

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kleine Geschichte der Kältetechnik</b> .....	9
<b>2</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b> .....	17
2.1	Allgemeines .....	17
2.2	Die Materie .....	17
2.2.1	Gesetz von der Erhaltung der Stoffe .....	19
2.3	Basisgrößen und Basiseinheiten .....	20
2.3.1	Masse .....	20
2.3.2	Kraft .....	21
2.3.3	Gewichtskraft .....	22
2.4	Dichte, Masse, Volumen .....	23
2.5	Tabellen für Dichten .....	24
2.6	Aggregatzustand und Siedepunkt .....	29
2.7	Dampfdruck der Kältemittel .....	32
2.8	Gase und Dämpfe .....	34
2.8.1	Dichte von Gasen .....	35
2.8.2	Volumen von Gasen .....	35
2.9	Druck und Druckeinheiten .....	38
2.9.1	Ausbreitung des Drucks .....	39
2.9.2	Druckdarstellung .....	39
2.9.3	Druckmessung .....	41
2.9.4	Druckmessung beim Evakuieren .....	43
2.9.5	Druckmessung mit dem Schrägrohrmanometer .....	45
2.10	Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad .....	48
2.10.1	Arbeit .....	48
2.10.2	Hubarbeit .....	49
2.10.3	Energie, Satz von der Erhaltung der Energie .....	49
2.10.4	Leistung .....	51
2.10.5	Wirkungsgrad .....	52
2.11	Wärmeäquivalent .....	55
2.12	Jahresarbeit und Energiekosten .....	58
<b>3</b>	<b>Thermodynamik</b> .....	61
3.1	Allgemeines .....	61
3.2	Die beiden Hauptsätze der Thermodynamik .....	61
3.2.1	Erster Hauptsatz der Thermodynamik .....	61
3.2.2	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik .....	62

3.3	Die Temperatur als Zustandsgröße	64
3.3.1	Celsius-Skala	64
3.3.2	Die thermodynamische (absolute) Temperatur (Kelvin-Skala)	65
3.3.3	Temperaturmessgeräte	66
3.3.4	Die verschiedenen Temperaturmesssysteme und ihre Bezugspunkte	68
3.3.5	Thermodynamische Temperatur und Gasgesetze	70
3.4	Wärmemenge, Wärmekapazität	76
3.5	Tabellen – Spezifische Wärmekapazität	81
3.6	Wärmestrom, Kälteleistung	86
3.7	Die latente Wärme	88
3.7.1	Erstarrungswärme und Schmelzwärme $q$	88
3.7.2	Kältebedarf beim Einfrieren	92
3.7.3	Verdampfungswärme und Verflüssigungswärme $r$	95
3.7.4	Sensible und latente Wärmemengen am Beispiel Wasser	98
3.7.5	Wärme und Kälte, Kältemaschine	101
3.8	Die Enthalpie $h$ und der Kältemittelmassenstrom $\dot{m}_R$	103
3.9	Physikalische und thermodynamische Größen der Dampftafeln	107
3.10	Wärmeübertragung	111
3.10.1	Wärmeleitung	111
3.10.2	Wärmestrahlung	113
3.10.3	Konvektion (Strömung)	114
3.11	Wärmedurchgang – Wärmeleitung – Wärmedämmung	117
3.12	Das System der Kälteanlage	130
3.12.1	Allgemeines	130
3.12.2	Der Kaldampfkompressionsprozess	130
3.12.3	Zustandsänderungen im Kältemittelkreisprozess	137
3.12.4	Der Kältemittelkreislauf in Symbolen	140
<b>4</b>	<b>Kälteanlagen</b>	<b>147</b>
4.1	Die Hauptteile einer Kälteanlage	147
4.2	Der Verdichter	148
4.2.1	Kenngrößen des Verdichtungsprozesses	150
4.2.2	Offene Hubkolbenverdichter	163
4.2.3	Halbhermetische Hubkolbenverdichter	167
4.2.4	Hermetische Hubkolbenverdichter	170
4.2.5	Rotationskolbenverdichter	171

4.3	Der Verflüssiger . . . . .	179
4.3.1	Luftgekühlte Verflüssiger . . . . .	180
4.3.2	Wassergekühlte Verflüssiger . . . . .	185
4.3.3	Der Verdunstungs-Verflüssiger . . . . .	192
4.3.4	Der Kältemittelsammler . . . . .	195
4.4	Der Verdampfer . . . . .	198
4.4.1	Die wichtigsten Bauformen. . . . .	198
4.4.2	Sonstige Bauformen und Zusatzeinrichtungen . . . . .	203
4.4.3	Druckverluste im Verdampfer – Mehrfacheinspritzung. . . . .	206
4.4.4	Die Verdampferleistung. . . . .	207
4.4.5	Störungen am Ventilator-Verdampfer . . . . .	211
4.5	Das Drosselorgan . . . . .	217
4.5.1	Allgemeines. . . . .	217
4.5.2	Die wichtigsten Drosselorgane . . . . .	217
4.6	Rohrleitungen . . . . .	229
4.6.1	Allgemeines. . . . .	229
4.6.2	Anforderungen an eine gute Rohrleitungsinstallation . . . . .	230
4.6.3	Prinzipielle Grundlagen. . . . .	230
4.6.4	Kennzeichnung von Kältemittelleitungen. . . . .	234
4.7	Kältemittel . . . . .	237
4.7.1	Allgemeines. . . . .	237
4.7.2	Welche Stoffe sind als Kältemittel geeignet? . . . . .	237
4.7.3	Historische Entwicklung . . . . .	238
4.7.4	Anforderungsprofil. . . . .	239
4.7.5	Einteilung, Terminologie und Klassifizierung der Kältemittel . . . . .	240
4.7.6	Kältemittel und Atmosphäre. . . . .	251
4.7.7	Gesetzliche Regelungen / Verwendungsverbote . . . . .	252
4.7.8	Aktuelle Kältemittel . . . . .	255
4.7.9	Physikalische Eigenschaften und Stoffdaten von wichtigen Kältemitteln. . . . .	261
4.7.10	Arbeitsunterlagen der Kältemittelhersteller . . . . .	267
4.7.11	Literatur, Normen, Regelwerke. . . . .	268
<b>5</b>	<b>Lösungen der Übungsaufgaben . . . . .</b>	<b>271</b>
5.1	Zu Kapitel 2 – Physikalische Grundlagen . . . . .	271
	Aufgaben 1. . . . .	271
	Aufgaben 2. . . . .	272
	Aufgaben 3. . . . .	273
	Aufgaben 4. . . . .	274

5.2	Zu Kapitel 3 – Thermodynamik . . . . .	275
	Aufgaben 5 . . . . .	275
	Aufgaben 6 . . . . .	276
	Aufgaben 7 . . . . .	278
	Aufgaben 8 . . . . .	279
5.3	Zu Kapitel 4 – Kälteanlagen . . . . .	281
	Aufgaben 9 . . . . .	281
	Aufgaben 10 . . . . .	284
	Aufgaben 11 . . . . .	286
	Aufgaben 12 . . . . .	287
	Aufgaben 13 . . . . .	289
	Aufgaben 14 . . . . .	289