

Dipl.-Ing. Michael Kleemiß, Hannover

Thermodynamische Eigenschaften zweier ternärer Kältemittelgemische

– Messungen und Zustandsgleichungen –

Reihe **19**: Wärmetechnik/
Kältetechnik

Nr. **98**

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	VII
Kurzfassung	XII
1 Einleitung	1
2 Die Messung thermischer Zustandsgrößen	3
2.1 Temperatur- und Druckmessung	3
2.1.1 Temperaturmessung	3
2.1.2 Druckmessung	4
2.2 Vorbereitung der Kältemittelgemische	7
2.2.1 Aufbereitung der Reinstoffe	7
2.2.2 Herstellung der Gemische	8
2.3 Messung der Flüssigkeitsdichte	11
2.3.1 Prinzip und Auswertung	11
2.3.2 Aufbau der Versuchsanordnung	12
2.4 Messung des Phasengleichgewichts	15
2.4.1 Die Gleichgewichtsapparatur für den Temperaturbereich $T \leq T_U$	15
2.4.2 Die Gleichgewichtsapparatur für den Temperaturbereich $T > T_U$	18
2.4.3 Das Probeentnahmesystem	21
2.4.4 Ablauf der Messungen und Auswertung der GC-Analysen . . .	23
2.5 Messung der Gasdichte nach dem Burnettverfahren	28
2.5.1 Grundlagen des Verfahrens	28
2.5.2 Aufbau der Apparatur und Versuchsdurchführung	30
2.5.3 Auswertung der Expansionsreihen	33
3 Zusammenstellung und Regression der Meßwerte der binären und ternären Gemische	35
3.1 Das Flüssigkeitsgebiet	36
3.1.1 Die Gleichung der Reinstoffe	36
3.1.2 Die Gemischgleichung	38
3.1.3 Berechnung der Siededichte	48
3.1.4 Darstellung der Mischungseffekte	51
3.2 Das Gasgebiet	54
3.2.1 Die Virialzustandsgleichungen der Reinstoffe	54
3.2.2 Die Virialzustandsgleichungen der binären und ternären Gemische	56
3.2.3 Berechnung von Schallgeschwindigkeit und Taudichte	67
3.2.4 Darstellung der Mischungseffekte	71

3.3	Das Phasengleichgewicht	74
3.3.1	Thermodynamische Beschreibung des Phasengleichgewichts . .	74
3.3.2	Beschreibung des Phasengleichgewichts mit einer thermischen Zustandsgleichung	75
3.3.3	Beschreibung des Phasengleichgewichts mit einem \bar{g}^E -Modell .	80
3.3.4	Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Werten	87
3.3.5	Berechnung der Temperaturdifferenz beim isobaren Phasen- wechsel	104
Anhang		
A	Beurteilungskriterien der Meßwerte	108
B	Ergänzungen zu den Zustandsgleichungen	109
B.1	Berechnung des Phasengleichgewichts	109
C	Meßwerte	112
C.1	Meßwerte des Phasengleichgewichts	112
C.2	Werte der Biegeschwingermessung	118
C.3	Werte der Burnettmessung	136
Literaturverzeichnis		145