

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Aufgabenstellung	1
2 Grundlagen	3
2.1 Elektrochemische Grundlagen	3
2.1.1 Thermodynamik und Kinetik	3
2.1.2 Verwendete Elektroden	6
2.2 Funktionsprinzip der Direkt-Methanol-Brennstoffzelle	8
2.3 Eigenschaften poröser Elektroden	10
2.3.1 Das Agglomeratmodell	11
2.3.2 Lokale und globale Elektrodenbetrachtung	12
2.4 Untersuchungsmethoden	13
2.4.1 Spannungs-Strom-Kennlinien	14
2.4.2 Transientenmethoden	16
2.4.3 Impedanzspektroskopie	17
3 Stand der Forschung	21
3.1 Bezugselektrodenmessung	21
3.2 Impedanzmessungen an Einzelelektroden	27
3.2.1 Theorie zur Impedanzmessung mit Bezugselektroden	27
3.2.2 Impedanzmodelle der Direkt-Methanol-Brennstoffzellenelektroden	29
4 Teststand-, Methoden- und Modellentwicklung	33
4.1 Membranbeschichtungsverfahren	33
4.2 Entwicklung und Aufbau der Testzelle	39
4.3 Bilanzierung des Wasserhaushaltes an der Kathode	40
4.4 Teststandentwicklung	43
4.4.1 Aufbau und Funktionsweise des Teststandes	43
4.4.2 Betriebsparameter, Messgrößen und deren Ungenauigkeiten	44
4.5 Automatisierung des Teststandes	45
4.5.1 Steuersoftware	45
4.5.2 Messprotokolle	46

	VI
4.6 Weiterentwicklung des Anodenimpedanzmodells	49
5 Messergebnisse und Diskussion	57
5.1 Stabilität der Einzelelektrodenspannungen	57
5.1.1 Einfluss der Temperaturregelung	58
5.1.2 Methanolpermeation und Wasseraustrag an der Kathode	58
5.2 Validierung der Bezugselektrodenmessungen	65
5.2.1 Einfluss der Wasserstoffbefeuchtung auf das Bezugspotential	65
5.2.2 Vorwiderstandsbestimmung der Anode	67
5.2.3 Bezugselektrodenmessung und Quasi-Halbzellenmessung	72
5.2.4 Qualitätskriterium für Bezugselektrodenmessungen	74
5.3 Einfluss der Zellgeometrie	75
6 Analysemethode für die Anodenspannung	79
6.1 Kennzahlen einer Agglomeratelektrode	79
6.2 Quantifizierung der Leistungsverluste	81
6.3 Sensitivitätsanalyse	83
7 Zusammenfassung und Ausblick	87
8 Anhang	89
8.1 Nomenklatur	89
8.2 Ergänzungen zu Kapitel 4.3	91
8.2.1 Berechnungen zum Wasseraustrag	91
8.2.2 Berechnungen zur relativen Feuchte im Kathodenraum	92
8.3 Ergänzungen zu Kapitel 4.4	93