

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort zur 21. Auflage .....</b>	V
<b>Vorwort zum 100. Geburtstag des „Pohlmann“ .....</b>	VI
<b>Zum Geleit .....</b>	VII
Zur Geschichte des „Pohlmann“ .....	VII
<b>Die Autoren .....</b>	X
<b>1 Grundlagen .....</b>	1
1.1 Maßsysteme, Einheiten .....	3
1.1.1 Atomphysikalische Einheiten für Stoffmenge .....	3
1.1.2 Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten .....	4
1.1.3 Gesetzliche abgeleitete Einheiten .....	4
1.1.4 Häufig verwendete Formelzeichen .....	8
1.2 Thermodynamik .....	12
1.2.1 Thermische Zustandsgrößen und Zustandsgleichungen .....	12
1.2.2 Zustandsänderungen .....	20
1.2.3 Thermische Kreisprozesse .....	24
1.2.4 Feuchte Luft .....	27
1.3 Wärmeübertragung .....	36
1.4 Strömungsmechanik .....	47
1.4.1 Rohrströmung .....	47
1.4.2 Volumenstrombestimmung .....	48
1.4.3 Druckverlustbestimmung .....	49
1.5 Meteorologie .....	59
1.5.1 Lufttemperatur .....	59
1.5.2 Die Enthalpie der Luft .....	63
1.5.3 Die Sonneneinstrahlung .....	65
1.5.4 Wasser- und Bodentemperaturen .....	68
1.5.5 Wind .....	70
1.5.6 Zusammengefasste Klimadaten .....	72

<b>2 Kälteerzeugung</b>	81
2.1 Verfahren der Kälteerzeugung	83
2.1.1 Einführung	83
2.2 Kältemittel	88
2.2.1 Eigenschaften von Kältemitteln	88
2.2.2 Aktuelle Kältemittelsituation	90
2.2.3 Ökologische Verträglichkeit	91
2.2.4 Perspektiven in der Kältemittelentwicklung	98
2.2.5 Kältemitteldaten	108
2.2.6 Sonstige Eigenschaften	112
2.3 Kältemaschinenöle	117
2.3.1 Einleitung	117
2.3.2 Physikalische Kenndaten von Kältemaschinenölen	118
2.3.3 Mineralöle	126
2.3.4 Teilsynthetische Kältemaschinenöle	128
2.3.5 Anforderungen an Kältemaschinenöle – DIN 51 503, Teil 1 [10]	133
2.4 Kompressions-Kälteanlage	139
2.4.1 Arbeitsweise	139
2.4.2 Theoretischer Vergleichs- und Ideal-Prozess	140
2.4.3 Der reale Kreisprozess	141
2.4.4 Zustandsgrößen	142
2.4.5 Besonderheiten bei nicht-azeotropen Kältemittelgemischen	144
2.4.6 Energetische Kennzahlen	148
2.4.7 Antriebe	149
2.5 Absorptions-Kälteanlagen	162
2.5.1 Absorptionsprinzip	162
2.5.2 Lithiumbromid-Absorptions-Kälteanlagen	165
2.5.3 Ammoniak-Absorptions-Kälteanlagen	173
2.5.4 Betriebskostenvergleich	182
2.5.5 Absorptions-Kälteapparate	184
2.5.6 Absorptions-Wärmepumpen	187
2.6 Andere Verfahren der Kälteerzeugung	191
2.6.1 Kaltgas-Kältemaschinen	191
2.6.2 Kompressionssysteme nach dem Lorenz-Prozess	193
2.6.3 Zusammenfassung	195

<b>3 Kälteverteilsysteme</b>	197
3.1 Direktverdampfung	199
3.1.1 Flutverdampfer	199
3.1.2 Direktverdampfer	199
3.1.3 VRV/VRF-Systeme	200
3.2 Wasserkühllanlagen (Kaltwassersatz)	203
3.2.1 Ausführungen von Wasserkühllanlagen	203
3.3 Kälteübertragungssysteme	209
3.3.1 Sole	211
3.3.2 Thermophysikalische Eigenschaften	213
3.3.3 Sonstige Eigenschaften	214
3.4 Eisbrei	215
3.4.1 Eisbrei-Anwendungen	215
3.4.2 Eingesetzte Additive	217
3.4.3 Stoffdaten und Eigenschaften von Eisbrei	218
3.4.4 Verfahren zur Eisbrei-Produktion	223
3.4.5 Eisbrei-Anlagen	226
3.4.6 Eisanteilbestimmung in Eisbreilösungen	232
3.5 Speichersysteme	244
3.5.1 Einteilung der Kältespeichersysteme	244
3.5.2 Eisspeicher	246
<b>4 Komponenten und Bauteile</b>	259
4.1 Verdichter	261
4.1.1 Berechnungsgrundlagen	261
4.1.2 Einstufige Anlagen mit Pumpenbetrieb	274
4.1.3 Grenzen der einstufigen Verdichtung	276
4.1.4 Zweistufige Anlagen	277
4.1.5 Kaskadenschaltung bei Kälteanlagen	285
4.1.6 Hubkolbenverdichter	286
4.1.7 Rotationsverdichter	294
4.2 Wärmeaustauscher	311
4.3 Verdampfer/Luftkühler	318
4.3.1 Verdampfer-/Luftkühlerleistung	318
4.3.2 Verdampfer-/Luftkühlerbauarten	321

4.4	Verflüssiger . . . . .	338
4.4.1	Verflüssigerleistung . . . . .	338
4.4.2	Verflüssigerbauarten . . . . .	343
4.4.3	Einfluss der Verschmutzung auf die Verflüssigerleistung . . . . .	364
4.5	Rückkühllanlagen . . . . .	368
4.5.1	Leistungsberechnung . . . . .	369
4.5.2	Hybride Trockenkühlung . . . . .	370
4.5.3	Rückkühler nach dem Verdunstungsprinzip . . . . .	378
4.6	Kältemittelregelung und Verteilung . . . . .	380
4.6.1	Entspannungsorgane . . . . .	380
4.6.2	Sekundärregler . . . . .	392
4.6.3	Mechanische Schaltgeräte . . . . .	403
4.6.4	Elektrische Schaltgeräte . . . . .	405
4.7	Apparate und Behälter im Kältemittelkreislauf . . . . .	407
4.7.1	Ölabscheider . . . . .	407
4.7.2	Hochdrucksammler . . . . .	411
4.7.3	Flüssigkeitsabscheider . . . . .	413
4.7.4	Ausgleichsbehälter . . . . .	419
4.7.5	Entlüfter . . . . .	420
4.8	Pumpen . . . . .	422
4.8.1	Allgemeines . . . . .	422
4.8.2	Wasser- und Kälteträgerpumpen . . . . .	424
4.8.3	Kältemittelpumpen . . . . .	427
4.9	Ventilatoren . . . . .	431
4.9.1	Allgemeines . . . . .	431
4.9.2	Axialventilatoren . . . . .	435
4.9.3	Radialventilatoren . . . . .	436
4.10	Rohrleitungen und Armaturen . . . . .	439
4.10.1	Rohrleitungen . . . . .	439
4.10.2	Rohrleitungen für Wasser . . . . .	460
4.10.3	Verlegung von Rohrleitungen . . . . .	462
4.10.4	Armaturen . . . . .	469
4.11	Anlagentechnik . . . . .	481
4.11.1	Allgemeines . . . . .	481
4.11.2	Hochdruckseite . . . . .	481
4.11.3	Niederdruckseite . . . . .	490
4.11.4	Abtauverfahren . . . . .	497

4.11.5 Behandlung von Kälteanlagen . . . . .	502
4.11.6 Füllen und Inbetriebnehmen . . . . .	505
<b>5 Anwendungen . . . . .</b>	<b>507</b>
5.1 Wärmerückgewinnung . . . . .	509
5.1.1 Wärmeverwendung . . . . .	518
5.1.2 Wärmepumpe . . . . .	520
5.2 Klimatisierung, Kühlen von Luft . . . . .	523
5.2.1 Sorptionsgestützte Klimatisierung . . . . .	523
5.2.2 Schwimmhallenklimatisierung . . . . .	541
5.2.3 Die VRF-Multi-Split-Technik . . . . .	551
5.3 Kühl- und Gefriergutlagerung . . . . .	562
5.3.1 Kühlhäuser . . . . .	562
5.3.2 Kühlcontainer . . . . .	592
5.3.3 Lebensmittelkühlung in Supermärkten . . . . .	610
5.4 Eiserzeugung . . . . .	623
5.4.1 Allgemeines . . . . .	623
5.4.2 Blockeis . . . . .	624
5.4.3 Eis in zerkleinerter Form . . . . .	630
5.4.4 Eismühlen und Eispressen . . . . .	634
5.4.5 Eislagerung . . . . .	635
5.4.6 Trockeneis . . . . .	637
5.4.7 Speiseeis . . . . .	645
5.5 Kunsteisbahnen . . . . .	651
5.5.1 Geschichtliches und Statistik . . . . .	651
5.5.2 Ausführung, Abmessungen und Betriebszeiten von Kunsteisbahnen . . . . .	652
5.5.3 Standortwahl und Bauausführung . . . . .	653
5.5.4 Betriebskosten . . . . .	659
5.6 Schnellgefrieren . . . . .	661
5.6.1 Allgemeines . . . . .	661
5.6.2 Gefrierverfahren . . . . .	668
5.6.3 Gefriertrocknung . . . . .	690
5.7 Systeme zur Luftbefeuchtung . . . . .	693
5.7.1 Der Einfluss der Raumfeuchte auf die Behaglichkeit des Menschen . . . . .	693
5.7.2 Die Darstellung der Zustandsänderung im h, x - Diagramm . . . . .	693

5.7.3	Systeme zur Luftbefeuchtung . . . . .	696
5.7.4	Ultraschallbefeuchter . . . . .	707
5.8	Steuerungstechnik . . . . .	711
5.8.1	Steuerungstechnik für den Betrieb von Kälteanlagen . . . . .	711
5.8.2	Betriebsmittel für kältetechnische Steuerung . . . . .	711
5.8.3	Steuerungstechnik für sicherheitstechnische Einrichtungen kältetechnischen Anlagen . . . . .	713
5.8.4	Die Sicherheitskette in einer Steuerung . . . . .	722
<b>6</b>	<b>Gebäude- und Dämmtechnik . . . . .</b>	<b>731</b>
6.1	Wärmedämmung . . . . .	733
6.1.1	Forderungen an den Werkstoff und Aufbau der Wärmedämmung für Kälteanlagen . . . . .	733
6.1.2	Wärmeleitfähigkeit . . . . .	734
6.1.3	Wärmeübergangskoeffizient . . . . .	743
6.2	Wasserdampfdiffusion . . . . .	745
6.2.1	Wasserdampfdiffusion durch wärmegedämmte Raumwände . . . . .	745
6.2.2	Wasserdampfdiffusionswiderstand . . . . .	746
6.2.3	Berechnung des Wärmestroms, des Temperaturverlaufs und der Wasserdampfdiffusion . . . . .	747
6.3	Herstellung, Eigenschaften und Anwendung der verschiedenen Wärmedämmstoffe für den Kälteschutz . . . . .	756
6.3.1	Dämmstoffe: Eigenschaften und Anwendungsbereiche . . . . .	756
6.3.2	Dämmstoffe aus Hartschäumen . . . . .	764
6.3.3	Sperrsichten und Hilfsstoffe . . . . .	769
6.3.4	Druckfestigkeit von Wärmedämmstoffen im Kühlraumbau . . . . .	770
6.4	Baurecht . . . . .	771
6.4.1	Einordnung der Bautechnik in die Bauordnung . . . . .	771
6.4.2	Bauantrag im bauaufsichtlichen Verfahren . . . . .	772
6.5	Brandschutz und Brandverhalten von Baustoffen . . . . .	773
6.5.1	Anforderungen an Baustoffe . . . . .	773
6.5.2	Anforderungen an Dachaufbauten . . . . .	775
6.5.3	Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 – Europäisches Klassifizierungssystem nach DIN EN 13501 . . . . .	775

6.6	Bau von Kühlräumen und Kühlgebäuden . . . . .	781
6.6.1	Ausführung von Wärmedämmarbeiten . . . . .	781
6.6.2	Wärmedämmung von Kühlräumen und Kühlhäusern . . . . .	781
6.6.3	Druckausgleichseinrichtungen in Kühlräumen . . . . .	788
6.6.4	Wärmedämmung von Rohrleitungen, Apparaten und Armaturen . . . . .	789
6.6.5	Kühlraumtüren . . . . .	790
6.6.6	Kühlraum-Beleuchtung . . . . .	793
6.7	Bautechnisches . . . . .	797
6.7.1	Beton . . . . .	797
6.7.2	Mauerwerk . . . . .	800
6.7.3	Maschinenfundamente . . . . .	800
6.7.4	Windlasten auf Gebäude und Bauteile . . . . .	801
6.8	Schwingungs- und Erschütterungsschutz sowie Körperschalldämmung . . . . .	802
6.8.1	Einbau von Korkplatten-Dämmsschichten . . . . .	802
6.8.2	Körperschalldämmung von Maschinenfundamenten . . . . .	802
6.8.3	Gummimetall-Elemente und Stahlfeder-Elemente . . . . .	803
6.9	Bauwerksabdichtung . . . . .	805
6.9.1	Normen und Regeln der Bauwerksabdichtung . . . . .	805
6.9.2	Produkte für Bauwerksabdichtungen . . . . .	806
6.9.3	Verarbeitung von Abdichtungsprodukten . . . . .	808
<b>7</b>	<b>Rechtliche Sonderfälle . . . . .</b>	<b>813</b>
7.1	Kältecontracting . . . . .	815
7.1.1	Die Kälteanlage im Unternehmen . . . . .	817
7.1.2	Risiken und Kosten . . . . .	818
7.1.3	Abrechnungsmodalitäten . . . . .	821
7.1.4	Preisanpassung . . . . .	822
7.1.5	Vertragliche Randbedingungen . . . . .	823
7.1.6	Zusammenfassung . . . . .	824
7.2	Abnahmeprüfung . . . . .	826
7.2.1	Abnahmeprüfungen nach gesetzlichen Vorgaben (Betriebssicherheitsverordnung) . . . . .	826
7.2.2	Abnahmeprüfung nach VOB . . . . .	826
7.2.3	Leistungs-Abnahmeprüfung . . . . .	827
7.2.4	Abnahme durch den Bauherrn . . . . .	831

<b>8 Gesetze, Vorschriften</b>	833
8.1 Grundlagen	835
8.1.1 Gesetzgebungsebenen	835
8.1.2 Aufbau gesetzlicher Regelungen	837
8.1.3 Beschaffenheitsanforderungen	838
8.1.4 Technische Dokumentationen	840
8.2 Nationale Regelungen	843
8.2.1 Produktsicherheitsgesetz	843
8.2.2 Betriebssicherheitsverordnung	847
8.2.3 Energieeinsparverordnung EnEV	853
8.2.4 Technische Regeln und Standards	859
8.3 Europäische Einflüsse	862
8.3.1 Das globale Konzept zur technischen europäischen Harmonisierung	862
8.3.2 Europäische Normen	863
8.3.3 Übersicht der Europäischen Richtlinien	863
8.3.4 Niederspannungsrichtlinie	864
8.3.5 Maschinenrichtlinie	864
8.3.6 Druckgeräterichtlinie (RL 97/23/EG)	865
8.3.7 Elektromagnetische Verträglichkeitsrichtlinie (89/336/EG)	870
8.4 Umweltgesetzgebung	871
8.4.1 Schutz der Ozonschicht	871
8.4.2 Schutz vor Erderwärmung	873
8.4.3 Kältemittel mit treibhausschädigenden Substanzen in KFZ-Klimaanlagen	879
<b>9 Anhang mit Stoffdaten und Tabellen</b>	881
9.1 Kältemittel Ig p,h-Diagramm	883
9.2 Dampftafeln (Nassdampfgebiet)	909
9.3 Volumetrische Kälteleistung	1162
9.4 Kälteträger	1184
9.5 Gewichtstabellen	1212
9.5.1 Dichte	1212
9.5.2 Staudichte	1215
9.5.3 Verschiedene Gewichtsangaben	1218

9.6 Stoffwerte . . . . .	1219
9.6.1 Ausdehnung . . . . .	1219
9.6.2 Spezifische Wärmekapazität . . . . .	1219
9.6.3 Schmelz- und Erstarrungsenthalpie . . . . .	1223
9.6.4 Verdampfungsenthalpie . . . . .	1224
9.6.5 Siedepunkte und Schmelzpunkte . . . . .	1224
9.6.6 Lösungen . . . . .	1226
9.6.7 Strahlungskoeffizient C . . . . .	1229
9.6.8 Stoffwerte für Kühltürme . . . . .	1230
9.6.9 Rohre . . . . .	1234
9.6.10 Diffusionswiderstandszahlen . . . . .	1236
9.7 Eiserzeugung . . . . .	1242
9.8 Kühlung von Flüssigkeiten . . . . .	1243
9.9 Lebensmittelkühlung . . . . .	1244
9.10 Schnellgefrieren . . . . .	1252
9.11 Kältetechnische Normen . . . . .	1259
 <b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	1265
 <b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	1271