

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1.	EINLEITUNG	1
2.	AUFGABE UND ZIELSETZUNG	3
3.	BISHER VERÖFFENTLICHTE ARBEITEN	5
3.1	Anlagensimulationen und meßtechnische Untersuchungen	5
3.2	Thermische Zustandsgleichungen	11
3.3	Thermodynamische Stoffdaten binärer Kältemittelgemische	14
3.4	Wärmeübertragungsverhalten	16
4.	THEORIE DER NICHTAZEOTROPEN ZWEISTOFFGEMISCHE	19
4.1	Phasenwechsel nichtazeotroper Kältemittelgemische	19
4.2	Berechnung von Dampf- und Flüssigkeitsgleichgewichten	21
4.3	Möglichkeiten der Energieeinsparung durch geeignete Wahl der Gemischkomponenten	23
4.3.1	Anpassung an den Lorenz-Prozeß	23
4.3.2	Kombinationsmöglichkeiten für den Wärmepumpenbetrieb	25
4.3.3	Kombinationsmöglichkeiten für den Zweitemperaturkühlschrank	29
4.4	Thermische Zustandsgleichungen zur Gleichgewichtsberechnung von nichtazeotropen Kältemittelgemischen	30
4.4.1	Die Redlich-Kwong-Soave-Gleichung (RKS, Version 1980)	31
4.4.2	Die Carnahan-Starling-Morrison-Gleichung (CSM)	36
4.4.3	Erzielbare Genauigkeit bei der Darstellung des p,v,T-Verhaltens reiner Kältemittel	39
5.	MESSUNG UND BERECHNUNG VON PHASENGLEICHGEWICHTEN DER SYSTEME R 13 B1/R 114 UND R 22/R 114	45
5.1	Phasengleichgewichtsmessungen am System R 13 B1/R 114	45
5.1.1	Die Versuchsanordnung	45
5.1.1.1	Die Temperaturmessung	46
5.1.1.2	Die Druckmessung	47
5.1.1.3	Die Konzentrationsmessung	47
5.1.2	Meßergebnisse	48
5.1.2.1	Dampfdrücke der reinen Komponenten	48
5.1.2.2	Gleichgewichtsmessdaten	49
5.1.2.3	Ermittlung der Aktivitätskoeffizienten	51
5.1.2.4	Prüfung der Daten auf thermodynamische Konsistenz	54
5.2	Gleichgewichtsberechnung der Systeme R 13 B1/R 114 und R22/R 114	56
5.2.1	Das System R 13 B1/R 114	57
5.2.2	Das System R 22/R 114	57

	<u>Seite</u>
6. KREISLAUFBERECHNUNGEN	60
6.1 Genauigkeit der Berechnungen und Diskussion der Vergleichsmöglichkeiten zwischen reinem Kältemittel und Kältemittelgemisch	60
6.1.1 Erzielbare Genauigkeit bei der Analyse einfacher Kältekreisläufe	60
6.1.2 Vorüberlegungen zu einem Vergleich zwischen Gemischen und reinen Kältemitteln	64
6.2 Simulation einer Brauchwasserwärmepumpe	66
6.2.1 Simulationsmodell	66
6.2.2 Berechnung der Wärmeaustauscher	68
6.2.2.1 Berechnung des Kondensators	68
6.2.2.2 Berechnung des Verdampfers	72
6.2.3 Simulationsergebnisse	74
6.2.3.1 Exergetische Analyse des Kreislaufs	79
6.2.4 Innerer Wärmeaustausch	82
6.2.4.1 Exergetische Analyse des Prozesses mit innerem Wärmeaustausch	84
6.2.5 Simulation eines Kreislaufs mit variabler Wärmeleistung	87
6.3 Simulation eines Zweitemperaturkühlschranks	88
6.3.1 Exergetische Analyse des Zweitemperaturkühlschranks	94
6.3.2 Einfluß der inneren Wärmeaustauscher auf die Energieaufnahme	97
7. VERSUCHSTECHNISCHER TEIL	100
7.1 Brauchwasserwärmepumpe	100
7.1.1 Der Kältemittelkreislauf	100
7.1.1.1 Verflüssiger und Verdampfer	100
7.1.1.2 Die Wasserkreisläufe	102
7.1.1.3 Die Verdichter	102
7.1.2 Meßwertaufnahme	103
7.1.2.1 Druckmessung	103
7.1.2.2 Temperaturmessung	104
7.1.2.3 Elektrische Leistungsmessung	105
7.1.3 Betriebsparameter und Versuchsdurchführung	105
7.1.3.1 Meßergebnisse mit dem Verdichter Sc 15 D	107
7.1.3.2 Meßergebnisse mit dem Verdichter SC 12 D	109
7.1.3.3 Meßfehler	111
7.2 Zweitemperaturkühlschrank	112
7.2.1 Der Kältemittelkreislauf	112
7.2.1.1 Der Wärmeträgerkreislauf	114
7.2.1.2 Die Kälte-trägerkreisläufe	115
7.2.1.3 Der Verdichter	116

	<u>Seite</u>
7.2.2 Meßwertaufnahme	116
7.2.2.1 Temperaturmessung	117
7.2.2.2 Druckmessung	118
7.2.2.3 Leistungsaufnahme des Verdichters	118
7.2.3 Betriebsparameter und Versuchsdurchführung	119
7.2.3.1 Meßergebnisse	123
7.2.3.2 Meßfehler	129
8. VERGLEICH DER MESSERGEBNISSE MIT DEN SIMULATIONSRECHNUNGEN	131
8.1 Brauchwasserwärmepumpe	131
8.2 Zweitemperaturkühlschrank	131
9. ZUSAMMENFASSUNG	134
10. LITERATURVERZEICHNIS	136
11. ANHANG	144