

Inhalt

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	IV
Abkürzungen.....	IV
Formelzeichen	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Hintergrund und Zielsetzung der Arbeit.....	1
2 Grundlagen.....	3
2.1 Aufbau und Funktionsprinzip der PEM-Brennstoffzelle	3
2.1.1 Polymer-Elektrolyt-Membran	5
2.1.2 Elektroden.....	6
2.1.3 Gasdiffusionslage.....	7
2.1.4 Bipolarplatte	8
2.2 Verlustmechanismen in der PEM-Brennstoffzelle	9
3 Aktueller Stand der GDL-Forschung	12
3.1 Arten und Herstellungsprozesse	12
3.2 Mechanische Eigenschaften der GDL und deren Messung.....	15
3.3 Oberflächenstruktur	19
3.4 Transportmechanismen und deren Charakterisierung	20
3.4.1 Ladungstransport	21
3.4.2 Wärmetransport	23
3.4.3 Gastransport	25
3.4.4 Flüssigwassertransport	36
3.5 Zusammenfassung und offene Fragestellungen	38
4 Angewandte Messverfahren	40
4.1 Mechanische Eigenschaften	40
4.2 Elektrische Eigenschaften.....	43
4.3 Thermische Eigenschaften	44
4.4 Stofftransporteigenschaften	45
4.5 In-situ-Messungen	51

4.5.1	Short-Stack-Messungen.....	51
4.5.2	Einzelzellenmessungen.....	52
4.5.3	Grundlagen der statistischen Versuchsplanung.....	54
5	Statistische Auswertung von Short-Stack- und Ex-situ-Messergebnissen.....	57
5.1	Bereitstellung von GDL-Materialvariationen mittels statistischer Versuchsplanung	57
5.2	In-situ-Ergebnisse.....	58
5.2.1	Short-Stack-Ergebnisse	58
5.2.2	Einzelzellenmessungen.....	61
5.3	Ergebnisse der Ex-situ-Charakterisierung.....	62
5.3.1	Mechanische und geometrische Eigenschaften.....	62
5.3.2	Elektrische und thermische Eigenschaften	64
5.3.3	Stofftransporteigenschaften.....	65
5.4	Statistische Auswertung der gewonnenen Messreihen	68
5.5	Zusammenfassung und Erkenntnisse	71
6	Optische Charakterisierung der MPL-Struktur unter Druck	73
6.1	Grundidee und Vorversuche	73
6.2	Konzeptvorstellung	75
6.3	Darstellung der druckinduzierten MPL-Strukturveränderung.....	77
6.3.1	Voruntersuchungen für die Messung der MPL-Struktur unter Druck.....	77
6.3.2	Optische Ermittlung der MPL-Anpressdruckverteilung.....	81
6.3.3	Übertragung auf die Versuchsmaterialien.....	82
6.4	Weitere Anwendungen der Methode.....	84
6.5	Zusammenfassung	85
7	Einzelzellenmessungen bei Grenzstromdichte.....	87
7.1	Validierung der Methode zur Messung des <i>oxygen transport resistance</i>	87
7.1.1	Grenzstromdichte bei verschiedenen Sauerstoffkonzentrationen	88
7.1.2	Temperatur- und Druckabhängigkeit	90
7.1.3	Knudsen- und molekulare Diffusion.....	94
7.1.4	Kompressionsabhängigkeit	97

7.2	Übertragung der Methode auf die GDL-Materialien.....	98
7.3	Zusammenfassung und Erkenntnisse.....	101
8	Kryo-SEM-Analyse zur Untersuchung des Flüssigwassertransportes.....	103
8.1	Betriebsbedingungen.....	103
8.2	Ergebnisse der Kryo-REM-Untersuchung	104
9	Validierung der Ergebnisse mittels Laserperforation	109
9.1	MPL-Modifikation mittels Laserperforation	109
9.2	Einzelzellenmessung der modifizierten Materialien.....	111
9.3	Zusammenfassung und Erkenntnisse.....	114
10	Übertragung der Ergebnisse auf die Ausgangsproblematik	117
11	Zusammenfassung	119
12	Literaturverzeichnis	121
13	Anhang.....	135
13.1	Chapman-Enskog Theorie und das Lennard-Jones Potenzial	135
13.2	3D-Mikroskopie mittels Fokusvariation.....	137
13.3	Sauerstofftransportwiderstand der Versuchsgasdiffusionslagen	140
13.4	Messaufbau und Probenpräparation für Kryo-REM-Aufnahmen der MEA.....	146
13.5	Kryo-REM-Aufnahmen einer Sublimationssequenz	147