Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 14. 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
3.3.6 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 ε_{Kis} und die Kälteleistungszahl nach Carnot ε_{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

4 Kälteanlagen . . . 185

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 . . . 215

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

5 Lösungen der Übungsaufgaben 321

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

Anhang 343

Sachregister 365