

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
1 Einleitung	1
2 Aufgabenstellung	3
3 Grundlagen.....	5
3.1 CO ₂ -Abtrenntechnologien für Kraftwerksprozesse	5
3.1.1 Pre-Combustion-Prozess.....	5
3.1.2 Post-Combustion-Prozess	6
3.1.3 Oxyfuel-Prozess.....	7
3.2 Perowskit – Werkstoffstruktur, Herstellung und Eigenschaften.....	8
3.2.1 Werkstoffstruktur.....	8
3.2.2 Herstellungsmethoden.....	13
3.2.3 Thermochemische Eigenschaften	17
3.3 Grundlagen des Sinterns.....	26
3.3.1 Stadien des Sinterprozesses	27
3.3.2 Transportmechanismen bei diffusivem Sintern	31
3.3.3 Sintern perowskitischer Materialien	34
4 Experimentelle Methoden und Materialien.....	37
4.1 Charakterisierungsmethoden	37
4.1.1 Atomemissionsspektalanalyse mit induktiv gekoppeltem Plasma	37
4.1.2 Röntgendiffraktometrie.....	37
4.1.3 Differenzielle Thermoanalyse.....	38
4.1.4 Hochtemperaturdilatometrie	41
4.1.5 Thermogravimetrie	42
4.1.6 Heißgasextraktion	43
4.1.7 Iodometrie	43
4.1.8 Licht- und Rasterelektronenmikroskopie.....	44
4.2 Auswahl und Herstellung der untersuchten Membranmaterialien.....	45
4.2.1 Auswahl geeigneter, perowskitischer Membranmaterialien.....	45
4.2.2 Herstellung der untersuchten Membranmaterialien.....	47

4.3	Auslagerungsversuche zur Beurteilung der Korrosionsbeständigkeit.....	47
5	Ergebnisse und Diskussion.....	49
5.1	Theoretische Betrachtung der Stabilität der Perowskitstruktur.....	49
5.1.1	Toleranzfaktor nach GOLDSCHMIDT.....	49
5.1.2	Oktaederfaktor nach WU.....	53
5.1.3	Stabilitätskriterien nach CHEN.....	55
5.2	Charakterisierung der Membranmaterialien.....	57
5.2.1	Phasenreinheit.....	57
5.2.2	Chemische Zusammensetzung.....	58
5.3	Sinterverhalten der Materialien $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Co}_{0,2}\text{Fe}_{0,8}\text{O}_{3-\delta}$	59
5.3.1	Partielles Schmelzen der Membranmaterialien.....	59
5.3.2	Einfluss der Heizrate auf die Schwindung.....	60
5.3.3	Einfluss der Sintertemperatur auf die Schwindung und die Dichte.....	65
5.3.4	Einfluss der Sintertemperatur und Sinterhaltezeit auf die Mikrostruktur und Dichte.....	67
5.3.5	Sinterbedingungen.....	74
5.4	Sauerstoffstöchiometrie der Membranmaterialien.....	76
5.4.1	Iodometrische Titration.....	76
5.4.2	Thermische Zersetzung in reduzierender Atmosphäre.....	78
5.4.3	Heißgasextraktion im Heliumstrom.....	80
5.5	Änderung der Sauerstoffunterstöchiometrie der Membranmaterialien.....	82
5.5.1	Einfluss der Stöchiometrie des Perowskiten auf die Änderung der Sauer- stoffunterstöchiometrie.....	82
5.5.2	Einfluss des Sauerstoffgehaltes auf die Änderung der Sauerstoffunter- stöchiometrie.....	97
5.6	Thermochemisches Ausdehnungsverhalten der Membranmaterialien.....	103
5.6.1	Einfluss der Stöchiometrie des Perowskiten auf das thermochemische Ausdehnungsverhalten.....	104
5.6.2	Einfluss des Sauerstoffgehaltes auf das thermochemische Ausdehnungs- verhalten.....	121
5.7	Korrosionsbeständigkeit der Membranmaterialien.....	130
5.7.1	Einfluss des CO_2 -Gehaltes und der Auslagerungstemperatur auf die Korrosionsbeständigkeit.....	130

5.7.2	Reversibilität der Reaktion mit CO ₂	140
5.7.3	Einfluss von Wasserdampf und des CO ₂ -Gehaltes auf die Korrosions- beständigkeit	154
6	Zusammenfassung.....	161
	Literaturverzeichnis	165
	Symbolverzeichnis.....	175
	Abbildungsverzeichnis.....	179
	Tabellenverzeichnis	185
	Anhang.....	187
A	Bestimmung der Sauerstoffstöchiometrie mittels thermischer Zersetzung.....	187
B	Bestimmung der Sauerstoffstöchiometrie mittels iodometrischer Titration	189
C	Schleif- und Polierschritte der keramografischen Bearbeitung.....	193
D	Ausgangsstoffe und Kalzinierungsbedingungen für die Perowskitherstellung....	194
E	Berechnung des Wassermassestromes für die Auslagerung in wasserdampf- haltiger Atmosphäre	195
F	Berechnung der mittleren Ionenradien der A- und B-Seiten-Kationen.....	196
G	Stoffdaten verschiedener Elemente	198
H	Röntgenstrukturanalyse der Membranmaterialien	199
I	Sinterbedingungen der untersuchten Perowskite	200
J	Röntgenstrukturanalyse der Zersetzungsprodukte	201
K	EDX-Analysen der ausgelagerten Perowskite	203
K.1	Auslagerung in CO ₂ -haltiger Atmosphäre	203
K.2	Auslagerung in wasserdampf- und CO ₂ -haltiger Atmosphäre.....	205