

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
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
2	Wärmepumpentrocknung	9
2.1	Wärmetickergewinnung 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
3	Berechnungsgrundlagen kältetechnischer Prozesse	25
3.1	Zustandsgleichung für das fluide Gebiet von Kohlendioxid	25
3.2	Energetische Bewertung konventioneller und transkritischer Kalt dampf-Kompressionsprozesse	28
3.2.1	Konventionelle Kalt dampf-Kompressionsprozesse	28
3.2.2	Transkritische Prozeßführungen	31
3.3	Verdichtung	34
4	Computergestützte Berechnung der Wärmepumpenprozesse	36
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_2	37
4.2	Thermodynamische Verluste in Trocknungswärmepumpen	43
4.2.1	Exnergieverluste in konventionellen und transkritischen CO_2 -Prozessen	43

5	Experimentelle Untersuchung einer CO₂-Trocknungswärmepumpe für gewerbliche Anwendungen	50
5.1	Versuchsaufbau	50
5.1.1	Verdichter	52
5.1.2	Kältemaschinenöl - Reniso C 130 E	53
5.1.3	Wärmeträger	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
6	Auswertung	71
6.1	CO ₂ -Enthitzer/Luftheritzer	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
7	Optimierungsmöglichkeiten	85
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
8	Zusammenfassung und Ausblick	90
9	Literatur	92
10	Anhang A - Technisches Regelwerk für transkritische CO₂-Systeme	98
11	Anhang B - Tabellen und Diagramme	105