von Stromwelligkeit im hoch- und niederfrequenten Bereich auf Polymer-Elektrolyt-Membrane in Niedertemperatur-Brennstoffzellen

Duisburg, den 15/05/2010

J. Kant
Unterschrift des Projektleiters

„Systematische Untersuchung des Einflusses von Stromwelligkeit im hoch- und niederfrequenten Bereich auf Polymer-Elektrolyt- Membrane in Niedertemperatur-Brennstoffzellen “

- Abschlussbericht -

Dieser Abschlussbericht fasst die Ergebnisse des IGF-Vorhabens „Stromwelligkeit an Brennstoffzellen (15279 N)“ zusammen (Laufzeit 01.08.2007 – 31.07.2009). Dieses Projekt des ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. - wurde gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AIF) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages.

Forschungsstellen:

ZBT GmbH, Zentrum für BrennstoffzellenTechnik, Abteilung Brennstoffzellen- und Systemtechnik.

Leitung: Prof. Dr. Angelika Heinzl

Projektleiter: Dr. Peter Beckhaus, 0203-7598-3020, p.beckhaus@zbt-duisburg.de

Wiss. Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Sönke Gößling, 0203-7598-1171, s.goessling@zbt-duisburg.de

Universität Duisburg-Essen, Fachgebiet Elektrische Anlagen und Netze

Leitung: Prof. Dr. István Erlich

Projektleiter: Prof. Dr. Gerhard Krost, 0203-379-3222, gerhard.krost@uni-due.de

Wiss. Mitarbeiterin: Msc. Maike Stark, 0203-379-1030, maike.stark@uni-due.de

Im Mai 2010

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung	1
2	Ursachen für die Entstehung von Stromwelligkeiten	2
2.1	Wechselrichter	2
2.2	Entstehung der Stromwelligkeit	4
3	Versuchsaufbauten	6
3.1	Brennstoffzellenstacks	6
3.2	Langzeitversuchsstand	8
3.2.1	Teststand	8
	Elektronische	9
3.2.2	Last	9
3.2.3	Ansteuerung der elektrischen Last	10
3.2.4	Stromregler und Last	10
3.2.5	Spannungsmessung über den Shunt (Messverstärker)	11
3.2.6	Strombegrenzung	11
3.2.7	Temperaturüberwachung	12
3.3	Kurzzeitversuchsstand	14
3.3.1	Teststand	14
3.3.2	Elektronische Last	15
4	In-situ Charakterisierungsmethoden	15
4.1	Strom-Spannungskennlinie (Polarisationskurve)	16
4.2	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	17
4.2.1	Elemente der Elektrotechnik und der Elektrochemie	19
5	Versuchsdurchführung	22
5.1	Langzeitversuch 1	22
5.2	Langzeitversuch 2	25
	Langzeitversuch 3	30
5.3	Zusammenfassung der Dauerversuche	38
5.4	Kurzzeitversuche	38
5.5	Kurze Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	45
6	Modell der Brennstoffzelle	46
6.1	Modell der Gasräume	46
6.2	Elektrisches Äquivalenzschaltbild der PEM-Brennstoffzelle	47
6.2.1	Mathematisches Simulationsmodell	55
6.2.2	Ergebnisse und Verifikation der Modellierung	57
7	Zusammenfassung und Ausblick	60
8	Quellenverzeichnis	i
9	Aus dem Projekt hervorgegangene Publikationen	ii

1 Einleitung

Für die Wandlung des durch eine Brennstoffzelle erzeugten elektrischen Gleichstromes in Wechselstrom für zu versorgende Verbraucher oder zur Einspeisung in das elektrische Netz werden leistungselektronische Schaltungen verwendet. Durch deren Nichtlinearität wird der Brennstoffzelle zusätzlich zum Gleichstrom ein Wechselstromanteil aufgeprägt, der sich aus mehreren Frequenzanteilen im hoch- und niederfrequenten Bereich zusammensetzt. Diese Stromwelligkeit, aus dem Englischen auch als „Ripple“ bekannt, hat Einfluss auf die Brennstoffzelle, der sich in einer Wirkungsgradverschlechterung direkt messen lässt; weitere diskutierte Phänomene lassen aber zum Beispiel auch auf degradierende Einflüsse schließen.

Nach Stand internationaler Publikationen ist trotz Kenntnis der Existenz solcher Phänomene eine umfassende Analyse der effektiven Auswirkungen der Stromwelligkeit unterschiedlicher Frequenzen und Amplituden auf die Brennstoffzellen nicht existent. Insbesondere Hersteller von leistungselektronischen Schaltungen (Wandlern) - aber auch Entwickler von Brennstoffzellen und ihren Bauteilen - benötigen andererseits belastbare Informationen über die sich ergebenden Konsequenzen für die am Gesamtsystem beteiligten Komponenten und demzufolge einzuhaltende Grenzwerte der Welligkeit. An die Entwickler und Hersteller von Wechselrichtern für Brennstoffzellensysteme werden heute erhebliche Anforderungen hinsichtlich Wirkungsgrad und Produktionskosten gestellt. In Lastenheften für Wechselrichter an Brennstoffzellen geforderte Obergrenzen für die Stromwelligkeit werden auf Basis nicht belastbarer Informationen definiert und erzwingen damit einen großen Aufwand für entsprechende Filtertechniken. Eine Reduzierung dieses Aufwands, die bei im Projekt erlangter Kenntnis der Zusammenhänge möglich erscheint, kann somit erheblich zur Wirkungsgradverbesserung und Kostenreduzierung beitragen.

Die wissenschaftliche Herausforderung im hier vorgestellten Projekt bestand darin, sowohl die Langzeit- als auch die Kurzeitwirkungen der Stromwelligkeit auf PEM-Brennstoffzellen durch Messung und Modellbildung systematisch zu analysieren mit dem Ziel, dass daraus fundierte Vorschläge für zulässige Grenzwerte der Welligkeit erarbeitet werden können. Die besondere Bedeutung der durchgeführten Arbeiten liegt darin, dass die praktische und theoretische Analyse der behandelten Phänomene in Rahmendefinitionen und Vorschläge für konkrete konstruktive und systematische Änderungen für unterschiedliche Bereiche in der Technologiekette von Brennstoffzellensystemen gemündet haben: Die Ergebnisse kommen insbesondere den Herstellern von leistungselektronischen Wandlern zu gute, darüber hinaus werden aber auch System- und Brennstoffzellenentwickler und auch Membranhersteller von den Ergebnissen profitieren.