

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Vorwort</b> .....                                                                 | 9  |
| Die Herausgeber .....                                                                | 11 |
| Die Autorinnen und Autoren .....                                                     | 11 |
| Ehemalige Autorinnen und Autoren .....                                               | 12 |
| Abkürzungsverzeichnis .....                                                          | 21 |
| <b>1 Einleitung</b> .....                                                            | 23 |
| 1.1 Ammoniak .....                                                                   | 26 |
| 1.2 Kohlendioxid .....                                                               | 27 |
| 1.3 Kohlenwasserstoffe .....                                                         | 28 |
| 1.4 Wasser .....                                                                     | 29 |
| 1.5 Literatur .....                                                                  | 31 |
| <b>2 Thermodynamische Eigenschaften von natürlichen Kältemitteln</b> .....           | 33 |
| <b>3 Vergleich der natürlichen Kältemittel untereinander für eine Vorauswahl</b> ... | 39 |
| 3.1 Literatur .....                                                                  | 42 |
| <b>4 Ammoniak als Kältemittel</b> .....                                              | 43 |
| 4.1 Einführung .....                                                                 | 43 |
| 4.1.1 Allgemeine Eigenschaften und Herstellung .....                                 | 43 |
| 4.1.2 Verwendung von Ammoniak .....                                                  | 45 |
| 4.1.3 Einsatz und wirtschaftliche Bedeutung in der Kältetechnik .....                | 46 |
| 4.2 Thermodynamik .....                                                              | 46 |
| 4.2.1 Haupteigenschaften .....                                                       | 46 |
| 4.2.1.1 Kritische Temperatur und Druck .....                                         | 49 |
| 4.2.1.2 Verdichtungsendtemperatur .....                                              | 50 |
| 4.2.1.3 Sättigungsdruck .....                                                        | 50 |
| 4.2.1.4 Wärmeübertragung .....                                                       | 51 |
| 4.2.1.5 Leistungszahl (EER bzw. COP) .....                                           | 52 |
| 4.2.1.6 Toxizität, Schwellenwerte .....                                              | 53 |
| 4.2.2 Auswirkung auf die Komponenten der Kälteanlage .....                           | 53 |
| 4.2.2.1 Referenz-Kältemittelkreislauf .....                                          | 54 |
| 4.2.2.2 Verdichter .....                                                             | 56 |
| 4.2.2.3 Kühlung während oder nach der Verdichtung .....                              | 57 |
| 4.2.2.4 Einsatztemperaturen und -drücke .....                                        | 57 |

|         |                                                                            |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.2.5 | Einsatzgrenzen Heißgastemperatur .....                                     | 58 |
| 4.2.2.6 | Rohrleitungen.....                                                         | 58 |
| 4.2.2.7 | Wärmeübertrager .....                                                      | 61 |
| 4.3     | Anlagentechnische Aspekte .....                                            | 61 |
| 4.3.1   | Anlagensysteme und Bauarten .....                                          | 61 |
| 4.3.1.1 | Überflutete und trocken verdampfende Systeme/ Flüssigkeitsabscheider ..... | 61 |
| 4.3.1.2 | Flüssigkeitsabscheider .....                                               | 62 |
| 4.3.1.3 | Kältemittel-Pumpen-Umlaufbetrieb.....                                      | 64 |
| 4.3.1.4 | Zweistufige Anlagen .....                                                  | 64 |
| 4.3.1.5 | Zweistufige Entspannung.....                                               | 65 |
| 4.3.1.6 | Schraubenverdichter mit ECO.....                                           | 66 |
| 4.3.2   | Komponenten .....                                                          | 67 |
| 4.3.2.1 | Verdichter .....                                                           | 67 |
| 4.3.2.2 | Wärmeübertrager zur Luftkühlung.....                                       | 68 |
| 4.3.2.3 | Wärmeübertrager für flüssige Medien .....                                  | 72 |
| 4.3.2.4 | Ölkreislauf .....                                                          | 72 |
| 4.3.3   | Leckageüberwachung.....                                                    | 78 |
| 4.3.4   | Verunreinigung durch Wasser und Inertgase.....                             | 79 |
| 4.3.4.1 | Entfernung von Wasser.....                                                 | 79 |
| 4.3.4.2 | Entfernung von Inertgas.....                                               | 80 |
| 4.3.5   | Risiken durch hydraulische Druckstöße .....                                | 81 |
| 4.4     | Sicherheitsvorkehrungen im Umgang mit Ammoniak.....                        | 82 |
| 4.4.1   | Austritt in die Atmosphäre .....                                           | 83 |
| 4.4.2   | Brennbarkeit .....                                                         | 84 |
| 4.4.3   | Auswirkungen auf Lebensmittel .....                                        | 84 |
| 4.4.4   | Auswirkungen auf den Menschen .....                                        | 85 |
| 4.4.4.1 | Physiologische Auswirkungen.....                                           | 85 |
| 4.4.4.2 | Gesetzliche Grenzwerte .....                                               | 86 |
| 4.4.5   | Unfälle .....                                                              | 86 |
| 4.4.5.1 | Unfallursachen und -reaktionen .....                                       | 86 |
| 4.4.5.2 | Unfallgrade.....                                                           | 87 |
| 4.4.5.3 | Medizinische Versorgung.....                                               | 88 |
| 4.4.6   | Technische Sicherheitsausrüstung.....                                      | 89 |
| 4.4.7   | Persönliche Schutzausrüstung .....                                         | 90 |
| 4.4.8   | Ausführung Maschinenraum .....                                             | 91 |
| 4.4.8.1 | Elektrische Antriebe .....                                                 | 91 |
| 4.4.8.2 | Belüftung.....                                                             | 91 |
| 4.4.8.3 | Gaswarnanlage.....                                                         | 92 |
| 4.4.8.4 | Notausgänge und Fluchtwege .....                                           | 93 |
| 4.5     | Konstruktionskriterien für Ammoniakanlagen.....                            | 94 |
| 4.5.1   | Werkstoffe .....                                                           | 94 |
| 4.5.2   | Verbindungstechniken.....                                                  | 96 |
| 4.5.2.1 | Feste Verbindungen .....                                                   | 96 |

|          |                                                                                                  |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.5.2.2  | Lösbare Verbindungen .....                                                                       | 97         |
| 4.5.2.3  | Spannungsrissskorrosion .....                                                                    | 97         |
| 4.6      | Anwendungsmöglichkeiten für Ammoniak .....                                                       | 99         |
| 4.6.1    | Lebensmittellager .....                                                                          | 99         |
| 4.6.2    | Supermärkte .....                                                                                | 101        |
| 4.6.3    | Großküchen .....                                                                                 | 103        |
| 4.6.4    | Eisbahnen .....                                                                                  | 104        |
| 4.6.5    | Klimaanlagen .....                                                                               | 105        |
| 4.6.6    | Wärmepumpen, Wärmerückgewinnung .....                                                            | 105        |
| 4.6.7    | Flüssigkeitskühlsätze, Prozesskühlung .....                                                      | 107        |
| 4.6.8    | CO <sub>2</sub> - und NH <sub>3</sub> -Kaskadensysteme .....                                     | 108        |
| 4.6.9    | Anlagen mit kleiner Leistung .....                                                               | 109        |
| 4.6.10   | Containerlösungen .....                                                                          | 109        |
| 4.7      | Normen und Vorschriften .....                                                                    | 110        |
| 4.7.1    | Europäische Vorschriften .....                                                                   | 110        |
| 4.7.2    | Normen und Vorschriften in Deutschland .....                                                     | 111        |
| 4.7.3    | Sicherheitstechnische Ausbildung von Mitarbeitern .....                                          | 113        |
| 4.8      | Zusammenfassung der Vor- und Nachteile von Ammoniak .....                                        | 114        |
| 4.9      | Ausblick .....                                                                                   | 115        |
| 4.10     | Anlagenbeispiele .....                                                                           | 117        |
| 4.10.1   | Kälteversorgung für einen Obst- und Gemüse-Großhandel .....                                      | 117        |
| 4.10.2   | Kälteversorgung für eine Großküche .....                                                         | 118        |
| 4.10.3   | Flüssigkeitskühlsatz für die Klimatisierung von Büro- und Serverräumen .....                     | 120        |
| 4.10.4   | Kälteversorgung für ein Betriebsrestaurant .....                                                 | 122        |
| 4.11     | Literatur .....                                                                                  | 124        |
| <b>5</b> | <b>Kohlendioxid als Kältemittel .....</b>                                                        | <b>125</b> |
| 5.1      | Geschichte des Kältemittels CO <sub>2</sub> .....                                                | 125        |
| 5.2      | Einflüsse von CO <sub>2</sub> auf Gesundheit, Anlagensicherheit und Umwelt .....                 | 127        |
| 5.3      | Kältetechnische Eigenschaften und deren Bedeutung für die Auslegung und den Anlagenbetrieb ..... | 130        |
| 5.3.1    | Einführung und Definitionen .....                                                                | 130        |
| 5.3.2    | Bedeutung der relativ niedrigen kritischen Temperatur .....                                      | 131        |
| 5.3.2.1  | Transkritischer Prozess .....                                                                    | 131        |
| 5.3.2.2  | Geringere effektive Leistungszahl .....                                                          | 133        |
| 5.3.3    | Bedeutung von hohem Druck im Tripelpunkt .....                                                   | 134        |
| 5.3.4    | Bedeutung des generell hohen Druckniveaus .....                                                  | 135        |
| 5.3.4.1  | Typische Drucklagen im Betrieb und im Stillstand .....                                           | 135        |
| 5.3.4.2  | Druckauslegung .....                                                                             | 137        |
| 5.3.4.3  | Hubvolumen und Wirkungsgrad des Verdichters .....                                                | 138        |
| 5.3.4.4  | Druck- und Temperaturverluste im Gas- und Zweiphasengebiet .....                                 | 139        |

|          |                                                                        |     |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3.5    | Bedeutung guter Wärmeübertragungseigenschaften .....                   | 140 |
| 5.3.6    | Bedeutung des hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Flüssigkeit..... | 141 |
| 5.4      | Transkritischer Kälte-/Wärmepumpenprozess.....                         | 142 |
| 5.4.1    | Kreisprozess im Druck-Enthalpie-Diagramm .....                         | 142 |
| 5.4.2    | Temperaturverlauf im Gaskühler.....                                    | 144 |
| 5.4.2.1  | Temperaturverläufe im Temperatur-Enthalpie-Diagramm (T,h-Diagramm) ... | 144 |
| 5.4.2.2  | Pinch-Punkt in Gaskühlern .....                                        | 145 |
| 5.4.2.3  | Temperaturannäherung .....                                             | 146 |
| 5.4.2.4  | Temperaturanpassung für Heizbedarf mit mehreren Temperaturstufen.....  | 147 |
| 5.4.2.5  | Berechnungsmethoden.....                                               | 148 |
| 5.4.3    | Bedeutung des Gaskühlerdrucks für die Kälteleistung.....               | 148 |
| 5.4.4    | Bedeutung des Gaskühlerdrucks für die Leistungszahl .....              | 150 |
| 5.4.5    | Optimale Hochdruckregelung von CO <sub>2</sub> -Prozessen.....         | 151 |
| 5.4.5.1  | Grundlagen zur Optimierung .....                                       | 151 |
| 5.4.5.2  | Regelungsstrategie.....                                                | 152 |
| 5.5      | Technische Lösungen mit CO <sub>2</sub> .....                          | 153 |
| 5.5.1    | CO <sub>2</sub> als verdampfender Kälteträger .....                    | 153 |
| 5.5.2    | CO <sub>2</sub> im konventionellen Kälteprozess – Kaskadenanlage ..... | 155 |
| 5.5.3    | Transkritische Prozesse – grundlegende Lösungen.....                   | 158 |
| 5.5.3.1  | Anlage mit Niederdrucksammler und einfacher Entspannung .....          | 158 |
| 5.5.3.2  | Anlage mit Zwischendrucksammler, zweistufige Entspannung .....         | 160 |
| 5.5.3.3  | Anlagen mit Zwischendruck- und Niederdrucksammler .....                | 162 |
| 5.5.3.4  | Transkritischer, zweistufiger Prozess .....                            | 163 |
| 5.5.3.5  | Lösungen mit Kältebedarf auf zwei Temperaturniveaus .....              | 163 |
| 5.6      | Methoden zur Prozessverbesserung .....                                 | 165 |
| 5.6.1    | Zwischenkühlung in zweistufigen Anlagen .....                          | 165 |
| 5.6.2    | Parallelverdichtung.....                                               | 165 |
| 5.6.3    | Abkühlung des überkritischen Gases nach dem Gaskühler.....             | 166 |
| 5.6.4    | Rückgewinn von Expansionsarbeit .....                                  | 167 |
| 5.7      | Wärmerückgewinnung mit CO <sub>2</sub> -Anlagen .....                  | 171 |
| 5.7.1    | Einfache Lösung der Wärmerückgewinnung auf einem Temperaturniveau .... | 172 |
| 5.7.2    | Wärmerückgewinnung auf verschiedenen Temperaturniveaus.....            | 173 |
| 5.8      | CO <sub>2</sub> -Wärmepumpen .....                                     | 176 |
| 5.8.1    | Allgemeines .....                                                      | 176 |
| 5.8.2    | Produktion von warmem Nutzwasser.....                                  | 176 |
| 5.8.3    | Kombinierte Raumheizung und Warmwasseraufbereitung.....                | 181 |
| 5.9      | Sicherheit bei der Anwendung von CO <sub>2</sub> .....                 | 181 |
| 5.9.1    | Druck und Temperatur – Sicherheitsbedingungen .....                    | 181 |
| 5.9.2    | Trockeneis – Sicherheits- und Betriebsbedingungen .....                | 182 |
| 5.10     | Anwendungsbeispiele für CO <sub>2</sub> -Kälteanlagen.....             | 183 |
| 5.10.1   | Kaskadenkälteanlagen mit CO <sub>2</sub> als Kältemittel .....         | 184 |
| 5.10.1.1 | Industrielle Anlagen .....                                             | 184 |

|          |                                                                                             |            |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.10.1.2 | Kunsteisbahnen .....                                                                        | 185        |
| 5.10.1.3 | Anlagen im Einzelhandel .....                                                               | 186        |
| 5.10.1.4 | Fischerboote .....                                                                          | 186        |
| 5.10.2   | Transkritische Anlagen .....                                                                | 188        |
| 5.10.2.1 | Kleine Anlagen für den Einzelhandel .....                                                   | 188        |
| 5.10.2.2 | Leistungsstarke, zentrale Anlagen für den Einzelhandel und Industriekälte-<br>anlagen ..... | 189        |
| 5.10.2.3 | Warmwasser-Wärmepumpen .....                                                                | 199        |
| 5.10.2.4 | Klimaanlagen .....                                                                          | 201        |
| 5.10.2.5 | Transport .....                                                                             | 202        |
| 5.10.2.6 | Mobile Klimaanlagen .....                                                                   | 202        |
| 5.10.2.7 | Meerwasserkühler für die Fischindustrie .....                                               | 204        |
| 5.10.2.8 | Fischerboote, Tiefkühlung .....                                                             | 204        |
| 5.10.2.9 | Andere Anwendungsbereiche für CO <sub>2</sub> als Kältemittel .....                         | 205        |
| 5.11     | Literatur .....                                                                             | 206        |
| <b>6</b> | <b>Kohlenwasserstoffe als Kältemittel .....</b>                                             | <b>209</b> |
| 6.1      | Einleitung .....                                                                            | 209        |
| 6.2      | Thermodynamische Betrachtung .....                                                          | 213        |
| 6.2.1    | Latente Wärme .....                                                                         | 214        |
| 6.2.2    | Verdampfung und Verflüssigung .....                                                         | 215        |
| 6.2.3    | Dichte $\rho$ .....                                                                         | 217        |
| 6.2.4    | Isentropenexponent .....                                                                    | 217        |
| 6.2.5    | Volumetrische Kälteleistung .....                                                           | 221        |
| 6.2.6    | Viskosität .....                                                                            | 222        |
| 6.2.7    | Materialverträglichkeit .....                                                               | 223        |
| 6.3      | Anlagen-System-Komponenten .....                                                            | 223        |
| 6.3.1    | Sicherheitsausrüstung .....                                                                 | 223        |
| 6.3.2    | Verdichter .....                                                                            | 224        |
| 6.3.3    | Rohre und Fittings .....                                                                    | 224        |
| 6.3.4    | Drossel .....                                                                               | 224        |
| 6.3.5    | Wärmeübertrager .....                                                                       | 225        |
| 6.3.6    | Sammler .....                                                                               | 225        |
| 6.3.7    | Mehrstufige Anlagen .....                                                                   | 225        |
| 6.3.8    | Füllmengenreduzierung .....                                                                 | 226        |
| 6.4      | Sicherheit an Kälteanlagen mit Kohlenwasserstoffen .....                                    | 226        |
| 6.4.1    | Sicherheitsklasse A3 .....                                                                  | 228        |
| 6.4.2    | Dichtheit .....                                                                             | 228        |
| 6.4.3    | Bestimmung der begrenzten Füllmenge .....                                                   | 229        |
| 6.4.3.1  | Direkte Systeme in Aufenthaltsbereichen .....                                               | 232        |
| 6.4.3.2  | Indirekte Systeme in Maschinenräumen .....                                                  | 233        |
| 6.4.3.3  | Indirekte Systeme in belüfteten Gehäusen .....                                              | 233        |

|          |                                                                            |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.4.4    | Mechanische Belüftung .....                                                | 234        |
| 6.4.4.1  | Mechanische Belüftung gemäß DIN EN IEC 60079-10-1 .....                    | 234        |
| 6.4.4.2  | Maschinenraumbelüftung .....                                               | 235        |
| 6.4.4.3  | Belüftete Gehäuse .....                                                    | 235        |
| 6.4.5    | Gas/Leck-Detektion .....                                                   | 237        |
| 6.4.6    | Sicherheitseinrichtungen .....                                             | 238        |
| 6.4.7    | Zündquellen .....                                                          | 238        |
| 6.4.8    | Sicherer Umgang mit brennbaren Kältemitteln .....                          | 240        |
| 6.5      | Kleinere Systeme .....                                                     | 241        |
| 6.5.1    | Raumklimageräte .....                                                      | 242        |
| 6.5.1.1  | Tragbare Klimageräte und Entfeuchter .....                                 | 242        |
| 6.5.1.2  | Klimageräte zur Fensteranbringung .....                                    | 242        |
| 6.5.1.3  | Klima- und Wärmepumpen-Splitgeräte .....                                   | 243        |
| 6.5.1.4  | Wärmepumpen-Trockner .....                                                 | 244        |
| 6.5.2    | Gewerbekälte .....                                                         | 244        |
| 6.5.3    | Wärmepumpen .....                                                          | 245        |
| 6.5.4    | Kühlräume (Monoblock-Aggregate) .....                                      | 245        |
| 6.6      | Größere Systeme .....                                                      | 246        |
| 6.6.1    | Fertigung, Transport, Inbetriebnahme .....                                 | 246        |
| 6.6.2    | Indirekte Kälte-/Wärmenutzung .....                                        | 246        |
| 6.6.3    | Wärmepumpen .....                                                          | 247        |
| 6.6.4    | Wärmerückgewinnung (WRG) .....                                             | 247        |
| 6.6.5    | Anwendungsbeispiele .....                                                  | 247        |
| 6.7      | Ausblick .....                                                             | 252        |
| 6.7.1    | Unterschiede im Verwendungszweck von Systemen .....                        | 253        |
| 6.7.2    | Angenommene Leckraten .....                                                | 254        |
| 6.7.3    | Erhöhte Dichtheit von Systemen .....                                       | 256        |
| 6.7.4    | Integrale Lüftung zur Verdünnung bei Leckage .....                         | 258        |
| 6.7.5    | Freisetzbare Füllmenge .....                                               | 259        |
| 6.7.6    | Umhauste Ausrüstung oder Gehäuse zur Verdünnung bei Leckage .....          | 260        |
| 6.7.7    | Blackbox-Betrachtung .....                                                 | 260        |
| 6.8      | Literatur .....                                                            | 261        |
| <b>7</b> | <b>Wasser</b> .....                                                        | <b>263</b> |
| 7.1      | Einleitung .....                                                           | 263        |
| 7.2      | Eigenschaften und Einsatzbereich .....                                     | 264        |
| 7.2.1    | Thermodynamische Eigenschaften und Vergleich zu anderen Kältemitteln ..... | 264        |
| 7.2.2    | Verwendung als Kältemittel .....                                           | 268        |
| 7.2.3    | Einsatz in Kompressionskältemaschinen .....                                | 268        |
| 7.3      | Funktionsweise von Kompressionskälteanlagen mit dem Kältemittel Wasser ... | 269        |

|           |                                                                        |            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4       | Erzeugung von Temperaturen unterhalb von 0 °C .....                    | 271        |
| 7.4.1     | Beschreibung der Systeme.....                                          | 271        |
| 7.4.2     | Mögliche Anwendungen .....                                             | 272        |
| 7.4.2.1   | Indirekte Vollkaskade .....                                            | 272        |
| 7.4.2.2   | Direkte Vollkaskade.....                                               | 272        |
| 7.4.2.3   | Teilkaskade .....                                                      | 273        |
| 7.5       | Einsatz in Wärmepumpen und zur Dampferzeugung.....                     | 273        |
| 7.5.1     | Beschreibung der Systeme.....                                          | 273        |
| 7.5.1.1   | Prozesse mit mechanischer Dampfverdichtung .....                       | 273        |
| 7.5.1.2   | Geschlossener Kreisprozess mit Wassereinspritzung.....                 | 274        |
| 7.6       | R718-Verdichter und deren Entwicklung.....                             | 274        |
| 7.7       | Fazit .....                                                            | 274        |
| 7.8       | Literatur .....                                                        | 275        |
| <b>8</b>  | <b>Kälteanlagen für Temperaturen unter -50 °C.....</b>                 | <b>277</b> |
| 8.1       | Kohlenwasserstoffe und Mischungen mit CO <sub>2</sub> .....            | 277        |
| 8.2       | Distickstoffmonoxid und Mischungen mit CO <sub>2</sub> .....           | 277        |
| 8.3       | Luft .....                                                             | 278        |
| 8.4       | Literatur .....                                                        | 281        |
| <b>9</b>  | <b>Schmierstoffe für natürliche Kältemittel .....</b>                  | <b>283</b> |
| 9.1       | Schmierstoffe für Ammoniak .....                                       | 283        |
| 9.2       | Schmierstoffe für Kohlendioxid .....                                   | 285        |
| 9.2.1     | Mischbarkeitseigenschaften mit flüssigem CO <sub>2</sub> .....         | 285        |
| 9.2.2     | Thermische Stabilität .....                                            | 286        |
| 9.2.3     | Schmiereigenschaften .....                                             | 286        |
| 9.2.4     | Wassergehalt .....                                                     | 287        |
| 9.2.5     | Einsatzbereiche .....                                                  | 288        |
| 9.3       | Schmierstoffe für Kohlenwasserstoffe .....                             | 289        |
| 9.4       | Auswahltabelle – Kältemaschinenöltypen für natürliche Kältemittel..... | 290        |
| 9.5       | Literatur .....                                                        | 291        |
| <b>10</b> | <b>Kälteträger .....</b>                                               | <b>293</b> |
| 10.1      | Anforderungen an Kälteträger .....                                     | 296        |
| 10.2      | Kälteträgerarten .....                                                 | 297        |
| 10.3      | Flüssige Kälteträger für Normal- und Tiefkühl-Anwendungen .....        | 299        |
| 10.3.1    | Kühlen von Lebensmitteln .....                                         | 299        |
| 10.3.2    | Gefrieren von Lebensmitteln .....                                      | 302        |

|                                                                            |                                                                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 10.4                                                                       | Kälte­träger mit Phasenwechsel .....                                                                           | 305        |
| 10.4.1                                                                     | Verdampfendes Kohlendioxid .....                                                                               | 305        |
| 10.4.2                                                                     | Flüssigeis .....                                                                                               | 305        |
| 10.5                                                                       | Korrosionsschutz .....                                                                                         | 306        |
| 10.6                                                                       | Anlagenbeispiel Propan-CO <sub>2</sub> -Kaskade mit Flüssigeis als Kälte­träger .....                          | 308        |
| 10.7                                                                       | Integrales System zur Warenkühlung, Klimatisierung und Beheizung<br>in Supermärkten und Gewerbebetrieben ..... | 309        |
| 10.8                                                                       | Literatur .....                                                                                                | 314        |
| <b>Anhang: Zitierte und weitere wichtige Normen und Vorschriften .....</b> |                                                                                                                | <b>315</b> |