

# Inhaltsverzeichnis

## Band 1

<b>Vorwort</b> . . . . .	<b>XV</b>
<b>1 Grundlagen der Kälteerzeugung</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen der Wärme- und Stoffübertragung</b> . . . . .	<b>21</b>
<b>3 Kälteerzeugung</b> . . . . .	<b>115</b>
<b>4 Umweltschutz</b> . . . . .	<b>197</b>
<b>5 Werkstoffe und Betriebsmittel, Korrosion</b> . . . . .	<b>233</b>
<b>6 Elektrotechnik</b> . . . . .	<b>363</b>
<b>7 Verdichter</b> . . . . .	<b>453</b>
<b>8 Wärmeaustauscher</b> . . . . .	<b>555</b>
<b>9 Regelung</b> . . . . .	<b>639</b>
<b>10 Wärmedämmung</b> . . . . .	<b>709</b>
<b>11 Schall- und Schwingungsschutz</b> . . . . .	<b>741</b>
<b>Inserenten- und Bezugsquellenverzeichnis</b> . . . . .	<b>1</b>

**Band 2****12 Kälteanwendungen**

12.1	Kältebehandlung von Lebensmitteln . . . . .	783
12.1.1	Zielstellung . . . . .	783
12.1.2	Entwicklungstendenzen . . . . .	784
12.1.3	Einfluß niedriger Temperaturen auf Lebensmittel . . . . .	787
12.1.4	Verfahren der Kältebehandlung . . . . .	798
12.1.5	Berechnung von Kältebehandlungsprozessen . . . . .	823
12.2	Kältebehandlung spezieller Lebensmittel . . . . .	849
12.2.1	Fleisch . . . . .	849
12.2.2	Geflügel . . . . .	861
12.2.3	Fleisch- und Wurstwaren . . . . .	863
12.2.4	Fertiggerichte . . . . .	867
12.2.5	Fisch . . . . .	873
12.2.6	Milch und Milchprodukte . . . . .	878
12.2.7	Obst und Gemüse . . . . .	882
12.2.8	Backwaren . . . . .	891
12.2.9	Zuckerwaren und Kakaoerzeugnisse . . . . .	899
12.2.10	Getränke . . . . .	900
12.2.11	Speiseeis . . . . .	908
12.3	Kältebehandlung von Pflanzen und pflanzlichen Produkten . . . . .	911
12.3.1	Vorbemerkungen . . . . .	911
12.3.2	Einfluß natürlicher Kälte auf Wachstum und Entwicklung von Pflanzen . . . . .	911
12.3.3	Samenlagerung . . . . .	913
12.3.4	Jungpflanzen . . . . .	920
12.3.5	Kühlagerung von Schnittblumen . . . . .	922
12.4	Kühlräume . . . . .	924
12.4.1	Kühlhäuser . . . . .	924
12.4.2	Kühlzellen . . . . .	954
12.5	Transportkühlung . . . . .	962
12.5.1	Straßenfahrzeuge (Straßentransportkühlung) . . . . .	962
12.5.2	Schienenfahrzeuge . . . . .	974
12.5.3	Kälteanwendung auf Schiffen . . . . .	977
12.5.4	Flugzeuge . . . . .	1031
12.6	Kälteanwendung im Verkauf . . . . .	1038
12.6.1	Adsorptions-Kälteaggregate . . . . .	1038
12.6.2	Verkaufskühlmöbel . . . . .	1041
12.7	Kälteanwendung beim Verbraucher . . . . .	1053
12.7.1	Klassische Haushaltskältegeräte . . . . .	1053
12.7.2	Solar-Kühlschränke . . . . .	1065
12.8	Kälteanwendung in der Industrie . . . . .	1066
12.8.1	Einleitung . . . . .	1066
12.8.2	Aufbau von Kälteanlagen . . . . .	1069
12.8.3	Kälteanlagen in der milchverarbeitenden Industrie . . . . .	1075
12.8.4	Kälteanlagen in Mälzereien . . . . .	1082
12.8.5	Kälteanlagen in Brauereien . . . . .	1085
12.8.6	Kälteanlagen im Tiefkühlkost-Bereich . . . . .	1091
12.8.7	Kälteanlagen in der Fleischindustrie . . . . .	1093
12.8.8	Kälteanlagen für Früchte . . . . .	1097
12.8.9	Kälteanlagen in der chemischen Industrie . . . . .	1100
12.8.10	Kälteanlagen in Prüfanlagen . . . . .	1106

12.8.11	Kälteanlagen im Bergbau . . . . .	1108
12.8.12	Kälteanlagen in der Bauindustrie . . . . .	1110
12.8.13	Wärmepumpen . . . . .	1114
12.9	Kälteanwendung in der Medizin . . . . .	1116
12.9.1	Historische Entwicklung . . . . .	1116
12.9.2	Biomedizinische Effekte durch Kälteeinwirkung . . . . .	1117
12.9.3	Physiotherapeutische Kälteanwendung . . . . .	1122
12.9.4	Kryokonservierung . . . . .	1126
12.9.5	Kryochirurgie . . . . .	1128
12.10	Kunsteisbahnen . . . . .	1148
12.10.1	Aufbau der Eisfläche . . . . .	1149
12.10.2	Kälteanlage der Eisbahn . . . . .	1151
12.10.3	Kältebedarf einer Kunsteisbahn . . . . .	1154
12.11	Wasserkühlsätze für Klimaanlage . . . . .	1154
12.11.1	Anforderungen . . . . .	1155
12.11.2	Schaltungen der Kältesätze . . . . .	1158
12.11.3	Einfluß der Verdampferbauart . . . . .	1158
12.11.4	Betriebsverhalten der Komponenten . . . . .	1158
12.11.5	Absorptionskältesätze . . . . .	1159
12.12	Literaturverzeichnis . . . . .	1160

### 13 Klimatechnik

13.1	Grundlagen der Klimatechnik . . . . .	1171
13.1.1	Thermodynamische Grundlagen . . . . .	1171
13.1.2	Zustandsänderungen im $h, x$ -Diagramm . . . . .	1175
13.1.3	Die Zustandsänderung im Luftkühler . . . . .	1176
13.1.4	Schematischer Aufbau einer Klimazentrale . . . . .	1177
13.1.5	Direkte Sorptionsverfahren mit festen Sorbentien . . . . .	1179
13.1.6	Aufbau offener Absorptionsanlagen . . . . .	1181
13.2	Notwendigkeit der Klimatechnik . . . . .	1186
13.2.1	Klimatechnik in Industriebetrieben . . . . .	1186
13.2.2	Die thermische Behaglichkeit des Menschen . . . . .	1190
13.2.3	Einfluß der Lufterneuerung . . . . .	1194
13.3	Anwendung der Klimatechnik . . . . .	1199
13.3.1	Gebäudeklimatisierung . . . . .	1199
13.3.2	Rechenzentrenklimatisierung . . . . .	1203
13.3.3	Krankenhausklimatisierung . . . . .	1207
13.3.4	Klimatisierung in Mikroelektronik- und Pharmabetrieben . . . . .	1211
13.4	Kälteversorgung von Klimaanlage . . . . .	1214
13.4.1	Kühllastberechnung . . . . .	1214
13.4.2	Berechnung der Kälteleistung für die Klimaanlage . . . . .	1216
13.4.3	Auslegung der Kälteanlagen . . . . .	1216
13.4.4	Bauarten der Kaltwassersätze . . . . .	1217
13.4.5	Kombinierte Kälteversorgung von Klimaanlage . . . . .	1219
13.5	Literaturverzeichnis . . . . .	1220

### 14 Wärmepumpen und ihre Anwendung

14.1	Grundlagen der Wärmepumpentechnik . . . . .	1221
14.1.1	Das Prinzip und Kreisprozesse der Wärmepumpe . . . . .	1221
14.1.2	Erfahrungen der Einsatzentwicklung von Wärmepumpen . . . . .	1222
14.1.3	Wärmepumpenanlagen zur Kopplung von Energieströmen . . . . .	1223
14.1.4	Energetische und ökologische Beurteilung von Wärmepumpen . . . . .	1225

14.1.5	Nebeneffekte bei Wärmepumpenanlagen	1228
14.1.6	Wirtschaftlichkeit und wärmepumpengerechte Gestaltung	1229
14.2	Wärmequellen und Wärmequellenanlagen	1230
14.2.1	Modell der Wärmequellen	1230
14.2.2	Umweltenergie	1231
14.2.3	Abwärme	1237
14.2.4	Kombination von Wärmequellen und Wärmepumpen-Quellnetze	1242
14.3	Wärmenutzungsanlagen	1245
14.3.1	Wege zu wärmepumpengerechten Heizleistungen	1245
14.3.2	Wege zu wärmepumpengerechten Heiznetzen	1247
14.3.3	Bivalente Heizungsanlagen mit Wärmepumpen	1250
14.3.4	Heiznetztemperatur- und Heizleistungsdiagramm, Umschalt- punkt und Koppelfaktor bivalenter Wärmepumpenanlagen	1252
14.4	Kälte-Wärme-Kopplung und Speicherung	1256
14.4.1	Arten der Kälte-Wärme-Kopplung	1256
14.4.2	Maßnahmen zur Entkopplung	1256
14.4.3	Speicher in Wärmepumpenanlagen	1258
14.5	Wärmepumpen-Maschinen und Geräte	1259
14.5.1	Arten von Wärmepumpen	1260
14.5.2	Art und Ausführung der Kreisprozesse	1261
14.5.3	Wärmepumpen mit Wärmekraftmaschinenprozeß	1263
14.5.4	Adsorptionswärmepumpen mit Zeolithen	1270
14.6	Wärmepumpen-Anwendung	1272
14.7	Literaturverzeichnis	1275

## 15 Tieftemperaturtechnik

15.1	Physikalische Grundlagen und Anwendungsgebiete	1277
15.1.1	Temperaturbereiche und Definitionen	1277
15.1.2	Thermodynamik und Unerreichbarkeit des absoluten Nullpunktes	1279
15.1.3	Physikalische Effekte als Grundlagen der Tieftemperaturtechnik	1282
15.1.4	Entwicklung der Technik und Anwendung tiefer Temperaturen	1286
15.2	Verfahren zur Erzeugung tiefer Temperaturen	1294
15.2.1	Klassifizierung der Verfahren	1294
15.2.2	Joule-Thomson-Verfahren	1295
15.2.3	Brayton- und Claude-Verfahren	1298
15.2.4	Regenerative Gaskälteverfahren	1302
15.3	Stoffe und Komponenten der Tieftemperaturtechnik	1318
15.3.1	Kryogene Flüssigkeiten als Kältemittel	1318
15.3.2	Werkstoffe bei tiefen Temperaturen	1320
15.3.3	Thermische Isolation	1329
15.3.4	Kryostate	1334
15.3.5	Meß- und Regeltechnik	1337
15.4	Literaturverzeichnis	1340

## 16 Montage

16.1	Allgemeines	1343
16.2	Montage von Kälteanlagen	1345
16.2.1	Verdichter, Fundamente	1345
16.2.2	Ausrichten von Verdichtersätzen	1351
16.2.3	Verflüssigungssätze	1357
16.2.4	Verbundkältesätze	1359
16.2.5	Verflüssiger, Kältemittelsammler	1361

16.2.6	Verdampfer, ND-Abscheider, MD-Behälter . . . . .	1364
16.2.7	Anordnung von Armaturen, Regel- und Überwachungsgeräten . . . . .	1364
16.2.8	Hilfseinrichtungen . . . . .	1369
16.2.9	Maschinenräume, Aufstellung . . . . .	1374
16.3	Rohrleitungsnetze . . . . .	1375
16.3.1	Bezeichnung der Rohrleitungen . . . . .	1375
16.3.2	Kennzeichnung von Rohrleitungen . . . . .	1376
16.3.3	Verlegung der Rohrleitungen . . . . .	1378
16.3.4	Verarbeitung von Rohrleitungen . . . . .	1387
16.3.5	Befestigung von Rohrleitungen . . . . .	1396
16.3.6	Schwingungen in Rohrleitungen . . . . .	1402
16.3.7	Bemessung der Rohrquerschnitte . . . . .	1404
16.4	Inbetriebnahme von Kälteanlagen . . . . .	1412
16.4.1	Erforderliche Geräte und Werkzeuge . . . . .	1412
16.4.2	Vorbereitung der Inbetriebnahme . . . . .	1413
16.4.3	Befüllen mit Öl und Kältemittel . . . . .	1421
16.4.4	Erprobung der MSR- und Sicherheitseinrichtungen . . . . .	1422
16.4.5	Abnahme, Leistungsmessung . . . . .	1423
16.5	Instandhaltung . . . . .	1428
16.5.1	Inspektion . . . . .	1428
16.5.2	Wartung . . . . .	1428
16.5.3	Wechsel der Kältemittelfüllung . . . . .	1432
16.5.4	Rückgewinnung, Wiederverwendung und Entsorgung . . . . .	1435
16.6	Literaturverzeichnis . . . . .	1436
<b>17</b>	<b>Richtlinien, Gesetze, Vorschriften und Normen . . . . .</b>	<b>1437</b>
17.1	Richtlinien des Rates der europäischen Union . . . . .	1437
17.2	Verordnung der Europäischen Union . . . . .	1438
17.3	Gesetze der Bundesrepublik Deutschland und zugehörige Verordnungen . . . . .	1438
17.3.1	Umsetzung in nationales Recht . . . . .	1438
17.3.2	Gerätesicherheitsgesetz . . . . .	1439
17.3.3	Bundesimmissionsschutzgesetz . . . . .	1441
17.3.4	Chemikaliengesetz . . . . .	1442
17.3.5	FCKW-Halon-Verbotsverordnung . . . . .	1443
17.3.6	Wasserhaushaltsgesetz . . . . .	1443
17.3.7	Weitere Gesetze . . . . .	1444
17.4	Vorschriften der Körperschaften öffentlichen Rechts; Berufs- genossenschaft, Unfallversicherung . . . . .	1445
17.4.1	Unfallverhütungs-Vorschriften . . . . .	1445
17.4.2	Durchführungsanweisungen . . . . .	1446
17.5	Normen . . . . .	1446
17.5.1	Nationale Normung . . . . .	1446
17.5.2	Normenausschuß „Kältetechnik“ (FNKä) . . . . .	1447
17.5.3	Europäische Normung (CEN) (CENELEC) . . . . .	1449
17.5.4	Internationale Organisation für Normung (ISO) (IEC) . . . . .	1451
17.6	Regeln der Technik von Verbänden oder Vereinigungen . . . . .	1452
17.6.1	Einheitsblätter des VDMA . . . . .	1452
17.6.2	VDE-Bestimmungen . . . . .	1452
17.6.3	Regeln des DVGW . . . . .	1453
17.6.4	Richtlinien des VDI . . . . .	1453
17.6.5	Hinweis und Vereinbarungen der Sachversicherer . . . . .	1453

17.6.6	Prüfgrundsätze der Prüfinstitute (VDE, TÜV, DLG, BGZ) . . . . .	1454
17.6.7	AD-Merkblätter der Überwachungsorganisationen . . . . .	1454
17.7	Verzeichnis der in Deutschland geltenden Rechtsvorschriften für kältetechnische Einrichtungen . . . . .	1454
17.7.1	Gesetze und Verordnungen . . . . .	1454
17.7.2	Technische Regeln (Richtlinien = R) . . . . .	1455
17.7.3	Unfallverhütungsvorschriften (UVV) . . . . .	1455
17.7.4	Normen . . . . .	1456
17.7.5	VDE-Bestimmungen . . . . .	1459
17.7.6	Internationale Normen . . . . .	1460
17.7.7	Sonstige Regeln der Technik . . . . .	1460
17.7.8	Bezugsquellen . . . . .	1460
17.8	Vorschriften und Normen deutschsprachiger Länger . . . . .	1461
17.8.1	Österreichische Kälteanlagenverordnung . . . . .	1461
17.8.2	Schweizerische Normen . . . . .	1461
17.9	Normenorganisationen . . . . .	1461
17.9.1	Überregionale Organisationen . . . . .	1461
17.9.2	Nationale CEN-Mitglieder . . . . .	1462
17.9.3	CEN angegliederte Organisationen . . . . .	1462
17.9.4	Andere Normenorganisationen . . . . .	1462
<b>18</b>	<b>Geschichte der Kältetechnik</b>	
18.1	Einführung . . . . .	1465
18.2	Vorgeschichte . . . . .	1466
18.3	Technische Entwicklung . . . . .	1467
18.3.1	Verdichter . . . . .	1467
18.3.2	Wärmeaustauscher . . . . .	1472
18.3.3	Kältemittel . . . . .	1472
18.3.4	Steuer- und Regelgeräte . . . . .	1473
18.3.5	Wärmedämmmaterial . . . . .	1475
18.3.6	Die Gas- (Luft-) Kältemaschine . . . . .	1476
18.3.7	Die Absorptions-Kältemaschine . . . . .	1476
18.3.8	Die Tieftemperaturtechnik . . . . .	1476
18.4	Wirtschaftliche und strukturelle Entwicklung . . . . .	1477
18.4.1	Die Kältetechnik in Statistiken . . . . .	1477
18.4.2	Die Struktur in der Kältetechnik . . . . .	1480
18.4.3	Die Industriekälte . . . . .	1481
18.4.4	Die Gewerbekälte . . . . .	1482
18.4.5	Die Haushaltskälte . . . . .	1482
18.4.6	Weitere Entwicklung . . . . .	1484
18.5	Anwendungsbereiche . . . . .	1484
18.5.1	Tiefkühlkost . . . . .	1484
18.5.2	Kühlhäuser und Eisfabriken . . . . .	1486
18.5.3	Bergbau . . . . .	1488
18.5.4	Kunsteisbahnen . . . . .	1488
18.6	Institute, Vereine und Verbände . . . . .	1489
18.6.1	Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein (DKV), Pfaffenwaldring 10, 70569 Stuttgart . . . . .	1489
18.6.2	Verband deutscher Kälte-Klima-Fachleute e. V. (VDKF) Bahnhofstr. 27, 53721 Siegburg . . . . .	1490
18.6.3	Deutsche Tiefkühlinstitut e. V. An der Flora 11, 50735 Köln . . . . .	1490

18.6.4	Fachgemeinschaft Allgemeine Lufttechnik im VDMA Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt/M. . . . .	1491
18.6.5	Der Forschungsrat Kältetechnik e.V. . . . .	1491
18.6.6	Fachverband der Kühlhäuser und Eisfabriken e.V. Schedestr. 11, 53113 Bonn . . . . .	1492
18.7	Literaturverzeichnis . . . . .	1492
<b>19</b>	<b>Größen und Einheiten</b>	
19.1	Basisgrößen und Basiseinheiten . . . . .	1493
19.2	Atomphysikalische Einheiten für Stoffmenge . . . . .	1494
19.3	Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten . . . . .	1494
19.4	Gesetzliche abgeleitete Einheiten . . . . .	1494
19.5	Häufig verwendete Formelzeichen . . . . .	1498
	Autorenverzeichnis . . . . .	1501
	Namensregister . . . . .	1502
	Stichwortverzeichnis . . . . .	1503
	<b>Inserenten- und Bezugsquellenverzeichnis . . . . .</b>	<b>1</b>