

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Motivation .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand des Wissens .....</b>	<b>5</b>
2.1	Sauerstoffleitende Membranen .....	5
2.1.1	Funktionsweise von Membranen aus Oxidkeramiken .....	5
2.1.2	Struktur gemischtleitender Oxidkeramiken.....	7
2.1.3	Materialeigenschaften von BSCF.....	9
2.2	Transport durch sauerstoffleitende asymmetrische Membranen .....	10
2.2.1	Bulktransport .....	11
2.2.2	Oberflächenaustausch.....	12
2.2.3	Kombinierter Bulk- und Oberflächenaustausch .....	13
2.2.4	Einflussgrößen der Transportparameter .....	14
2.2.5	Gasphasenkonzentrationspolarisation .....	16
2.2.6	Gastransport durch die poröse Stützschiicht .....	19
2.3	Prozesse mit sauerstoffleitenden Membranen.....	24
2.4	Membranmodule mit sauerstoffleitenden Membranen .....	30
<b>3</b>	<b>Experimentelle und simulative Methoden .....</b>	<b>35</b>
3.1	Motivation und Methodik.....	35
3.2	Materialien und Membranen .....	37
3.3	Experimente an Rohrmembranen zur Parameterbestimmung.....	37
3.3.1	Aufbau des Messstandes.....	37
3.3.2	Versuchsdurchführung und Auswertung.....	39
3.3.3	Modellierung des Transportvorgangs und Parameterbestimmung.....	40
3.4	Experimente an asymmetrischen Membranen .....	42
3.5	Modellierung des Stofftransportes über asymmetrische Membranen.....	43
3.5.1	Numerische Strömungssimulation (CFD) .....	43
3.5.2	Vergrößerte Oberfläche .....	48
3.6	Konstruktion einer Pilotanlage zur Sauerstoffabtrennung aus Luft.....	51
3.6.1	Membran-Fertigung.....	51
3.6.2	Modulkonstruktion .....	51
3.6.3	CFD Simulation der Pilotanlage.....	55

<b>4</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b> .....	<b>57</b>
4.1	Validierung der Modellannahmen für die Parameterbestimmung .....	57
4.2	Ergebnisse und Parameterbestimmung .....	61
4.2.1	Permeationsmessungen an tubularen Membranen .....	61
4.2.2	Parameterbestimmung .....	65
4.3	Modellvalidierung .....	68
4.3.1	Modellvalidierung an Rohrmembranen.....	68
4.3.2	Modellvalidierung an asymmetrischen Membranen .....	69
4.4	Analyse des Stofftransports an asymmetrischen Membranen .....	76
4.4.1	Transport durch die poröse Schicht.....	76
4.4.2	Oberflächenvergrößerung durch die poröse Stützschicht .....	79
4.4.3	Charakteristische Dicke.....	82
4.4.4	Aktivierungsschicht.....	84
4.5	Diskussion auf den Anwendungsfall.....	86
4.5.1	Druckloser Betrieb mit Träger auf der Permeatseite.....	90
4.5.2	Druckloser Betrieb mit porösem Träger auf der Feedseite .....	94
4.5.3	Druckaufgeladener Feedstrom.....	96
4.5.4	Vergleich mit Permeationsmessungen .....	99
4.6	Ergebnisse aus dem Modulbetrieb .....	100
4.6.1	Anfahrvorgang und Temperaturverteilung im Modul.....	100
4.6.2	Permeationsmessungen.....	103
4.6.3	Variation der Betriebsparameter.....	107
4.6.4	Langzeittests .....	109
4.6.5	Membranbrüche und Ausfallgründe.....	112
4.6.6	Zusammenfassung des Modulbetriebes und Ausblick .....	117
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>121</b>
<b>6</b>	<b>Symbolverzeichnis</b> .....	<b>123</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>127</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>135</b>