

Inhaltsverzeichnis

1	Physikalisches Fachwissen	11
1.1	Temperatur	11
1.1.1	Temperaturskalen	12
1.2	Druck	13
1.2.1	Druck durch feste Körper auf den Untergrund	14
1.2.2	Flüssigkeitsdruck (hydrostatischer Druck)	15
1.2.3	Druckmessung	16
1.2.4	Pressostate	20
1.3	Ausdehnung durch Temperaturänderung, Temperaturmessung	30
1.3.1	Ausdehnung fester Körper	31
1.3.2	Ausdehnung von Flüssigkeiten	33
1.3.3	Ausdehnung von Gasen	34
1.3.4	Temperaturmessung, Thermostate	37
1.4	Wärme, Energie, Arbeit	42
1.4.1	Das mechanische Wärmeäquivalent, 1. Hauptsatz der Wärmelehre	42
1.4.2	Der 2. Hauptsatz der Wärmelehre	43
1.4.3	Wärmeübertragung	44
1.4.4	Latente und sensible Wärmemengen	51
1.4.5	Enthalpie	56
1.4.6	Entropie	58
1.5	Kreisprozesse in Kälteanlagen	59
1.5.1	Aufbau des log p,h-Diagramms	61
1.5.2	Der einfache Kältemittelkreislauf im log p,h-Diagramm	67
1.5.3	Reale Kältemittelkreisläufe	73
2	Kältemittel	77
2.1	Grundlagen	77
2.2	Chemische Zusammensetzung von Kältemitteln	79
2.2.1	Kältemittelgruppen	79
2.2.2	Organische Einstoffkältemittel (reine Kältemittel)	80
2.2.3	Kältemittelgemische	83
2.2.4	Anorganische Kältemittel	86
2.2.5	Organische Kältemittel	91
2.3	Gesetzliche Vorschriften	92
2.3.1	Regelung zu ozonabbauenden Stoffen	93
2.3.2	Gesetzliche Vorgaben zur Absenkung der CO ₂ -Emissionen	94

Inhaltsverzeichnis

2.4	Sicherheit beim Umgang mit Kältemitteln	98
2.4.1	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kältemitteln.....	99
2.5	Übersicht zurzeit verwendeter Kältemittel	100
2.6	Kältemaschinenöl	103
3	Hauptteile einer Kälteanlage oder Wärmepumpe	107
3.1	Kältemittelverdichter	107
3.1.1	Bauformen von Kältemittelverdichtern.....	108
3.1.2	Verdichterbauarten.....	118
3.1.3	Kältemaschinenöl im Verdichter	135
3.1.4	Absorbtion.....	140
3.2	Verflüssiger	142
3.2.1	Luftgekühlte Verflüssiger.....	143
3.2.2	Wassergekühlte Verflüssiger	146
3.3	Verdampfer	151
3.3.1	Verdampfer zur Luftkühlung	152
3.3.2	Verdampfer zur Flüssigkeitskühlung.....	157
3.4	Drosselorgane	159
3.4.1	Das Kapillarrohr	160
3.4.2	Thermostatische Expansionsventile.....	162
3.5	Kältemittelführende Rohrleitungen.....	182
3.5.1	Allgemeine Hinweise	182
3.5.2	Rohrleitungsmaterial	184
4	Fachgerechte Installation einer einfachen Kälteanlage.....	195
4.1	Bauteile und Baugruppen einer einfachen ortsfesten Kälteanlage	195
4.1.1	Installation kältemittelführender Rohrleitungen	195
4.1.2	Bauteile für die Funktion und Wartung	213
4.2	Sicherheiten für den Betrieb von Kälteanlagen	222
4.2.1	Schutz der Kälteanlage gegen überhöhten Druck	222
4.3	Ölauffangsystem	233
4.4	Einfache Kälteanlage im Pump-Down-Betrieb	234
5	Inbetriebnahme von Kälteanlagen und Anlagenteilen	239
5.1	Prüfungen bei Inbetriebnahme ohne Kältemittelfüllung	239
5.1.1	Sichtprüfung	239
5.1.2	Druckfestigkeitsprüfung	240
5.1.3	Dichtheitsprüfung	241

5.2	Befüllen der Anlage mit Kältemittel	243
5.2.1	Fachgerechtes Evakuieren	243
5.2.2	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kältemitteln.....	245
5.2.3	Einfüllen von Kältemitteln	246
5.3	Prüfungen bei Inbetriebnahme mit Kältemittelfüllung	247
5.3.1	Funktionsprüfung und Einstellen der Anlagenparameter	247
5.3.2	Prüfung aller Sicherheitsbauteile	249
5.3.3	VDE-Messung	250
5.3.4	Messprotokoll, Dokumentation und Kennzeichnung.....	250
5.3.5	Übergabe an den Kunden mit Einweisung.....	251
6	Instandhaltung von Kälteanlagen	253
6.1	Wartung als vorbeugende Instandhaltung	254
6.1.1	Sichtprüfung	254
6.1.2	Reinigung.....	255
6.1.3	Funktionsprüfung.....	255
6.1.4	Prüfung der Sicherheitsbauteile	256
6.1.5	Dokumentation.....	256
6.1.6	Wiederkehrende Dichtheitsprüfung	257
6.2	Reparaturen (Instandsetzung) als korrektive Instandhaltung	258
6.3	Anforderungen an Rückgewinnung, Wiederverwendung und Entsorgung	259
6.3.1	Wiederverwertung und Entsorgung von Kältemittel	260
6.3.2	Wiederverwertung und Entsorgung von Kältemaschinenöl	261
7	Kälteanlagen mit Fallbeispielen, Berechnungsgrundlagen und Komponentenauswahl	263
7.1	Kältebedarf oder Kühllastberechnung	263
7.1.1	Leistungszahl <i>EER</i>	266
7.1.2	Betriebskostenberechnung	268
7.2	Auswahl des Verflüssigungssatzes	269
7.3	Auswahl des Luftkühlers mit <i>TEV</i>	273
7.3.1	Verdampferauswahl nach Katalog	274
7.3.2	Verdampferauswahlprogramm.....	278
7.3.3	Schnellauswahl thermostatisches Expansionsventil (<i>TEV</i>)	278
7.3.4	<i>TEV</i> -Auswahlprogramm	283
7.3.5	Auswahl elektronisches Expansionsventil (AKV und ETS).....	284
7.4	Zusatzunterkühler für Kältemittelflüssigkeit	286
7.4.1	Zusatzunterkühlung.....	288
7.5	Rohrdämmung	299
7.5.1	Rohrdämmung zum Kondensationsschutz.....	300
7.5.2	Brandschutz bei der Rohrdämmung	302
7.5.3	Montagehinweise zur Rohrdämmung	306

Inhaltsverzeichnis

7.6	Einsatz von Druckreglern in Kälteanlagen	309
7.6.1	Verdampfungsdruckregler.....	313
7.6.2	Verflüssigungsdruckregler.....	315
7.6.3	Sammelerdruckregler	317
7.6.4	Startdruckregler	317
7.6.5	Heißgasbypassregler.....	319
8	Kälteanlagen mit mehreren Verdichtern	323
8.1	Verbundsysteme	323
8.1.1	Regelung der Verbundanlage	324
8.1.2	Ölmanagement in Verbundanlagen.....	326
8.2	Zweistufige Kälteanlagen.....	331
8.2.1	Kaskade	331
8.2.2	Booster.....	334
8.3	CO ₂ -Anlagen.....	339
8.3.1	Kaskade als subkritische CO ₂ -Anlage	339
8.3.2	Transkritische CO ₂ -Anlagen.....	340
	Verzeichnis der zitierten Normen und Vorschriften	345
	Stichwortverzeichnis.....	347