

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xiv
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	xv
Kurzfassung	xxi
Abstract	xxiii
1. Einleitung	1
1.1. Motivation . . . . .	1
1.2. Ziel der Arbeit . . . . .	5
2.. Grundlagen	7
2.1. Klimatische Grundlagen . . . . .	7
2.1.1. Konzentrationsmaße . . . . .	7
2.1.2. Enthalpische Betrachtung der Luftzusammensetzung . . . . .	9
2.2. Wässrige Elektrolyte . . . . .	10
2.2.1. Konzentrationsmaße . . . . .	10
2.2.2. Die Aktivität des Lösungsmittels . . . . .	11
2.2.3. Die Dampfdruckkurve hoch konzentrierter Elektrolyte . . . . .	12
2.2.4. Modelle für die Berechnung der Aktivitätskoeffizienten . . . . .	13
2.2.5. Mischungsenthalpie von Elektrolyten . . . . .	14
2.3. Grundlagen der Luftentfeuchtung . . . . .	15
2.3.1. Grundlagen der Stoffübertragung . . . . .	16
2.3.2. Sorptionseigenschaften wässriger Elektrolyte . . . . .	20
2.3.3. Das HTU-NTU-Modell . . . . .	23
2.4. Grundlagen der thermischen Stofftrennung . . . . .	25
2.4.1. Energetische und stoffliche Bewertung . . . . .	26
2.4.2. Interne Wärmerückgewinnung . . . . .	27
3. Stand der Technik	31
3.1. Verfahren der Luftentfeuchtung . . . . .	31
3.1.1. Kältekondensation . . . . .	31
3.1.2. Absorptive Verfahren . . . . .	32
3.1.3. Adsorptive Verfahren . . . . .	33
3.1.4. Zusammenfassung und Bewertung der Entfeuchtungsverfahren . . . . .	34

3.2.	Technische Ansätze der Absorption . . . . .	35
3.3.	Desorption hoch konzentrierter Elektrolyte . . . . .	37
3.3.1.	Mehrstufige Entspannungsverdampfung - MSF . . . . .	38
3.3.2.	Mehrstufige Destillation - MED . . . . .	38
3.3.3.	Brüdenverdichtung - VC . . . . .	39
3.3.4.	Umkehrosmose - RO . . . . .	40
3.3.5.	Kapazitive Deionisation - CDI . . . . .	40
3.3.6.	Membrandestillation - MD . . . . .	41
3.3.7.	Bewertung und Auswahl geeigneter Trennverfahren . . . . .	42
3.4.	Systeme zur Wassergewinnung aus Luftfeuchtigkeit . . . . .	44
3.4.1.	Kältekondensation . . . . .	44
3.4.2.	Sorptive Wassergewinnung . . . . .	45
<b>4.</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>48</b>
4.1.	Analytische Methoden . . . . .	48
4.1.1.	Konzentrations- und Dichtemessung . . . . .	48
4.1.2.	Dampfdruckmessung . . . . .	49
4.1.3.	Wärmekapazität von Kaliumacetat . . . . .	53
4.1.4.	Partikelgrößenbestimmung der Vollkegeldüse . . . . .	54
4.2.	Auswahl geeigneter Sorptionsmittel . . . . .	56
4.2.1.	Anforderungen an Elektrolyte . . . . .	56
4.2.2.	Vorauswahl von Elektrolyten durch Literaturrecherche . . . . .	57
4.2.3.	Vorauswahl durch Dampfdruckmessungen . . . . .	57
4.2.4.	Vergleich der Absorptionseigenschaften im Flachbettreaktor . . . . .	60
4.3.	Absorption im Sprühturm . . . . .	62
4.3.1.	Beschreibung des Versuchsaufbaus . . . . .	62
4.3.2.	Messverfahren und Regelung . . . . .	64
4.3.3.	Versuchsdurchführung . . . . .	65
4.3.4.	Versuchsparameter . . . . .	66
4.3.5.	Versuchsauswertung . . . . .	68
4.4.	Desorption mittels dreistufiger Membrandestillation . . . . .	68
4.4.1.	Anlagenbeschreibung . . . . .	69
4.4.2.	Messverfahren und Regelung . . . . .	71
4.4.3.	Versuchsdurchführung . . . . .	71
4.4.4.	Versuchsparameter . . . . .	72
4.4.5.	Versuchsauswertung . . . . .	72
4.5.	Desorption mittels dreistufiger Vakuumverdampfung . . . . .	75
4.5.1.	Anlagenbeschreibung . . . . .	75
4.5.2.	Messverfahren und Regelung . . . . .	77
4.5.3.	Versuchsdurchführung . . . . .	77
4.5.4.	Versuchsparameter . . . . .	78
4.5.5.	Versuchsauswertung . . . . .	80

<b>5. Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>82</b>
5.1. Auswahl geeigneter Sorptionsmittel . . . . .	82
5.1.1. Vorauswahl durch Dampfdruckmessungen . . . . .	82
5.1.2. Vergleich der Absorptionseigenschaften im Flachbettreaktor . . . . .	84
5.1.3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Sorptionsmittelauswahl . . . . .	88
5.2. Absorption im Sprühturm . . . . .	89
5.2.1. Erzielte Entfeuchtung im Sprühturm . . . . .	89
5.2.2. Einfluss der Versuchsparameter auf den Stofftransport . . . . .	95
5.2.3. Erzielte NTU-Werte . . . . .	99
5.2.4. Abweichung von den Gleichgewichtsisothermen . . . . .	102
5.2.5. Zusammenfassung der Absorptionsergebnisse . . . . .	103
5.3. Desorption mittels dreistufiger Membrandestillation . . . . .	104
5.3.1. Aufbereitung der Messdaten . . . . .	104
5.3.2. Ergebnisse der Membrandestillation . . . . .	106
5.3.3. Einfluss der Versuchsparameter auf die Zielgrößen . . . . .	110
5.3.4. Einfluss der Heizleistung und des Destillatflusses auf die Zielgrößen . . . . .	112
5.3.5. Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung . . . . .	116
5.3.6. Zusammenfassung der Ergebnisse der Membrandestillation . . . . .	120
5.4. Desorption mittels dreistufiger Vakuumverdampfung . . . . .	121
5.4.1. Aufbereitung der Messdaten . . . . .	122
5.4.2. Ergebnisse der Vakuumverdampfung . . . . .	122
5.4.3. Einfluss der Versuchsparameter auf die Zielgrößen . . . . .	125
5.4.4. Einfluss der Heizleistung und des Destillatflusses auf die Zielgrößen . . . . .	127
5.4.5. Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung . . . . .	134
5.4.6. Zusammenfassung der Ergebnisse der Vakuumverdampfung . . . . .	137
5.5. Gesamtsystemische Betrachtung . . . . .	139
5.5.1. Rahmenbedingungen . . . . .	139
5.5.2. Vorgehensweise . . . . .	141
5.5.3. Energiebedarf des Gesamtsystems . . . . .	144
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>147</b>
6.1. Zusammenfassung . . . . .	147
6.2. Ausblick . . . . .	149
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>151</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>159</b>