

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung . . . . .	1
2	Präzisionsmessungen thermodynamischer Zustandsgrößen . . . . .	3
2.1	Meßunsicherheiten . . . . .	3
2.2	Die Vorbereitung der Versuchsstoffe . . . . .	5
2.2.1	Reinheitsanalyse und Aufbereitung . . . . .	5
2.2.2	Die Herstellung der Gemische . . . . .	6
2.3	Temperatur- und Druckmeßketten . . . . .	8
2.3.1	Die Temperaturmessung . . . . .	8
2.3.2	Die Druckmessung . . . . .	11
2.4	Die Bestimmung der Gasdichte nach dem Burnettverfahren . . . . .	13
2.4.1	Grundlagen . . . . .	13
2.4.2	Der Schwerkrafteinfluß . . . . .	14
2.4.3	Das Auswerteverfahren . . . . .	19
2.4.4	Die Burnettapparatur . . . . .	24
2.5	Die Messung der Flüssigkeitsdichte . . . . .	27
2.5.1	Meßprinzip und Auswertemethode . . . . .	27
2.5.2	Die Biegeschwingerapparatur . . . . .	30
2.6	Dampfdruck- und Phasengleichgewichtsmessungen . . . . .	33
3	Meßwerte der Reinstoffe R 134a und R 152a . . . . .	37
3.1	Die Wärmekapazität im idealen Gaszustand . . . . .	37
3.2	Die Meßwerte des R 134a . . . . .	39
3.2.1	Tripelpunkt und kritischer Punkt . . . . .	39
3.2.2	Das Einphasengebiet . . . . .	40
3.2.2.1	Das Gasgebiet . . . . .	40
3.2.2.2	Das Flüssigkeitsgebiet . . . . .	45
3.2.2.3	Kritisches und überkritisches Gebiet . . . . .	51
3.2.3	Sättigungsgrößen . . . . .	53
3.2.3.1	Der Dampfdruck . . . . .	53
3.2.3.2	Siede- und Taudichte . . . . .	53
3.2.3.3	Kalorische Meßwerte im Zweiphasengebiet . . . . .	54
3.3	Die Meßwerte des R 152a . . . . .	55
3.3.1	Tripelpunkt und kritischer Punkt . . . . .	55
3.3.2	Das Einphasengebiet . . . . .	56
3.3.2.1	Das Gasgebiet . . . . .	57
3.3.2.2	Das Flüssigkeitsgebiet . . . . .	57

3.3.2.3	Kritisches und überkritisches Gebiet . . . . .	60
3.3.3	Sättigungsgrößen . . . . .	61
4	Fundamentalgleichungen für R 134a und R 152a . . . . .	64
4.1	Der Idealanteil der freien Energie . . . . .	64
4.2	Der Realanteil der freien Energie . . . . .	65
4.2.1	Die gewichtete Fehlerquadratsumme . . . . .	65
4.2.2	Die Strukturoptimierung . . . . .	67
4.2.2.1	Das Verfahren . . . . .	67
4.2.2.2	Die Datensätze . . . . .	70
4.2.3	Die nichtlineare Optimierung . . . . .	74
4.2.3.1	Die Datensätze . . . . .	74
4.2.3.2	Das Verfahren . . . . .	78
4.3	Die Fundamentalgleichung für R 134a . . . . .	79
4.3.1	Wiedergabe der Meßwerte . . . . .	81
4.4	Die Fundamentalgleichung für R 152a . . . . .	96
4.4.1	Wiedergabe der Meßwerte . . . . .	97
5	Die Eigenschaften des Gemisches aus R 152a und R 134a . . . . .	104
5.1	Meßwerte und Mischungseffekte . . . . .	104
5.1.1	Das Gasgebiet . . . . .	104
5.1.2	Das Flüssigkeitsgebiet . . . . .	108
5.1.3	Das Phasengleichgewicht . . . . .	111
5.2	Die Fundamentalgleichung für das Gemisch aus R, 134a und R 152a . . . . .	115
5.2.1	Die Entwicklung der Gleichungsstruktur . . . . .	115
5.2.1.1	Der Idealanteil . . . . .	115
5.2.1.2	Das Basismodell für den Realanteil . . . . .	116
5.2.1.3	Dimensionslose Variablen und Bezugsfunktionen . . . . .	120
5.2.1.4	Die Zusatzfunktion $\Phi^E$ . . . . .	122
5.2.1.5	Weitere Parameter der Modellgleichung . . . . .	122
5.2.2	Die Fundamentalgleichung des Gemisches . . . . .	124
5.2.3	Die Wiedergabe thermodynamischer Eigenschaften . . . . .	125
6	Zusammenfassung . . . . .	132
	Literaturverzeichnis . . . . .	133
	<b>Anhang</b>	
A	Meßwerte des Gemisches R 152a–R 134a . . . . .	141
B	Einfache Zustandsgleichungen . . . . .	156
B.1	Dampfdruck- und Siededruckgleichungen . . . . .	156
B.2	Gleichungen für die Siededichte . . . . .	157
B.3	Gleichungen für die Taudichte der reinen Stoffe . . . . .	158
B.4	Zustandsgleichungen für das Gasgebiet . . . . .	158

B.5	Zustandsgleichungen für das Flüssigkeitsgebiet . . . . .	160
B.6	$C_{p,m}^o$ -Gleichungen . . . . .	162
B.7	Ausgleichsfunktionen für überkritische Isothermen . . . . .	162
C	Zustandsgrößen und Modellgleichung . . . . .	164
C.1	Thermodynamische Relationen . . . . .	164
C.2	Ableitungen der Modellgleichungen . . . . .	169
C.2.1	Die Modellgleichungen der Reinstoffe . . . . .	169
C.2.2	Die Modellgleichung des Gemisches . . . . .	170