



## Einfluss neuer Membranmaterialien auf Herstellung und Betrieb von Direktmethanol-Brennstoffzellen

Stefan Hürter

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institute of Energy and Climate Research  
Electrochemical Process Engineering (IEK-3)

# **Einfluss neuer Membranmaterialien auf Herstellung und Betrieb von Direktmethanol- Brennstoffzellen**

Stefan Hürter

Schriften des Forschungszentrums Jülich  
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 240

---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-013-5

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TECHNISCHER ÜBERBLICK DMFC.....</b>	<b>3</b>
2.1	Funktionsprinzip DMFC .....	3
2.2	Kennzahlen der DMFC .....	4
2.3	Wasser- und Methanolpermeation in einer DMFC .....	6
2.3.1	Wasserpermeation .....	7
2.3.2	Methanolpermeation .....	8
2.4	Aktueller Entwicklungsstand der DMFC-MEA Komponenten .....	10
2.4.1	Membran.....	10
2.4.2	Gasdiffusionsschicht .....	12
2.4.3	Katalysatorschicht.....	12
2.4.4	Beschichtete Membranen (CCMs) .....	18
2.4.5	Heißpressen zum Fügen der MEA .....	21
2.5	Reduzierung der Methanol- und Wasserpermeation .....	21
2.5.1	Katalysatorschicht-Ansatz .....	22
2.5.2	Veränderung des Zellaufbaus .....	22
2.5.3	Membran-Ansatz.....	23
2.6	Zusammenfassung .....	27
<b>3</b>	<b>VORGEHENSWEISE UND UNTERSUCHUNGSMETHODEN.....</b>	<b>29</b>
3.1	Membranen .....	29
3.1.1	Protonenleitfähigkeit.....	30
3.1.2	Wasseraufnahme.....	30
3.2	Katalysatorschicht.....	30
3.2.1	Präparation und Charakterisierung von Katalysatordispersionen .....	31
3.2.2	Präparation und Charakterisierung von Katalysatorschichten .....	31
3.3	MEA Charakterisierung im Betrieb.....	32
3.3.1	Charakterisierung der MEAs .....	32
3.3.2	Impedanzmessung an MEAs .....	34
<b>4</b>	<b>HERSTELLUNG UND UNTERSUCHUNG VON HYDROCARBON MEMBRANEN .....</b>	<b>37</b>
4.1	Membranherstellung .....	37

## **Inhaltsverzeichnis**

---

4.2	Spezifische Leitfähigkeit der Membranen .....	38
4.3	Wasseraufnahme von sPAEEN-Membranen .....	40
4.4	Zusammenfassung der Eigenschaften von sPAEEN Membranen.....	41
<b>5</b>	<b>ELEKTRODEN- UND MEA-PRÄPARATION MIT sPAEEN-MEMBRANEN .....</b>	<b>43</b>
5.1	Siebdruck als Herstellungsmethode für Katalysatorschichten .....	43
5.1.1	Dispersionsherstellung mit 1-Hexanol .....	43
5.1.2	Elektrodenpräparation durch Siebdruck .....	49
5.2	Herstellung von beschichteten Membranen (CCMs) .....	56
5.2.1	CCM Herstellung durch die Decaltechnik .....	56
5.2.2	Herstellung von CCMs durch Direktbeschichtung .....	63
5.3	Fügen der MEA mittels Heißpressen .....	66
5.3.1	Einfluss der Heißpresstemperatur auf den MEA-Verbund .....	66
5.3.2	Einfluss der Presstemperatur auf die Membran.....	71
5.3.3	Einfluss der Presstemperatur auf die GDEs .....	74
5.4	Fügen der MEA mit gelöstem Polymer als Haftvermittler .....	75
5.5	Herstellung Membranverbund aus sPAEEN und Nafion Membran .....	78
5.6	Diskussion .....	79
<b>6</b>	<b>MEA-CHARAKTERISIERUNG.....</b>	<b>83</b>
6.1	Einfluss der Membrandicke auf das Permeationsverhalten von Membranen .....	83
6.2	Charakterisierung des Betriebsverhaltens von sPAEEN Membranen .....	86
6.3	Auswirkungen der sPAEEN MEAs auf den DMFC Systembetrieb .....	95
6.3.1	Einfluss der Methanolkonzentration auf die Betriebscharakteristik Nafion und sPAEEN basierter MEAs .....	96
6.3.2	Einfluss der Zelltemperatur auf die Betriebscharakteristik von Nafion und sPAEEN basierten MEAs .....	99
6.3.3	Einfluss der Stromdichte auf Zellspannung, Wasser- und Methanolpermeation .....	104
6.3.4	Einfluss des Kathodenvolumenstroms auf die Betriebscharakteristik .....	108
6.3.5	Systembetrieb in Abhängigkeit der Betriebscharakteristik .....	113
6.3.6	Wasserautarkie eines DMFC Systems bei sPAEEN und Nafion basierten MEAs .....	116
6.3.7	Wirkungsgrade eines DMFC Systems.....	118
6.4	Charakterisierung Membranverbund aus Nafion und sPAEEN .....	121
6.5	Langzeitverhalten von sPAEEN basierten MEAs .....	130

## **Inhaltsverzeichnis**

---

6.6	Diskussion .....	134
<b>7</b>	<b>DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....</b>	<b>137</b>
7.1	Assemblierungstechniken für sPAEEN Membran Elektroden Einheiten.....	137
7.2	Funktionalität von sPAEEN Membran Elektroden Einheiten in DMFC Systemen..	138
<b>8</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>141</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>145</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>153</b>
10.1	Abbildungsverzeichnis .....	153
10.2	Tabellenverzeichnis .....	157
10.3	Akronyme, Formelzeichen und Konstanten .....	161
10.3.1	Akronyme.....	161
10.3.2	Formelzeichen .....	162
10.3.3	Konstanten.....	163
10.4	Berechnung Schichtporosität .....	163
10.5	Berechnung der Wasserpermeation .....	163
10.6	Berechnung der Methanolpermeation.....	164

**Energie & Umwelt / Energy & Environment**  
**Band / Volume 240**  
**ISBN 978-3-95806-013-5**

