

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung 1
 - 1.1 Einführung 1
 - 1.2 Ziel der Arbeit 4
 - 1.3 Gliederung der Arbeit 5
- 2 Die Hochtemperatur-Festelektrolyt-Brennstoffzelle 7
 - 2.1 Funktionsprinzip 7
 - 2.2 Verluste im Betrieb 10
 - 2.3 Technische Realisierung 13
 - 2.3.1 Komponenten 13
 - 2.3.2 Zellkonzepte 17
 - 2.3.3 Stack-Konzepte 19
 - 2.3.4 Brennstoffzellen-Systeme 21
 - 2.4 Kontaktierung 22
 - 2.4.1 Anforderung 22
 - 2.4.2 Technische Umsetzung 24
 - 2.4.3 Verluste durch Kontaktierung 26
 - 2.5 Degradation 30
 - 2.5.1 Definition 30
 - 2.5.2 Ursachen 32
 - 2.5.3 Cr-Vergiftung 36
- 3 Experimentelle Methoden 41
 - 3.1 Messobjekt 41
 - 3.2 Messtechnik 42
 - 3.2.1 Messplatz 42
 - 3.2.2 Messverfahren 45
 - 3.3 Messablauf 47
 - 3.3.1 Kontaktgeometrie 48
 - 3.3.2 Cr-Vergiftung 50
 - 3.4 Kontaktierung 52
 - 3.4.1 Kontaktgeometrie 53
 - 3.4.2 Cr-Vergiftung 54

4	Analyse und Auswertung.....	57
4.1	Gleichstrommessung.....	57
4.1.1	Strom-Spannungskennlinie	57
4.1.2	Konstantstrommessung.....	59
4.1.3	Leistungsverlust und Degradationsrate	59
4.1.4	Potentialsonden und Kontaktwiderstand	61
4.1.5	Reproduzierbarkeit der Gleichstrommessung	62
4.2	Wechselstrommessung	63
4.2.1	Elektrochemische Impedanzspektroskopie	64
4.2.2	Verteilungsfunktion der Relaxationszeiten	65
4.2.3	Elektrisches Ersatzschaltbild	68
4.2.4	Complex Nonlinear Last Square Fit.....	72
4.2.5	Auswahl geeigneter Messbedingungen.....	75
5	FEM-Modell der Wiederholeinheit	79
5.1	Modelle in der Literatur.....	79
5.2	Einführung FEM.....	80
5.2.1	FEM zur Beschreibung der SOFC	80
5.2.2	FEM-Prinzip	81
5.3	FEM-Modell der Wiederholeinheit	82
5.3.1	Definition der Geometrie.....	82
5.3.2	Aufstellen der Ansatzfunktionen	84
5.3.3	Definition der Randbedingungen	85
5.3.4	Diskretisierung der Geometrie	89
5.3.5	Numerische Berechnung	91
5.3.6	Visualisierung der Ergebnisse	91
5.4	Zusammenfassung des FEM-Modells	92
6	Ergebnisse und Diskussion.....	93
6.1	Einfluss der Kontaktgeometrie auf die Leistungsfähigkeit	94
6.1.1	Einfluss der Anodenkontaktierung.....	94
6.1.2	Testgeometrie und Potentialsonden.....	96
6.1.3	Einfluss der Kathodenkontaktierung.....	100
6.1.4	Fazit zum Einfluss der Kontaktgeometrie	116
6.2	Degradation der Leistungsfähigkeit durch Cr-Vergiftung.....	117
6.2.1	Leistung	117
6.2.2	Ohmscher und Polarisationswiderstand	119
6.2.3	Kathodenverlustprozess	121
6.2.4	Fazit zum Einfluss der Cr-Vergiftung.....	126

7 Zusammenfassung und Ausblick.....129

8 Anhang137

8.1 Einfluss der Kathodendicke 137

8.2 Einfluss der Schutzschicht..... 141

8.3 Leitfähigkeitsmessungen 145

8.4 Proben 147

9 Verzeichnisse.....149

9.1 Symbole..... 149

9.2 Abkürzungen 151

9.3 Betreute Arbeiten..... 153

9.4 Eigene Veröffentlichungen 154

10 Literatur.....157