

DIN EN 12693



ICS 23.140

Entwurf

Einsprüche bis 2023-05-31
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12693:2008-09

**Kälteanlagen und Wärmepumpen –
Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen –
Verdrängerverdichter für Kältemittel;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12693:2023**

Refrigerating systems and heat pumps –
Safety and environmental requirements –
Positive displacement refrigerant compressors;
German and English version prEN 12693:2023

Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur –
Exigences de sécurité et d'environnement –
Compresseurs volumétriques pour fluides frigorigènes;
Version allemande et anglaise prEN 12693:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-03-31 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 von 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 oder Am DIN-Platz, 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 169 Seiten

DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist 2023-MM-TT.

Für DIN EN 12693:202x-MM besteht eine Übergangsfrist bis 202x-MM-TT.

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Dieses Dokument (prEN 12693:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 182 „Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 044-00-01 AA „Sicherheit und Umweltschutz“ im DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä).

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

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 9606-2:2004	siehe	DIN EN ISO 9606-2:2005-03
ISO 10816-3:2009	siehe	DIN ISO 10816-3:2009-08
ISO 20816-1:2016	siehe	DIN ISO 20816-1:2017-03
ISO 20816-8:2018	siehe	DIN ISO 20816-8:2018-12

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12693:20008-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) thermische Gefährdungen in Abschnitt 4, Tabelle 2, hinzugefügt;
- c) Anforderungen an Vibrationen in 5.1 hinzugefügt;
- d) Anforderungen an die Abstände in 5.6.4, Tabelle 3, angepasst;
- e) Anmerkung in 6.2.3 in normativen Text übertragen;
- f) Anforderungen an die Prüfung in 6.3.4 geändert;
- g) redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9606-2:2005-03, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen (ISO 9606-2:2004); Deutsche Fassung EN ISO 9606-2:2004*

DIN ISO 10816-3:2009-08, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 3: Industrielle Maschinen mit einer Nennleistung über 15 kW und Nenndrehzahlen zwischen 120 min^{-1} und 15000 min^{-1} bei Messungen am Aufstellungsort (ISO 10816-3:2009 + Amd.1:2017)*

DIN ISO 20816-1:2017-03, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anleitungen (ISO 20816-1:2016)*

DIN ISO 20816-8:2018-12, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 8: Hubkolbenkompressoren (ISO 20816-8:2018)*

— Leerseite —

<i>Titel de:</i>	Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Verdrängerverdichter für Kältemittel
<i>Titel en:</i>	Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements — Positive displacement refrigerant compressors
<i>Titel fr:</i>	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur — Exigences de sécurité et d'environnement — Compresseurs volumétriques pour fluides frigorigènes

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Symbole	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Symbole	12
4 Liste der signifikanten Gefährdungen	15
5 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Schutz von beweglichen Teilen	17
5.3 Sicherheit gegen Stabilitätsverlust	17
5.4 Sicherheit bei der Handhabung	17
5.5 Sicherheit gegen Bruch oder Bersten	17
5.5.1 Allgemeines	17
5.5.2 Druckanforderungen	18
5.5.3 Auslegung und Werkstoffe	18
5.5.4 Schaugläser	19
5.5.5 Anwendung von Druckentlastungseinrichtungen	19
5.6 Elektrische Sicherheit	20
5.6.1 Allgemeines	20
5.6.2 Klassifizierung	20
5.6.3 Ermittlung von Nennströmen	20
5.6.4 Schutz gegen Berührung von spannungsführenden Teilen	20
5.6.5 Verbindungsmaterial	21
5.6.6 Maßnahmen für die Erdung	21
5.6.7 Innenverdrahtung	21
5.6.8 Hochspannungsprüfung	21
5.6.9 Isoliermaterialien	22
5.6.10 Schutzeinrichtungen des Motorverdichters	22
5.7 Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen	22
6 Überprüfung der Sicherheitsanforderungen und/oder der Schutzmaßnahmen	22
6.1 Allgemeines	22
6.2 Typprüfung	23
6.2.1 Allgemeines	23
6.2.2 Festigkeitsprüfung	23
6.2.3 Druckentlastungseinrichtung	23
6.2.4 Überprüfung der elektrischen Sicherheit	24
6.2.5 Anschlagpunkte	25
6.3 Einzelprüfung	25
6.3.1 Allgemeines	25
6.3.2 Festigkeitsprüfung	25
6.3.3 Dichtheitsprüfung	26
6.3.4 Überprüfung der elektrischen Sicherheit	26

7	Kennzeichnung, Bildzeichen, schriftliche Warnhinweise	27
7.1	Allgemeines	27
7.2	Kennzeichnung.....	27
7.3	Bildzeichen, schriftliche Warnhinweise und Informationen	28
7.3.1	Anschlagpunkte	28
7.3.2	Druckbeaufschlagung des Gehäuses	28
7.3.3	Schmierstofffüllung	29
8	Geeignete Herstellungsverfahren	29
9	Dokumentation und Benutzerinformation.....	29
9.1	Allgemeines	29
9.2	Betriebsanleitung.....	29
Anhang A (normativ) Verfahren für die Auslegung eines Kältemittelverdichters durch		
	Berechnung.....	31
A.1	Berechnungsverfahren.....	31
A.1.1	Allgemeines	31
A.1.2	Festigkeitswerte für die Auslegungsberechnung	31
A.1.3	Dokumentation	31
A.2	Zulässige Spannung für die Auslegung.....	32
A.2.1	Zulässige Spannung für hauptdrucktragende Teile	32
A.2.2	Auslegung von Schrauben, Verbindungselementen, Muttern und Bolzen.....	34
Anhang B (normativ) Experimentelle Auslegungsmethode für Kältemittelverdichter		
B.1	Experimentelle Auslegungsmethode	35
B.1.1	Allgemeines	35
B.1.2	Auswahl und Nachweis von Werkstoffeigenschaften	35
B.1.3	Vorgehen bei der experimentellen Auslegungsmethode	35
B.1.4	Prüfung beim maximal zulässigen Auslegungs-Prüfdruck P_F.....	35
B.1.5	Prüfung beim minimalen Berst-Prüfdruck P_{Test}.....	36
B.1.6	Dokumentation	36
B.2	Bestimmung des maximal zulässigen Auslegungs-Prüfdrucks P_F.....	37
B.3	Festlegung des minimalen Berst-Prüfdrucks P_{Test}	37
B.4	Korrektur für die tatsächliche Wanddicke	38
Anhang C (normativ) Festlegung des zulässigen Drucks bei maximaler Betriebstemperatur.....		
C.1	Beziehung zwischen dem zulässigen Druck und höheren Temperaturen.....	39
C.1.1	Allgemeines	39
C.1.2	Dokumentation	39
C.2	Festlegung des maximal zulässigen Drucks bei höheren Temperaturen.....	39
Anhang D (normativ) Festlegung des zulässigen Drucks bei minimaler Betriebstemperatur —		
	Anforderungen zur Vermeidung von Sprödbruch	40
D.1	Beziehung zwischen dem zulässigen Druck und niedrigeren Temperaturen	40
D.1.1	Allgemeines	40
D.1.2	Anforderungen an Werkstoffe und Nachweis von Werkstoffeigenschaften	40
D.1.3	Dokumentation	41
D.2	Festlegung des maximal zulässigen Drucks bei minimal zulässiger Betriebstemperatur.....	41
D.3	Festlegung des maximal zulässigen Drucks bei minimaler Betriebstemperatur auf der Grundlage eines empirischen Verfahrens (t_{min}-Methode)	41
D.3.1	Allgemeines	41
D.3.2	Bestimmung von $t_{min 100}$, $t_{min 75}$ und $t_{min 25}$.....	41
D.3.3	Schweißkonstruktionen	42
D.3.4	Bestimmung des Sicherheitsbeiwerts	42
D.3.5	Werkstoffprüfung und Dokumentation	43
D.4	Festlegung der minimalen Betriebstemperatur TS_{min} auf Grundlage der Referenzdicke e_B.....	43
D.4.1	Allgemeines	43

D.4.2	Temperaturanpassung	43
D.4.3	Festlegung der Auslegungs-Referenztemperatur T_R	44
D.5	Bestimmung von Schrauben, Befestigungselementen, Muttern und Bolzen unter -10 °C	52
Anhang E (informativ) Zusammenstellung von Werkstoffeigenschaften von häufig verwendeten Werkstoffen		53
Anhang F (informativ) Grundkriterien für die Auslegung von Kältemittelverdichtern		78
F.1	Allgemeines	78
F.2	Leistungsfähigkeit von Verdichtern im Hinblick auf die technische Gebrauchstauglichkeit.....	78
F.2.1	Auslegungs-, Bemessungs- und Herstellungsregeln	78
F.2.2	Werkstoffauswahl	78
F.3	Leistungsfähigkeit von Verdichtern im Hinblick auf die Benutzeranforderungen.....	79
F.3.1	Auslegungs-, Bemessungs- und Herstellungsregeln	79
F.3.2	Werkstoffauswahl	79
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2006/42/EG		80
Literaturhinweise.....		82

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12693:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 182 „Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12693:2008 ersetzen.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind nachstehend aufgeführt:

- a) normative Verweisungen aktualisiert;
- b) thermische Gefährdungen zu Abschnitt 4, Tabelle 2, hinzugefügt;
- c) Anforderungen zu Schwingungen zu 5.1 hinzugefügt;
- d) Anforderungen zu Abständen in 5.6.4, Tabelle 3, angepasst;
- e) Anmerkung in 6.2.3 in normativen Text übertragen;
- f) Anforderungen für Prüfungen in 6.3.4 geändert;
- g) redaktionelle Überarbeitung.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n)/Verordnung(en).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinie(n)/Verordnung(en) siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Einleitung

Diese Norm ist eine Typ C-Norm nach EN ISO 12100.

Angaben zu den Anlagen, die von dieser Norm behandelt werden, und zum Ausmaß, bis zu dem Gefährdungen bzw. Gefährdungssituationen und -ereignisse von dieser Norm behandelt werden, sind im Anwendungsbereich enthalten.

Falls bestimmte Vorgaben dieser Typ C-Norm von den in Typ A- oder Typ B-Normen enthaltenen abweichen, haben die Vorgaben dieser Typ C-Norm im Falle von Anlagen, die nach den Vorgaben dieser Typ C-Norm konstruiert und gebaut wurden, Vorrang vor denen der anderen Normen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für Verdrängerverdichter für Kältemittel nach der Definition in 3.1, die für ortsfeste und ortsveränderliche Kälteanlagen und Wärmepumpen verwendet und im Folgenden als Verdichter bezeichnet werden.

Es gilt für Verdichter, die in gewerblichen und industriellen Anlagen eingesetzt werden und zu deren Energieversorgung Integralmotoren mit bis zu 1 000 V Wechselstrom oder 1 500 V Gleichstrom verwendet werden.

Es gilt für Verdichter mit offenem Antrieb sowie für halbhermetische und hermetische Motorverdichter mit positiver Verdrängungsfunktion.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar auf:

- Verdichter, die für Geräte für den Hausgebrauch vorgesehen sind, für die EN 60335-2-34 gilt;
- Verdichter, bei denen Wasser oder Luft als Kältemittel dient;
- Verdichter für die Fahrzeugklimatisierung, die unter eine bestimmte Produktnorm fallen, z. B. ISO 13043.

Dieses Dokument enthält keine Anforderungen im Hinblick auf Geräuschemission und Schwingungen.

ANMERKUNG 1 Verdichter für die Fahrzeugklimatisierung können z. B. nach SAE J 639 entwickelt werden.

ANMERKUNG 2 Die Geräuschemission ist von der Gesamtanlage des eingebauten Verdichters und den entsprechenden Betriebsbedingungen abhängig.

Bei Verdichtern mit halbhermetischem oder offenem Antrieb, die bewegliche Teile enthalten und bei denen die äußere Hülle unter Berücksichtigung bewährter und sicherer industrieller Verfahrensweisen vor allem im Hinblick auf die Aufnahme mechanischer Lasten, den Widerstand gegen thermische Beanspruchungen (zur Begrenzung der möglichen Verformung durch Temperatureinwirkung) und auf Steifigkeit der Konstruktion (äußere mechanische Lasten und Gewicht der Ausrüstung) ausgelegt ist, wird davon ausgegangen, dass der Druck keinen wesentlichen Faktor für die Auslegung darstellt.

Anbauteile mit anderen Funktionen, wie z. B. Ölabscheider, Ölkühler und Ausgleichsbehälter, entsprechen EN 14276-1 oder EN 13445-6 (Gusseisen) bzw. EN 13445-8 (Aluminium) entsprechen, oder es ist nachgewiesen, dass sie die einschlägigen europäischen Anforderungen erfüllen. Dies gilt auch für die Gehäuse von hermetischen Verdichtern, deren Verbindungen entweder geschweißt oder auf andere Art dauerhaft ausgeführt sind.

Dieses Dokument enthält keine Anforderungen an Verdichter für den Einsatz in explosionsgefährdeten Atmosphären.

ANMERKUNG 3 Weitere Hinweise hierzu sind EN 13463-1 zu entnehmen.

Dieses Dokument behandelt signifikante Gefährdungen sowie Gefährdungssituationen und -ereignisse, die beim bestimmungsgemäßen Einsatz von Verdichtern sowie beim falschen Einsatz auftreten können, soweit dieser für den Hersteller mit vertretbarem Aufwand vorhersehbar ist (siehe Abschnitt 4).

Dieses Dokument legt sicherheitstechnische Anforderungen für die Auslegung, Konstruktion und Herstellung sowie für die Prüfung, Dokumentation und Kennzeichnung von Verdichtern fest, die gegebenenfalls auch für ihre fest eingebauten Zubehörteile, z. B. das Absperrventil, gelten.

Die Anforderungen dieses Dokuments berücksichtigen die bestimmungsgemäße Verwendung nach der Definition in EN ISO 12100:2010, 3.12.

Dieses Dokument gilt für den in eine Kälteanlage einzubauenden Verdichter selbst.

Dieses Dokument ist nicht auf Verdichter anwendbar, die den Angaben in diesem Anwendungsbereich entsprechen, aber vor der Veröffentlichung dieses Dokuments hergestellt wurden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 378-1:2016+A1:2020, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien*

EN 378-2:2016, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation*

EN 1515-1:1999, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 1: Auswahl von Schrauben und Muttern*

EN 1515-2:2001, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 2: Klassifizierung von Schraubenwerkstoffen für Stahlflansche, nach PN bezeichnet*

EN 1515-3:2005, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 3: Klassifizierung von Schraubenwerkstoffen für Stahlflansche, nach Class bezeichnet*

EN 1515-4:2021, *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern — Teil 4: Auswahl von Schrauben und Muttern zur Anwendung im Gültigkeitsbereich der Druckgeräte-richtlinie 2014/68/EU*

EN 1779:1999¹, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Kriterien zur Auswahl von Prüfmethoden und -verfahren*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 13136:2013+A1:2018, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Druckentlastungseinrichtungen und zugehörige Leitungen — Berechnungsverfahren*

EN 20898 (Normenreihe), *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen*

EN 60034-1:2010², *Drehende elektrische Maschinen — Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten (IEC 60034-1:2010, modifiziert)*

EN 60204-1:2018, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2016, modifiziert)*

1 Dokument geändert durch A1:2003.

2 Dokument korrigiert durch Corrigendum Oktober 2010.

EN 60529:1991³, Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013 + Cor.1:2019)

EN 60999-1:2000, Verbindungsmaterial — Elektrische Kupferleiter; Sicherheitsanforderungen für Schraubklemmstellen und schraubenlose Klemmstellen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen und besondere Anforderungen für Klemmstellen für Leiter von 0,2 mm² bis einschließlich 35 mm² (IEC 60999-1:1999)

EN 60999-2:2003, Verbindungsmaterial — Elektrische Kupferleiter — Sicherheitsanforderungen für Schraubklemmstellen und schraubenlose Klemmstellen — Teil 2: Besondere Anforderungen für Klemmstellen für Leiter über 35 mm² bis einschließlich 300 mm² (IEC 60999-2:2003)

EN 61010-1:2010⁴, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1:2010 + COR:2011 + A1:2016, geändert + A1:2016/COR1:2019)

EN ISO 898-1:2013, Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1:2013)

EN ISO 898-2:2022, Verbindungselemente — Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen (ISO 898-2:2022)

EN ISO 898-3:2018⁵, Mechanische Verbindungselemente — Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 3: Flache Scheiben mit festgelegten Festigkeitsklassen (ISO 898-3:2018 + Amd 1:2020)

EN ISO 898-5:2012, Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 5: Gewindestifte und ähnliche Verbindungselemente mit Gewinde in festgelegten Härteklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-5:2012)

EN ISO 4126 (Normenreihe), Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck (Normenreihe ISO 4126)

EN ISO 9606-1:2017, Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1:2012 einschließlich Cor 1:2012 und Cor 2:2013)

EN ISO 12100:2010, Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)

EN ISO 13732-1:2008, Ergonomie der thermischen Umgebung — Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen — Teil 1: Heiße Oberflächen (ISO 13732-1:2006)

EN ISO 13857:2019, Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen (ISO 13857:2019)

EN ISO 14120:2015, Sicherheit von Maschinen — Trennende Schutzeinrichtungen — Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen (ISO 14120:2015)

EN ISO 15607:2019, Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607:2019)

3 Dokument geändert durch A1:2000, A2:2013 und korrigiert durch AC:2019-02.

4 Dokument geändert durch A1:2019 und korrigiert durch A1:2019/AC:2019.

5 Dokument geändert durch A1:2021.

EN ISO 15614-1:2017⁶, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2017 + Amd 1:2019)*

EN ISO 15614-2:2005, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 2: Lichtbogenschweißen von Aluminium und seinen Legierungen (ISO 15614-2:2005)*

EN ISO 21922:2021, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Ventile — Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung (ISO 21922:2021)*

CEN ISO/TR 15608:2017, *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen (ISO/TR 15608:2017)*

ISO 9606-2:2004, *Qualification test of welders — Fusion welding — Part 2: Aluminium and aluminium alloys*

ISO 10816-3:2009⁷, *Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on nonrotating parts — Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ*

ISO 20816-1:2016, *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines*

ISO 20816-8:2018, *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 8: Reciprocating compressor systems*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 378-1:2016+A1:2020, EN ISO 12100:2010 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

ANMERKUNG Falls nichts anderes festgelegt ist, sind alle Drücke Überdrücke.

3.1.1

Verdrängungsverdichter

Verdichter, bei dem die Verdichtung durch Änderung des Innenvolumens der Verdichtungskammer erhalten wird

6 Dokument geändert durch A1:2019.

7 Dokument geändert durch Amd.1:2017.

3.1.2

maximal zulässiger Druck

PS

vom Verdichterhersteller angegebene maximal zulässige Druck, der vom Hersteller für jede Druckstufe des Verdichters gewählt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Regel werden für jede Druckstufe des Verdichters unterschiedliche Werte für PS gewählt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Jeder Verdichter hat mindestens zwei Druckstufen: die Niederdruckseite (ND) und die Hochdruckseite (HD), es kann/können aber auch eine/mehrere zusätzliche Zwischendruckstufe(n) vorhanden sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die einzelne Druckstufe eines Verdichters ist mit dem entsprechenden „Abschnitt der Kälteanlage“ verbunden, wie in EN 378-1:2016+A1:2020, 3.1.8, festgelegt.

3.1.3

Verdichter-Überströmeinrichtung

Einrichtung, die speziell zum Schutz ausschließlich des Verdichters gegen Bersten bei abnormen Bedingungen, z. B. bei geschlossenem Druckabsperrentil, vorgesehen ist.

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Einrichtung entlastet von der Druckseite bzw. einem Zwischenraum des Verdichters zur Saugseite bzw. einem Raum mit niedrigerem Druck.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einrichtung darf eine Berstscheibe oder ein federbelastetes Überströmventil sein. Federbelastete Überströmventile können entweder gegendruckkompensierend oder gegendruckabhängig sein.

3.1.4

Korrosion

alle Formen von Materialabnutzung (z. B. Oxidation, Erosion, Verschleiß und Abrasion)

3.1.5

maximale Betriebstemperatur

höchste Temperatur, die während des Betriebs oder bei Stillstand der Kälteanlage oder während der Prüfung unter Prüfbedingungen auftreten kann

3.1.6

minimale Betriebstemperatur

niedrigste Temperatur, die während des Betriebs oder bei Stillstand der Kälteanlage oder während der Prüfung unter Prüfbedingungen auftreten kann

3.1.7

drucktragendes Teil

Teil, das durch einen Innendruck von mehr als 50 kPa (0,5 bar) Überdruck belastet wird

3.1.8

hauptdrucktragende Teile

Teile, die den Druckkörper bilden und die für die Druckfestigkeit des Gerätes von grundlegender Bedeutung sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele sind Gehäuse, Endstücke und Flansche.

[QUELLE: EN 13445-1:2021]

3.1.9

maximal zulässiger Druck bei Umgebungstemperatur (–10 °C bis +50 °C)

PS_0

Höchst-Druck, für den der Kältemittelverdichter nach den Angaben des Herstellers bei Umgebungstemperatur (–10 °C bis +50 °C) ausgelegt ist

3.2 Symbole

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

Tabelle 1 — Symbole

A_L	Bruchdehnung (Messlänge $\geq 0,4 \times$ Stabdurchmesser)	mm
A_5	Bruchdehnung (Messlänge $= 5 \times$ Stabdurchmesser)	%
a	Lebensdauer in Jahren zur Berechnung der Wirkung von Korrosion; üblicherweise 20 Jahre	—
C_Q	Faktor zur Berücksichtigung der Qualität der Gussteile	—
δ_e	negative Wanddickentoleranz	mm
e_{act}	tatsächliche Wanddicke an vorgegebenen Messpunkten des zu prüfenden Kältemittelverdichters	mm
e_B	Die Referenzdicke ist die minimale Werkstoffdicke, die für die ausreichende Festigkeit des drucktragenden Teils erforderlich ist	mm
e_c	Wanddickenminderung aufgrund von Korrosion	mm
e_{con}	Wanddicke nach Angabe in der Konstruktionszeichnung	mm
KV	Kerbschlagarbeit	J
KV_0	Grenzwert für die Kerbschlagarbeit, wenn diese als unabhängig von der Temperatur gilt	J
KV_0^t	Normwert der Kerbschlagarbeit bei Normtemperatur des Werkstoffs	J
$KV_{TS\ min}$	Kerbschlagarbeit bei minimaler Betriebstemperatur TS_{min}	J
P_F	maximal zulässiger Auslegungs-Prüfdruck	bar
PS	maximal zulässiger Druck	bar
PS_0	maximal zulässiger Druck bei Umgebungstemperatur (–10 °C bis +50 °C)	bar
$PS_{TS\ max}$	maximal zulässiger Druck bei höchster Betriebstemperatur	bar
$PS_{TS\ min}$	maximal zulässiger Druck bei tiefster Betriebstemperatur	bar
P_{Test}	minimaler Berst-Prüfdruck (größer als P_F)	bar
$R_{p\ 0,2}$	Streckgrenze, 0,2-%-Dehnung bei Umgebungstemperatur	MPa, N/mm ²
$R_{p\ 0,2\ TS\ min}$	Streckgrenze, 0,2-%-Dehnung bei minimaler Betriebstemperatur	MPa, N/mm ²
$R_{p\ 0,2/t}$	Streckgrenze, 0,2-%-Dehnung bei Temperatur t	MPa, N/mm ²
$R_{p\ 0,2\ TS\ max}$	Streckgrenze, 0,2-%-Dehnung bei maximaler Betriebstemperatur	MPa, N/mm ²

$R_{p\ 1,0}$	Streckgrenze, 1,0-%-Dehnung bei Umgebungstemperatur	MPa, N/mm ²
R_{eH}	obere Streckgrenze	MPa, N/mm ²
$R_{eH\ TS\ max}$	obere Streckgrenze bei maximaler Betriebstemperatur	MPa, N/mm ²
R_m	Zugfestigkeit	MPa, N/mm ²
$R_{m\ TS\ max}$	Zugfestigkeit bei maximaler Betriebstemperatur	MPa, N/mm ²
$R_{m\ act}$	tatsächliche Zugfestigkeit des Werkstoffs des zu prüfenden Kältemittelverdichters	MPa, N/mm ²
$R_{m\ con}$	Zugfestigkeit für die Auslegung	MPa, N/mm ²
S_c	Faktor zur Berücksichtigung der Korrosion	—
S_{fast}	das Verhältnis zwischen maximal zulässiger Festigkeit bei Betriebstemperatur und maximal zulässiger Festigkeit bei Umgebungstemperatur.	—
$S_{TS\ min}$	Faktor zur Berücksichtigung der reduzierten Kerbschlagarbeit aufgrund minimaler Betriebstemperatur	—
$S_{TS\ max}$	Faktor zur Berücksichtigung der reduzierten Festigkeit aufgrund der maximalen Betriebstemperatur	—
S_σ	Faktor zur Berücksichtigung des Prüfdrucks	—
σ_{con}	Auslegungswert der Anfangsspannung	MPa, N/mm ²
σ_{corr}	Werte für die zulässige Spannung, abgeleitet aus σ_{con}	MPa, N/mm ²
$t_{min\ 25}$	niedrigste Temperatur, bei der drucktragende Teile eingesetzt werden können, wenn ihre Beanspruchung 25 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle A.1 beträgt	°C
$t_{min\ 75}$	niedrigste Temperatur, bei der drucktragende Teile eingesetzt werden können, wenn ihre Beanspruchung 75 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle A.1 beträgt	°C
$t_{min\ 100}$	niedrigste Temperatur, bei der drucktragende Teile eingesetzt werden können, wenn ihre Beanspruchung 100 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle A.1 beträgt	°C
T_R	Die Auslegungs-Referenztemperatur ist die angepasste minimale Betriebstemperatur TS_{min} . Wird bei der Bestimmung von TS_{min} auf der Grundlage der Referenzdicke e_B verwendet.	
T_S	Temperaturanpassung der Auslegungs-Referenztemperatur T_R	
T_{KV}	Temperatur während des Kerbschlagversuchs	

TS	Betriebstemperatur	°C
$TS_{\min}$	tiefste Betriebstemperatur	°C
$TS_{\max}$	maximale Betriebstemperatur	°C
X	Faktor für die Korrektur der tatsächlichen Wanddicke bezogen auf die Auslegungs-Wanddicke	—
Y	Faktor zur Korrektur der Zugfestigkeitswerte des zu prüfenden Ventils bezogen auf die Zugfestigkeitskennwerte für die Auslegung von Kältemittelverdichtern	—
Z	Faktor zur Berücksichtigung der Qualität einer Verbindung (z. B. Schweißverbindung)	—
∂	Wanddickenminderung je Jahr	mm
ANMERKUNG 1 bar = 0,1 MPa.		

4 Liste der signifikanten Gefährdungen

Siehe Tabelle 2.

Dieser Abschnitt enthält eine Auflistung aller in dieser Norm behandelten signifikanten Gefährdungen und der Gefährdungssituationen und -ereignisse, die durch eine Risikobewertung als signifikant für den jeweiligen Verdichtertyp erkannt wurden und Maßnahmen zur Beseitigung oder Reduzierung des entsprechenden Risikos erfordern. Die Risikobewertung muss nach EN ISO 12100 durchgeführt werden. Die Verdichter müssen in Übereinstimmung mit den in EN ISO 12100 aufgeführten Grundsätzen zur Beseitigung oder Reduzierung des vorhersehbaren Risikos hergestellt werden.

Tabelle 2 — Liste der signifikanten Gefährdungen, Gefährdungssituationen, Sicherheitsanforderungen und/oder -maßnahmen

Signifikante Gefährdung nach EN ISO 12100	Gefährdungssituation	Sicherheitsanforderungen und/oder -maßnahmen	Verweisung	Verifizierung
Mechanisch				
Bewegliche Teile	mögliche körperliche Verletzung des Benutzers	Schutzeinrichtungen	5.2	V
Stabilitätsverlust	mögliche Verletzungen beim Transport und Betrieb	Befestigungspunkte Anschlagpunkte Anschlagpunkte	5.3 5.4, 7.3.1 6.2.5	V D/V T
Bruch oder Bersten	mögliche Verletzungen durch herausschleudernde Teile oder Flüssigkeiten	Auslegungskriterien Festigkeitsprüfung Dichtheitsprüfung	5.5 6.2.2, 6.2.3, 6.3.2 6.3.3	D T T V
Elektrisch				
Berührung von spannungsführenden Teilen	mögliche Verletzung durch Elektroschock	Auslegungskriterien Erdung Innenverdrahtung Hochspannungsprüfung Schutzvorrichtung	5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.4, 5.6.5, 5.6.9 5.6.6 5.6.7 5.6.8, 6.2.4, 6.3.4 5.6.10	D D D T V

Signifikante Gefährdung nach EN ISO 12100	Gefährdungssituation	Sicherheitsanforderungen und/oder -maßnahmen	Verweisung	Verifizierung
Elektrostatische Phänomene	mögliche Verletzungen durch Elektroschock	Erdung	5.6.6	D
Thermisch				
Berührung von heißen oder kalten Objekten	mögliche Hautverletzungen	Auslegungskriterien, Warnzeichen	5.1, 8.2	
Schwingungen				
Schwingende Geräte	mögliche Verletzungen durch herausschleudernde Teile oder Flüssigkeiten	Auslegungskriterien	5.1	
Werkstoffe und Substanzen				
Kontakt mit oder Einatmen von Gasen	mögliche Verletzungen durch aggressive Medien beim Ablassen	Hilfsmittel und Anweisungen Warnhinweise	5.7 7.3.2	V V
ANMERKUNG Verifizierungsverfahren: V Sichtprüfung, mit deren Hilfe zu verifizieren ist, ob die Bauteile die geforderten Leistungsmerkmale haben. T Prüfung oder Überprüfung, mit deren Hilfe zu verifizieren ist, ob die bereitgestellten Leistungsmerkmale so funktionieren, dass die Anforderungen erfüllt werden. M Messung zum Nachweis, dass die Anforderungen innerhalb der definierten Grenzwerte erfüllt werden. D Zeichnung und/oder Berechnungen, mit deren Hilfe zu verifizieren ist, ob die Auslegungseigenschaften die Anforderungen erfüllen.				

5 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen

5.1 Allgemeines

Verdichter müssen die in diesem Abschnitt festgelegten Sicherheitsanforderungen erfüllen und/oder die hierin festgelegten Sicherheitsmaßnahmen aufweisen.

Außerdem müssen die Verdichter nach den in EN ISO 12100 festgelegten Grundsätzen für relevante, aber nicht signifikante Gefährdungen ausgelegt sein, die in der vorliegenden Norm nicht behandelt werden.

Darüber hinaus muss die Kälteanlage, in die der Verdichter eingebaut wird, die in EN 378-2 festgelegten Anforderungen erfüllen.

Um Ermüdungsprobleme bei den an den Verdichter angeschlossenen Abschnitten der Kälteanlage zu vermeiden, müssen die Schwingungswerte nach dem entsprechenden Teil von ISO 10816 oder ISO 20816 klassifiziert und überprüft werden. Die folgenden Teile der Norm werden verwendet:

- für Hubkolbenverdichter ISO 20816-8:2018;
- für andere Verdichter ISO 20816-1:2016 oder ISO 10816-3:2009, abhängig von der Leistungsaufnahme.

Da die Oberflächentemperatur von Kältemittelverdichtern sowie den an diese angeschlossenen Teilen und Rohrleitungen von den Betriebsbedingungen und den Eigenschaften der jeweiligen Kältemittel abhängt, müssen Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Anforderungen von EN ISO 13732-1 ergriffen werden.

5.2 Schutz von beweglichen Teilen

Bewegliche Teile, wie z. B. automatische Antriebe, Lüfter oder Anzeiger für Leistungsregler, müssen durch feststehende Schutzeinrichtungen nach EN ISO 14120 geschützt werden. Öffnungen, wie z. B. Schlitz, Kreise usw., müssen EN ISO 13857:2019, Tabelle 4, entsprechen.

5.3 Sicherheit gegen Stabilitätsverlust

Die Verdichter müssen mit Befestigungspunkten versehen sein, um sicherzustellen, dass sie bei Transport und Betrieb nicht kippen oder umfallen.

5.4 Sicherheit bei der Handhabung

Verdichter mit einem Gewicht über 25 kg müssen mit geeigneten Anschlagpunkten oder -vorrichtungen ausgerüstet sein, um ein sicheres Anheben, Einbauen und Instandhalten zu ermöglichen. Die Anschlagpunkte oder -vorrichtungen müssen für eine Tragkraft ausgelegt sein, die an den einzelnen Anschlagpunkten dem 1,25-fachen des Verdichtergewichtes entspricht.

ANMERKUNG Es reicht aus, bei der Auslegung einen Faktor von 2 gegen Verformung und einen Faktor von 3 gegen Bruch in Bezug auf senkrechtes Anheben anzusetzen.

5.5 Sicherheit gegen Bruch oder Bersten

5.5.1 Allgemeines

Verdichter und dazugehörige Bauteile müssen so ausgelegt und hergestellt werden, dass sie den Drücken und Temperaturen standhalten, die während des Betriebs, bei Stillstand und während des Transports unter Berücksichtigung der zu erwartenden thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen auftreten können.

Die Werkstoffe sind nach ihrer Eignung für die Anwendung auszuwählen. Die Werkstoffe und Abmessungen müssen so gewählt werden, dass eine ausreichende Festigkeit, Steifigkeit und Stabilität sichergestellt ist, um den dynamischen Beanspruchungen standhalten zu können. Durch eine Typprüfung (siehe 6.2) oder durch Einzelprüfungen (siehe 6.3) muss nachgewiesen werden, dass der Verdichter dem Innendruck standhält.

5.5.2 Druckanforderungen

Der Verdichter muss so ausgelegt sein, dass er den bei der bestimmungsgemäßen Verwendung in einer Kälteanlage auftretenden Drücken unter Berücksichtigung der in EN 378-2:2016, 6.2.2, genannten Bedingungen standhält.

ANMERKUNG Dies schließt typischerweise Sattdampfdrücke in Abhängigkeit von den jeweiligen Umgebungs- und Betriebstemperaturen ein, ist aber nicht darauf beschränkt.

Für Kältemittel und Anwendungen, die nicht von EN 378-2 abgedeckt werden, muss/müssen der/die maximal zulässige(n) Druck(e) *PS* vom Hersteller bestimmt und in der Gebrauchsanweisung unter Berücksichtigung der erforderlichen Anwendungsbereiche, insbesondere Drücke, Temperaturen und zulässige(s) Kältemittel, angegeben werden. Weitere Anforderungen siehe 6.2 und 6.3.

5.5.3 Auslegung und Werkstoffe

5.5.3.1 Werkstoffe

Die Werkstoffe, einschließlich der Konstruktionswerkstoffe und Schweißzusatzwerkstoffe, Weich- und Hartlötmittel und der Dichtungswerkstoffe, müssen so gewählt werden, dass sie den im Betrieb, Stillstand und Transport zu erwartenden thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen während der gesamten voraussichtlichen Lebensdauer der Verdichterteile standhalten.

Verdichtergehäuse und -gehäuseteile aus den folgenden Werkstoffen mit den Gruppen-Nummern nach CEN ISO/TR 15608 erfüllen die Anforderungen dieser Norm:

- Stähle, Gruppen St 1.1, St 1.2, St 8.1;
- Aluminium und Aluminiumlegierungen, Gruppen 21 bis 26;
- Kupfer und Kupferlegierungen, Gruppen 31 bis 36;
- Kugelgraphitguss, Gruppe 72.2;
- Kugelgraphitguss, Gruppe 72.1;
- Grauguss, Gruppe 71.

Andere metallischen Werkstoffe dürfen verwendet werden, sofern die mechanischen Eigenschaften durch den Herstellungsprozess des Gehäuses nicht verändert werden.

Die Verwendung nichtmetallischer Werkstoffe, z. B. für Dichtungen, Beschichtungen, Isolierstoffe und Schaugläser, ist zulässig.

5.5.3.2 Werkstoffbescheinigungen

Werkstoffe für Verdichtergehäuseteile $> [0,001 \text{ m}^3]$ müssen mit einer speziellen Prüfbescheinigung für das Produkt nach den Festlegungen in EN 10204 geliefert werden (z. B. 3.1, 3.2).

Werden Werkstoffeigenschaften im Verlauf des Herstellungsverfahrens so verändert, dass die Werte für die Festigkeit und/oder Kerbschlagarbeit vermindert werden, so sind diese reduzierten Werte durch Korrekturen zu berücksichtigen oder durch entsprechende Werkstoffvergütungen (z. B. Wärmebehandlung) wieder auszugleichen.

5.5.3.3 Auslegung

Der Kältemittelverdichter muss auf ausreichende Festigkeit im gesamten Betriebsbereich verifiziert werden.

Für Kältemittelverdichter gibt es zwei Verifizierungsverfahren:

- a) durch Berechnung nach Anhang A, Anhang C und Anhang D; oder
- b) durch experimentelle Methoden nach Anhang B und Anhang D.

Anhang A und Anhang B werden zur Verifizierung des maximal zulässigen Drucks bei Umgebungstemperaturen, PS_0 , verwendet, Anhang C dient der Verifizierung von PS_0 basierend auf dem maximal zulässigen Druck PS bei höheren Temperaturen, und Anhang D dient der Verifizierung von PS_0 basierend auf dem maximal zulässigen Druck PS bei niedrigeren Temperaturen. Anhang E enthält eine Zusammenstellung von Eigenschaften häufig verwendeter Werkstoffe

Für Werkstoffe für Kältemittelverdichter mit reduzierter Duktilität bei niedrigen Temperaturen muss die zulässige Beanspruchung nach Anhang D reduziert werden.

Ventile und ähnliche Teile dürfen nach EN ISO 21922 geprüft werden.

5.5.4 Schaugläser

Bei Verwendung von Schaugläsern gelten die Sicherheitsanforderungen nach EN ISO 21922.

5.5.5 Anwendung von Druckentlastungseinrichtungen

5.5.5.1 Schutz für den Fall, dass das Druckabsperrrventil geschlossen ist

Der Hersteller muss die mit einem Absperrventil zwischen den einzelnen Stufen versehenen Verdichter und Verdichter mit einem Nenn-Hubvolumen $> 90 \text{ m}^3/\text{h}$ (25 l/s) mit einer integrierten Verdichter-Überströmeinrichtung oder einer Druckentlastungseinrichtung gegen Bruch schützen. Für die Anwendung dieses Abschnittes muss bei mehrstufigen Verdichtern das Hubvolumen der Hochdruckstufe als das „Nenn-Hubvolumen“ betrachtet werden.

ANMERKUNG Wenn die Überströmeinrichtung anspricht, können im Inneren des Verdichters Schäden durch Überlastung und Überhitzung auftreten.

Die Überströmeinrichtung des Verdichters zur Abströmung des vom Verdichter produzierten Kältemittelvolumens muss auf einen saugseitigen 10°C entsprechenden Sättigungsdruck ausgelegt sein. Falls die höchste zulässige Verdampfungstemperatur von diesem Wert bei 10°C um mehr als 5 K abweicht, muss die Überströmeinrichtung auf den dieser Temperatur entsprechenden Druck ausgelegt sein.

Die Maße der Überströmeinrichtung des Verdichters sind durch Prüfung nach 6.2.3 zu bestätigen.

Die Überströmeinrichtung des Verdichters muss in eine niedrigere Druckstufe des Verdichters abblasen. Druckentlastungsvorrichtungen, die in die Atmosphäre oder in eine niedrigere Druckstufe des Verdichters/Systems abblasen, müssen den entsprechenden Abschnitten von EN 13136 und dem entsprechenden Teil von EN ISO 4126 entsprechen.

Die Überströmeinrichtung des Verdichters darf nicht für den Druckschutz der Anlage verwendet werden.

Eine Druckentlastungseinrichtung darf ebenfalls für den Druckschutz der Anlage verwendet werden.

5.5.5.2 Schutz für den Fall, dass der Stillstandsdruck den Betriebsdruck überschreitet

Bei Verwendung von CO₂ muss eine Druckentlastungseinrichtung verwendet werden, die in die Atmosphäre abbläst, um den Verdichter vor PS der entsprechenden Druckstufe überschreitenden Drücken zu schützen. Dies muss auf sichere Art und Weise erfolgen, um Risiken für die Benutzer zu vermeiden; siehe dazu EN 378-2.

5.6 Elektrische Sicherheit

5.6.1 Allgemeines

Die elektrischen Bauteile des Verdichters müssen die Anforderungen von EN 60204-1 sowie die Anforderungen der nachstehenden Ergänzungen erfüllen. Offene Verdichter sind nur betroffen, wenn sie mit Zubehör wie z. B. Lüftern, Heizeinrichtungen, Magnetventilen, elektrischen Steuer- und Regelgeräten ausgerüstet sind.

5.6.2 Klassifizierung

Motorverdichter und Gehäuse von elektrischen Einrichtungen müssen der Schutzklasse I und mindestens IP 21 nach EN 60529 entsprechen.

5.6.3 Ermittlung von Nennströmen

Für den Verdichter sind die folgenden Nennströme zu ermitteln:

- maximaler Betriebsstrom

maximaler Strom, den der Verdichter im Betriebszustand innerhalb seines vorgesehenen Betriebsbereiches bei der festgelegten Mindest-Betriebsspannung und dem Kältemittel mit dem größten Leistungsbedarf verbraucht;

ANMERKUNG In der Regel sind Verdichter für mehrere Kältemittel freigegeben.

- Strom bei blockiertem Rotor/blockiertem Motorstrom (LRA)

Angabe bei Nennspannung oder beim Durchschnittswert der Mittelspannung, falls ein bestimmter Bereich festgelegt ist, sowie bei der Frequenz mit dem höchsten blockierten Rotorstrom. Die Messungen müssen bei sicherer Blockierung des Rotors und stabilisierter Stromstärke vorgenommen werden, spätestens 4 s nach dem Unterstromsetzen des Stators. Bei Beginn der Prüfung muss das Verdichtergehäuse eine Temperatur von $32\text{ °C} \pm 8\text{ K}$ haben.

Die Bestimmung des Stroms bei blockiertem Rotor/blockiertem Motorstrom (LRA) kann während der unter 6.2.4.2 geforderten Prüfung erfolgen.

5.6.4 Schutz gegen Berührung von spannungsführenden Teilen

Verdichter müssen in Übereinstimmung mit EN 60204-1:2018, Abschnitt 6, so konstruiert und abgesichert sein, dass ein unbeabsichtigtes Berühren von spannungsführenden Teilen nicht möglich ist. Das Entfernen von Deckeln oder Abdeckungen darf nur unter Verwendung von Werkzeugen möglich sein.

Der Kältemitteldurchfluss muss so gestaltet werden, dass die Kondensation von Feuchtigkeit in der Nähe der elektrischen Anschlüsse und Klemmen vermieden wird; bei potenziellen Feuchtigkeitsrisiken sollte jedoch eine geeignete Ablassvorrichtung vorgesehen werden, um die Feuchtigkeit abzulassen und die Möglichkeit der Kondensation zu vermeiden. Die Zwischenräume zwischen spannungsführenden (unter Strom gesetzten) Teilen und spannungslosen Metallteilen (nicht leitenden und nicht unter Strom gesetzten Teilen) innerhalb und außerhalb des Verdichtergehäuses müssen mindestens den Angaben in Tabelle 3 entsprechen.

Tabelle 3 — Abstände

Zulässiger Mindestabstand zwischen nicht isolierten spannungsführenden Teilen entgegengesetzter Polarität und zwischen einem nicht isolierten spannungsführenden Teil und einem spannungslosen Metallteil		
mm		
Spannungsbereich	innerhalb	außerhalb
$\leq 130 \text{ V}$	1,5	2,0
$> 130 \text{ V und } \leq 250 \text{ V}$	3,0	4,0
$> 250 \text{ V und } \leq 480 \text{ V}$	4,0	5,5
$> 480 \text{ V und } \leq 750 \text{ V}$	5,5	7,5
$750 \text{ V und } \leq 1\,000 \text{ V}$	8,0	10,0
$> 1\,000 \text{ V und } \leq 1\,500 \text{ V}$	11,0	12,5

Zwischenräume an den Anschlussklemmen von berohrten Heizeinrichtungen für einen Spannungsbereich von bis zu 250 V dürfen mindestens 1,0 mm betragen, wenn die Umgebung gegen Verunreinigungen geschützt ist.

5.6.5 Verbindungsmaterial

Verbindungsmaterial muss der Normenreihe EN 60999 entsprechen.

In der technischen Dokumentation muss das bei Schraubverbindungen anzuwendende Drehmoment angegeben werden; ist bei schraubenlosen Klemmen eine Schelle erforderlich, muss die Spezifikation der Schelle in der technischen Dokumentation angegeben werden.

5.6.6 Maßnahmen für die Erdung

Motorverdichter müssen nach EN 60034-1:2010, 10.1, mit Vorrichtungen für die Erdung ausgerüstet werden.

5.6.7 Innenverdrahtung

Die Innenverdrahtung muss geführt und abgestützt oder anderweitig geschützt werden, um ein Verbiegen und Abtrennen zu vermeiden. Die Isolierung und die Abstützungen müssen den Auswirkungen von Schwingungen standhalten. Die Leitungen dürfen weder beim Verdrahten noch im Einbauzustand mit rauen Oberflächen, scharfen Kanten oder beweglichen Teilen in Kontakt kommen. Bei Verlängerungen von Leitungsanschlüssen der Motorwicklungen für Steckverbindungen sind Schutzhülsen vorzusehen.

Öffnungen, durch die isolierte Drähte verlaufen, müssen glatt und abgerundet sein. Bei Blechen müssen die Öffnungen mit Buchsen oder Hülsen geschützt sein.

5.6.8 Hochspannungsprüfung

Die Hochspannungsprüfung muss nach 6.2.4 und 6.3.4 durchgeführt werden.

5.6.9 Isoliermaterialien

Isoliermaterialien müssen gegen die im Verdichter und im Kältemittelkreislauf verwendeten Kältemittel und Schmierstoffe beständig sein. Sie müssen aus korrosionsbeständigen Werkstoffen hergestellt sein oder mit einem Überzug als Korrosionsschutz versehen sein. Die während des Betriebs des Motorverdichters beim Aufheizen und Abkühlen auftretenden Temperatureinflüsse sind zu berücksichtigen.

5.6.10 Schutzeinrichtungen des Motorverdichters

Motorverdichter sind mit Schutzeinrichtungen zu versehen, die den Motorstromkreis unterbrechen. Diese Vorrichtungen müssen so ausgelegt sein, dass die Temperaturen aller zugänglichen Flächen unter üblichen oder unüblichen Betriebsbedingungen, z. B. bei blockiertem Rotor oder aussetzender Phase oder im Einphasenzustand (3-Phasen-Motoren), 150 °C nicht überschreiten. Mit Hilfe von thermischen Schutzeinrichtungen ist der Motorstrom direkt (z. B. mit einer Leitungsunterbrechung innerhalb des Verdichtergehäuses) abzuschalten oder der Kontaktgeber im Steuerpunkt zu unterbrechen (z. B. Elektromodul). Diese Einrichtungen dürfen automatisch oder manuell rückstellbar sein und müssen die Anforderungen von EN 61010-1 erfüllen.

Die Schutzeinrichtung mit automatischer Rückstellung darf eingesetzt werden, wenn die Dokumentation bzw. die Anleitungen des Herstellers angeben, dass der Verdichter eine LRA-Typprüfung über 2 000 Zyklen bestanden hat.

Zusätzlich zu den vorstehend beschriebenen Überstrom-Schutzeinrichtungen dürfen Motorverdichter auch mit extern angeordneten Überstrom-Schutzeinrichtungen mit Rückstellung von Hand nach EN 60947-4-1 ausgerüstet sein. In diesen Fällen braucht die LRA-Prüfung nicht durchgeführt zu werden, sofern die Verwendung dieser Überstrom-Schutzeinrichtungen in der Dokumentation des Verdichterherstellers als verbindliche Anforderung vorgeschrieben ist.

5.7 Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen

Die Verdichter müssen so konstruiert sein, dass eine sichere und umweltverträgliche Rückgewinnung von Schmierstoff und Kältemittel möglich ist (z. B. Betriebsschaltungen; siehe EN 378-4). In den Unterlagen für den Anwender (Herstellerhandbuch) müssen spezielle Anleitungen enthalten sein.

6 Überprüfung der Sicherheitsanforderungen und/oder der Schutzmaßnahmen

6.1 Allgemeines

Für jede über das selbstverständliche Maß hinausgehende Sicherheitsanforderung und/oder Schutzmaßnahme muss das Überprüfungsverfahren festgelegt werden:

- a) durch Prüfung nach 6.2;
- b) durch Maßnahmen (z. B. „Festigkeit“);
- c) durch Berechnung;
- d) durch Sichtprüfung.

Die Verdichter müssen durch den Hersteller geprüft werden: Entweder durch eine Typprüfung nach 6.2 in Verbindung mit einer Einzelprüfung nach 6.3.2.2 oder durch eine Einzelprüfung nach 6.3.2.3.

Wird ein Verdichter von einem Hersteller für verschiedene Anwendungsfälle freigegeben, so müssen die Prüfungen den höchsten Anforderungen entsprechend durchgeführt werden.

Alle Prüfergebnisse müssen aufgezeichnet werden.

6.2 Typprüfung

6.2.1 Allgemeines

Alle Bauarten des Verdichters sind einer Typprüfung auf Festigkeit, Funktion der Druckentlastungseinrichtung, falls eingebaut, und der elektrischen Sicherheit zu unterziehen.

6.2.2 Festigkeitsprüfung

Wird eine Einzelprüfung der Festigkeit nach 6.3.2.3 gewählt, so muss die folgende Typprüfung durchgeführt werden.

Aus jeder Design-Plattform des Verdichters sind zwei repräsentative Prüflinge zu wählen und einer Prüfung zu unterziehen. Bei dieser Wahl sind die im Hinblick auf die Festigkeit ungünstigsten Bedingungen zugrunde zu legen. Die Prüfung muss mindestens einmal jährlich durchgeführt werden.

Eine Verifizierung kann von einer notifizierten Stelle oder im Rahmen des zertifizierten QM-Systems des Herstellers durchgeführt werden.

Das Gehäuse auf der Hochdruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von mindestens $3,0 \times PS$ dieser Druckstufe standhalten.

Das Gehäuse auf der Niederdruck-/Zwischendruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von mindestens $3,0 \times PS$ dieser Druckstufe standhalten.

Der Druck muss allmählich erhöht werden, bis der erforderliche maximale Prüfdruck erreicht ist. Dieser Prüfdruck ist für eine Dauer von mindestens 30 min zu halten. Danach ist er allmählich zu reduzieren. Die Prüfung ist aufzuzeichnen.

Die Einrichtungen für das Abdichten von Öffnungen und Aufbringen von Prüfdrücken dürfen keinen Einfluss auf das Verhalten des zu prüfenden Verdichters haben.

Der Verdichter gilt als annehmbar, wenn nach Beendigung der Druckprüfung bei einer Überprüfung keine Anzeichen eines Bruches feststellbar sind.

Der Prüfling darf nicht wieder in die normale Produktion zurückgenommen werden.

Aus Sicherheitsgründen wird eine Wasserdruckprüfung empfohlen. Bei dieser Prüfung sind Leckagen und bleibende Verformungen bei einem Druck von mehr als $2,0 \times PS$ der entsprechenden Druckstufe zulässig. Für diese Prüfung dürfen besondere Dichtungen verwendet werden.

Wenn die Verdichterausführung eine Trennung der einzelnen Druckstufen für die Typprüfung des Verdichters nicht zulässt, müssen die für die Hochdruckseite (HD) festgelegten Prüfdrücke angesetzt werden.

6.2.3 Druckentlastungseinrichtung

Verdichter mit einer Druckentlastungseinrichtung zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruck- bzw. Zwischendruckseite müssen auch auf der Hochdruckseite einem Druck standhalten, der mindestens dem dreifachen Entlastungsdruck entspricht; es gelten die in 5.5.5 festgelegten Bedingungen.

Bei Druckentlastungsventilen mit Gegendruckausgleich ist unter den nachstehenden Bedingungen:

- der Öffnungsdruck beträgt $1,1 \times PS$ der Hochdruckseite (HD);
- der Massenstrom wird für kritische Strömung berechnet; und

— der errechnete Massenstrom ist höher als die Fördermenge des Verdichters;

eine Berechnung nach EN 13136 ausreichend.

Wenn nachgewiesen werden kann, dass die Kombination von Motorgröße und Verdichtergröße so ist, dass der Verdichter nicht mit einem saugseitigen Sättigungsdruck entsprechend 10 °C betrieben werden kann, sollte die Prüfung mit dem höchsten Saugdruck durchgeführt werden, bei dem der Verdichter läuft.

6.2.4 Überprüfung der elektrischen Sicherheit

6.2.4.1 Hochspannungsprüfung

Jeder Motorverdichter muss nach EN 60034-1:2010, 9.2, geprüft werden. Die Prüfspannung wird nach EN 60034-1:2010, Tabelle 16, ermittelt.

Während der Prüfung muss der Verdichter mit trockener Luft, Stickstoff oder einem entsprechenden Kältemittel nach Wahl des Herstellers gefüllt sein.

Anstelle einer Wechselspannung kann die Hochspannungsprüfung mit einer Gleichspannung durchgeführt werden, die das 1,5-fache der für die Wechselspannungsprüfung erforderlichen Werte beträgt, und zwar unter den gleichen sonstigen Bedingungen, wenn der Verdichter mit einem werkseitig montierten und verdrahteten Frequenzumrichter ausgestattet ist, der Filter für höherfrequente Teile zwischen den Stromversorgungsleitern und der Schutzterde enthält. Die elektrische Sicherheit des eingebauten Verdichtermotors muss gesondert geprüft werden, wenn der angeschlossene Frequenzumrichter bei der Prüfung des Endprodukts die Prüfspannung für den Motor blockiert. Dies gilt für eine Nennversorgungsspannung bis 480 V Wechselspannung.

6.2.4.2 Anforderungen an den Motorschutz

Motorverdichter sind einer Typprüfung bezogen auf den Temperaturschutz bei blockiertem Rotor zu unterziehen. Dies erfordert einige Vorbereitungen, indem der Rotor durch Verwendung spezieller Teile am Drehen gehindert wird. Der zu prüfende Verdichter ist mit Thermofühlern zu versehen, mit deren Hilfe die Oberflächentemperatur an den Stellen aufzuzeichnen ist, an denen die höchsten Temperaturen zu erwarten sind.

Motorverdichter mit automatisch rückstellbaren Wärmeschutzeinrichtungen müssen 2 000 Zyklen mit blockiertem Rotor bei Nennspannung standhalten. Die höchste Oberflächentemperatur darf 150 °C nicht überschreiten. Nach Beendigung der Prüfung mit blockiertem Rotor muss der Motorverdichter einer Hochspannungsprüfung nach EN 60034-1:2010, 9.2, unterzogen werden. Die Prüfspannung muss nach EN 60034-1:2010, Tabelle 16, ermittelt werden. Der Leckstrom darf 3,5 mA bzw. 3,5 mA je kW Nenn-Eingangsleistung nicht überschreiten, es gilt der jeweils höhere Wert. Unabhängig von der Bemessung der Eingangsleistung darf der Leckstrom bei Motoren bis max. 25 A Bemessungsstrom 30 mA nicht überschreiten.

Diese Prüfung darf nach 15 Tagen beendet werden, wenn bis dahin keine 2 000 Zyklen erfolgt sind, und zwischen der Messung der Temperatur des Gehäuses nach 12 Tagen und nach 15 Tagen kein Temperaturanstieg um mehr als 5 K erfolgt ist.

Motorverdichter mit von Hand rückstellbaren Wärmeschutzeinrichtungen müssen 50 Zyklen mit blockiertem Rotor bei Nennspannung standhalten oder so lange, bis die höchste Oberflächentemperatur über eine Dauer von 1 h innerhalb von 5 K konstant bleibt, es gilt der jeweils längere Zeitraum. Die höchste Oberflächentemperatur darf 150 °C nicht überschreiten.

Nach Beendigung der Prüfung mit blockiertem Rotor muss der Motorverdichter einer Hochspannungsprüfung nach EN 60034-1:2010, 9.2, unterzogen werden. Die Prüfspannung wird nach EN 60034-1:2010, Tabelle 16, ermittelt. Der Leckstrom darf 3,5 mA bzw. 3,5 mA je kW Nenn-Eingangsleistung nicht überschreiten, es gilt der jeweils höhere Wert. Unabhängig von der Bemessung der Eingangsleistung darf der Leckstrom bei Motoren bis max. 25 A Bemessungsstrom 30 mA nicht überschreiten.

Der Motorverdichter ist für die Prüfung mit blockiertem Rotor mit Öl und einem gasförmigen Kältemittel in ausreichenden Mengen zu füllen. Ist ein Verdichter für mehrere Kältemittel freigegeben, so darf der Hersteller das Kältemittel für die Prüfung wählen. Es muss nur ein Kältemittel geprüft werden.

Bei der Prüfung mit blockiertem Rotor muss die Spannung dem Höchstwert des festgelegten Betriebsspannungsbereiches entsprechen. Motorverdichter, die für zwei Spannungen ausgelegt sind, sind bei jeder Spannung zu prüfen.

Für die Auswertung der Prüfung wird empfohlen, die Motorverdichter vor der Prüfung mit blockiertem Rotor auch der festgelegten Hochspannungsprüfung zu unterziehen.

6.2.5 Anschlagpunkte

Die Anschlagpunkte oder sonstigen Hebevorrichtungen sind zu prüfen, indem der Verdichter für eine Dauer von 10 min mit einem Zusatzgewicht von 25 % angehoben wird.

ANMERKUNG Bei dieser Prüfung werden Schäden bei einem Stillsetzen im Notfall (Not-AUS) nicht verhindert.

6.3 Einzelprüfung

6.3.1 Allgemeines

Jeder Verdichter (Gehäuse und wahlweise Ausrüstungsteile mit einem äquivalenten Durchmesser von mehr als 50 mm) ist während oder nach der Herstellung auf Festigkeit, Dichtheit und elektrische Sicherheit zu prüfen.

6.3.2 Festigkeitsprüfung

6.3.2.1 Allgemeines

Falls keine Typprüfung im Hinblick auf die Festigkeit durchgeführt wird, ist während der Herstellung eine Einzelprüfung der Festigkeit nach 6.3.2.2 (Festigkeitsprüfung A) durchzuführen.

Wird eine Typprüfung auf Festigkeit nach 6.2 durchgeführt, so ist während der Herstellung eine Einzelprüfung auf Festigkeit nach 6.3.2.3 (Festigkeitsprüfung B) durchzuführen.

Die Prüfung muss mit trockener Luft oder Inertgas oder nach einem äquivalenten Prüfverfahren durchgeführt werden.

Falls die Verdichterausführung eine Trennung der Hochdruckseite von der Niederdruckseite für die Prüfung nicht zulässt, sind die für die Hochdruckseite festgelegten Drücke anzusetzen.

6.3.2.2 Festigkeitseinzelprüfung A

Das Gehäuse auf der Hochdruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von $1,5 \times PS$ dieser Druckstufe standhalten.

Das Gehäuse auf der Niederdruck-/Zwischendruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von $1,5 \times PS$ dieser Druckstufe standhalten.

Wenn die Verdichterausführung eine Trennung der einzelnen Druckstufen für die Festigkeitsprüfung des Verdichters nicht zulässt, müssen die für die Hochdruckseite (HD) festgelegten Prüfdrücke angesetzt werden.

6.3.2.3 Festigkeitseinzelprüfung B

Das Gehäuse auf der Hochdruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von $1,1 \times PS$ dieser Druckstufe standhalten.

Das Gehäuse auf der Niederdruck-/Zwischendruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von $1,1 \times PS$ dieser Druckstufe standhalten.

Wenn die Verdichterausführung eine Trennung der einzelnen Druckstufen für die Festigkeitsprüfung des Verdichters nicht zulässt, müssen die für die Hochdruckseite (HD) festgelegten Prüfdrücke angesetzt werden.

6.3.3 Dichtheitsprüfung

Das Gehäuse des Verdichters muss auf der Hochdruckseite geprüft werden und sich bei einem Druck von mindestens $1,0 \times PS$ als dicht erweisen.

Das Gehäuse des Verdichters muss auf der Niederdruck-/Zwischendruckseite geprüft werden und sich bei einem Druck von mindestens $1,0 \times PS$ als dicht erweisen.

Wenn die Verdichterausführung eine Trennung der einzelnen Druckstufen für die Festigkeitsprüfung des Verdichters nicht zulässt, müssen die für die Hochdruckseite (HD) festgelegten Prüfdrücke angesetzt werden.

Die Prüfung muss mit trockener Luft oder Inertgas durchgeführt werden.

Falls die Verdichterausführung eine Trennung der Hochdruckseite von der Niederdruckseite für die Prüfung nicht zulässt, sind die für die Hochdruckseite festgelegten Drücke anzusetzen.

Die Dichtheitsprüfung muss nach einem in EN 1779 festgelegten Verfahren durchgeführt werden, bei dem die Empfindlichkeit mindestens $10^{-4} \text{ Pa m}^3/\text{s}$ beträgt.

Es darf auch ein anderes Prüfverfahren als das der Druckprüfung bei Auslegungsdruck gewählt werden, sofern nachgewiesen werden kann, dass die mit diesem Verfahren (z. B. der Heliumdichtheitsprüfung) erzielten Ergebnisse denen des Druckprüfverfahrens mindestens gleichwertig sind.

6.3.4 Überprüfung der elektrischen Sicherheit

Jeder Motorverdichter muss einer Hochspannungsprüfung nach EN 60034-1:2010, 9.2, unterzogen werden. Die Prüfspannung wird nach EN 60034-1:2010, Tabelle 16, ermittelt. Die 1-minütige Prüfung darf bei einer Nenn-Motorleistung von bis zu 200 kW durch eine 5 s dauernde Prüfung ersetzt werden bzw. durch eine 1 s dauernde Prüfung bei einer Nenn-Motorleistung bis 5 kW, wenn die erhöhte Prüfspannung aufgebracht wird.

Während der Prüfung muss der Verdichter mit trockener Luft, Stickstoff oder einem entsprechenden Kältemittel nach Wahl des Herstellers gefüllt sein.

Anstelle einer Wechselspannung kann die Hochspannungsprüfung mit einer Gleichspannung durchgeführt werden, die das 1,5-fache der für die Wechselspannungsprüfung erforderlichen Werte beträgt, und zwar unter den gleichen sonstigen Bedingungen, wenn der Verdichter mit einem werkseitig montierten und verdrahteten Frequenzumrichter ausgestattet ist, der Filter für höherfrequente Teile zwischen den Stromversorgungsleitern und der Schutz Erde enthält. Die elektrische Sicherheit des eingebauten

Verdichtermotors muss gesondert geprüft werden, wenn der angeschlossene Frequenzumrichter bei der Prüfung des Endprodukts die Prüfspannung für den Motor blockiert. Dies gilt für eine Nennversorgungsspannung bis 480 V Wechselspannung.

7 Kennzeichnung, Bildzeichen, schriftliche Warnhinweise

7.1 Allgemeines

Falls mit dem Verdichter ein Restrisiko für Personen verbunden ist, müssen Sicherheitszeichen und Warneinrichtungen verwendet werden.

Die Bedeutung der verwendeten Warneinrichtungen muss beschrieben sein (z. B. um welche Gefährdung es geht).

Kennzeichnungen, Bildzeichen und schriftliche Warnhinweise müssen dauerhaft befestigt und deutlich sichtbar sein. Sie müssen gegenüber der Atmosphäre, in der der Verdichter installiert ist, beständig sein, aus geeigneten Werkstoffen bestehen und so hergestellt sein, dass sie dem üblichen Betrieb und Instandhaltungsarbeiten standhalten können.

7.2 Kennzeichnung

Die Angaben in Tabelle 4 müssen dauerhaft auf dem Typschild angegeben oder auf das Gehäuse geprägt sein:

Tabelle 4 — Kennzeichnung

Kennzeichnung	Einheiten
Mindestkennzeichnung für alle Verdichterausführungen:	
— Hersteller, Lieferant oder Importeur	
— Verdichtermodell, Typbezeichnung	
— Jahr der Herstellung oder Seriennummer (auch verschlüsselt)	
— maximal zulässiger Druck, <i>PS</i> für jede Druckstufe	MPa oder bar ^{a,b}
Zusätzliche Kennzeichnung für Motorverdichter mit einer Leistungsaufnahme bis 3 kW:	
— Stromart	
— Gleichstrom	
— Drehstrom einphasig	
— Drehstrom, dreiphasig	
— Nennspannung(en)/Nennspannungsbereich(e)	V
— Nennfrequenz(en)	Hz
— Strom bei blockiertem Rotor	A ^{b,c}
Zusätzliche Kennzeichnung für Motorverdichter mit einer Leistungsaufnahme über 3 kW:	
— Stromart	
— Gleichstrom	

Kennzeichnung	Einheiten
— Drehstrom einphasig	
— Drehstrom, dreiphasig	
— Nennspannung(en)/Nennspannungsbereich(e)	V
— Nennfrequenz(en)	Hz
— festgelegte Drehzahl	U/s oder U/min ^b
— Strom bei blockiertem Rotor	A ^{b,c}
— geometrisches Volumen bei der festgelegten Drehzahl oder je Umdrehung	m ³ /h oder m ³ /U ^b
— Motorschaltung, falls mehrere Optionen gegeben sind	A ^b
— maximaler Betriebsstrom	A ^b
— Schutzklasse	IPXX ^b
Zusätzliche Kennzeichnung für offene Verdichter:	
— Nenndrehzahl/Nenndrehzahlbereich	U/s oder U/min ^b
— geometrisches Volumen bei der festgelegten Drehzahl oder je Umdrehung	m ³ /h oder m ³ /U ^b
Kennzeichnung des elektrischen Zubehörs:	
— Typ und Hersteller (auch Symbol)	
— Stromart	
— Nennspannung(en)/Nennspannungsbereich(e)	V
— Nennfrequenz (falls gefordert)	Hz
— Nennleistung oder Nennstrom	W oder A ^b
ANMERKUNG Diese Angaben können auch codiert sein, wenn das elektrische Zubehör in Serie produziert wird.	
^a 1 MPa = 10 bar. ^b Diese Angaben müssen entweder auf dem Verdichter oder auf dem Zubehör angegeben werden oder in der technischen Dokumentation enthalten sein. ^c Der Strom bei blockiertem Rotor muss beim Höchstwert des für die Betriebsnennspannung festgelegten Bereiches gemessen werden. Bei Motorverdichtern mit mehr als einer zulässigen Betriebsspannung sind alle jeweiligen blockierten Rotorströme anzugeben.	

7.3 Bildzeichen, schriftliche Warnhinweise und Informationen

7.3.1 Anschlagpunkte

Falls der Verdichter bei Transport und Montage nur an bestimmten Anschlagpunkten angehoben werden darf, müssen diese Punkte gekennzeichnet und in der technischen Dokumentation beschrieben sein.

7.3.2 Druckbeaufschlagung des Gehäuses

Falls das Verdichtergehäuse vor dem Einbau mit einem Überdruck > 0,5 bar bei 25 °C Umgebungstemperatur beaufschlagt wird, muss ein Warnhinweis angebracht werden. Dies gilt nicht für Verdichter, die mit Gummistopfen verschlossen sind.

7.3.3 Schmierstofffüllung

Falls der Verdichter mit Schmierstofffüllung geliefert wird, müssen Typ und Menge des Schmierstoffs in der technischen Dokumentation angegeben werden und dürfen auf dem Verdichter markiert sein.

8 Geeignete Herstellungsverfahren

Die Zulassungsprüfung von Schweißern muss nach EN ISO 9606-1 und EN ISO 9606-2 erfolgen.

Die Zulassungsprüfungen von Schweißverfahren müssen nach EN ISO 15607, EN ISO 15614-1 und EN ISO 15614-2 durchgeführt werden.

Es dürfen keine Unebenheiten vorhanden sein, die die Sicherheit, Funktionsfähigkeit oder den Einbau des Kältemittelverdichters beeinträchtigen. Dies gilt insbesondere für Anschlussflächen.

Alle vom Kältemittel voraussichtlich berührten Innenflächen und Bauteile müssen frei von Fremdstoffen, wie z. B. Rost, Zunder, Schmutz, Spänen und dergleichen sein.

9 Dokumentation und Benutzerinformation

9.1 Allgemeines

Die unbedingt einzuhaltenden Anforderungen an die Betriebsanleitung sind in EN ISO 12100:2010, Abschnitt 6, aufgeführt.

9.2 Betriebsanleitung

Der Verdichterhersteller muss eine Dokumentation (einschließlich Sicherheitsanweisungen) mitliefern, die, soweit zutreffend, mindestens die folgenden Angaben und Bestandteile enthalten muss:

- a) Beschreibung des Verdichters und seines Haupteinsatzgebiets;
- b) Schaltplan;
- c) Anforderungen an die elektrische Sicherheit;
- d) Anweisungen zum Starten, Anhalten und zum Stillstand des Verdichters;
- e) Anweisungen zur Entsorgung des Arbeitsfluids und der Ausrüstung;
- f) Ursachen für die am häufigsten auftretenden Fehler und entsprechende Maßnahmen, z. B. Anweisungen, Leckagen durch entsprechend befugtes Personal auffinden zu lassen und sich im Falle einer Leckage oder eines Ausfalls mit kompetenten Wartungstechnikern in Verbindung zu setzen;
- g) Vorsichtsmaßnahmen, die vor dem Anheben und dem Transport des Verdichters zu treffen sind;
- h) Anweisungen zur Wartung des Verdichters;
- i) Anweisungen zum Befüllen des Verdichters mit Kältemittel und Öl sowie zum Ablassen dieser Stoffe;
- j) Anweisungen zum Umgang mit dem Kältemittel und zu den damit verbundenen Gefährdungen;
- k) Flüssigkeitsschläge und Maßnahmen zur Verhinderung von Schäden/Bruch des Verdichters und anderer Bauteile oder Rohrleitungsteile;

- l) Anweisungen zur Funktion und Wartung von Sicherheitseinrichtungen;
- m) Angabe, ob das Tragen von persönlicher Schutzeinrichtung (PSE) erforderlich ist;
- n) Anweisungen und/oder Warnhinweise, den Kontakt mit heißen oder kalten Oberflächen zu vermeiden.

Wenn identische Verdichter für eine Serienproduktion geliefert werden, ist es ausreichend die Dokumente einmal bereitzustellen. Im Falle technischer Änderungen muss die Dokumentation berichtigt, komplettiert oder komplett ersetzt werden, wenn notwendig.

Anhang A (normativ)

Verfahren für die Auslegung eines Kältemittelverdichters durch Berechnung

A.1 Berechnungsverfahren

A.1.1 Allgemeines

Dieser Anhang definiert den Wert für die zulässige Spannung σ_{corr} , der für die Berechnung der Festigkeit bei einem maximal zulässigen Druck PS einzusetzen ist. Die Berechnungsmethode beinhaltet rechnerische Auslegung (DBF, en: design by formula), hinsichtlich einer Beanspruchung durch statischen Innendruck, und Auslegungsberechnung durch Analyse (DBA, en: design calculation by analysis) oder die Finite-Elemente-Methode mittels eines höherwertigen, bruchmechanisch begründeten Verfahrens.

In das Berechnungsverfahren müssen geeignete Sicherheitskoeffizienten unter Verwendung umfassender Verfahren einbezogen werden, von denen bekannt ist, dass sie in konsistenter Weise angemessene Sicherheitsmargen gegen alle relevanten Ausfallarten berücksichtigen.

Die in den folgenden Normen beschriebenen Berechnungsverfahren werden als geeignet angesehen:

- EN 12516-2;
- EN 13445-3.

Weitere festigkeitsrelevante Beanspruchungen infolge Reaktionskräfte oder -momente sowie Materialschwächungen des Verdichters durch anderweitige Einflüsse (z. B. Korrosion) müssen zusätzlich berücksichtigt werden.

Der Anhang liefert auch Sicherheitsbeiwerte zur Verwendung mit der experimentellen Auslegungsmethode aus Anhang B.

A.1.2 Festigkeitswerte für die Auslegungsberechnung

Die Festigkeitswerte für die Auslegungsrechnung (z. B. 0,2-%-Dehngrenze $R_{p0,2}$, Zugfestigkeit R_m) können den Werkstoffnormen entnommen werden. Im Anhang E sind für die aufgeführten Werkstoffe die zugehörigen Normen angegeben. Werden andere als die in Werkstoffnormen angegebenen Festigkeitswerte zugrunde gelegt, so müssen diese anhand von Werkstoffbescheinigungen nach EN 10204 nachgewiesen werden.

A.1.3 Dokumentation

A.1.3.1 Allgemeines

Die für die Berechnung verwendeten Festigkeitswerte, z. B. für die Zugfestigkeit oder die Druckfestigkeit, sowie die Berücksichtigung von zusätzlichen Spannungen oder weiteren Einflüssen (z. B. Korrosion) müssen in den Auslegungsdokumenten angegeben werden.

A.1.3.2 Werkstoffeigenschaften

Die für die Berechnung der drucktragenden Teile von Verdichtern (ausgenommen Schrauben, Verbindungselemente, Muttern und Bolzen – siehe A.2.2) zu verwendenden Werkstoffeigenschaften sind den einschlägigen Normen (siehe Anhang E) oder Prüfbescheinigungen nach EN 10204 zu entnehmen.

A.2 Zulässige Spannung für die Auslegung

A.2.1 Zulässige Spannung für hauptdrucktragende Teile

Der bei der Berechnung einzusetzende Wert für die zulässige Spannung σ_{corr} muss wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{\text{corr}} = \sigma_{\text{con}} / (S_C \times Z \times C_Q) \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

σ_{corr} der Werte für die zulässige Spannung, abgeleitet aus σ_{con} ;

σ_{con} der Ausgangswert der Auslegungsspannung;

S_C der Faktor zur Berücksichtigung der Korrosion;

Z der Faktor zur Berücksichtigung der Qualität einer Verbindung (z. B. Schweißverbindung), nach Tabelle A.2 nur für die Werkstoffe der lfd. Nr. 1 bis 8 in Tabelle A.1 (ansonsten $Z = 1,0$);

C_Q der Faktor zur Berücksichtigung der Gussqualität (nach Tabelle A.3 nur für den Werkstoff mit der lfd. Nr. 9 in Tabelle A.1 [ansonsten $C_Q = 1,0$]).

Tabelle A.1 — Auslegungsspannung σ_{con} als Quotient aus charakteristischem Festigkeitswert und S_σ -Faktor zur Berücksichtigung des Prüfdrucks

Nr.	Werkstoff ^a	$\sigma_{\text{con}}^{\text{d}}$		S_σ
		Streckgrenze ^{b,c}	Zugfestigkeit ^b	
1 ^d	Stahl/Gruppen 1.1 und 1.2	MIN $\{R_{p\,0,2}/1,5; R_m/2,4\}$ $R_{p\,0,2}/1,5$	$R_m/2,4$	1,43
2	Stahl/Gruppe 8.1 bei $A_5 \geq 30 \%$	$R_{p\,1,0}/1,5$	$R_m/(0,5 + R_m/R_{p\,1,0})$	1,43
3	bei $A_5 \geq 35 \%$	MAX $\{\text{MIN}[R_m/3; R_{p\,1,0}/1,2]; R_{p\,1,0}/1,5\}$		1,43
4 ^d	Stahlguss/Gruppen 1.1 und 1.2	MIN $\{R_{p\,0,2}/1,9; R_m/3\}$ $R_{p\,0,2}/1,9$	$R_m/3,0$	1,43
5	Aluminium/Gruppe 21	$R_{eH}/1,5$	$R_m/(0,5 + R_m/R_{eH})$	1,43
6 ^d	Aluminium/Gruppen 22 bis 26	MIN $\{R_{p\,0,2}/1,5; R_m/2,4\}$ $R_{p\,0,2}/1,5$	$R_m/2,4$	1,43
7 ^d	Kupfer/Gruppen 31 bis 38	MIN $\{R_{p\,0,2}/1,5; R_m/3,5\}$ $R_{p\,0,2}/1,5$	$R_m/3,5$	1,57
8	Titanrohr/Gruppe 51	–	$R_m/3,0$	1,35

Nr.	Werkstoff ^a	σ_{con}^d		S_{σ}
		Streckgrenze ^{b,c}	Zugfestigkeit ^b	
9	Kugelgraphitgusseisen/ Gruppe 72.2	$R_{p\,0,2}/2,4$	$R_m/3,8$	1,80
10	Kugelgraphitgusseisen/ Gruppe 72.1	$R_{p\,0,2}/2,5$	$R_m/4,0$	1,80
11	Grauguss/Gruppe 71	$R_{p\,0,2}/2,5$	$R_m/4,5$	2,00
12	Automatenstahl	$R_{p\,0,2}/2,5$	$R_m/4,0$	1,80
^a Die Einteilung in Materialgruppen muss nach ISO/TR 15608 erfolgen. Werkstoffe dieser Gruppen sind im Anhang E enthalten. ^b Es müssen Spannungswerte bei einer Temperatur von 20 °C bzw. 25 °C angesetzt werden. Abweichend hiervon können auch Spannungswerte im Temperaturbereich von –10 °C bis +50 °C angesetzt werden. Spannungswerte bei anderen Temperaturen dürfen nicht in Verbindung mit diesen Sicherheitsbeiwerten verwendet werden. ^c Bei Stahl (ferritisch wie austenitisch, einschließlich Stahlguss) kann $R_{p\,0,2}$ durch Absenkung des $R_{p\,1,0}$ -Wertes um 25 MPa abgeschätzt werden. ^d Für σ_{con} muss die obere Zeile verwendet werden, wenn sowohl $R_{p\,0,2}$ als auch R_m verfügbar sind. Falls diese nicht beide verfügbar sind, muss die untere Zeile verwendet werden.				

Tabelle A.2 — Faktor zur Berücksichtigung der Qualität der Gussteile

Umfang der Prüfung bzw. Inspektion	Faktor Z
Keine Schweißung, oder zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen, die bestätigen, dass die gesamte Reihe der Verbindungen keine erheblichen Fehler aufweist	1,0
Zerstörende oder zerstörungsfreie Prüfung, stichprobenartig (1/0,85)	1,18
Sichtprüfung (1/0,70)	1,43

Tabelle A.3 — Faktor zur Berücksichtigung der Gussqualität (Kugelgraphitgusseisen)

Umfang der Prüfung bzw. Inspektion	Faktor C_Q
Kein Gusseisen oder zerstörungsfreie Prüfung zu 100 %	1,0
Sichtprüfung und zerstörungsfreie Prüfung, stichprobenartig	1,1
Sichtprüfung	1,25

A.2.2 Auslegung von Schrauben, Verbindungselementen, Muttern und Bolzen

Schrauben, Verbindungselemente, Muttern und Bolzen müssen mit zulässigen Auslegungsspannungen von höchstens den zulässigen Spannung aus Tabelle A.4 (Auslastung 100 %) bemessen werden.

Längenänderungen infolge der Temperaturdifferenz zwischen der niedrigsten und der höchsten Temperatur des vorgesehenen Temperaturbereichs sind bei der Auslegung von Schrauben, Verbindungen, Muttern und Dichtungen zu berücksichtigen.

Die Prüfung der Festigkeitsklasse und die Kennzeichnung müssen nach Normenreihe EN ISO 898 und Normenreihe EN 20898 oder nach dem entsprechenden Teil von EN 1515 erfolgen.

Tabelle A.4 — Zulässige Spannungen für die Auslegung bzw. Prüfung bei Prüfdruck der Schrauben und Verbindungselemente

Werkstoff	Zulässige Spannung bei maximalem zulässigem Druck P_S	Zulässige Spannung bei Auslegungsprüfdruck P_F
Nicht austenitischer Stahl	$\text{MIN} \{R_{m\,t}/4,0; R_{p\,0,2\,t}/3,0\}$	$\text{MIN} \{R_{m\,t}/2,67; R_{p\,0,2\,t}/2,0\}$
Austenitischer Stahl	$R_{m\,t}/4,0$	$R_{m\,t}/2,67$
Index t: Die kleineren Werte der Werkstofffestigkeit müssen bei der minimalen und der maximalen Betriebstemperatur eingesetzt werden. Die zulässige Spannung darf innerhalb des Betriebstemperaturbereiches nicht überschritten werden.		

Anhang B (normativ)

Experimentelle Auslegungsmethode für Kältemittelverdichter

B.1 Experimentelle Auslegungsmethode

B.1.1 Allgemeines

Mit der experimentellen Auslegungsmethode wird die Beständigkeit eines Muster-Kältemittelverdichters gegen Innendruck bei gegebener Werkstoffwahl nachgewiesen; dabei müssen auch andere Reaktionskräfte oder -momente (z. B. durch Kolben und Kurbelwelle) sowie Materialschwächung oder -verlust durch andere Einflüsse (z. B. Korrosion) berücksichtigt werden.

B.1.2 Auswahl und Nachweis von Werkstoffeigenschaften

Der zur Prüfung anstehende Kältemittelverdichter muss nachweislich das gleiche Fertigungsverfahren hinsichtlich der Werkstoffeigenschaften (z. B. Wärmebehandlung) durchlaufen, das bei der Serienfertigung angewendet wird.

B.1.3 Vorgehen bei der experimentellen Auslegungsmethode

Die Prüfung der Auslegung sowie der Festigkeit des Kältemittelverdichters wird bei Umgebungstemperatur (20 ± 5) °C durchgeführt. Der jeweilige zu Prüfzwecken aufgebraachte Druck muss 15 min gehalten werden.

Die Prüfung mit P_F und P_{Test} muss an mindestens drei Prüflingen durchgeführt werden. Als Ergebnis müssen die jeweils ungünstigsten Werte aufgezeichnet werden. Die folgenden zwei Prüfungen müssen durchgeführt werden:

- a) Prüfung eines Original-Kältemittelverdichters in vollständig endmontiertem Zustand mit dem Prüfdruck P_F nach den Festlegungen in Abschnitt B.2; und
- b) Prüfung des Kältemittelverdichters mit einem Prüfdruck P_{Test} nach den Festlegungen in Abschnitt B.3. Dieser Druck liegt nahe bei dem Druck, der bei einem Versagen des Kältemittelverdichters gegeben ist.

B.1.4 Prüfung beim maximal zulässigen Auslegungs-Prüfdruck P_F

Diese Prüfung wird an einem Original-Kältemittelverdichter in vollständig endmontierter Ausführung durchgeführt.

Zum Nachweis der Festigkeit und äußeren Dichtheit bei einem Druck, der dem maximal zulässigen Auslegungs-Prüfdruck P_F entspricht, wird der Druck im Kältemittelverdichter mit Öl oder Gas (z. B. Stickstoff, Luft, Helium) aufgebracht. Der Druck wird schrittweise bis zum maximal zulässigen Auslegungs-Prüfdruck P_F erhöht. Der Druck muss 10 min beim maximalen zulässigen Auslegungs-Prüfdruck P_F gehalten werden.

Obwohl bei diesem Druck allgemein kein Bruch des Kältemittelverdichters zu erwarten ist, müssen Vorkehrungen gegen Gefahren durch das eventuelle Bersten eines Kältemittelverdichters getroffen werden, wenn die Prüfung der Druckfestigkeit mit Gas (z. B. Luft oder Stickstoff) durchgeführt wird. Beispielsweise kann die Prüfung der Druckfestigkeit entweder in einer besonderen Kammer, die dem Bersten des Kältemittelverdichters standzuhalten vermag, oder in einem Becken unter Wasser, das mit Vorrichtungen

gegen das Herausschleudern von Teilen oder mit anderen geeigneten Schutzeinrichtungen versehen ist, durchgeführt werden.

Bis zum Erreichen des Prüfdrucks P_F und während der Standzeit bei diesem Druck darf es keine plastische Verformung der drucktragenden Teile geben.

Zur Überprüfung der plastischen Verformungen wird der Druck vollständig abgesenkt und der Kältemittelverdichter hinsichtlich möglicher Verformungen an hinreichend vielen Stellen des Kältemittelverdichters die repräsentativ für den Körper des Kältemittelverdichters sind, kontrolliert.

B.1.5 Prüfung beim minimalen Berst-Prüfdruck P_{Test}

Zur Überprüfung einer ausreichenden Bemessung des Kältemittelverdichters bei einer Druckbeaufschlagung mit dem minimalen Berst-Prüfdruck P_{Test} wird der Druck im Kältemittelverdichter mit Wasser aufgebracht. Es muss sorgfältig darauf geachtet werden, jegliche Luft aus dem Kältemittelverdichter abzulassen.

Der Druck wird schrittweise bis zum erforderlichen Berst-Prüfdruck P_{Test} erhöht. Der Druck muss 10 min beim Berst-Prüfdruck P_{Test} gehalten werden.

Kommt es bei der Druckerhöhung bis hin zum minimalen Berst-Prüfdruck P_{Test} zu Undichtheiten, bevor dieser Wert erreicht worden ist, werden diese soweit möglich ausgeglichen, bis der gewünschte Druck erreicht ist (z. B. durch Erhöhung des Durchflussvolumens) oder es werden die Dichtkräfte durch zusätzliche bzw. ergänzende konstruktive Maßnahmen erhöht. Veränderungen, die die Festigkeit drucktragender Teile bei einer Beaufschlagung mit dem Berstdruck gegenüber dem einer nicht veränderten Ausführung erhöhen oder erniedrigen, dürfen nicht durchgeführt werden. Veränderungen zur Verbesserung der Dichtheit dürfen durchgeführt werden. Der Kältemittelverdichter braucht für diese Untersuchung nicht mit allen Originalteilen (z. B. Schrauben, Bolzen, Dichtelemente) bestückt sein. Die Festigkeit von Teilen, die während der Prüfung nicht eingebaut waren, muss mit anderen Methoden nachgewiesen werden, siehe 5.5.3.3.

Bauteile für einen Kältemittelverdichter dürfen separat und mit den verwendeten Werkstoffen und Verfahren entsprechenden Drücken geprüft werden.

B.1.6 Dokumentation

Die Berechnung des maximal zulässigen Auslegungs-Prüfdrucks P_F und der minimale Berst-Prüfdruck P_{Test} muss dokumentiert werden.

Über die Prüfung ist ein Bericht anzufertigen, der Einzelheiten über den Kältemittelverdichter, das Prüfverfahren, den Prüfaufbau einschließlich möglicher Änderungen am Kältemittelverdichter, die verwendeten Messgeräte bzw. Messmethoden und Angaben zur Genauigkeit einzelner Messgrößen beinhaltet.

Am Ende einer Versuchsreihe ist das Erreichen des Ausgangszustandes der Messeinrichtung zu überprüfen und zu dokumentieren.

Festigkeitsrelevante Arbeitsschritte bei der Herstellung (z. B. Tiefziehen, Wärmebehandlung) sind im Rahmen dieser Dokumentation festzuhalten.

B.2 Bestimmung des maximal zulässigen Auslegungs-Prüfdrucks P_F

Voraussetzung für die Festlegung des maximalen Auslegungs-Prüfdrucks P_F ist, dass der maximale zulässige Druck PS hinsichtlich seiner Bemessung die Auslegungsbedingungen nach Tabelle A.1 erfüllt.

Der maximal zulässige Auslegungs-Prüfdruck P_F wird aus dem vorgesehenen maximal zulässigen Druck bei Umgebungstemperatur, PS_0 , abgeleitet. P_F muss als einer der folgenden gewählt werden:

$$\text{oder } P_F = 1,25 \times PS_0 \times X \times Y, \text{ aber nicht weniger als } P_F = 1,5 \times PS \times X \times Y \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

P_F der maximale zulässige Auslegungs-Prüfdruck;

PS der maximal zulässige Druck;

PS_0 der maximal zulässige Druck bei Umgebungstemperatur (-10 °C bis $+50\text{ °C}$) nach der Festigkeitsauslegung (ohne Temperaturkorrektur);

S_σ ein Sicherheitsbeiwert;

X der Faktor zur Korrektur der tatsächlichen Wanddicke gegenüber der Auslegungs-Wanddicke;

Y die Korrektur aufgrund der aktuellen Festigkeitswerte des Prüflings bezogen auf den Festigkeitswert bei der Auslegung von Kältemittelverdichtern: $Y = R_{m, \text{act}}/R_{m, \text{con}}$.

Beim Faktor S_σ müssen die in Tabelle A.1 zusammengestellten Werte für die jeweilige Werkstoffgruppe eingesetzt werden.

B.3 Festlegung des minimalen Berst-Prüfdrucks P_{Test}

Der minimale Berst-Prüfdruck P_{Test} , der bei der Druckprüfung eingehalten werden muss, beträgt:

$$P_{\text{Test}} \geq 3 \times PS_0 \times S_{\text{TS max}} \times X \times Y \times Z \times C_Q \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

P_{Test} der minimale Berst-Prüfdruck;

PS_0 der maximal zulässige Druck bei Umgebungstemperatur (-10 °C bis $+50\text{ °C}$) nach der Festigkeitsauslegung (ohne Temperaturkorrektur);

$S_{\text{TS max}}$ falls Auslegung auf $R_{p0,2}$ basiert, dann: $S_{\text{TS max}} = R_{p0,2}/R_{p0,2 \text{ TS max}}$;

falls Auslegung auf $R_{p1,0}$ basiert, dann: $S_{\text{TS max}} = R_{p1,0}/R_{p1,0 \text{ TS max}}$;

falls Auslegung auf R_{eH} basiert, dann: $S_{\text{TS max}} = R_{eH}/R_{eH \text{ TS max}}$;

falls Auslegung auf R_m basiert, dann: $S_{\text{TS max}} = R_m/R_{m \text{ TS max}}$;

X der Faktor zur Korrektur der tatsächlichen Wanddicke gegenüber der Auslegungs-Wanddicke (siehe Abschnitt B.4);

Y die Korrektur aufgrund der aktuellen Festigkeitswerte des Prüflings bezogen auf den Festigkeitswert bei der Auslegung von Kältemittelverdichtern: $Y = R_{m, \text{act}}/R_{m, \text{con}}$;

Z der Faktor zur Berücksichtigung der Qualität einer Verbindung (z. B. Schweißverbindung);

C_Q der Faktor zur Berücksichtigung der Gussqualität.

Z = Faktor zur Berücksichtigung der Qualität einer Verbindung nach Tabelle A.2 nur für die Werkstoffe der lfd. Nr. 1 bis 8 in Tabelle A.1 (ansonsten $Z = 1,0$).

C_Q = Faktor zur Berücksichtigung der Gussqualität nach Tabelle A.3 nur für den Werkstoff mit der lfd. Nr. 9 bis 11 in Tabelle A.1 (ansonsten $C_Q = 1,0$).

Die Prüfung ist bestanden, wenn bei diesem Druck am Körper des Kältemittelverdichters kein Versagen durch Bruch eingetreten ist.

B.4 Korrektur für die tatsächliche Wanddicke

Die Differenz zwischen der tatsächlichen Wanddicke und der Auslegungs-Wanddicke muss durch Verwendung eines Korrekturfaktors berücksichtigt werden. Ergänzend kann eine Wanddickenminderung durch Korrosion im Rahmen der Auslegung durch diesen Korrekturfaktor berücksichtigt werden.

ANMERKUNG EN 14276-1:2020, 6.2, enthält weitere Informationen zur Berücksichtigung von Korrosion.

Hierzu können Herstellererfahrungen herangezogen werden oder der Faktor zur Berücksichtigung einer Korrosion muss wie folgt berechnet werden:

$$X = e_{\text{act}} / (e_{\text{con}} - \delta_e - e_c) \quad (\text{B.3})$$

Dabei ist

e_{act} die tatsächliche Wanddicke an vorgegebenen Messpunkten des zu prüfenden Kältemittelverdichters;

e_{con} die Wanddicke eines Bauteils nach Angabe in der Konstruktionszeichnung;

δ_e der Betrag der negativen Wanddickentoleranz;

e_c die Wanddickenminderung durch Korrosion.

Der Maximalwert von X muss 1,25 sein.

BEISPIEL Die Wanddickenminderung durch Korrosion e_c , wenn eine Minderung der Wanddicke um einen konstanten Wert je Jahr erwartet wird, kann berechnet werden als:

$$e_c = \partial \times A \quad (\text{B.4})$$

Dabei ist

∂ die Wanddickenminderung je Jahr;

A die Lebensdauer in Jahren; bei Kältemittelverdichtern üblicherweise 20 Jahre.

Wird keine Wanddickenminderung durch Korrosion im Rahmen der Auslegung durch einen Korrekturfaktor berücksichtigt, dann ist X zur Berechnung des Berst-Prüfdrucks mit $e_c = 0,0$ zu berechnen.

Anhang C (normativ)

Festlegung des zulässigen Drucks bei maximaler Betriebstemperatur

C.1 Beziehung zwischen dem zulässigen Druck und höheren Temperaturen

C.1.1 Allgemeines

Bei einer maximalen Betriebstemperatur von mehr als 50 °C basiert der maximal zulässige Druck bei Umgebungstemperatur (–10 °C bis + 50 °C), PS_0 , auf dem maximal zulässigen Druck PS und muss auf der Grundlage des maximal zulässigen Drucks $PS_{TS\ max}$ bei der maximalen Betriebstemperatur TS_{max} korrigiert werden.

C.1.2 Dokumentation

Die Reduzierung des maximal zulässigen Drucks bei einer höheren Betriebstemperatur ist zu dokumentieren.

C.2 Festlegung des maximal zulässigen Drucks bei höheren Temperaturen

Der maximal zulässige Druck bei Umgebungstemperatur (–10 °C bis +50 °C), PS_0 , wird aus dem maximal zulässigen Druck bei der maximalen Betriebstemperatur, $PS_{TS\ max}$, abgeleitet:

$$PS_0 = PS_{TS\ max} / S_{TS\ max}$$

Dabei ist

falls Auslegung auf $R_{p0,2}$ basiert, dann: $S_{TS\ max} = R_{p0,2} / R_{p0,2\ TS\ max}$;

falls Auslegung auf $R_{p1,0}$ basiert, dann: $S_{TS\ max} = R_{p1,0} / R_{p1,0\ TS\ max}$;

falls Auslegung auf R_{eH} basiert, dann: $S_{TS\ max} = R_{eH} / R_{eH\ TS\ max}$;

falls Auslegung auf R_m basiert, dann: $S_{TS\ max} = R_m / R_{m\ TS\ max}$.

Anhang D (normativ)

Festlegung des zulässigen Drucks bei minimaler Betriebstemperatur — Anforderungen zur Vermeidung von Sprödbruch

D.1 Beziehung zwischen dem zulässigen Druck und niedrigeren Temperaturen

D.1.1 Allgemeines

Bei niedrigen Betriebstemperaturen oder wenn die Berstenergie unter den nachstehend angegebenen Werten liegt, basiert der maximal zulässige Druck bei Umgebungstemperatur (-10 °C bis $+50\text{ °C}$), PS_0 , auf dem maximal zulässigen Druck, PS , und ist auf der Grundlage des maximal zulässigen Drucks, $PS_{TS\min}$, bei der minimalen Betriebstemperatur $TS_{\min}$ zu korrigieren.

Die Sicherheitsbeiwerte der Tabelle A.1 berücksichtigen die minimalen KV -Werte bei Umgebungstemperatur für die Werkstoffgruppen:

- a) für Stahl, 27 J;
- b) für Gusseisen mit Kugelgraphit, Werkstoff RT, 17 J oder 14 J (siehe Tabelle E.6);
- c) für Gusseisen mit Kugelgraphit, Werkstoff LT, 12 J.

Die oben genannten sind die in diesem Anhang verwendeten KV_0 -Werte. PS_0 ist zu korrigieren, wenn die minimale Betriebstemperatur $TS_{\min}$ geringer als -10 °C oder die Kerbschlagarbeit KV kleiner als KV_0 ist.

BEISPIEL Bei den Werkstoffen EN-GJS-350-22-RT und EN-GJS-400-18-RT handelt es sich um Gusseisen mit Kugelgraphit; wenn die Kerbschlagarbeit von EN-GJS-350-22-RT 17 J oder von EN-GJS-400-18-RT 14 J übersteigt und der Betriebstemperaturbereich -10 °C bis $+50\text{ °C}$ beträgt, ist keine Korrektur erforderlich.

ANMERKUNG Beispiele für Werkstoffe und deren Anwendungsgrenzen sind in Anhang E enthalten.

D.1.2 Anforderungen an Werkstoffe und Nachweis von Werkstoffeigenschaften

Falls die minimale Kerbschlagarbeit KV für Umgebungstemperatur oder 0 °C angegeben ist, sind für die Verwendung von Werkstoffen bei Temperaturen bis hinab zu -10 °C keine besonderen Vorkehrungen zu treffen.

Aluminium oder Aluminiumlegierungen, Gruppen 21 bis 26, ausgenommen Aluminium-Magnesiumlegierungen mit einem Magnesiumgehalt von mehr als 6 %, Kupfer oder Kupferlegierungen, Gruppen 31 bis 38, sowie Titan sind nicht gegen Sprödbruch anfällig, und für ihre Verwendung bei Temperaturen bis hinab zu -196 °C sind keine besonderen Maßnahmen zu treffen.

Aluminium-Magnesium-Legierungen mit einem Magnesiumgehalt von mehr als 6 % sollten nur bis zu einer Temperatur von -100 °C hinab, verwendet werden.

ANMERKUNG Das flächenzentrierte Gitter von Aluminium und Aluminiumlegierungen der Gruppen 21 bis 26 und von Kupfer und Kupferlegierungen der Gruppen 31 bis 38 nach ISO/TR 15608 unterscheidet sich gegenüber Stahl der Gruppen 1.1 und 1.2 (raumzentriert). Deshalb neigen diese Werkstoffe (Gruppen 1.1 und 1.2) bei niedrigen Temperaturen verstärkt zu Sprödbruch.

D.1.3 Dokumentation

Die Kerbschlagarbeit muss anhand von Werkstoffbescheinigungen nach EN 10204 bestätigt werden.

Die Reduzierung des maximal zulässigen Drucks bei einer höheren Betriebstemperatur ist zu dokumentieren.

Dabei muss die gewählte Methode nach Abschnitt D.3, Abschnitt D.4 bzw. Abschnitt D.5 angegeben werden.

D.2 Festlegung des maximal zulässigen Drucks bei minimal zulässiger Betriebstemperatur

Der maximal zulässige Druck bei Umgebungstemperatur (-10 °C bis $+50\text{ °C}$), PS_0 , wird aus dem maximal zulässigen Druck bei der minimalen Betriebstemperatur, $PS_{TS\min}$, abgeleitet:

$$PS_0 = PS_{TS\min} / S_{TS\min}$$

$S_{TS\min}$ wird, wie in Abschnitt D.3 angegeben, genommen. Hinsichtlich der Anwendung im Rahmen einer festigkeitstechnischen Auslegung sind beide Methoden gleichwertig (siehe Anhang F).

Die Methode in Abschnitt D.4 kann für C, CMn, Feinkornbaustähle, nickellegierte Stähle mit maximal 1,5 % Ni mit einer spezifizierten minimalen Streckgrenze $\leq 500\text{ MPa}$ und für austenitisch-ferritische Stähle mit einer spezifizierten minimalen Streckgrenze $\leq 550\text{ MPa}$ verwendet werden. Falls die Methode aus Abschnitt D.4 verwendet wird, dann ist $S_{TS\min}$ gleich 1.

D.3 Festlegung des maximal zulässigen Drucks bei minimaler Betriebstemperatur auf der Grundlage eines empirischen Verfahrens ($t_{\min}$ -Methode)

D.3.1 Allgemeines

Bei dieser Methode wird die Vermeidung von Sprödbbruch durch Minderungsfaktoren berücksichtigt, die davon abhängen, ob die minimale Betriebstemperatur ($TS_{\min}$) über einer der drei Beanspruchungsfall-Temperaturen $t_{\min 100}$, $t_{\min 75}$ und $t_{\min 25}$ liegt. Das im Folgenden beschriebene Verfahren basiert auf Betriebserfahrungen mit Kältemittelverdichtern, die in Kälteanlagen bei niedrigen Temperaturen über einen langen Zeitraum eingesetzt wurden.

Der KV-Wert muss aus den Werkstoffnormen (siehe Anhang E) entnommen werden.

D.3.2 Bestimmung von $t_{\min 100}$, $t_{\min 75}$ und $t_{\min 25}$

Falls die minimale Kerbschlagarbeit KV für die Umgebungstemperatur oder 0 °C gegeben ist, dann ist $t_{\min 100}$ nicht niedriger -10 °C .

Die folgenden Beanspruchungsfälle gelten für Stahl und Gussstahl (Gruppen 1.1 und 1.2), für die $t_{\min 100}$ bei einer Temperatur von $> -20\text{ °C}$ und $\leq -10\text{ °C}$ liegt:

a) $t_{\min 75}$ ist gleich $t_{\min 100} - 50\text{ K}$; und

b) $t_{\min 25}$ ist gleich $t_{\min 100} - 75\text{ K}$.

Für Stahl und Stahlguss (Gruppen 1.1 und 1.2), bei denen $t_{\min 100}$ bei einer Temperatur von $\leq -20\text{ °C}$ liegt, ist nachzuweisen, dass bei $\leq -20\text{ °C}$ eine Kerbschlagarbeit von KV_0 oder mehr gegeben ist. Es gelten die folgenden Beanspruchungsfälle:

c) $t_{\min 75}$ ist gleich $t_{\min 100} - 50\text{ K}$; und

d) $t_{\min 25}$ ist gleich $t_{\min 100} - 80\text{ K}$.

Austenitische Stähle, Gruppe 8.1, mit $A_5 \geq 35$ dürfen bis zu einer Temperatur $t_{\min 100}$ von -196 °C verwendet werden.

Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen (Gruppen 21 bis 26) – ausgenommen Aluminium-Magnesiumlegierungen – mit einem Magnesiumgehalt von mehr als 6 % sowie Titan (Gruppe 51), Kupfer bzw. Kupferlegierungen (Gruppen 31 bis 38 nach ISO/TR 15608) dürfen bis zu einer Betriebstemperatur $t_{\min 100}$ von -196 °C verwendet werden. Es ist Halbzeug und Guss zulässig.

Aluminium-Magnesiumlegierungen mit einem Magnesiumgehalt von mehr als 6 % sollten nur bis zu einer Betriebstemperatur $t_{\min 100} - 100\text{ K}$ verwendet werden.

Die Werte für $t_{\min 75}$ in Tabelle E.6 für EN-GJS-350-22-LT und EN-GJS-400-18-LT basieren auf praktischen Erfahrungen, und diese Werkstoffe sollten nicht unter $t_{\min 75}$ verwendet werden.

BEISPIEL Siehe Tabelle D.1 für ein Beispiel zur Bestimmung von $t_{\min 75}$ und $t_{\min 25}$ für eine Schweißnaht mit einem $t_{\min 100}$ von -10 °C .

Tabelle D.1 — Beispiel der Festlegung der niedrigsten Anwendungstemperatur für Stahlguss

Prüf­temperatur der Schweißnaht	$t_{\min 100}$	Temperatur- differenz bezogen auf die Prüf- temperatur (siehe D.3.2)	$t_{\min 75}$	Temperatur- differenz bezogen auf die Prüf- temperatur (siehe D.3.2)	$t_{\min 25}$
°C	°C	K	°C	K	°C
-10	-10	50	-60	75	-85
+20	-10	50	-30	75	-55

D.3.3 Schweißkonstruktionen

Für geschweißte Verbindungen gelten dieselben Regeln wie für den Grundwerkstoff, vorausgesetzt, dass die niedrigste Temperatur bei 100 % Beanspruchung ($t_{\min 100}$) der Schweißverbindung durch die Kerbschlagarbeitsprüfung dokumentiert ist.

Für Anwendungstemperaturen unter $t_{\min 100}$ ist für Schweißkonstruktionen eine Wärmebehandlung durch Spannungsarmglühen erforderlich.

Für Werkstoffe der Gruppen 1.1 und 1.2 ist Wärmebehandlung durch Spannungsarmglühen nicht erforderlich, vorausgesetzt die Dicke der geschweißten Werkstoffe beträgt weniger als 10 mm.

D.3.4 Bestimmung des Sicherheitsbeiwerts

Unter Berücksichtigung der genannten Voraussetzungen berechnet sich bei dieser Methode der Sicherheitsbeiwert $S_{TS \min}$ zu:

$$\begin{aligned}
 S_{TS \min} &= 1,0 && \text{für } TS_{\min} \geq t_{\min 100}, \\
 &= 0,75 && \text{für } t_{\min 75} \leq TS_{\min} \leq t_{\min 100}, \\
 &= 0,25 && \text{für } t_{\min 25} < TS_{\min} \leq t_{\min 75}.
 \end{aligned}$$

Liegt der Wert für die vorgesehene niedrige Betriebstemperatur $TS_{\min}$ unter $t_{\min 25}$, ist eine Auslegung des Bauteils nach dieser Methode nicht zulässig.

D.3.5 Werkstoffprüfung und Dokumentation

Ein Kerbschlagversuch ist bei $t_{\min 100}$ unter den in den Werkstoffnormen angegebenen Bedingungen durchzuführen, und die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

D.4 Festlegung der minimalen Betriebstemperatur $TS_{\min}$ auf Grundlage der Referenzdicke e_B

D.4.1 Allgemeines

Diese Methode kann für C, CMn, Feinkornbaustähle, nickellegierte Stähle mit maximal 1,5 % Ni mit einer spezifizierten minimalen Streckgrenze ≤ 500 MPa und für austenitisch-ferritische Stähle mit einer spezifizierten minimalen Streckgrenze ≤ 550 MPa verwendet werden.

Diese Methode auf Grundlage von Bruchmechanik kann zur Festlegung der Anforderungen zur Vermeidung von Sprödbruch in diesen Stählen verwendet werden und darf verwendet werden, wenn die niedrigste Betriebstemperatur $TS_{\min}$ nicht gleich der Kerbschlagversuch-Temperatur T_{KV} ist. Die Diagramme zeigen die Beziehung zwischen $TS_{\min}$ und T_{KV} in Abhängigkeit von der Referenzdicke und dem Festigkeitsniveau. Es wird zwischen den Zuständen „wie geschweißt“ (AW, en: as-welded) und „nach dem Schweißen wärmebehandelt“ (PWHT, en: post-weld heat treatment) unterschieden.

Diese Methode gilt nicht für thermomechanisch gewalzte Stähle mit mehr als 35 mm Dicke.

Referenzdicke e_B für konstruktive Details ist die minimale Werkstoffdicke, die für die ausreichende Festigkeit des drucktragenden Teils erforderlich ist. Wenn die minimale Werkstoffdicke unbekannt ist, kann die Referenzdicke e_B als höherer Wert gewählt werden.

Grundwerkstoffe, Schweißnähte und Wärmeeinflusszone (HAZ, en: heat affected zone) müssen die geforderte Kerbschlagarbeit KV nach Tabelle D.3 oder Tabelle D.4 bei Kerbschlagversuch-Temperatur T_{KV} erfüllen.

ANMERKUNG Diese Methode basiert auf EN 13445-2.

D.4.2 Temperaturanpassung

Die Auslegungs-Referenztemperatur T_R , die zur Festlegung der Kerbschlagarbeits-Anforderungen verwendete Temperatur, wird durch Addieren der Temperaturanpassung T_S zur niedrigsten Betriebstemperatur $TS_{\min}$ bestimmt:

$$T_R = TS_{\min} + T_S$$

Dabei ist T_S entweder 0 K oder ein Wert aus Tabelle D.2.

Tabelle D.2 — Temperaturanpassung T_s

Zustand	Verhältnis der druckinduzierten wesentlichen Membranspannung und der maximal zulässigen Auslegungsspannung			Membranspannung ^b
	> 75 %	> 50 % ≤ 75 %	≤ 50 %	
Nicht geschweißt oder Wärmenachbehandlung (en: PWHT, post-weld heat treatment) ^a	0 K	+10 K	+25 K	+50 K
Wie geschweißt und Referenzdicke ≤ 35 mm	0 K	0 K	0 K	+40 K

^a Auch gültig für Geräte, an denen alle Düsen und dauerhaften Anschweißteile zuerst an Behälterbauteile geschweißt werden und diese Unterbaugruppen wärmenachbehandelt werden, bevor sie mit Stumpfnähten in die Geräte geschweißt werden, wobei die Hauptnähte nachfolgend jedoch nicht wärmenachbehandelt werden.

^b Die Membranspannung sollte interne und externe Spannung sowie Eigengewicht berücksichtigen. Bei Wänden und Rohren von Wärmetauschern sollte auch die Begrenzung der Verschiebung freier Enden der Wärmetauscherrohre berücksichtigt werden.

D.4.3 Festlegung der Auslegungs-Referenztemperatur T_R

Tabelle D.3 und Tabelle D.4 zeigen, welches Bild zur Festlegung der Kerbschlagversuch-Temperatur T_{KV} oder der Auslegungs-Referenztemperatur T_R verwendet werden muss. Der Zustand „nicht geschweißt“ muss als der Zustand PWHT (nach dem Schweißen wärmebehandelt) behandelt werden.

Falls für die Kerbschlagarbeit KV die Anforderung 40 J anstelle von 27 J verwendet wird, kann die Kerbschlagversuch-Temperatur T_{KV} um 10 K erhöht oder T_R um 10 K verringert werden.

Lineare Interpolation zwischen Festigkeit und Dickenniveaus nach Bild D.1 bis Bild D.11 ist zulässig.

Alternativ kann die nächsthöhere Festigkeitsklasse oder Wanddicke verwendet werden. Niedrigere Prüftemperaturen als T_{KV} sind für die gleichen Anforderungen zulässig.

Die gestrichelten Linien in Bild D.1 und Bild D.3 gelten für eine Wanddicke bis zu einschließlich 110 mm, wenn die Kerbschlagarbeitswerte KV von 40 J bei T_{KV} erreicht werden.

Extrapolationen für Temperaturbereiche jenseits der im Bild gegebenen Temperaturbereiche sind nicht zulässig.

Bei Wanddicken < 10 mm muss die Kurve für 10 mm verwendet werden.

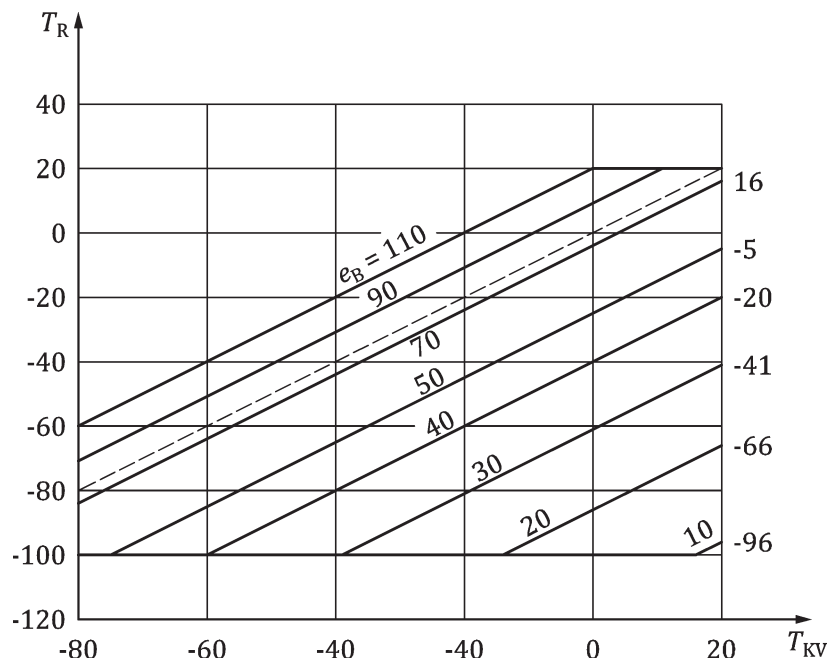
Tabelle D.3 — Kerbschlagarbeits-Anforderungen für C, CMn, Feinkornbaustähle, nickellegierte Stähle mit maximal 1,5 % Ni

Spezifizierte minimale Streckgrenze des Grundwerkstoffs	Erforderliche Kerbschlagarbeit KV (auf 10 mm × 10 mm großen Prüfstücken)	Bild, das die erforderliche T_{KV} festlegt	
MPa	J	nicht geschweißt oder Wärmenachbehandlung	wie geschweißt
$R_e \leq 265$	27	Bild D.1	Bild D.2
$R_e \leq 355$	27	Bild D.3	Bild D.4
$R_e \leq 460$	40	Bild D.5	Bild D.6
$R_e \leq 500$	40	Bild D.7	Bild D.8

Die gestrichelten Linien in Bild D.1 und Bild D.3 dürfen nur für $KV \geq 40$ J verwendet werden.

Tabelle D.4 — Temperaturanpassung T_S

Spezifizierte minimale Streckgrenze des Grundwerkstoffs	Erforderliche Kerbschlagarbeit KV (auf 10 mm × 10 mm großen Prüfstücken)	Bild, das die erforderliche T_{KV} festlegt
MPa	J	
$R_e \leq 385$	40	Bild D.9
$R_e \leq 465$	40	Bild D.10
$R_e \leq 550$	40	Bild D.11



Legende

T_R Auslegungs-Referenztemperatur

e_B Referenzdicke

T_{KV} Werkstoffkerbschlagversuch-Temperatur

Bild D.1 — Auslegungs-Referenztemperatur und Kerbschlagversuch-Temperatur, wärmenachbehandelter Zustand (PWHT, en: post weld heat treated), für $R_e \leq 265$ MPa und $KV \geq 27$ J. Die gestrichelte Linie darf nur für $KV \geq 40$ J und für Dicken ab 75 mm bis einschließlich 110 mm verwendet werden