

## DIN EN 328



ICS 23.120; 27.060.30

Ersatz für  
DIN EN 328:2003-04

**Wärmeübertrager –  
Ventilatorluftkühler –  
Prüfverfahren zur Leistungsfeststellung;  
Deutsche Fassung EN 328:2014**

Heat exchangers –  
Forced convection unit air coolers for refrigeration –  
Test procedures for establishing the performance;  
German version EN 328:2014

Echangeurs thermiques –  
Aérofrigorifères à convection forcée pour la réfrigération –  
Procédures d'essai pour la détermination de la performance;  
Version allemande EN 328:2014

Gesamtumfang 47 Seiten

DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä)

## **Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN 328:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 110 „Wärmeaustauscher“ unter deutscher Mitwirkung erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 044-00-11 AA „Kälte-Apparate“ im DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä) verantwortlich.

### **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 328:2003-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 3 „Begriffe“ wurde überarbeitet;
- b) Anforderungen an das Kältemittel „CO<sub>2</sub>“ wurden berücksichtigt.

### **Frühere Ausgaben**

DIN 8955: 1976-04  
DIN V ENV 328: 1992-09, 1994-04  
DIN EN 328: 1999-06, 2003-04

Deutsche Fassung

## Wärmeübertrager - Ventilatorluftkühler - Prüfverfahren zur Leistungsfeststellung

Heat exchangers - Forced convection unit air coolers for refrigeration - Test procedures for establishing the performance

Echangeurs thermiques - Aérofrigorifères à convection forcée pour la réfrigération - Procédures d'essai pour la détermination de la performance

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 22. Mai 2014 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

## Inhalt

Seite

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort .....                                                  | 4  |
| Einleitung.....                                                | 5  |
| 1 Anwendungsbereich .....                                      | 5  |
| 2 Normative Verweisungen .....                                 | 5  |
| 3 Begriffe .....                                               | 6  |
| 4 Symbole .....                                                | 11 |
| 5 Normleistung .....                                           | 13 |
| 5.1 Grundlagen der Normleistungsangaben .....                  | 13 |
| 5.2 Normbedingungen für die Kälteleistung .....                | 13 |
| 5.2.1 Allgemeines .....                                        | 13 |
| 5.2.2 Kältemittel .....                                        | 14 |
| 5.2.3 Kälte Träger .....                                       | 14 |
| 5.3 Bedingungen für den Nenn-Luftdurchfluss .....              | 15 |
| 5.4 Bedingungen für die Nenn-Ventilatorleistungsaufnahme ..... | 15 |
| 6 Herstellerangaben.....                                       | 15 |
| 7 Prüfungen .....                                              | 16 |
| 7.1 Messunsicherheit.....                                      | 16 |
| 7.2 Kriterien für die Messung .....                            | 17 |
| 7.2.1 Rohrseitige Temperaturmessungen .....                    | 17 |
| 7.2.2 Überhitzungstemperatur .....                             | 17 |
| 7.2.3 Eintrittstemperatur am Expansionsventil .....            | 17 |
| 7.2.4 Kälte Trägertemperaturen .....                           | 17 |
| 7.2.5 Wassertemperaturen (Gegenheizung).....                   | 17 |
| 7.2.6 Lufttemperaturmessung .....                              | 18 |
| 7.2.7 Druckmessstellen .....                                   | 18 |
| 7.2.8 Durchflussmessungen .....                                | 18 |
| 7.2.9 Ölgehalt.....                                            | 18 |
| 7.2.10 Nicht azeotrope Kältemittel .....                       | 19 |
| 8 Prüfverfahren und Prüfeinrichtung .....                      | 19 |
| 8.1 Prüfverfahren .....                                        | 19 |
| 8.1.1 Kälteleistung .....                                      | 19 |
| 8.1.2 Luftdurchfluss .....                                     | 19 |
| 8.1.3 Wärmeaustausch mit der Umgebung .....                    | 19 |
| 8.2 Prüfeinrichtung .....                                      | 20 |
| 8.2.1 Kalorimeterraum .....                                    | 20 |
| 8.2.2 Kältemittel-/Kälte Trägerleitungen .....                 | 21 |
| 8.2.3 Expansionsventil .....                                   | 21 |
| 8.2.4 Drosseldampf .....                                       | 21 |
| 8.2.5 Luftdurchflussmessung .....                              | 21 |
| 8.2.6 Flüssigkeitssammler .....                                | 22 |
| 9 Durchführung der Prüfung .....                               | 22 |
| 9.1 Allgemeines .....                                          | 22 |
| 9.2 Kalibrierung des Kalorimeterraums.....                     | 22 |
| 9.3 Messen der Kälteleistung .....                             | 23 |
| 9.3.1 Luftfeuchte .....                                        | 23 |
| 9.3.2 Unterkühlungstemperatur des Kältemittels .....           | 23 |
| 9.3.3 Bedingungen des Beharrungszustands.....                  | 23 |
| 9.3.4 Prüfdauer .....                                          | 23 |

|                       |                                                             |    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|----|
| 9.3.5                 | Durchführung der Prüfung .....                              | 24 |
| 9.3.6                 | Luft Eintrittstemperatur .....                              | 25 |
| 9.3.7                 | Aufzuzeichnende Daten .....                                 | 25 |
| 9.4                   | Messung der Ventilatorleistung .....                        | 26 |
| 10                    | Berechnung der Kälteleistung .....                          | 26 |
| 10.1                  | Wärmeverlustfaktor .....                                    | 26 |
| 10.2                  | Kälteleistung .....                                         | 26 |
| 10.2.1                | Mittels luftseitiger Energieaufnahme .....                  | 26 |
| 10.2.2                | Mittels Kältemitteldurchfluss .....                         | 26 |
| 10.2.3                | Mittels Kälteträgerdurchfluss .....                         | 27 |
| 10.2.4                | Gemessene Leistung .....                                    | 27 |
| 11                    | Umrechnung auf Normbedingungen .....                        | 27 |
| 11.1                  | Kälteleistung .....                                         | 27 |
| 11.1.1                | Allgemeine Korrektur für den atmosphärischen Druck .....    | 27 |
| 11.1.2                | Kältemittel unter Direktexpansionsbetrieb .....             | 27 |
| 11.1.3                | Kältemittel – Überflutungsbetrieb mit Pumpenumwälzung ..... | 28 |
| 11.1.4                | Kälteträger .....                                           | 28 |
| 11.2                  | Berechnung des kälteträgerseitigen Normdruckabfalls .....   | 29 |
| 11.2.1                | Allgemeines .....                                           | 29 |
| 11.2.2                | Einzelprüfung .....                                         | 29 |
| 11.2.3                | Doppelprüfungen .....                                       | 29 |
| 11.3                  | Nenn-Luftdurchfluss .....                                   | 30 |
| 11.4                  | Nenn-Ventilatorleistungsaufnahme .....                      | 30 |
| 12                    | Prüfbericht .....                                           | 30 |
| Anhang A (informativ) | Siedepunkttemperatur .....                                  | 31 |
| A.1                   | Diagramm für die Siedepunkttemperatur .....                 | 31 |
| Anhang B (normativ)   | Prüfeinrichtung für Direktexpansionsbetrieb .....           | 32 |
| Anhang C (normativ)   | Prüfeinrichtung für Kälteträger .....                       | 34 |
| Anhang D (informativ) | Überhitzung und Leistung .....                              | 35 |
| Anhang E (normativ)   | Prüfanordnung .....                                         | 36 |
| Anhang F (normativ)   | Betrieb mit Flüssigkeitspumpenumwälzung .....               | 37 |
| F.1                   | Anwendungsbereich .....                                     | 37 |
| F.2                   | Normbedingungen .....                                       | 37 |
| F.3                   | Messungen .....                                             | 38 |
| F.4                   | Prüfeinrichtung und -verfahren .....                        | 38 |
| F.5                   | Durchführung der Prüfung .....                              | 39 |
| F.6                   | Leistungsberechnungen .....                                 | 40 |
| F.7                   | Umrechnung auf Normbedingungen .....                        | 40 |
| Anhang G (informativ) | Ölgehaltsbestimmung .....                                   | 44 |
| Literaturhinweise     | .....                                                       | 45 |

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN 328:2014) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 110 „Wärmeaustauscher“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2015, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2015 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 328:1999.

Die wesentlichen Änderungen gegenüber der vorherigen Ausgabe sind nachstehend aufgeführt:

- a) Änderung von Abschnitt 3 „Begriffe“;
- b) Berücksichtigung der Anwendung von CO<sub>2</sub> in der überarbeiteten Norm.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## Einleitung

Diese Europäische Norm ist Teil einer Reihe Europäischer Normen zu Wärmeübertragern.

### 1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für kanallose Ventilatorluftkühler zum Einsatz in Kälteanlagen:

- a) mit direkter trockener Expansion eines Kältemittels;
- b) mit Flüssigkeitspumpenumwälzung eines Kältemittels;
- c) mit einem Kälteträger.

Diese Norm legt einheitliche Verfahren zur Leistungsbewertung fest, um Folgendes zu prüfen und sicherzustellen:

- Produktkennzeichnung;
- Normleistung;
- kälteträgerseitiger Normdruckabfall;
- kältemittelseitiger Normdruckabfall (nur für den Betrieb mit Flüssigkeitspumpenumwälzung);
- Nenn-Luftdurchfluss;
- Nenn-Ventilatorleistungsaufnahme.

Diese Norm behandelt nicht die Konformitätsbewertung.

Sie gilt nicht für kanalmontierte Ventilatorluftkühler oder Luftkühler mit freier Konvektion.

Sicherheitstechnische Gesichtspunkte sind nicht Gegenstand dieser Europäischen Norm.

### 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (IEC 60034-1) (ISO/IEC 17025)*

EN 60034-1, *Drehende elektrische Maschinen — Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten (IEC 60034-1)*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe:

#### 3.1 physikalische Begriffe

##### 3.1.1 Ventilatorluftkühler

eine Kälteanlagenkomponente, die Wärme von der Luft zu einem Kältemittel oder Kälteträger leitet. Die Luft wird mechanisch durch (einen) eingebaute(n) Ventilator(en) und Ventilatorantrieb(e) über eine Wärmeübertragungsfläche geleitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Zum Körper des Wärmeübertragers gehören Kältemittelverteiler und Sammler.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Folgenden wird „Ventilatorluftkühler“ als „Luftkühler“ bezeichnet.

##### 3.1.2 Wärmeübertragungsfläche (Luftseite)

gesamte äußere Oberfläche eines Kühlkörpers, die mit dem Luftdurchfluss durch den Körper überstrichen wird

##### 3.1.3 Innenvolumen

Volumen aller kältemittelführenden Teile des Luftkühlers zwischen dessen beiden Anschlüssen

##### 3.1.4 Verschmutzungswiderstand

Wärmeübergangswiderstand einer Schicht unerwünschter Ablagerungen auf der Wärmeaustauscheroberfläche, die dessen Wärmeübergangsleistung vermindert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Verschmutzungswiderstand einer reinen Oberfläche ist null. Rein bedeutet in diesem Zusammenhang, dass alle Produktionsrückstände auf der Wärmeübertragungsfläche und auf dem/den Ventilator(en) durch das werkseitig durchgeführte Reinigungsverfahren beseitigt worden sind.

#### 3.2 Kältemittel

Betriebsfluid in einem Kältekreislauf, das bei niedrigem Druck Wärme aufnimmt (Verdampfungstemperatur) und diese bei einem höheren Druck abgibt (Verflüssigungstemperatur)

#### 3.3 Kälteträger

Betriebsfluid, das während der Wärmeaufnahme flüssig bleibt

#### 3.4 Leistungen

##### 3.4.1 sensible (trockene) Luftkühlerleistung

Wärmestrom, welcher der Luft durch Absinken der Trockenkugelmperatur entzogen wird

##### 3.4.2 latente Luftkühlerleistung

Wärmestrom, der der Luft durch Verflüssigung von Wasserdampf oder Reifbildung einschließlich der Unterkühlung an der Luftkühleroberfläche entzogen wird

##### 3.4.3 Gesamt-Luftkühlerleistung

Summe der zum selben Zeitpunkt gemessenen sensiblen und latenten Luftkühlerleistung

##### 3.4.4 Brutto-Luftkühlerleistung

gesamter Wärmestrom, der durch das Kältemittel oder den Kälteträger aufgenommen wird

### 3.4.5

#### **Netto-Luftkühlerleistung**

Kälteleistung, die zur Kühlung der Luft verwendet werden kann und gleich der Bruttokälteleistung abzüglich der Ventilatorleistung ist

### 3.4.6

#### **Normleistung**

Bruttokälteleistung bei Normbedingungen und einem atmosphärischen Normdruck von 1 013,25 hPa mit sauberen inneren und äußeren Oberflächen

### 3.4.7

#### **Ventilatorleistungsaufnahme**

von dem/den Motor(en) an den Anschlussklemmen aufgenommene elektrische Leistung

### 3.4.8

#### **Nenn-Ventilatorleistungsaufnahme**

während der Luftdurchflussprüfung gemessene und auf den atmosphärischen Normdruck von 1 013,25 hPa korrigierte Leistungsaufnahme der Ventilatoren

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ventilatorleistungsaufnahme ändert sich mit der Temperatur bei Betrieb des Ventilators. Da die Ventilatorleistungsaufnahme nur einen kleinen Teil der gesamten Kühllast darstellt, werden Abweichungen als vernachlässigbar angesehen.

### 3.5

#### **Ventilator Drehzahl**

mittlere Drehzahl der Ventilatoren

### 3.6

#### **Drücke und Druckdifferenzen**

für die Anwendung dieser Norm sind alle Drücke über die Prüfdauer bestimmte Mittelwerte

#### 3.6.1

##### **Verdampfungsdruck**

Absolutdruck des Kältemittels am Austrittsstutzen des Luftkühlers

#### 3.6.2

##### **Kälte-träger-Eintrittsdruck**

statischer Druck des Kälte-trägers am Eintrittsstutzen des Luftkühlers

#### 3.6.3

##### **Kälte-träger-Austrittsdruck**

statischer Druck des Kälte-trägers am Austrittsstutzen des Luftkühlers

#### 3.6.4

##### **Kälte-träger-Druckdifferenz**

Druckdifferenz zwischen Kälte-träger-Eintrittsdruck und -Austrittsdruck

#### 3.6.5

##### **Kältemittel-Eintrittsdruck**

Absolutdruck des Kältemittels am Eintrittsstutzen des Luftkühlers (siehe Anhang F)

#### 3.6.6

##### **kritischer Druck**

Druck an dem kritischen Punkt, an dem die Flüssig- und die Gasphase des Kältemittels dieselben Stoffeigenschaften aufweisen

### 3.7

#### **Temperaturen**

für die Anwendung dieser Norm sind alle Temperaturen über die Prüfdauer gemittelte Werte

### 3.7.1

#### Lufttemperaturen

#### 3.7.1.1

##### Lufteintrittstemperatur

mittlere Trockenkugeltemperatur der Luft am Luftkühlereintritt unter Berücksichtigung der örtlichen Luftgeschwindigkeiten

#### 3.7.1.2

##### Taupunkttemperatur

Taupunkttemperatur der Luft innerhalb des Kalorimeterraums

#### 3.7.1.3

##### Innentemperatur

Lufttemperatur innerhalb des Kalorimeterraums, die für den Wärmeaustausch mit der Umgebung maßgebend ist

#### 3.7.1.4

##### Umgebungstemperatur

Temperatur um das Kalorimeter, die für den Wärmeaustausch mit dem Inneren maßgebend ist

### 3.7.2

#### Kältemitteltemperaturen

#### 3.7.2.1

##### Verdampfungstemperatur

dem Verdampfungsdruck entsprechende Taupunkttemperatur des Kältemittels

#### 3.7.2.2

##### Überhitzungstemperatur

Temperatur des Kältemitteldampfes am Austrittsstutzen des Luftkühlers, gemessen an der Rohrwand an der vom Hersteller für die Anbringung des Expansionsventil-Messfühlers empfohlenen Stelle oder nach dem Saugdampf-Flüssigkeits-Wärmeaustauscher (inneren Wärmeaustauscher), wenn dieser Bestandteil des Luftkühlers ist

#### 3.7.2.3

##### Unterkühlungstemperatur des Kältemittels

Temperatur des flüssigen Kältemittels am Eintrittsstutzen des Expansionsventils (nicht notwendigerweise Teil des Luftkühlers)

#### 3.7.2.4

##### Siedepunkttemperatur für Kühlermessungen

Temperatur, die aus der Enthalpie auf der Grundlage von Temperatur und Druck am Eintritt des Expansionsventils berechnet wird

### 3.7.3

#### Kälte-träger-temperaturen

#### 3.7.3.1

##### Kälte-träger-Eintrittstemperatur

mittlere Temperatur des Kälte-trägers am Eintrittsstutzen des Luftkühlers unter Berücksichtigung der örtlichen Flüssigkeitsgeschwindigkeiten

#### 3.7.3.2

##### Kälte-träger-Austrittstemperatur

mittlere Temperatur des Kälte-trägers am Austrittsstutzen des Luftkühlers unter Berücksichtigung der örtlichen Flüssigkeitsgeschwindigkeiten

### **3.7.4**

#### **Wassertemperaturen**

(gilt nur, wenn die Ausgleichswärme mittels Wasser zugeführt wird)

#### **3.7.4.1**

##### **Wasser-Eintrittstemperatur**

Wassertemperatur am Eintritt des Kalorimeters

#### **3.7.4.2**

##### **Wasser-Austrittstemperatur**

Wassertemperatur am Austritt des Kalorimeters

### **3.7.5**

#### **Austrittstemperatur des Dampfes**

Temperatur des Kältemitteldampfes am Dampfaustrittsstutzen des Abscheiders

### **3.8**

#### **Temperaturdifferenzen**

#### **3.8.1**

##### **Temperaturdifferenzen für Kältemittel**

##### **3.8.1.1**

###### **Eintrittstemperaturdifferenz**

Differenz zwischen Lufteintrittstemperatur und der Verdampfungstemperatur

##### **3.8.1.2**

###### **Überhitzung**

Differenz zwischen Überhitzungstemperatur und Verdampfungstemperatur

##### **3.8.1.3**

###### **Überhitzungsverhältnis**

Verhältnis von Überhitzung zu Eintrittstemperaturdifferenz

##### **3.8.1.4**

###### **Unterkühlung**

Differenz zwischen der dem absoluten Druck des Kältemittels entsprechenden Siedetemperatur am Eintrittsstutzen des Expansionsventils und der Unterkühlungstemperatur des Kältemittels

#### **3.8.2**

##### **Temperaturdifferenzen für Kälteträger**

##### **3.8.2.1**

###### **Eintrittstemperaturdifferenz**

Differenz zwischen Lufteintrittstemperatur und Kälteträger-Eintrittstemperatur

##### **3.8.2.2**

###### **Kälteträger-Temperaturdifferenz**

Differenz zwischen Kälteträger-Eintrittstemperatur und -Austrittstemperatur

### **3.9**

#### **hoher Temperaturgleit**

Kältemittel, bei dem die Differenz zwischen der Verflüssigungs- und der Siedepunkttemperatur bei einer Verflüssigungstemperatur von 40 °C mehr als 3 K beträgt

### **3.10**

#### **Betrieb mit Kältemitteln**

##### **3.10.1**

##### **Direktexpansionsbetrieb**

Verdampfungsprozess, bei dem das Kältemittel mittels Expansionsventil in den Luftkühler als Flüssigkeits-Dampf-Gemisch eintritt und diesen in überhitztem Zustand verlässt (siehe Systemgrenzen in Anhang A)

##### **3.10.2**

##### **Betrieb mit Flüssigkeitspumpenumwälzung**

Verdampfungsprozess, bei dem das Kältemittel den Luftkühler in teilweise verdampftem Zustand verlässt, wobei der Prozess mit einer Flüssigkeitspumpe betrieben wird und ein Flüssigkeitsabscheider Teil der Kältemaschine ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Kältemittel wird vom Flüssigkeitsabscheider zum Luftkühler durch eine mechanische Pumpe gefördert (siehe Anhang F)

##### **3.10.3**

##### **überkritischer Betrieb**

Kältekreislaufprozess, bei dem der Austrittsdruck am Verdichter den kritischen Druck des Kältemittels übersteigt und ein Gaskühler Teil des Kältegeräts ist

### **3.11**

#### **Kältemittelenthalpien**

##### **3.11.1**

##### **spezifische Enthalpie des Kältemittelleintritts**

spezifische Enthalpie des Kältemittels am Eintrittsstutzen des Luftkühlers. Für die Berechnung der Leistung ist die spezifische Enthalpie des Kältemittels definiert als die der Unterkühlungstemperatur entsprechende Enthalpie der gesättigten Kältemittelflüssigkeit am Eintrittsstutzen des Expansionsventils sowie bei überkritischem Betrieb als die der Temperatur und dem Druck entsprechende Enthalpie

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Flüssigkeitspumpenumwälzung kann die Enthalpie des Kältemittels am Eintrittsstutzen nicht durch Temperatur- und Druckmessung an den Luftkühleranschlüssen bestimmt werden (siehe Anhang E).

##### **3.11.2**

##### **spezifische Enthalpie des Kältemittelaustritts**

spezifische Enthalpie des Kältemittels am Austrittsstutzen des Luftkühlers. Für die Berechnung der Leistung ist die spezifische Enthalpie des Kältemittels definiert als die dem Verdampfungsdruck und der Überhitzungstemperatur entsprechende Enthalpie

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Flüssigkeitspumpenumwälzung kann die Enthalpie des Kältemittels am Eintrittsstutzen nicht durch Temperatur- und Druckmessung an den Luftkühleranschlüssen bestimmt werden (siehe Anhang E).

##### **3.11.3**

##### **spezifische Verdampfungsenthalpie**

Enthalpie bei Verdampfungsdruck ohne Berücksichtigung des Druckabfalls über dem Luftkühler (siehe Anhang F)

### **3.12**

#### **Nenn-Luftdurchfluss**

Volumenstrom durch den Luftkühler bei sauberer und trockener luftseitiger Oberfläche

### **3.13**

#### **Ölgehalt**

Massenanteil des Öls im Kältemittel bezogen auf das reine Kältemittel

### **3.14**

#### **Kältemittel-Umwälzrate**

Verhältnis zwischen tatsächlichem Massenstrom durch den Luftkühler und dem Massenstrom, der zur vollständigen Verdampfung des Kältemittels erforderlich ist (siehe Anhang F)

## 4 Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gilt Tabelle 1:

**Tabelle 1 — Symbole**

|             |                                                                                             |                   |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| $E_{el}$    | elektrische Energiezufuhr in das Kalorimeter                                                | kJ                |
| $F$         | Korrekturfaktor für die Abweichung vom atmosphärischen Normdruck                            | Pa                |
| $h_{L1}$    | spezifische Enthalpie des Kälteträgereintritts                                              | kJ/kg             |
| $h_{L2}$    | spezifische Enthalpie des Kälteträgeraustritts                                              | kJ/kg             |
| $h_{R1}$    | spezifische Enthalpie des Kältemiteleintritts                                               | kJ/kg             |
| $h_{R2}$    | spezifische Enthalpie des Kältemittelaustritts                                              | kJ/kg             |
| $h_{R3}$    | spezifische Enthalpie des Kältemittels am Austrittsstutzen des Luftkühlers (siehe Anhang E) | kJ/kg             |
| $h_{W1}$    | spezifische Enthalpie des Wassereintritts (Gegenheizung)                                    | kJ/kg             |
| $h_{W2}$    | spezifische Enthalpie des Wasseraustritts (Gegenheizung)                                    | kJ/kg             |
| $HL$        | Wärmestrom vom Inneren des Kalorimeters zur Umgebung                                        | kW                |
| $n$         | Ventilatorumdrehzahl                                                                        | 1/min             |
| $p_{atm}$   | atmosphärischer Druck                                                                       | Pa                |
| $p_e$       | Verdampfungsdruck                                                                           | bar               |
| $p_{e1}$    | Kältemitteldruck am Eintrittsstutzen des Luftkühlers (siehe Anhang E)                       | bar               |
| $p_{e2}$    | Kältemitteldruck am Dampfaustrittsstutzen des Abscheiders (siehe Anhang E)                  | bar               |
| $p_{L1}$    | Kälteträgerdruck am Luftkühlereintritt                                                      | bar               |
| $p_{L2}$    | Kälteträgerdruck am Luftkühleraustritt                                                      | bar               |
| $p_{R1}$    | Kältemitteldruck am Eintritt des Expansionsventils                                          | bar               |
| $P_1$       | Leistung (Hauptverfahren)                                                                   | kW                |
| $P_2$       | Leistung (Kontrollverfahren)                                                                | kW                |
| $P_M$       | gemessene Leistung                                                                          | kW                |
| $q_m$       | Massenstrom                                                                                 | kg/s              |
| $q_{mRPu}$  | Kältemittelmassenstrom auf der Niederdruckseite durch die Pumpe                             | kg/s              |
| $q_v$       | Volumenstrom                                                                                | m <sup>3</sup> /s |
| $rd$        | relative Abweichung                                                                         | —                 |
| $\rho$      | Dichte                                                                                      | kg/m <sup>3</sup> |
| $r r$       | Pumpenumwälzrate                                                                            | -                 |
| $t_{LM}$    | Kälteträgertemperatur an der Durchflussmessstelle                                           | °C                |
| $t_{RM}$    | Kältemitteltemperatur an der Durchflussmessstelle (Flüssigkeitsleitung)                     | °C                |
| $t_{WM}$    | Wassertemperatur am Durchflussmesspunkt (Gegenheizung)                                      | °C                |
| $t_{A1}$    | Luft Eintrittstemperatur (Trockenkugel)                                                     | °C                |
| $t_{bp}$    | Kältemitteltemperatur bei Siedekurve                                                        | °C                |
| $t_{dp}$    | Taupunkttemperatur der Luft im Kalorimeterraum                                              | °C                |
| $t_e$       | Verdampfungstemperatur                                                                      | °C                |
| $t_i$       | individuelle Lufttemperatur innerhalb des Kalorimeters                                      | °C                |
| $t_{(pR1)}$ | Sättigungstemperatur entsprechend $p_{R1}$                                                  | °C                |

Tabelle 1 (fortgesetzt)

|                  |                                                                                           |       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| $t_{L1}$         | Kälte­träger-Eintrittstemperatur                                                          | °C    |
| $t_{L2}$         | Kälte­träger-Austrittstemperatur                                                          | °C    |
| $t_{R1}$         | Eintrittstemperatur des Kältemittels am Expansionsventil                                  | °C    |
| $t_{R2}$         | Austrittstemperatur des Dampfes am Dampfaustrittsstutzen des Abscheiders (siehe Anhang E) | °C    |
| $t_{R3}$         | tatsächliche Temperatur am Austrittsstutzen des Luftkühlers (siehe Anhang E)              | °C    |
| $t_{W1}$         | Wasser-Eintrittstemperatur                                                                | °C    |
| $t_{W2}$         | Wasser-Austrittstemperatur                                                                | °C    |
| $t_{sup}$        | Überhitzungstemperatur                                                                    | °C    |
| $\Delta p$       | Druckabfall                                                                               | bar   |
| $Dt_1$           | Eintrittstemperaturdifferenz                                                              | K     |
| $\Delta h_e$     | Änderung der spezifischen Kältemittelenthalpie im Luftkühler bei $p_e$ (siehe Anhang E)   | kJ/kg |
| $\Delta h_O$     | spezifische Verdampfungsenthalpie bei $p_e$ (siehe Anhang E)                              | kJ/kg |
| $\Delta h_R$     | Differenz zwischen den spezifischen Kältemittelaustritts- und -eintrittsenthalpien        | kJ/kg |
| $\Delta t_{sub}$ | Unterkühlung = $t_{(pR1)} - t_{R1}$                                                       | K     |
| $\Delta t_{sup}$ | Überhitzung                                                                               | K     |
| $\Delta t_L$     | Temperaturdifferenz zwischen Kälte­träger­eintritt und -austritt                          |       |
| $\tau$           | Prüfdauer                                                                                 |       |
| $U$              | Spannung                                                                                  |       |
|                  |                                                                                           |       |
|                  |                                                                                           |       |

#### Tiefgestellte Indizes

- $m$  Masse;
- $v$  Volumen;
- $L$  Kälte­träger;
- $M$  Durchflussmesser;
- $R$  Kältemittel;
- $W$  Wasser.

Zahlen kennzeichnen Positionen in Kältekreisdiagrammen.

#### Hochgestellte Indizes

- (a,b) kennzeichnet eine Prüfreihe, (a) oberhalb und (b) unterhalb der Normbedingungen.
- (st) Norm;

## 5 Normleistung

### 5.1 Grundlagen der Normleistungsangaben

Die Kälteleistung eines Luftkühlers oder dessen Gesamt-Wärmeübergangskoeffizient ist von Folgendem abhängig:

- a) Temperatur und Feuchtigkeit der eintretenden Luft;
- b) Massenstrom der Luft, des Kältemittels oder Kälteträgers;
- c) Verdampfungstemperatur oder Eintrittstemperatur des Kälteträgers;
- d) Grad der Überhitzung des Kältemittels;
- e) weiteren Bedingungen, z. B.:
  - Grad der Unterkühlung des Kältemittels;
  - Eintrittsdruck und -temperatur am Expansionsventil bei überkritischem Betrieb;
  - Ölgehalt;
- f) Grad der Reifbildung.

Aufgrund der verknüpften Abhängigkeit des Gesamt-Wärmeübergangskoeffizienten sowohl vom Massenstrom als auch von der Temperaturdifferenz ist die Angabe der Kälteleistung je Grad Temperaturdifferenz unzulässig, da der Wärmeübergangskoeffizient nur in einem sehr begrenzten Bereich von Betriebsbedingungen als konstanter Wert angenommen werden kann.

Daher wird die Kälteleistung nur für spezifische Betriebsbedingungen angegeben.

Der Einfluss von Reifbildung auf der Oberfläche eines Luftkühlers (latente Kälteleistung) kann aufgrund der sich ständig ändernden Kälteleistung nur unter großem Aufwand gemessen werden. Aus diesem Grund berücksichtigt diese Norm nur die Kälteleistung bei unbereiften Bedingungen, da diese im Beharrungszustand gemessen werden können.

### 5.2 Normbedingungen für die Kälteleistung

#### 5.2.1 Allgemeines

Die Normleistung muss mit einem sauberen Luftkühler bei Nennspannung und Frequenz unter einer oder mehreren der in 5.2.2 und 5.2.3 festgelegten Bedingungen gemessen werden.