

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Kältemittel - Historische Entwicklung	2
1.2	Aktuelle Kältemittelsituation und Perspektiven	4
1.3	Die Renaissance von Kohlendioxid als Kältemittel	7
1.4	Zielsetzung	8
<b>2</b>	<b>Wärmepumpentrocknung</b>	<b>9</b>
2.1	Wärmetlickgewinnung mittels Wärmepumpe	9
2.1.1	Möglichkeiten zur Differenzwärmeabgabe in WP-Trocknungsanlagen mit geschlossener Prozeßluftführung	11
2.2	WP-Trocknungsprozeß im $h,x$ -Diagramm	13
2.3	Energiebedarf von Trocknungsanlagen	14
2.4	Energieeinsparpotentiale	15
2.4.1	Luftvolumenstrom und Strömungswiderstand im Prozeßluftkreislauf	16
2.4.2	Betriebscharakteristika	19
2.4.3	Verdampfungstemperatur und Wärmepumpen-Gütegrad	22
2.5	Bewertungsgrößen	24
2.5.1	Trocknungsgeschwindigkeit	24
2.5.2	Spezifische Entfeuchtungsleistung	24
<b>3</b>	<b>Berechnungsgrundlagen kältetechnischer Prozesse</b>	<b>25</b>
3.1	Zustandsgleichung für das fluide Gebiet von Kohlendioxid	25
3.2	Energetische Bewertung konventioneller und transkritischer Kaldampf-Kompressionsprozesse	28
3.2.1	Konventionelle Kaldampf-Kompressionsprozesse	28
3.2.2	Transkritische Prozeßführungen	31
3.3	Verdichtung	34
<b>4</b>	<b>Computergestützte Berechnung der Wärmepumpenprozesse</b>	<b>36</b>
4.1	Der Wärmepumpenprozeß	36
4.1.1	Berechnung der Zustandspunkte	36
4.1.2	Einfluß ausgewählter Parameter auf die energetische Effizienz transkritischer WP-Prozesse mit dem Arbeitsstoff CO <sub>2</sub>	37
4.2	Thermodynamische Verluste in Trocknungswärmepumpen	43
4.2.1	Exergieverluste in konventionellen und transkritischen CO <sub>2</sub> -Prozessen	43

<b>5</b>	<b>Experimentelle Untersuchung einer CO<sub>2</sub>-Trocknungswärmepumpe für gewerbliche Anwendungen</b>	<b>50</b>
5.1	Versuchsaufbau	50
5.1.1	Verdichter	52
5.1.2	Kältemaschinenöl - Reniso C 130 E	53
5.1.3	Wärmeübertrager	55
5.1.4	Expansionsventile	56
5.2	Angewandte Regelstrategie und sicherheitstechnische Einrichtungen	57
5.2.1	Regelung des Warmluft-Trocknungsprozesses	57
5.2.2	Regelung des Differenzwärmeabgabe	59
5.3	Meßtechnik	59
5.3.1	Meßtechnische Ausstattung des Verdichters	62
5.4	Meßergebnisse	64
<b>6</b>	<b>Auswertung</b>	<b>71</b>
6.1	CO <sub>2</sub> -Enthitzer/Lufterhitzer	71
6.1.1	Berechnungsansätze für den luftseitigen Wärmeübergang	71
6.1.2	Innerer Wärmeübergangskoeffizient	73
6.1.3	Vergleich von Meßwerten und theoretischen Berechnungen	73
6.2	Verdichter	76
6.3	Trocknungsanlage	80
<b>7</b>	<b>Optimierungsmöglichkeiten</b>	<b>85</b>
7.1	Steigerung des Trockengewichtes der Wäsche	85
7.2	Regelstrategie	85
7.3	Microchannel Heat Exchanger	85
7.4	Innerer Wärmeübertrager	86
7.5	Arbeitsleistende Expansionsmaschine	88
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>90</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b>	<b>92</b>
<b>10</b>	<b>Anhang A - Technisches Regelwerk für transkritische CO<sub>2</sub>-Systeme</b>	<b>98</b>
<b>11</b>	<b>Anhang B - Tabellen und Diagramme</b>	<b>105</b>