

Inhaltsverzeichnis	III
Symbolliste	VII
Zusammenfassung	XI
1. Einführung und Zielsetzung	1
2. Theoretische Grundlagen und Literaturübersicht	3
2.1. Überkritische Fluide	3
2.1.1. Überkritisches Kohlendioxid	4
2.1.2. Überkritische Extraktion	5
2.1.2.1. Regenerationsmöglichkeiten durch klassische Verfahren	6
2.1.2.2. Fraktionierung durch klassische Verfahren	7
2.1.2.3. Regeneration und Fraktionierung durch die Membranen	8
2.1.3. Cosolvents	9
2.1.4. Phasengleichgewicht	10
2.2. Membranverfahren	10
2.2.1. Membrantrennung. Grundbegriffe	10
2.2.2. Klassifizierung von Membranen	11
2.2.3. Keramische Membranen	12
2.2.4. Stofftransportmechanismen	13
2.2.4.1. Molekulare Diffusion	15
2.2.4.2. Knudsen-Diffusion	15
2.2.4.3. Viskoser Fluss	16
2.2.4.4. Konfigurierte Diffusion (aktivierte Diffusion)	17
2.2.4.5. Oberflächendiffusion und Selective Surface Flow	18
2.2.4.6. Mehrschichtadsorption und Kapillarkondensation	21
2.2.4.7. Molekular-Sieb-Effekt	22
2.2.5. Stofftransportmodellierung	22

2.3. Literaturüberblick. Membranen und überkritische Fluide	24
3. Gasexperimente zur Auswahl geeigneter Membranen	30
3.1. Literaturüberblick	30
3.1.1. γ -Al ₂ O ₃ -, TiO ₂ - und ZrO ₂ -Membranen	30
3.1.2. Kohlenstoffmembranen	31
3.2. Experimenteller Aufbau	37
3.2.1. Getestete Membranen	37
3.2.2. Membran-Testzelle	39
3.2.3. Verwendete Gase und Gasgemische	41
3.2.4. Messmethoden und Anlage zur Vermessung der Einzelgase	43
3.2.4.1. Statistische Methode	44
3.2.4.2. Dynamische Methode	44
3.2.5. Anlage zur Vermessung der Gasgemische	45
3.2.6. Gasanalytik	47
3.2.7. Weitere verwendete Materialien	48
3.3. Ergebnisse und Diskussion	49
3.3.1. TiO ₂ -Membran	49
3.3.1.1. Experimente mit reinen Gasen	49
3.3.1.2. Experimente mit Gasgemischen	63
3.3.2. ZrO ₂ -Membran	66
3.3.3. Kohlenstoffmembran	67
3.3.3.1. Methan-Kohlendioxid	68
3.3.3.2. Stickstoff-Kohlendioxid	74
3.3.3.3. Helium-Kohlendioxid	77
3.3.3.4. Propan-Kohlendioxid	80
3.3.3.5. Helium-Stickstoff	82
3.3.3.6. Kohlendioxid	84
3.3.4. Zusammenfassung der Gasexperimente zur Auswahl geeigneter Membranen	86

4. Experimente mit überkritischem Kohlendioxid.....	89
4.1. Experimenteller Aufbau.....	89
4.1.1. Getestete Membranen	89
4.1.2. Testsubstanzen.....	89
4.1.2.1. Schwerflüchtige Testsubstanzen.....	89
4.1.2.2. Cosolvents.....	93
4.1.3. HDE-Anlage.....	94
4.1.4. Probenahmesystem	97
4.1.5. Analytik	97
4.2. Ergebnisse und Diskussion	98
4.2.1. Cosolvents	98
4.2.1.1. Ethanol.....	98
4.2.1.2. Wasser	99
4.2.1.3. n-Hexan	101
4.2.1.4. Diskussion.....	102
4.2.2. Schwerflüchtige Komponenten.....	105
4.2.2.1. Vitamin E.....	106
4.2.2.2. PEG 600	108
4.2.2.3. Trimyristin	109
4.2.2.4. Triglyceridmischung.....	112
4.2.2.5. Diskussion.....	114
4.2.3. Zusammenfassung der Experimente mit überkritischem CO ₂	121
5. Ausblick.....	123
Literaturverzeichnis.....	125
Anhang A.....	135
Anhang B.....	138
Anhang C.....	145

Anhang D	146
Anhang E	152
Anhang F	153
Anhang G	159