

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
Summary	iii
Inhaltsverzeichnis	v
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	5
2.1 Eigenschaften von Cer-Zirkonium-Mischoxiden	5
2.1.1 Strukturelle Eigenschaften von CZO	5
2.1.2 Defektchemie von CZO	9
2.2 Hochfrequenzgestütztes Messverfahren für die Materialcharakterisierung	16
2.3 Verwendung Ceroxid-basierter Materialien und Stand der Technik	21
2.3.1 Ceroxidmaterialien und CZO in Industrie und Forschung	21
2.3.2 CZO in modernen Dreiwegekatalysatoren	23
2.3.3 Hochfrequenzgestützte Charakterisierung von Katalysatormaterialien	26
3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	29
4 Herstellung und materialwissenschaftliche Charakterisierung der Proben	33
4.1 Präparation und Eigenschaften der CZO-Proben	33
4.1.1 Synthetisierte CZO-Pulver zur dielektrischen Charakterisierung	33
4.1.2 CZO-Festkörperproben für die Analyse der elektrischen Leitfähigkeit	39
4.2 Synthese und Eigenschaften der Pt/CeO ₂ -Modellkatalysatoren	42
4.3 Untersuchte Dreiwegekatalysatoren	45
5 Experimentelle Methoden zur elektrischen Charakterisierung	47
5.1 Messaufbau für die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von CZO	47
5.2 Methode zur hochfrequenzgestützten Analyse	48
5.2.1 Messaufbau zur dielektrischen Charakterisierung von Pulverproben	49
5.2.2 Messaufbau für die Zustandsdiagnose von Dreiwegekatalysatoren	51
5.2.3 Bestimmung der Resonanzsignale aus dem Hochfrequenzspektrum	52
5.2.4 Finite-Elemente-Modellierung des Messaufbaus	54
6 Bestimmung dielektrischer Eigenschaften von CZO mittels Hochfrequenztechnik	57
6.1 Elektrische Verteilung im Resonanzraum	57
6.2 Depolarisation der Probe	61

6.3 Mischungsmodell für CZO	66
6.4 Validierung und Übertragbarkeit der Methode	70
7 Analyse der Defektchemie von Cer-Zirkonium-Mischoxiden	77
7.1 Leitfähigkeitsmessungen an CZO	77
7.1.1 Untersuchungen an reinem CeO ₂	77
7.1.2 Untersuchungen an CZO	80
7.2 Hochfrequenzbasierte Charakterisierung von CZO-Pulvern	84
7.2.1 Temperaturabhängige dielektrische Eigenschaften von CeO ₂	84
7.2.2 Hochfrequenzgestützte Analyse der Defektchemie von CeO ₂	91
7.2.3 Defektchemische Einordnung der Leitfähigkeiten von CeO ₂	94
7.2.4 Temperaturabhängige dielektrische Eigenschaften von CZO	98
7.2.5 Hochfrequenzgestützte Analyse der Defektchemie von CZO	100
7.2.6 Defektchemische Einordnung der Leitfähigkeiten von CZO	103
7.3 Zirkonium-Einfluss auf dielektrische und defektchemische Eigenschaften	106
7.4 Einfluss von aktiver Oberfläche und Edelmetall-(Platin)-Kontakten	110
8 Bewertung des Hochfrequenzverfahrens für die Zustandsdiagnose von Dreiwegekatalysatoren	117
8.1 Überwachung des Sauerstoffspeicherzustands	117
8.2 Querempfindlichkeiten und Bewertung der Katalysatoralterung	125
9 Zusammenfassung und Ausblick	131
Anhang	135
A Materialwissenschaftliche Charakterisierung der CZO-Mischoxide	135
B Herleitung des feldverteilungsabhängigen relativen Fehlers	137
C Leitfähigkeiten von gesintertem, polykristallinem CZO	138
D Verwendete Parameter zur Auswertung der HF-Messungen	139
E Ergänzungen zu den Hochfrequenzuntersuchungen an Ceroxid	140
F Ergänzungen zu den Hochfrequenzuntersuchungen an CZO	142
G Experimente zur Hochfrequenzuntersuchung der Pt/CeO ₂ -Katalysatoren	146
H Anmerkungen zur Zustandsdiagnose an Dreiwegekatalysatoren	147
Abkürzungen, Symbole und chemische Formeln	153
Literaturverzeichnis	162
Verzeichnis eigener Publikationen	183
Urheberrechtshinweise	189
Danksagung	191