

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Ziele der Arbeit	3
1.3 Gliederung der Arbeit	4
2 Die Hochtemperatur-Festoxid-Brennstoffzelle.....	7
2.1 Funktionsprinzip.....	7
2.2 Die Verluste im Betrieb	8
2.3 Elektrolytwerkstoffe	10
2.4 Anodenwerkstoffe	13
2.5 Kathodenwerkstoffe	14
2.5.1 Leitfähigkeit	18
2.5.2 Thermischer Ausdehnungskoeffizient	21
2.5.3 Sauerstoffreduktion.....	22
2.6 Degradationsuntersuchungen	24
2.6.1 Elektrolyt.....	25
2.6.2 Anode.....	26
2.6.3 Kathode	27
3 Proben, Messtechnik, Messablauf	31
3.1 Proben: Anodengestützte Zellen.....	31
3.2 Messtechnik zur elektrischen Charakterisierung.....	33
3.2.1 Messplatz.....	33
3.2.2 Messablauf	36
3.2.3 Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS)	40
4 Analyse und Auswertung	43
4.1 Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS).....	43
4.2 Relaxverfahren (DRT)	44
4.3 Ersatzschaltbild	46
4.4 Bestimmung von k^b - und D^b - Werten aus den Messungen	55
4.5 Materialanalyse	56
4.5.1 Rasterelektronenmikroskopie	56
4.5.2 Transmissionselektronenmikroskopie	57
4.5.3 Röntgenbeugung - XRD	58
5 Ergebnisse und Diskussion.....	59
5.1 Identifikation der Polarisationsverluste	59

5.1.1	600 °C	59
5.1.2	750 °C	61
5.1.3	900 °C	64
5.2	Zeit- und Temperaturabhängigkeit der Verlustprozesse	66
5.2.1	Gesamtpolarisationswiderstand R_{pol}	68
5.2.2	Ohmscher Widerstand R_0	69
5.2.3	Gasdiffusionswiderstand R_{1A}	70
5.2.4	Anoden- Ladungsaustauschreaktion R_{2A} und R_{3A}	70
5.2.5	Gesamtanodenpolarisationswiderstand $R_{\text{anode,gesamt}}$	73
5.2.6	Kathodenverluste R_{2C}	74
5.2.7	Fazit der elektrischen Impedanz- und DRT- Analyse	76
5.3	Zeit- und temperaturabhängiger Verlauf der K^{δ} - und D^{δ} - Werte	82
5.4	Reversible Kathodenalterung	88
5.5	Ergebnisse XRD Messungen	95
5.6	Ergebnisse Mikrostruktur	98
5.7	Einfluss der GCO Zwischenschicht und der LSCF Sintertemperatur	105
5.8	Degradationsmechanismus der LSCF Kathode	108
6	Zusammenfassung und Ausblick	115
7	Anhang	121
7.1	Herstellungsparameter	121
7.2	Dateizuordnung	122
7.3	Parameter Impedanzmessungen	136
7.4	Wertetabellen zu den Abbildungen aus Kapitel 5	136
8	Verzeichnisse	165
8.1	Symbole	165
8.2	Abkürzungen	166
8.3	Abbildungen	167
8.4	Tabellen	169
8.5	Betreute Arbeiten	171
8.6	Eigene Veröffentlichungen	171
9	Literatur	175