

DIN EN 13771-2



ICS 23.140; 27.200

Einsprüche bis 2016-12-07
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13771-2:2007-11

Entwurf

**Kältemittel-Verdichter und Verflüssigungssätze für die Kälteanwendung –
Leistungsprüfung und Prüfverfahren –
Teil 2: Verflüssigungssätze;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13771-2:2016**

Compressors and condensing units for refrigeration –
Performance testing and test methods –
Part 2: Condensing Units;
German and English version prEN 13771-2:2016

Compresseurs et unités de condensation pour la réfrigération –
Essais de performance et méthodes d'essais –
Partie 2: Unités de condensation;
Version allemande et anglaise prEN 13771-2:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-10-07 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fnkae@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 67 Seiten

DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13771-2:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 113 „Wärmepumpen und Luftkonditionierer“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AENOR (Spanien) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 044-00-14 AA „Kältemittel-Verdichter“ im DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 13771-2 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13771-2:2007-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung der Symbole und Indizes an EN 13771-1;
- b) Einführung des neuen Bildes 1 „Konfigurationen von Verflüssigungssätzen“ und Überarbeitung der Bilder 2 bis 7;
- c) Einführung des neuen Abschnitts 4 „Messunsicherheit und Prüfbedingungen“;
- d) Festlegung eines detaillierten Prüfraumes und Beschreibung des Prüfaufbaus, um Unsicherheiten bei der Prüfung zu reduzieren, angepasst an EN 327 und EN 14511-3;
- e) Aufnahme des transkritischen Betriebes und der zyklischen Leistungsregelung.

Kältemittel-Verdichter und Verflüssigungssätze für die Kälteanwendung — Leistungsprüfung und Prüfverfahren — Teil 2: Verflüssigungssätze

*Compresseurs et unités de condensation pour la réfrigération — Essais de performance et méthodes d'essais —
Partie 2 : Unités de condensation*

*Compressors and condensing units for refrigeration — Performance testing and test methods — Part 2: Condensing
units*

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe und Symbole.....	6
3.1 Begriffe.....	6
3.2 Symbole.....	9
3.3 Kältemittelkreislauf — Bezugspunkte.....	11
4 Messunsicherheit und Prüfbedingungen.....	11
4.1 Unsicherheit der Leistungsdaten.....	11
4.2 Messunsicherheit.....	12
4.3 Prüfbedingungen.....	12
5 Allgemeine Anforderungen.....	14
5.1 Prüfeinrichtung.....	14
5.2 Berechnungsverfahren.....	14
5.2.1 Prinzip.....	14
5.2.2 Spezifische Enthalpie.....	14
5.2.3 Kältemittel-Massenstrom.....	14
5.2.4 Leistungsaufnahme.....	14
5.2.5 Grundlegende Gleichungen.....	14
5.3 Anforderungen für die Auswahl der Prüfverfahren.....	16
5.3.1 Allgemeines.....	16
5.3.2 Gleichzeitige zweite Prüfung.....	16
5.4 Prüfablauf.....	16
5.4.1 Allgemeines.....	16
5.4.2 Beharrungszustand.....	16
5.4.3 Aufzeichnung der gemessenen Daten.....	16
5.5 Druck- und Temperaturmessstellen.....	17
5.6 Ölumlauf.....	17
5.7 Zusammensetzung des Kältemittels.....	17
5.8 Kalibrierung und Anforderungen hinsichtlich der Messunsicherheit.....	17
5.8.1 Kalibrierung von Kalorimetern für Prüfverfahren A, B und C.....	17
5.8.2 Bestimmung der Kälteleistung.....	18
5.8.3 Bestimmung der Leistungsaufnahme des Verflüssigungssatzes.....	18
5.9 Quelle der Kältemitteldaten.....	18
5.10 Prüfungsaufbau für luftgekühlte Verflüssigungssätze.....	18
5.10.1 Lufteintrittstemperatur.....	18
5.10.2 Prüfraum.....	19
5.10.3 Kältemittel-Füllmenge.....	19
6 Prüfverfahren.....	19
6.1 Allgemeines.....	19
6.2 Liste der Prüfverfahren.....	20
6.2.1 Kalorimeter-Verfahren.....	20
6.2.2 Durchfluss-Messverfahren.....	20
6.3 Verfahren A: Sekundärfluid-Kalorimeter auf der Saugseite.....	20
6.3.1 Beschreibung.....	20

6.3.2	Kalibrierung.....	21
6.3.3	Prüfablauf.....	21
6.3.4	Anforderungen.....	22
6.3.5	Bestimmung des Kältemittel-Massenstromes.....	22
6.4	Verfahren B: Trockenes Kältemittel-Kalorimeter auf der Saugseite.....	22
6.4.1	Beschreibung.....	22
6.4.2	Kalibrierung.....	23
6.4.3	Prüfablauf.....	23
6.4.4	Anforderungen.....	23
6.4.5	Bestimmung des Kältemittel-Massenstromes.....	24
6.5	Verfahren C: Verflüssiger-/Gaskühler-Kalorimeter auf der Druckseite, wassergekühlt.....	24
6.5.1	Beschreibung.....	24
6.5.2	Kalibrierung.....	25
6.5.3	Der Wärmeverlustkoeffizient ist nach 5.8.1 zu bestimmen. Prüfablauf.....	25
6.5.4	Anforderungen.....	25
6.5.5	Bestimmung des Kältemittel-Massenstromes.....	25
6.6	Verfahren D: Kältemittelgas-Durchflussmessgerät auf der Saugseite (siehe 6.6).....	26
6.6.1	Beschreibung.....	26
6.6.2	Prüfablauf.....	26
6.6.3	Anforderungen.....	26
6.6.4	Bestimmung des Kältemittel-Massenstromes.....	27
6.7	Verfahren E: Kältemittel-Durchflussmessgerät in der Flüssigkeitsleitung.....	27
6.7.1	Beschreibung.....	27
6.7.2	Prüfablauf.....	28
6.7.3	Anforderungen.....	28
6.7.4	Bestimmung des Kältemittel-Massenstromes.....	28
7	Bestimmung der Leistungsaufnahme des Verflüssigungssatzes.....	29
7.1	Allgemeines.....	29
7.1.1	Einleitung.....	29
7.1.2	Messung bei Verflüssigungssätzen, bei denen der Motor nicht Bestandteil des Gerätes ist	29
7.1.3	Messung bei Verflüssigungssätzen, bei denen der Motor Bestandteil des Gerätes ist.....	29
7.1.4	Messung der Leistungsaufnahme von zusätzlichen Bauteilen und Lüftern.....	29
7.2	Berechnung.....	29
8	Prüfbericht.....	30
8.1	Allgemeines.....	30
8.2	Allgemeine Angaben.....	30
8.3	Grundlegende Angaben.....	30
8.4	Prüfergebnisse.....	30
8.5	Zusätzliche Angaben.....	31
	Literaturhinweise.....	33
 Bilder		
	Bild 1 — Konfigurationen von Verflüssigungssätzen.....	7
	Bild 2 — Kältemittelkreislauf.....	11
	Bild 3 — Sekundärfluid-Kalorimeter.....	21
	Bild 4 — Trockenes Kältemittel-Kalorimeter.....	23
	Bild 5 — Wassergekühlter Verflüssiger.....	25
	Bild 6 — Kältemittelgas-Durchflussmessgerät auf der Saugseite.....	26
	Bild 7 — Kältemittel-Durchflussmessgerät.....	28

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole	9
Tabelle 2 — Indizes	10
Tabelle 3 — Spezifizierte Prüfbedingungen und zulässige Abweichungen	13
Tabelle 4 — Zusätzliche Angaben	31

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13771-2:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 113 „Wärmepumpen und Luftkonditionierungsgeräte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AENOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13771-2:2007 ersetzen.

Gegenüber der Vorgängerausgabe wurden die folgenden maßgeblichen Änderungen in dieser Europäischen Norm vorgenommen:

- a) Anpassung der Symbole und Indizes an EN 13771-1;
- b) Einführung des neuen Bildes 1 „Konfigurationen von Verflüssigungssätzen“ und Überarbeitung der Bilder 2 bis 7;
- c) Einführung des neuen Abschnitts 4 „Messunsicherheit und Prüfbedingungen“;
- d) Festlegung eines detaillierten Prüfraumes und Beschreibung des Prüfaufbaus, um Unsicherheiten bei der Prüfung zu reduzieren, angepasst an EN 327 und EN 14511-3;
- e) Aufnahme des transkritischen Betriebes und der zyklischen Leistungsregelung.

Die EN 13771-Reihe besteht aus folgenden Europäischen Normen:

EN 13771-1, *Kältemittel-Verdichter und Verflüssigungssätze für die Kälteanwendung — Leistungsprüfung und Prüfverfahren — Teil 1: Kältemittel-Verdichter*

EN 13771-2, *Kältemittel-Verdichter und Verflüssigungssätze für die Kälteanwendung — Leistungsprüfung und Prüfverfahren — Teil 2: Verflüssigungssätze*

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt nur für Verflüssigungssätze für die Kälteanwendung und beschreibt eine Reihe von ausgewählten Leistungsprüfverfahren. Diese Verfahren ermöglichen ausreichend genaue Ergebnisse zur Bestimmung von Kälteleistung, Leistungsaufnahme, Kältemittelmassenstrom und Leistungszahl.

Diese Europäische Norm gilt nur für Leistungsprüfungen, die beim Hersteller durchgeführt werden bzw. in Prüfeinrichtungen, deren Messgeräte und Laufstabilität eine Prüfung mit der erforderlichen Genauigkeit sicherstellt.

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 378-1, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 1: Grundlegende Anforderungen*

EN 378-2, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation*

ISO 817, *Refrigerants — Designation and safety classification*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

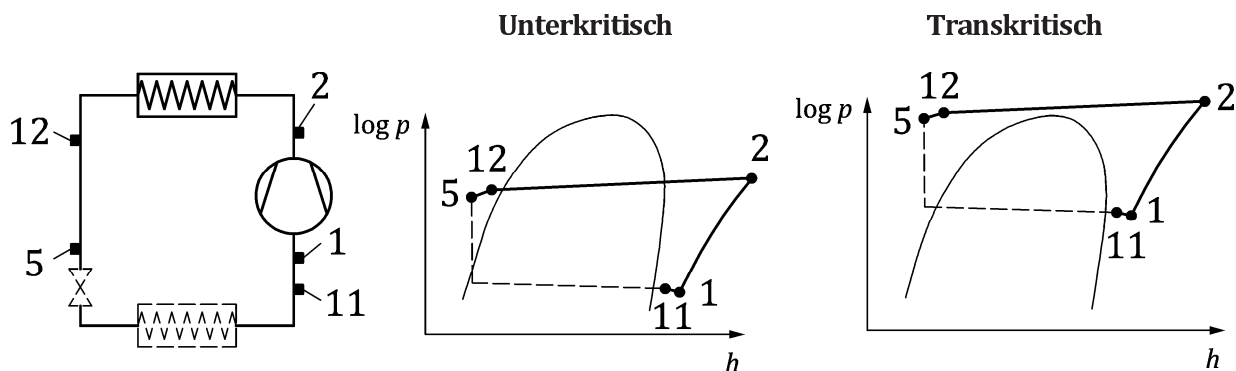
3.1.1

Kälteleistung

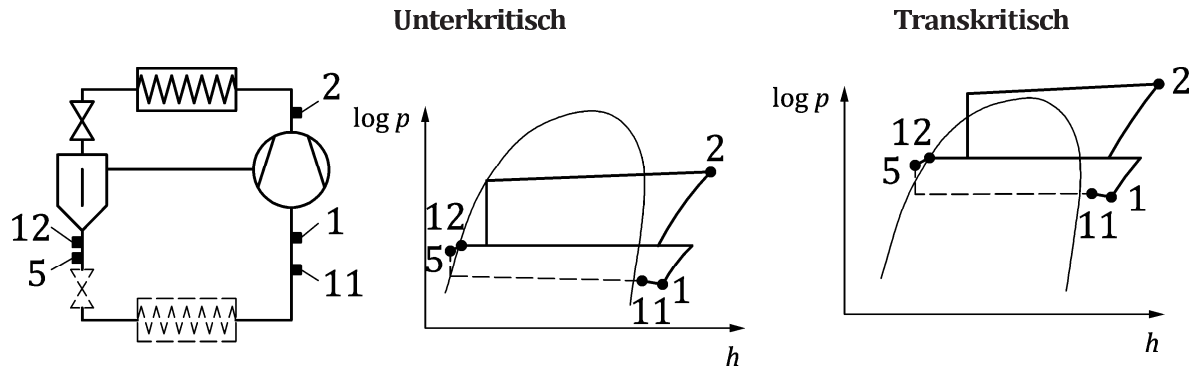
Q

〈Verflüssigungssatz〉 Produkt des Kältemittel-Massenstromes und der Differenz zwischen der spezifischen Enthalpie des Kältemittels am Eintritt des Verflüssigungssatzes (Bild 1, Punkt 11) und der spezifischen Enthalpie der Flüssigkeit am Austritt des Verflüssigungssatzes (Bild 1, Punkt 12)

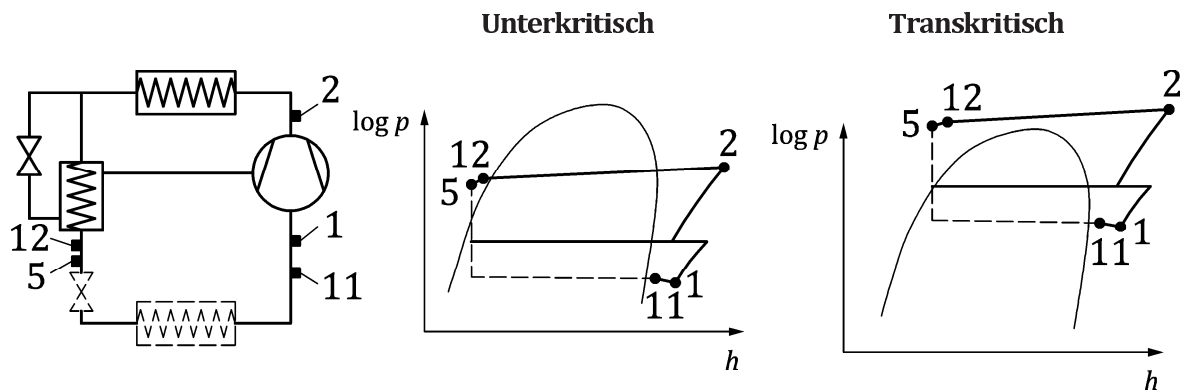
Anmerkung 1 zum Begriff: Der Austritt (Punkt 12) des Verflüssigungssatzes hängt von der Konstruktion ab (einstufig oder zweistufig oder mit internen Wärmeaustauschern, siehe Bilder 1 a), b), c) und d).



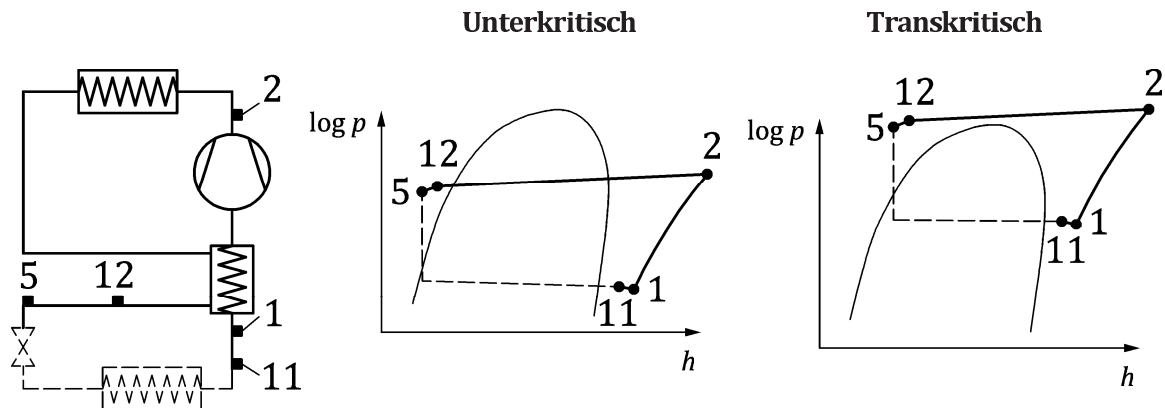
a) Einstufige Verflüssigungssätze



b) Zweistufige Verflüssigungssätze



c) Verflüssigungssätze mit Vorwärmer



d) Verflüssigungssatz mit internem Wärmeaustauscher

Legende

- | | |
|---|---|
| 1 Kältemittelgas am Verdichtereintritt | 11 Kältemittelgas am Eintritt des Verflüssigungssatzes |
| 2 Kältemittelgas am Verdichteraustritt | 12 Flüssiges Kältemittel am Austritt des Verflüssigungssatzes |
| 5 Flüssiges Kältemittel am Eintritt der Expansionseinrichtung | |

Bild 1 — Konfigurationen von Verflüssigungssätzen

3.1.2 spezifische Enthalpie

**3.1.2.1
spezifische Enthalpie von flüssigem Kältemittel am Eintritt des Verflüssigungssatzes**
spezifische Enthalpie von flüssigem Kältemittel bei Druck und Temperatur am Eintritt (überhitzt auf den angegebenen Wert über der Taupunkttemperatur)

**3.1.2.2
spezifische Enthalpie von flüssigem Kältemittel am Austritt des Verflüssigungssatzes**
spezifische Enthalpie von flüssigem Kältemittel bei Druck und Temperatur am Austritt

3.1.3 Unterkühlung

ΔT_{12}
Differenz zwischen der Siedepunkttemperatur des Kältemittels bezogen auf den Druck und die Temperatur des flüssigen Kältemittels am Austritt des Verflüssigungssatzes

Anmerkung 1 zum Begriff: Nur auf unterkritische Drücke anwendbar.

3.1.4 Leistungsaufnahme

P
Antriebsleistungsbedarf für den Verflüssigungssatz

**3.1.5
Kältemittelmassenstrom**
 m
Massenstrom des Kältemittels am Eintritt des Verflüssigungssatzes

**3.1.6
Kälteleistungszahl**
 COP_R
Verhältnis von Kälteleistung zu Leistungsaufnahme

Anmerkung 1 zum Begriff: Beide obenstehenden Angaben gelten bei den spezifizierten Prüfbedingungen.

**3.1.7
unterkritischer Betrieb**
Betriebsbedingung mit einem Austrittsdruck des Verflüssigungssatzes unterhalb des kritischen Drucks des Kältemittels

**3.1.8
transkritischer Betrieb**
Betriebsbedingung mit einem Austrittsdruck des Verflüssigungssatzes oberhalb des kritischen Drucks des Kältemittels

**3.1.9
Teillastbetrieb**
bei Verdichtern mit Mechanismus zur Leistungsregelung wird Teillast als Betrieb mit aktiver Leistungsregelung bei verminderter Leistung verstanden

Anmerkung 1 zum Begriff: Das An-/Ausschalten der Versorgungsspannung des Verdichtermotors gilt nicht als Leistungsregelung.

3.1.10

Flüssigkeit

Kältemittelflüssigkeit, -gas oder -dampf, einschließlich der Erscheinungszustand nahe am und über dem kritischen Druck

3.1.11

Ölumlaufl in der Kälteanlage

x_{oil}

Verhältnis des gemessenen Ölmassenstromes zum Massenstrom des umlaufenden Öl-Kältemittelgemisches

3.1.12

Verflüssigungssatz

Kombination aus einem oder mehreren Verdichtern, Verflüssigern/Gaskühlern und, falls erforderlich, Flüssigkeitssammlern und den üblicherweise mitgelieferten Zubehörteilen

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole in Tabelle 1.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bezeichnung	SI-Einheit
c	spezifische Wärmekapazität einer Flüssigkeit	J/(kg K)
c_{oil}	spezifische Wärmekapazität von Öl	J/(kg K)
COP_R	Kälteleistungszahl nach Gleichung (7)	
f	elektrische Frequenz	Hz
F	Wärmeverlustkoeffizient	W/K
h	Spezifische Enthalpie	J/kg
n	Verdichterrehzahl	1/min
P	Leistungsaufnahme des Verflüssigungssatzes	W
P_m	Tatsächliche Leistungsaufnahme des Verdichters, wenn der Motor nicht Bestandteil des Gerätes ist	W
P_{el}	Tatsächliche Leistungsaufnahme des Verdichters, wenn der Motor Bestandteil des Gerätes ist	W
P_f	Leistungsaufnahme durch Lüfter und andere üblicherweise vorgesehene zusätzliche Bauteile	W
p	Absoluter Druck	MPa
m	Massenstrom	kg/s
V	Volumenstrom	m ³ /s
t	Temperatur	°C
t_{cal}	mittlere Oberflächentemperatur des Kalorimeters	°C
t_{s1}	Eintrittstemperatur der Heiz- oder Kühlflüssigkeit	°C
t_{s2}	Austrittstemperatur der Heiz- oder Kühlflüssigkeit	°C

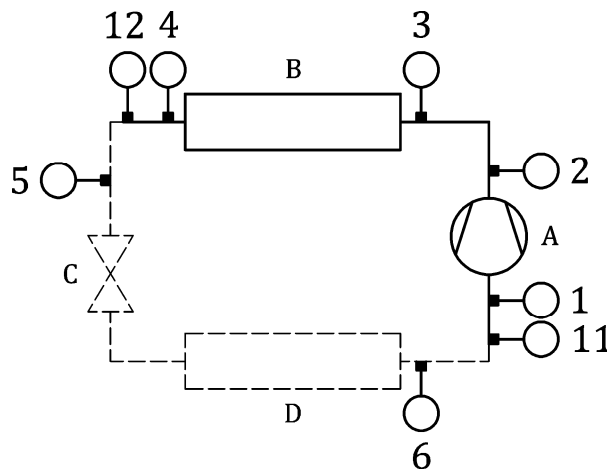
Symbol	Bezeichnung	SI-Einheit
t_{mid}	Der mittlere Siede und Taupunkttemperatur des Kältemittels bei Austrittsdruck am Verflüssigungssatz	°C
t_{bs}	Siedepunkttemperatur des Sekundärfluids	°C
t_x	Bezugstemperatur	°C
U	elektrische Nennspannung	V
v	Spezifisches Volumen des Kältemittelgases	m ³ /kg
ρ	Dichte des Kältemittelgases/flüssigen Kältemittels; indexiert für andere Flüssigkeiten	kg/m ³
Q_i	Wärmebelastung in das Kalorimeter	W
Q_n	elektrische Leistungsaufnahme der Heizung	W
Q	Kälteleistung des Verflüssigungssatzes	W
x_{oil}	Verhältnis des Ölums in der Kälteanlage	—

Tabelle 2 — Indizes

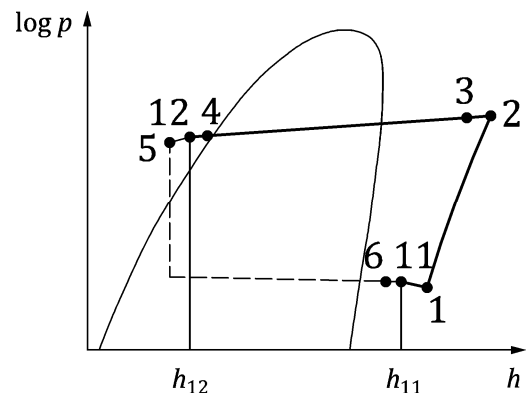
Index	Bezeichnung	
1	Kältemittelgas am Verdichtereintritt	
2	Kältemittelgas am Verdichteraustritt	
3	Verflüssigereintritt	
4	Verflüssigeraustritt	
5	Eintrittsexpansionsvorrichtung	
6	Austritt des Verdampfers (oder Kalorimeters)	
11	Eintritt des Verflüssigungssatzes	
12	Austritt des Verflüssigungssatzes	
a	tatsächlich	
A	Luft	
amb	Umgebung	
cal	Kalorimeteroberfläche	
f	Wärmeträgerflüssigkeit	
in	Einlass, Eintritt	
M	Durchflussmesser	
oil	Öl	
out	Austritt	
s	Sekundärfluid (Sekundärkältemittel, Sole, Wasser)	
x	Mischung aus Öl/flüssigem Kältemittel	
F	Lüfter und zusätzliche Bauteile	

3.3 Kältemittelkreislauf — Bezugspunkte

Bild 1b) zeigt die Bezugspunkte des Kältemitteldurchflusses durch den in Bild 1a) dargestellten Kältemittelkreislauf.



a) Kreislaufdiagramm



b) Druck-Enthalpie-Diagramm

Legende

- | | |
|---|---|
| 1 Kältemittelgas am Verdichtereintritt | A Verdichter |
| 2 Kältemittelgas am Verdichteraustritt | B Verflüssiger (einschließlich aller Sammelbehälter und/oder Unterkühler, die Bestandteil des Gerätes sind) |
| 3 Kältemittelgas am Eintritt des Verflüssigers | C Expansionseinrichtung |
| 4 Flüssiges Kältemittel am Austritt des Verflüssigers | D Verdampfer |
| 5 Flüssiges Kältemittel am Eintritt der Expansionseinrichtung | |
| 6 Kältemittelgas am Verdampferaustritt | |
| 11 Kältemittelgas am Eintritt des Verflüssigungssatzes | |
| 12 Flüssiges Kältemittel am Austritt des Verflüssigungssatzes | |

Bild 2 — Kältemittelkreislauf

4 Messunsicherheit und Prüfbedingungen

4.1 Unsicherheit der Leistungsdaten

Die Messgeräte müssen so ausgewählt und kalibriert sein, dass sich das Endergebnis innerhalb des folgenden Maximalbereichs der Messunsicherheiten für den gemessenen Wert befindet:

- Kälteleistung: $\pm 2,5 \%$;
- elektrische Leistungsaufnahme: $\pm 1 \%$; und
- mechanische Leistungsaufnahme: $\pm 2,5 \%$.

4.2 Messunsicherheit

Es ist davon auszugehen, dass die Unsicherheitswerte ein 95 %-iges Vertrauensintervall abdecken, d. h. die $\pm$ zweifache Standardabweichung. Außer es ist etwas anderes in den jeweiligen Abschnitten vorgegeben, müssen die Messungen innerhalb des folgenden Maximalbereichs der Messunsicherheiten für den gemessenen Wert ausgeführt werden:

- absoluter Druck: ± 1 %;
- elektrisch:
 - a) Strom ± 1 %;
 - b) Häufigkeit: ± 1 %;
 - c) Leistung ± 1 %;
 - d) Leistung von Lüftern und zusätzlichen Bauteilen ± 3 %;
 - e) Spannung ± 1 %;
- Kältemittel-Durchfluss: ± 1 %;
- Drehzahl: $\pm 0,07$ %;
- Masse: $\pm 0,2$ %;
- Temperaturen:
 - a) Temperatur für Differenzen: $\pm 0,05$ K;
 - b) Temperaturdifferenzen: ± 1 %;
 - c) Andere Temperaturen: $\pm 0,3$ K;
- Zeitintervall: $\pm 0,1$ %;
- Drehmoment: ± 1 %;
- Wasser-Durchfluss: ± 1 %;
- Länge, Breite oder Höhe: ± 2 %.

Das Einhalten der aufgeführten Grenzwerte bedeutet nicht, dass automatisch die Anforderungen von 4.1 erfüllt werden.

4.3 Prüfbedingungen

Die spezifizierten Prüfbedingungen, bei denen die Prüfung durchzuführen ist, und deren zulässige Abweichungen sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Spezifizierte Prüfbedingungen und zulässige Abweichungen

Spezifizierte Prüfbedingungen	Zulässige Abweichungen während der gesamten Prüfdauer
Absoluter Druck ^a , Eintritt des Verflüssigungssatzes, p_{11}	$\pm 1,0 \%$
Absoluter Druck ^a , Austritt des Verflüssigungssatzes, wassergekühlt, p_{12}	$\pm 1,0 \%$
Kältemitteltemperatur am Eintritt des Verflüssigungssatzes, t_{11}	$\pm 3,0 \text{ K}$
Kältemittel-Unterkühlung am Austritt des Verflüssigungssatzes, ΔT_{12}	0 K bis +1 K
Verdichter-Nennzahl, n	$\pm 1,0 \%$
Elektrische Nennspannung, U	$\pm 1,5 \%$
Elektrische Nennfrequenz, f	$\pm 1,0 \%$
Luft Eintrittstemperatur am Verflüssiger/Gaskühler, t_A	$\pm 1,0 \text{ K}$
Flüssigkeitstemperatur am Verflüssiger, t_{s1}	$\pm 0,5 \text{ K}$
Flüssigkeitstemperatur am Verflüssiger ^b , t_{s2}	$\pm 0,5 \text{ K}$
Flüssigkeitsdurchfluss durch den Verflüssiger, m_s	$\pm 1,5 \%$
Umgebungstemperatur ^c , t_{amb}	$\pm 3,0 \text{ K}$
a Dynamische Messabweichungen aufgrund Pulsation werden nicht berücksichtigt b Als Alternative zum Flüssigkeitsdurchfluss zulässig. c Abweichend von Luft Eintrittstemperatur.	

Die Werte für die entsprechenden spezifizierten Prüfbedingungen müssen angegeben werden.

Für die Berechnung der Kälteleistung können weitere Werte erforderlich sein:

- Austrittstemperatur des Gaskühlers bei transkritischen Betrieb;
- Temperaturdifferenz am Unterkühler bzw. Nachkühler der Flüssigkeit im zweistufigen Betrieb (Entspanner ohne Temperaturdifferenz). Der Wert des Drucks p_7 muss nach Anhang A angepasst werden, damit die erforderliche Temperaturdifferenz erreicht ist.

Bei zyklischer Leistungsregelung beziehen sich die Abweichungen aus Tabelle 3 auf die Mittelwerte pro Regelungszustand.

In einem Betrieb mit konstanter Leistung gelten die Abweichungen entweder

- für jeden einzelnen aufgezeichneten Wert, oder
- für die Mittelwerte pro Minute, oder
- für den Durchschnitt der Werte in der Prüfperiode, $\pm$ doppelte Standardabweichung der gemessenen Werte.

Die Luft Eintrittstemperatur t_A ist der durchschnittliche Sofortwert aller Temperaturnachnehmer.

5 Allgemeine Anforderungen

5.1 Prüfeinrichtung

Die Prüfeinrichtung muss den Anforderungen von EN 378-2 entsprechen.

5.2 Berechnungsverfahren

5.2.1 Prinzip

Die Bestimmung der Kälteleistung eines Verflüssigungssatzes bei den spezifizierten Prüfbedingungen umfasst:

- die Bewertung des tatsächlichen Kältemittel-Massenstromes am Eintritt des Verflüssigungssatzes (m_{11}) innerhalb der bei den spezifizierten Prüfbedingungen nach Tabelle 3 zulässigen Grenzen;
- die Korrektur dieses Massenstromes auf den beiden spezifizierten Prüfbedingungen vorgegebenen Massenstrom mit dem Verhältnis zwischen dem tatsächlichen spezifischen Volumen (v_{11a}) des Kältemittelgases am Eintritt des Verflüssigungssatzes und dem spezifischen Volumen des Kältemittelgases bei den spezifizierten Prüfbedingungen (v_{11});
- das Produkt des korrigierten Massenstromes und die Differenz zwischen der spezifischen Enthalpie des Kältemittelgases am Eintritt des Verflüssigungssatzes bei den spezifizierten Prüfbedingungen (h_{11}) und der spezifischen Enthalpie des flüssigen Kältemittels am Austritt des Verflüssigungssatzes (h_{12}).

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Norm wird angenommen, dass der Volumenstrom innerhalb der nach Tabelle 3 zulässigen Betriebsgrenzen des Verflüssigungssatzes konstant ist.

5.2.2 Spezifische Enthalpie

Die spezifische Enthalpie ist in anerkannten Daten der thermodynamischen Eigenschaften des verwendeten Kältemittels in Abhängigkeit des Druckes und der Temperatur angegeben.

5.2.3 Kältemittel-Massenstrom

Der Kältemittel-Massenstrom wird entweder direkt gemessen oder aus den gemessenen Werten berechnet.

5.2.4 Leistungsaufnahme

Innerhalb eines Überhitzungsbereiches von ± 3 K wird angenommen, dass die Leistungsaufnahme konstant bleibt.

5.2.5 Grundlegende Gleichungen

Der durch Messung bestimmte Kältemittel-Massenstrom m wird mit der folgenden Gleichung auf den Massenstrom bei den spezifizierten Prüfbedingungen umgerechnet:

Für Verflüssigungssätze ohne Motorverdichter

$$m = m_a \frac{v_{11a}}{v_{11}} \times \frac{n}{n_a} \quad (1)$$

Für Verflüssigungssätze mit Motorverdichter

$$m = m_a \frac{v_{11a}}{v_{11}} \times \frac{f}{f_a} \quad (2)$$

Die Kälteleistung für Verflüssigungssätze, wie in 3.1.1 definiert, wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$Q = m \times (h_{11} - h_{12}) \quad (3)$$

Die Leistungsaufnahme des Verflüssigungssatzes, wie in 3.1.3 definiert, wird mit der folgenden Gleichung aus der gemessenen Leistungsaufnahme auf die Leistungsaufnahme bei den spezifizierten Prüfbedingungen umgerechnet:

$$P = P_a \times \frac{n}{n_a} + P_F \quad (4)$$

Dabei ist

P die Leistungsaufnahme des Verflüssigungssatzes bei den spezifizierten Prüfbedingungen;

P_a für Motorverdichter: P_{el} ;

P_a für extern angetriebene Verdichter: P_m ;

P_F die Leistungsaufnahme des Lüfters und/oder zusätzlicher Bauteile.

Für Verflüssigungssätze ohne Motorverdichter

$$P = P_F + P_m \times \frac{n}{n_a} \quad (5)$$

Dabei ist

P die Leistungsaufnahme des Verflüssigungssatzes bei den spezifizierten Prüfbedingungen;

P_F die Leistungsaufnahme des Lüfters und/oder zusätzlicher Bauteile;

P_m die Leistungsaufnahme des Verdichters unter tatsächlichen Prüfbedingungen;

n die Verdichterdrehzahl.

Für Verflüssigungssätze mit Motorverdichter

$$P = P_F + P_{el} \times \frac{f}{f_a} \quad (6)$$

Dabei ist

P die Leistungsaufnahme des Verflüssigungssatzes bei den spezifizierten Prüfbedingungen;

P_F die Leistungsaufnahme des Lüfters und/oder zusätzlicher Bauteile;

P_{el} die Leistungsaufnahme des Verdichters unter tatsächlichen Prüfbedingungen;

f die Netzfrequenz der Stromversorgung des Motorverdichters.

ANMERKUNG P_f muss nicht korrigiert werden, da diese Änderung im Vergleich zu P unwesentlich ist.

Die Kälteleistungszahl COP_R , wie in 3.1.5 definiert, wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$COP_R = \frac{Q}{P} \quad (7)$$

5.3 Anforderungen für die Auswahl der Prüfverfahren

5.3.1 Allgemeines

Allgemein müssen für die Bestimmung eines Massenstroms zwei unterschiedliche Prüfverfahren, wie in Abschnitt 6 spezifiziert, zur gleichen Zeit angewendet werden. Die Ergebnisse der zwei Verfahren müssen innerhalb von 4 % übereinstimmen. Das Prüfergebnis ist der Mittelwert der zwei Verfahren.

5.3.2 Gleichzeitige zweite Prüfung

Wenn Prüfeinrichtungen in ständigem Gebrauch sind und in Übereinstimmung mit EN ISO 9001 einer wiederkehrenden Kalibrierung unterliegen, ist eine gleichzeitige zweite Prüfung nicht erforderlich.

Nach Abschnitt 6.2 sind unterschiedliche Verfahren, die für die Bestimmung miteinander kombiniert werden, zulässig.

5.4 Prüfablauf

5.4.1 Allgemeines

Die spezifizierten Prüfungen beziehen sich ausschließlich auf einen Verflüssigungssatz, der kontinuierlich unter Bedingungen betrieben wird, bei denen die Schwankungen aller die Prüfergebnisse beeinflussenden Faktoren für eine bestimmte Zeit innerhalb der festgelegten Grenzen bleiben und keine Tendenz zeigen, diese zu überschreiten.

Diese Bedingungen werden als Beharrungszustand spezifiziert und sind in 6.3.4 genau definiert.

5.4.2 Beharrungszustand

Nach dem Start des Verflüssigungssatzes müssen beim Einfahren so lange Änderungen der Einstellungen vorgenommen werden, bis sich die Messungen innerhalb der gemäß Tabelle 3 zulässigen Abweichungen vor der Prüfung befinden.

Je nach Bestimmung des Massenstroms sind zusätzliche Parameter für die Prüfergebnisse maßgeblich. Diese Parameter müssen insoweit stabil sein, dass nicht davon ausgegangen wird, dass sie die Messunsicherheit des Ergebnisses deutlich steigern. Eine lineare Tendenz nach oben oder nach unten von mehr als 50 % der zulässigen Abweichungen während der Prüfperiode kann ein Hinweis auf nicht stationäre Bedingungen sein. Das mechanische Gleichgewicht des Verdichters (Einfahrzeit) muss entsprechend der Anforderungen des Herstellers beachtet werden.

5.4.3 Aufzeichnung der gemessenen Daten

Wenn der Beharrungszustand erreicht ist, müssen die gemessenen Daten aufgezeichnet werden. Mindestens jede Minute muss ein kompletter Messzyklus aufgenommen werden. Die Aufzeichnungsdauer muss mindestens 15 min betragen. Der Mittelwert jeder Messgröße ist aus allen Werten dieser Messgröße während der Aufzeichnungsdauer zu errechnen.

Bei Verwendung einer zyklischen Leistungsregelung müssen mindestens 15 vollständige Messablesungen pro Regelungszustand vorgenommen werden. Die Prüfperiode darf nur vollständige Regelzustände umfassen, davon mindestens 10. Der Durchschnitt muss aus allen in einem Zyklus gemessenen Werten errechnet werden.

5.5 Druck- und Temperaturmessstellen

Druck und Temperatur am Eintritt des Verflüssigungssatzes müssen an der gleichen Stelle gemessen werden. Diese befindet sich in einem Abstand von mindestens dem 4-fachen Rohrdurchmesser einer geraden Rohrleitung, aber nicht weniger als 150 mm von dem Absperrventil oder Anschlüssen entfernt.

Der Rohrdurchmesser muss mit dem des Flansches an den Verflüssigungssätzen über eine Länge von mindestens dem 8-fachen Rohrdurchmesser übereinstimmen.

Druck und Temperatur am Austritt des Verflüssigungssatzes sind auf die gleiche Weise zu messen.

5.6 Ölumlaufl

Die umlaufende Ölmenge ist nach der Prüfung zu bestimmen.

Das Kältemittel-Öl-Gemisch muss aus der flüssigen Phase des Kältemittelkreislaufes entnommen, in einen entsprechend geeigneten Aufnahmebehälter abgefüllt, und der Ölanteil bestimmt werden.

Bei Wiederholungsprüfungen an einer Verdichter-Bauart, deren Ölmenge im Umlauf bekannt ist, können Stichprobenverfahren genügen. Alternative Verfahren mit der gleichen Genauigkeit dürfen verwendet werden. Der Aufnahmebehälter muss nach EN 378-2 ausgeführt sein.

5.7 Zusammensetzung des Kältemittels

Die Zusammensetzung aller bei Prüfungen verwendeter Kältemittel muss ISO 817 entsprechen.

ANMERKUNG Zeotrope Kältemittel haben eine bestimmte Zusammensetzung bei festgelegten Bedingungen. Änderungen von Temperatur und Druck können Änderungen der Konzentration der verschiedenen Komponenten im umlaufenden Kältemittel verursachen. Dies kann sich durch eine ungünstige Verteilung des Kältemittels im Kreislauf, Leckage der Anlage und unterschiedliche Öllöslichkeit verstärken. Die thermodynamischen Eigenschaften ändern sich ebenfalls, woraus eine ungenaue Ermittlung der Leistungsdaten entsteht.

5.8 Kalibrierung und Anforderungen hinsichtlich der Messunsicherheit

5.8.1 Kalibrierung von Kalorimetern für Prüfverfahren A, B und C

Kalorimeter für die Prüfverfahren A, B und C müssen durch Ermittlung eines Wärmeverlustkoeffizienten kalibriert werden

$$F = \frac{Q_i}{(t_x - t_{\text{amb}})} \quad (8)$$

welcher den Wärmeaustausch zwischen dem Kalorimeter und der Umgebung spezifiziert.

Die Bezugstemperatur t_x ist abhängig von der Art des Kalorimeters und bestimmt dem Wärmeaustausch mit der Umgebungstemperatur. Diese kann sein:

- a) die Siedetemperatur t_{bs} des Sekundärfluids (z. B. Verfahren A, Einkomponenten-Kältemittel wird empfohlen);
- b) die mittlere Oberflächentemperatur t_{cal} des Kalorimeters (z. B. Verfahren B);
- c) die durchschnittliche Kältemittel-Siede- und Taupunkttemperatur t_{mid} des Kalorimeter-Austrittsdrucks (z. B. Verfahren C).

Das folgende Verfahren muss zur Bestimmung des Wärmeverlustkoeffizienten angewendet werden:

Vor der Prüfung ist die Umgebungstemperatur t_{amb} konstant zu halten und eine Wärmezufuhr Q_i zur Aufrechterhaltung der Bezugstemperatur t_x von etwa 15 K über der Umgebungstemperatur einzustellen. Wenn das thermische Gleichgewicht erreicht ist, sind Ablesungen in Abständen von 1 h vorzunehmen. Das thermische Gleichgewicht ist erreicht, wenn vier aufeinander folgende Ablesungen die folgenden Bedingungen erfüllen:

- d) die Umgebungstemperatur t_{amb} verändert sich um nicht mehr als ± 1 K;
- e) die Bezugstemperatur t_x verändert sich um nicht mehr als $\pm 0,5$ K;
- f) wenn eine intermittierende elektrische Heizung oder eine Heizung durch Flüssigkeit benutzt wird, verändern sich die Ablesungen des Wärmeeintrags um nicht mehr als ± 5 %. Wenn Flüssigkeit zur Heizung benutzt wird, muss der Massenstrom m so eingestellt sein, dass der Temperaturabfall nicht kleiner als 5 K ist.

Der Wärmestrom über das Kalorimeter ergibt sich wie folgt:

- g) für eine Heizung durch einen Flüssigkeitsstrom:

$$Q_i = c \times (t_{s1} - t_{s2}) \times m_f \quad (9)$$

- h) für eine elektrische Heizung: der Wärmestrom Q_i ist gleich der elektrischen Leistungsaufnahme der Heizung Q_n .

5.8.2 Bestimmung der Kälteleistung

Die tatsächliche Kälteleistung muss mit einer Messunsicherheit von ± 4 % bestimmt werden, unabhängig von den in Tabelle 4.2 angegebenen einzelnen Messunsicherheiten.

5.8.3 Bestimmung der Leistungsaufnahme des Verflüssigungssatzes

Die Messinstrumente müssen so ausgewählt und kalibriert sein, dass sich die Leistungsaufnahme für Geräte mit Motorverdichter innerhalb von ± 1 % und für Geräte mit offenen Verdichtern innerhalb von $\pm 2,5$ % befindet.

5.9 Quelle der Kältemitteldaten

Die Quelle der thermodynamischen Daten des Kältemittels muss im Prüfbericht angegeben werden.

5.10 Prüfungsaufbau für luftgekühlte Verflüssigungssätze

5.10.1 Lufteintrittstemperatur

Die Lufteintrittstemperatur ist im Mittelpunkt der gleichen Abschnitte des Frontbereichs zu messen. Diese Abschnitte dürfen nicht größer als $0,2 \text{ m}^2$ sein und sollten, falls möglich, eine quadratische Form aufweisen. Es müssen mindestens 6 Abschnitte vorliegen. Temperaturfühler müssen gegenüber Strahlung und allen anderen Formen der Wärmeübertragung, welche die Messgenauigkeit beeinflussen, abgeschirmt werden.

Diese werden maximal 0,25 m vom Lufteintritt des Verflüssigungssatzes entfernt platziert.

Wenn der Lufteintrittsbereich vertikal orientiert ist, muss ein zusätzlicher Temperaturaufnehmer am unteren und oberen Rand des Eintrittsbereichs platziert werden, um zu prüfen, dass keine signifikante Temperaturschichtung vorliegt.

5.10.2 Prüfraum

Die Prüfeinrichtung muss in der Lage sein, stationäre Bedingungen, wie von dieser Norm erfordert, zu erhalten.

Der Prüfaufbau ist so auszulegen, dass der zu prüfende Verflüssiger/Gaskühler unter Bedingungen eingesetzt wird, welche dem praktischen Betrieb entsprechen. Insbesondere ist dabei auf folgende Punkte zu achten:

- der Luftstrom durch den zu prüfenden Verflüssiger/Gaskühler darf nicht modifiziert werden;
- der Luftstrom um den Verflüssiger/Gaskühler darf nicht beeinflusst werden. Eine Luftumwälzung darf weder hervorgerufen noch verhindert werden, letzteres wenn es sich dabei um eine normale Funktion handelt.

Daher muss der Verflüssiger/Gaskühler wie folgt montiert werden, wobei A und B die Lufteinlassmaße des Verflüssigers/Gaskühlers sind:

- a) kein Hindernis darf sich in einem Abstand von $1,5 \times \sqrt{A \times B}$ entfernt vom Auslass des Verflüssigers/Gaskühlers befinden;
- b) kein Hindernis darf sich in einem Abstand von $0,75 \times \sqrt{A \times B}$ parallel zu den Seiten des Verflüssigers/Gaskühlers befinden;
- c) alle Abstände entsprechen den Mindestanforderungen der Einbauanleitungen des Herstellers, insbesondere der Abstand zwischen Lufteinlass und Boden oder der nächsten Wand;

Die Größe des Prüfraums muss so gewählt werden, dass eine Behinderung des Luftstroms an den Lufteintritts- und Luftaustrittsöffnungen des Prüfobjekts vermieden wird. Da der Luftstrom durch den Raum keinen Kurzschluss zwischen den beiden Öffnungen verursachen darf, darf die Geschwindigkeit des Luftstroms durch den Raum an diesen beiden Stellen 1,5 m/s nicht überschreiten, wenn das Prüfobjekt ausgeschaltet ist. Die Luftstromgeschwindigkeit im Raum darf ebenfalls nicht größer sein als die mittlere Geschwindigkeit durch den Eintritt der Einheit. Sofern vom Hersteller nicht anders angegeben, dürfen die Lufteintritts- und Luftaustrittsöffnungen nicht weniger als 1 m von den Oberflächen des Prüfraums entfernt sein.

Jede direkte Wärmestrahlung durch Heizgeräte im Prüfraum, auf die Einheit oder die Temperaturmesspunkte muss vermieden werden.

Der Luftstrom (Luftstromgeschwindigkeit) durch den zu prüfenden Verflüssiger/Gaskühler darf nicht um mehr als 7 % durch die Ansaugluft des Prüfraums beeinflusst werden.

5.10.3 Kältemittel-Füllmenge

Die Kältemittel-Füllmenge wird auf die Unterkühlung (siehe 3.1.3) angepasst, wie in den erklärten Leistungsdaten angegeben und am Punkt 12 gemessen, wobei die Unsicherheit der Messung, siehe Tabelle 3, zu berücksichtigen ist.

6 Prüfverfahren

6.1 Allgemeines

Eine Anzahl anerkannter Prüfverfahren ist in dieser Norm festgelegt. Es dürfen jedoch auch andere Verfahren angewendet werden, wenn sie mit den in 5.8.2 und 5.8.3 angegebenen Anforderungen übereinstimmen.