

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort zur 13. Auflage</b> .....	5
<b>1 Kleine Geschichte der Kältetechnik</b> .....	11
<b>2 Physikalische Grundlagen</b> .....	19
2.1 Allgemeines .....	19
2.2 Die Materie .....	19
2.2.1 Gesetz von der Erhaltung der Stoffe .....	21
2.3 Basisgrößen und Basiseinheiten .....	22
2.3.1 Masse .....	22
2.3.2 Kraft .....	23
2.3.3 Gewichtskraft .....	24
2.4 Dichte, Masse, Volumen .....	25
2.5 Tabellen für Dichten .....	26
2.6 Aggregatzustand und Siedepunkt .....	30
2.7 Dampfdruck der Kältemittel .....	33
2.8 Gase und Dämpfe .....	35
2.8.1 Dichte von Gasen .....	36
2.8.2 Volumen von Gasen .....	36
2.9 Druck und Druckeinheiten .....	39
2.9.1 Ausbreitung des Drucks .....	40
2.9.2 Druckdarstellung .....	40
2.9.3 Druckmessung .....	42
2.9.4 Druckmessung beim Evakuieren .....	44
2.9.5 Druckmessung mit dem Schrägrohrmanometer .....	46
2.10 Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad .....	49
2.10.1 Arbeit .....	49
2.10.2 Hubarbeit .....	50
2.10.3 Energie, Satz von der Erhaltung der Energie .....	50
2.10.4 Leistung .....	52
2.10.5 Wirkungsgrad .....	53
2.11 Wärmeäquivalent .....	56
2.12 Jahresarbeit und Energiekosten .....	59
<b>3 Thermodynamik</b> .....	63
3.1 Allgemeines .....	63
3.2 Die beiden Hauptsätze der Thermodynamik .....	63

3.2.1	Erster Hauptsatz der Thermodynamik .....	63
3.2.2	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik .....	64
3.3	Die Temperatur als Zustandsgröße .....	66
3.3.1	Celsius-Skala .....	66
3.3.2	Die thermodynamische (absolute) Temperatur (Kelvin-Skala) .....	67
3.3.3	Temperaturmessgeräte .....	68
3.3.4	Die verschiedenen Temperaturmesssysteme und ihre Bezugspunkte .....	70
3.3.5	Thermodynamische Temperatur und Gasgesetze .....	72
3.3.6	Wärmedehnung .....	78
3.4	Wärmemenge, Wärmekapazität .....	83
3.5	Tabellen – Spezifische Wärmekapazität .....	88
3.6	Wärmestrom, Kälteleistung .....	93
3.7	Die latente Wärme .....	95
3.7.1	Erstarrungswärme und Schmelzwärme $q$ .....	95
3.7.2	Kältebedarf beim Einfrieren .....	99
3.7.3	Verdampfungswärme und Verflüssigungswärme $r$ .....	102
3.7.4	Sensible und latente Wärmemengen am Beispiel Wasser .....	105
3.7.5	Wärme und Kälte, Kältemaschine .....	108
3.8	Die Enthalpie $h$ und der Kältemittelmassenstrom $\dot{m}_R$ .....	110
3.9	Physikalische und thermodynamische Größen der Dampftafeln .....	114
3.10	Wärmeübertragung .....	118
3.10.1	Wärmeleitung .....	118
3.10.2	Wärmestrahlung .....	120
3.10.3	Konvektion (Strömung) .....	121
3.11	Wärmedurchgang – Wärmeleitung – Wärmedämmung .....	124
3.12	Das System der Kälteanlage .....	137
3.12.1	Allgemeines .....	137
3.12.2	Der Kaltdampfkompressionsprozess .....	137
3.12.3	Zustandsänderungen im Kältemittelkreisprozess .....	144
3.12.4	Der Kältemittelkreislauf in Symbolen .....	147
3.13	Der Kältemittelkreisprozess im Druck-Enthalpie-Diagramm .....	154
3.13.1	Das Druck-Enthalpie-Diagramm, Entstehung und Aufbau .....	154
3.13.2	Der Kältemittelkreisprozess im Druck-Enthalpie-Diagramm .....	160
3.13.3	Verdichtungsendtemperatur $t_{V2}$ , Drosseldampfanteil $x$ und spezifisches Volumen $v$ .....	165
3.13.4	Nutzkältegewinn $q_{0e}$ , Verdichterarbeit $w_{is}$ und Verflüssigerwärme $q_c$ .....	168
3.13.5	Die isentrope Kälteleistungszahl $\epsilon_{Kis}$ und die Kälteleistungszahl nach Carnot $\epsilon_{KC}$ .....	171
3.13.6	Die volumetrische Kälteleistung $q_{0v}$ .....	173

3.13.7	Einfluss von Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur auf den Kreisprozess.....	176
3.13.8	Unterkühlung, Vorverdampfung und Flüssigkeits-Saugdampf-Wärmeübertrager .....	178
<b>4</b>	<b>Kälteanlagen.....</b>	<b>185</b>
4.1	Die Hauptteile einer Kälteanlage .....	185
4.2	Der Verdichter.....	186
4.2.1	Kenngrößen des Verdichtungsprozesses.....	188
4.2.2	Offene Hubkolbenverdichter.....	201
4.2.3	Halbhermetische Hubkolbenverdichter .....	205
4.2.4	Hermetische Hubkolbenverdichter .....	208
4.2.5	Rotationskolbenverdichter .....	209
4.2.6	Störungen am Kältemittelverdichter .....	217
4.3	Der Verflüssiger .....	227
4.3.1	Luftgekühlte Verflüssiger.....	228
4.3.2	Wassergekühlte Verflüssiger .....	233
4.3.3	Verdunstungs-Verflüssiger .....	240
4.3.4	Der Kältemittelsammler .....	243
4.4	Der Verdampfer .....	246
4.4.1	Die wichtigsten Bauformen.....	246
4.4.2	Sonstige Bauformen und Zusatzeinrichtungen .....	251
4.4.3	Druckverluste im Verdampfer – Mehrfacheinspritzung.....	254
4.4.4	Die Verdampferleistung.....	255
4.4.5	Störungen am Ventilator-Verdampfer .....	259
4.5	Das Drosselorgan .....	265
4.5.1	Allgemeines.....	265
4.5.2	Die wichtigsten Drosselorgane.....	265
4.6	Rohrleitungen .....	277
4.6.1	Allgemeines.....	277
4.6.2	Anforderungen an eine gute Rohrleitungsinstallation .....	278
4.6.3	Prinzipielle Grundlagen.....	278
4.6.4	Kennzeichnung von Kältemittelleitungen.....	282
4.7	Kältemittel .....	285
4.7.1	Allgemeines.....	285
4.7.2	Welche Stoffe sind als Kältemittel geeignet? .....	285
4.7.3	Historische Entwicklung .....	286
4.7.4	Anforderungsprofil.....	287
4.7.5	Einteilung, Terminologie und Klassifizierung der Kältemittel .....	288
4.7.6	Kältemittel und Atmosphäre.....	299
4.7.7	Gesetzliche Regelungen / Verwendungsverbote .....	300
4.7.8	Aktuelle Kältemittel .....	303

4.7.9	Physikalische Eigenschaften und Stoffdaten von wichtigen Kältemitteln. . . . .	311
4.7.10	Arbeitsunterlagen der Kältemittelhersteller . . . . .	317
4.7.11	Literatur, Normen, Regelwerke. . . . .	318
<b>5</b>	<b>Lösungen der Übungsaufgaben</b> . . . . .	<b>321</b>
5.1	Zu Kapitel 2 – Physikalische Grundlagen . . . . .	321
	Aufgaben 1. . . . .	321
	Aufgaben 2. . . . .	322
	Aufgaben 3. . . . .	323
	Aufgaben 4. . . . .	324
5.2	Zu Kapitel 3 – Thermodynamik . . . . .	325
	Aufgaben 5. . . . .	325
	Aufgaben 6. . . . .	326
	Aufgaben 7. . . . .	328
	Aufgaben 8. . . . .	329
	Aufgaben 9. . . . .	331
5.3	Zu Kapitel 4 – Kälteanlagen . . . . .	332
	Aufgaben 10. . . . .	332
	Aufgaben 11. . . . .	335
	Aufgaben 12. . . . .	335
	Aufgaben 13. . . . .	338
	Aufgaben 14. . . . .	339
	Aufgaben 15. . . . .	340
	Aufgaben 16. . . . .	341
	<b>Anhang</b> . . . . .	<b>343</b>
	<b>Sachregister</b> . . . . .	<b>365</b>