

Heinz Veith · Dieter Schmidt

Grundkurs Kältetechnik

12. überarbeitete und erweiterte Auflage

VDE VERLAG GMBH

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 12. Auflage	5
1 Kleine Geschichte der Kältetechnik	11
2 Physikalische Grundlagen	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
3 Thermodynamik	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
3.4	Wärmemenge, Wärmekapazität	78
3.5	Tabellen – Spezifische Wärmekapazität.	83
3.6	Wärmestrom, Kälteleistung.	88
3.7	Die latente Wärme	90
3.7.1	Erstarrungswärme und Schmelzwärme q	90
3.7.2	Kältebedarf beim Einfrieren	94
3.7.3	Verdampfungswärme und Verflüssigungswärme r	97
3.7.4	Sensible und latente Wärmemengen am Beispiel Wasser	100
3.7.5	Wärme und Kälte, Kältemaschine	103
3.8	Die Enthalpie h und der Kältemittelmassenstrom \dot{m}_R	105
3.9	Physikalische und thermodynamische Größen der Dampftafeln	109
3.10	Wärmeübertragung	113
3.10.1	Wärmeleitung	113
3.10.2	Wärmestrahlung	115
3.10.3	Konvektion (Strömung).	116
3.11	Wärmedurchgang – Wärmeleitung – Wärmedämmung.	119
3.12	Das System der Kälteanlage	132
3.12.1	Allgemeines	132
3.12.2	Der Kaltdampfkompansionsprozess	132
3.12.3	Zustandsänderungen im Kältemittelkreisprozess	139
3.12.4	Der Kältemittelkreislauf in Symbolen	142
3.13	Der Kältemittelkreisprozess im Druck-Enthalpie-Diagramm	149
3.13.1	Das Druck-Enthalpie-Diagramm, Entstehung und Aufbau.	149
3.13.2	Der Kältemittelkreisprozess im Druck-Enthalpie-Diagramm	155
3.13.3	Verdichtungsendtemperatur t_{v2} , Drosseldampfanteil x und spezifisches Volumen v	160
3.13.4	Nutzkältegewinn q_{0e} , Verdichterarbeit w_{is} und Verflüssigerwärme q_c	163
3.13.5	Die isentrope Kälteleistungszahl ϵ_{Kis} und die Kälteleistungszahl nach Carnot ϵ_{KC}	166
3.13.6	Die volumetrische Kälteleistung q_{0v}	168
3.13.7	Einfluss von Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur auf den Kreisprozess.	171
3.13.8	Unterkühlung, Vorverdampfung und Flüssigkeits-Saugdampf-Wärmeübertrager	173

4	Kälteanlagen.....	179
4.1	Die Hauptteile einer Kälteanlage.....	179
4.2	Der Verdichter.....	180
4.2.1	Kenngößen des Verdichtungsprozesses.....	182
4.2.2	Offene Hubkolbenverdichter.....	195
4.2.3	Halbhermetische Hubkolbenverdichter.....	199
4.2.4	Hermetische Hubkolbenverdichter.....	202
4.2.5	Rotationskolbenverdichter.....	203
4.2.6	Störungen am Kältemittelverdichter.....	211
4.3	Der Verflüssiger.....	221
4.3.1	Luftgekühlte Verflüssiger.....	222
4.3.2	Wassergekühlte Verflüssiger.....	227
4.3.3	Verdunstungs-Verflüssiger.....	234
4.3.4	Der Kältemittelsammler.....	237
4.4	Der Verdampfer.....	240
4.4.1	Die wichtigsten Bauformen.....	240
4.4.2	Sonstige Bauformen und Zusatzeinrichtungen.....	245
4.4.3	Druckverluste im Verdampfer – Mehrfacheinspritzung.....	248
4.4.4	Die Verdampferleistung.....	249
4.4.5	Störungen am Ventilator-Verdampfer.....	253
4.5	Das Drosselorgan.....	259
4.5.1	Allgemeines.....	259
4.5.2	Die wichtigsten Drosselorgane.....	259
4.6	Rohrleitungen.....	271
4.6.1	Allgemeines.....	271
4.6.2	Anforderungen an eine gute Rohrleitungsinstallation.....	272
4.6.3	Prinzipielle Grundlagen.....	272
4.6.4	Kennzeichnung von Kältemittelleitungen.....	276
4.7	Kältemittel.....	279
4.7.1	Allgemeines.....	279
4.7.2	Welche Stoffe sind als Kältemittel geeignet?.....	279
4.7.3	Historische Entwicklung.....	280
4.7.4	Anforderungsprofil.....	281
4.7.5	Einteilung, Terminologie und Klassifizierung der Kältemittel.....	282
4.7.6	Kältemittel und Atmosphäre.....	293
4.7.7	Gesetzliche Regelungen / Verwendungsverbote.....	294
4.7.8	Aktuelle Kältemittel.....	297
4.7.9	Physikalische Eigenschaften und Stoffdaten von wichtigen Kältemitteln.....	304
4.7.10	Arbeitsunterlagen der Kältemittelhersteller.....	311
4.7.11	Literatur, Normen, Regelwerke.....	312

5	Lösungen der Übungsaufgaben	315
5.1	Zu Kapitel 2 – Physikalische Grundlagen	315
	Aufgaben 1.	315
	Aufgaben 2.	316
	Aufgaben 3.	317
	Aufgaben 4.	318
5.2	Zu Kapitel 3 – Thermodynamik	319
	Aufgaben 5.	319
	Aufgaben 6.	320
	Aufgaben 7.	322
	Aufgaben 8.	323
	Aufgaben 9.	325
5.3	Zu Kapitel 4 – Kälteanlagen	326
	Aufgaben 10.	326
	Aufgaben 11.	329
	Aufgaben 12.	329
	Aufgaben 13.	332
	Aufgaben 14.	333
	Aufgaben 15.	334
	Aufgaben 16.	335
	Anhang	337
	Sachregister	359