

DIN EN 12693



ICS 23.140; 27.080

Entwurf

Einsprüche bis 2016-11-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12693:2008-09

**Kälteanlagen und Wärmepumpen –
Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen –
Verdrängerverdichter für Kältemittel;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12693:2016**

Refrigerating systems and heat pumps –
Safety and environmental requirements –
Positive displacement refrigerant compressors;
German and English version prEN 12693:2016

Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur –
Exigences de sécurité et d'environnement –
Compresseurs volumétriques pour fluides frigorigènes;
Version allemande et anglaise prEN 12693:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-09-16 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 138 Seiten

DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12693:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 182 „Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN 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 der prEN 12693 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm- Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12693:2008-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der normativen Verweisungen und redaktionelle Änderungen;
- b) Abschnitt 6.3.4 wurde im Hinblick auf Frequenzumwandler ergänzt.

Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Verdrängerverdichter für Kältemittel

Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur — Exigences de sécurité et d'environnement — Compresseurs volumétriques pour fluides frigorigènes

Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements — Positive displacement refrigerant compressors

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Symbole	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Symbole	11
4 Liste der signifikanten Gefährdungen	13
5 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Schutz von beweglichen Teilen	15
5.3 Sicherheit gegen Stabilitätsverlust	15
5.4 Sicherheit bei der Handhabung	15
5.5 Sicherheit gegen Bruch oder Bersten	15
5.5.1 Allgemeines	15
5.5.2 Druckanforderungen	16
5.5.3 Werkstoffe	16
5.5.4 Schaugläser	16
5.5.5 Anwendung von Druckentlastungseinrichtungen	16
5.6 Elektrische Sicherheit	17
5.6.1 Allgemeines	17
5.6.2 Klassifizierung	17
5.6.3 Ermittlung von Nennströmen	17
5.6.4 Schutz gegen Berührung von spannungsführenden Teilen	17
5.6.5 Verbindungsmaterial	18
5.6.6 Maßnahmen für die Erdung	18
5.6.7 Innenverdrahtung	18
5.6.8 Hochspannungsprüfung	18
5.6.9 Isoliermaterialien	18
5.6.10 Schutzeinrichtungen des Motorverdichters	19
5.7 Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen	19
6 Überprüfung der Sicherheitsanforderungen und/oder der Schutzmaßnahmen	19
6.1 Allgemeines	19
6.2 Typprüfung	20
6.2.1 Allgemeines	20
6.2.2 Festigkeitsprüfung	20
6.2.3 Druckentlastungseinrichtung	21
6.2.4 Überprüfung der elektrischen Sicherheit	21
6.2.5 Anschlagpunkte	22
6.3 Einzelprüfung	22
6.3.1 Allgemeines	22
6.3.2 Festigkeitsprüfung	22
6.3.3 Dichtheitsprüfung	23
6.3.4 Überprüfung der elektrischen Sicherheit	23

7	Kennzeichnung, Bildzeichen, schriftliche Warnhinweise	24
7.1	Allgemeines	24
7.2	Kennzeichnung.....	25
7.3	Bildzeichen, schriftliche Warnhinweise und Informationen	26
7.3.1	Anschlagpunkte	26
7.3.2	Druckbeaufschlagung des Gehäuses	26
7.3.3	Schmierstofffüllung	26
8	Dokumentation und Benutzerinformation.....	26
8.1	Allgemeines	26
8.2	Betriebsanleitung.....	26
	Anhang A (informativ) Grundkriterien für die Auslegung von Kältemittelverdichtern.....	28
A.1	Allgemeines	28
A.2	Leistungsfähigkeit von Verdichtern im Hinblick auf die technische Gebrauchstauglichkeit	28
A.2.1	Auslegungs-, Bemessungs- und Herstellungsregeln.....	28
A.2.2	Werkstoffauswahl	28
A.3	Leistungsfähigkeit von Verdichtern im Hinblick auf die Benutzeranforderungen	29
A.3.1	Auslegungs-, Bemessungs- und Herstellungsregeln.....	29
A.3.2	Werkstoffauswahl	29
	Anhang B (normativ) Verfahren für die Auslegung eines Kältemittel-Verdichters	30
B.1	Leitfaden für die Anwendung dieses Anhangs.....	30
B.1.1	Allgemeines	30
B.1.2	Auslegungsverfahren und Anwendungsbereich (DBF).....	30
B.1.3	Festigkeitswerte für die Auslegungsberechnung und den Nachweis von Werkstoffeigenschaften	30
B.1.4	Ermittlung des maximal zulässigen Drucks durch eine Berstprüfung	31
B.1.5	Dokumentation	32
	Anhang C (normativ) Werkstoffe.....	33
C.1	Allgemeines	33
C.1.1	Verwendung metallischer Werkstoffe.....	33
C.1.2	Werkstoffe für Verdichtergehäuse und -gehäuseteile.....	33
C.1.3	Verwendung nichtmetallischer Werkstoffe	33
C.1.4	Anforderungen an Schweißer und Schweißverfahren	33
C.1.5	Werkstoffbescheinigungen.....	34
	Anhang D (normativ) Bestimmung des zulässigen Drucks bei der höchsten Betriebstemperatur	35
D.1	Leitfaden für die Anwendung dieses Anhangs.....	35
D.1.1	Allgemeines	35
D.1.2	Werkstoffauswahl und Nachweis von Werkstoffeigenschaften.....	35
D.1.3	Dokumentation	35
D.2	Festlegung des maximal zulässigen Drucks bei höheren Temperaturen.....	35
	Anhang E (normativ) Bestimmung des zulässigen Drucks bei der tiefsten Betriebstemperatur (Anforderungen zur Vermeidung von Sprödbruch).....	36
E.1	Leitfaden für die Anwendung der Methoden und der Auswahl der Werkstoffe	36
E.1.1	Allgemeines	36
E.1.2	Anforderungen an Werkstoffe und Nachweis von Werkstoffeigenschaften	36
E.1.3	Dokumentation	37
E.2	Bestimmung des maximal zulässigen Drucks bei der tiefsten zulässigen Betriebstemperatur.....	37
E.3	Bestimmung des maximal zulässigen Drucks bei der tiefsten Betriebstemperatur mit Hilfe einer theoretischen bruchmechanischen Methode für Stahl und Gusseisen	37

E.4	Bestimmung des maximal zulässigen Drucks bei der tiefsten Betriebstemperatur mit Hilfe einer empirischen Methode (min- t_0 -Methode; Verfahren je nach Temperaturbeanspruchungsfall) für Stahl und Gusseisen	38
E.4.1	Allgemeines	38
E.4.2	Temperaturbeanspruchungsfälle.....	38
E.4.3	Niedrigste Anwendungstemperaturen für die Beanspruchungsfälle min t_0 100, min t_0 75 und min t_0 25	39
E.4.4	Schweißverbindungen bei den Werkstoffgruppen 1.1 und 1.2.....	40
E.4.5	Bestimmung des Sicherheitsbeiwerts.....	40
E.5	Festlegung von Verbindungselementen unter – 10 °C.....	41
Anhang F (informativ) Zusammenstellung von Eigenschaften häufig verwendeter Werkstoffe.....		42
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den wesentlichen Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG.....		67
Literaturhinweise.....		69

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12693:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 182 „Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12693:2008 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EC.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Einleitung

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

Auf die betreffenden Maschinen und die behandelten Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse wird im Anwendungsbereich dieser Norm hingewiesen.

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

Diese Europäische Norm 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.

Sie 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.

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

Diese Norm gilt nicht für:

- Verdichter, die für Geräte für den Hausgebrauch vorgesehen sind, für die EN 60335-23-4 gilt;
- Verdichter, bei denen Wasser oder Luft als Kältemittel dient.

Diese Europäische Norm enthält keine Anforderungen im Hinblick auf Schwingungen und Geräuschemission.

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, sollten EN 14276-1 oder EN 13445-6 (Gusseisen) bzw. EN 13445-8 (Aluminium) entsprechen, oder es muss nachgewiesen werden, 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.

Diese Norm enthält keine Anforderungen an Verdichter für den Einsatz in explosionsgefährdeten Atmosphären.

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

Diese Europäische Norm behandelt alle signifikanten Gefährdungen sowie alle 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).

Diese Europäische Norm 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 dieser Norm berücksichtigen die bestimmungsgemäße Verwendung nach EN ISO 12100:2010, 3.12.

Diese Norm gilt für den in eine Kälteanlage einzubauenden Verdichter selbst.

Diese Norm ist nicht auf Verdichter anwendbar, die den Angaben in diesem Anwendungsbereich entsprechen, aber vor der Veröffentlichung dieses Dokuments als Europäische Norm hergestellt wurden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokumentes erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 378-1:-2008+A2:2012, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien*

EN 378-2:2008+A2:2012, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation*

EN 378-3, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 3: Aufstellungsort und Schutz von Personen*

EN 378-4, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen — Teil 4: Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung*

EN 837-1, *Druckmessgeräte — Teil 1: Druckmessgeräte mit Rohrfedern — Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung*

EN 837-3, *Druckmessgeräte — Teil 3: Druckmessgeräte mit Platten- und Kapselfedern — Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung*

EN 1515 (alle Teile), *Flansche und ihre Verbindungen — Schrauben und Muttern*

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

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 12178, *Kälteanlagen und Wärmepumpen — Flüssigkeitsstandanzeiger — Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung*

EN 12516-2, *Industriearmaturen — Gehäusefestigkeit — Teil 2: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl*

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

EN 13445-2:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 2: Werkstoffe*

EN 13445-3, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*

EN 20898 (alle Teile), *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen*

EN 60034-1:2010, *Drehende elektrische Maschinen — Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten*

EN 60204-1:2006, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2005, modifiziert)*

EN 60529, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529)*

EN 60999 (alle Teile), *Verbindungsmaterial — Elektrischer Kupferleiter — Sicherheitsanforderungen für Schraubklemmstellen und schraubenlose Klemmstellen*

EN 61010-1, *Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 61010-1)*

EN ISO 148-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1)*

EN ISO 898 (alle Teile), *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl*

EN ISO 4126-2, *Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck — Teil 2: Berstscheibeneinrichtungen (ISO 4126-2)*

EN ISO 9606-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweiße — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1)*

EN ISO 9606-2, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen (ISO 9606-2)*

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

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

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

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

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

EN ISO 15614-1, *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)*

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

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

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 378-1:2008+A2:2012, EN ISO 12100-1:2010 sowie die folgenden Begriffe.

Anmerkung 1 zum Begriff: 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

3.1.2

festgelegter maximal zulässiger Druck

PS

vom Verdichterhersteller angegebener maximal zulässiger Druck

3.1.3

festgelegter maximal zulässiger Druck bei Stillstand

PSs

vom Verdichterhersteller angegebener maximal zulässiger Wert für den Ausgleichsdruck innerhalb des Verdichters

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Druck entspricht den unterschiedlichen höchstzulässigen Umgebungstemperaturen für unterschiedliche Kältemittel (siehe 5.5.2).

Anmerkung 2 zum Begriff: $PS_s \leq PS$.

3.1.4

Verdichter-Überströmeinrichtung

Einrichtung, die speziell zum Schutz des Verdichters gegen Bersten bei abnormen Bedingungen, z. B. bei geschlossenem Druckabsperrventil, 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: Diese Einrichtung kann eine Berstscheibe oder ein federbelastetes Überströmventil sein. Federbelastete Überströmventile können in Bezug auf den Gegendruck entweder druckausgleichend oder druckabhängig sein.

3.1.5

Temperaturbeanspruchungsfälle

3.1.5.1

min $t_{0\ 100}$

tiefste Temperatur, bei der der Bauteilwerkstoff bei einer Beanspruchung von bis zu 100 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle B.2 eingesetzt werden kann

3.1.5.2

min $t_{0\ 75}$

tiefste Temperatur, bei der der Bauteilwerkstoff bei einer Beanspruchung von bis zu 75 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle B.2 eingesetzt werden kann

3.1.5.3

min $t_{0\ 25}$

tiefste Temperatur, bei der der Bauteilwerkstoff bei einer Beanspruchung von höchstens 25 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle B.2 eingesetzt werden kann

3.1.5.4

Verbindungselemente

Schrauben, Schraubenbolzen mit Vollschaft bzw. Dehnschaft und Zapfen, Bolzen und Muttern, für die die Bezeichnungssysteme nach EN ISO 898 und EN 20898 oder EN 1515 (Festigkeitsklassen) gelten

3.2 Symbole

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

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Benennung	Einheit
A	Bruchdehnung	%
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 der tiefsten Betriebstemperatur $TS_{\min.}$	J
P_{burst}	Berstdruck	MPa
$\min t_{0 \ 100}$	tiefste Temperatur, bei der der Verdichter in Übereinstimmung mit den für die jeweiligen Werkstoffe geltenden Europäischen Normen bei einer Beanspruchung von bis zu 100 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte eingesetzt werden kann	
$\min t_{0 \ 75}$	tiefste Temperatur, bei der der Verdichter bei einer Beanspruchung von bis zu 75 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte eingesetzt werden kann	
$\min t_{0 \ 25}$	tiefste Temperatur, bei der der Verdichter bei einer Beanspruchung von höchstens 25 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte eingesetzt werden kann	
P_F	maximal zulässiger Auslegungs-Prüfdruck	MPa
PS	maximal zulässiger Druck, allgemein, ohne Berücksichtigung von Temperatureinflüssen	MPa oder bar ^a
PS_S	maximal zulässiger Druck bei Stillstand	MPa oder bar ^a
PS_0	maximal zulässiger Druck bei (– 10 °C bis + 50 °C) nach Festigkeitsauslegung (ohne Temperaturkorrektur)	MPa oder bar ^a
$PS_{TS \max.}$	maximal zulässiger Druck bei höchster Betriebstemperatur	MPa oder bar ^a
$PS_{TS \min.}$	maximal zulässiger Druck bei tiefster Betriebstemperatur	MPa oder bar ^a
$R_{p \ 0,2}$	Streckgrenze, 0,2 %-Dehnung bei Umgebungstemperatur	MPa, N/mm ²
$R_{p \ 1,0}$	Streckgrenze, 1,0 %-Dehnung bei Umgebungstemperatur	MPa, N/mm ²
$R_{p \ 0,2 \ TS \ max.}$	Streckgrenze, 0,2 %-Dehnung bei höchster Betriebstemperatur	MPa, N/mm ²
$R_{p \ 1,0 \ TS \ max.}$	Streckgrenze, 1,0 %-Dehnung bei höchster Betriebstemperatur	MPa, N/mm ²
R_{eH}	obere Streckgrenze	MPa, N/mm ²
$R_{eH \ TS \ max.}$	obere Streckgrenze bei höchster Betriebstemperatur	MPa, N/mm ²
R_m	Zugfestigkeit	MPa, N/mm ²
$R_{m \ TS \ max.}$	Zugfestigkeit bei höchster Betriebstemperatur	MPa, N/mm ²
S_{con}	Sicherheitsbeiwert	—

Symbol	Benennung	Einheit
$S_{TS \min.}$	Faktor zur Berücksichtigung der reduzierten Kerbschlagarbeit aufgrund der tiefsten Betriebstemperatur	—
$S_{TS \max.}$	Faktor zur Berücksichtigung der reduzierten Festigkeit aufgrund der höchsten Betriebstemperatur	—
σ_{con}	Auslegungswert der Anfangsspannung	MPa, N/mm ²
TS	Betriebstemperatur	°C
$TS_{\min.}$	tiefste Betriebstemperatur	°C
$TS_{\max.}$	höchste Betriebstemperatur	°C
ANMERKUNG 1 bar = 0,1 MPa = 100 kPa = 100 000 PA = 14,5 PSI.		
^a 1 MPa = 10 bar		

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 ist nach EN ISO 12100 durchzuführen. Die Verdichter sind in Übereinstimmung mit den in EN ISO 12100 aufgeführten Grundsätzen zur Beseitigung oder Reduzierung des vorhersehbaren Risikos herzustellen.

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

Signifikante Gefährdungen 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 herausgeschleuderte 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
Elektrostatische Phänomene	Mögliche Verletzungen durch Elektroschock	Erdung	5.6.6	D

Signifikante Gefährdungen nach EN ISO 12100	Gefährdungssituation	Sicherheitsanforderungen und/oder -maßnahmen	Verweisung	Verifizierung
Thermisch				
Berührung von heißen oder kalten Objekten	Mögliche Hautverletzungen	Warnhinweise	8.2	
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, mit deren Hilfe zu verifizieren ist, ob die Anforderungen gemäß der vorgegebenen 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 der Normenreihe EN 378 festgelegten Anforderungen erfüllen.

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, sind durch feststehende Schutzeinrichtungen nach EN ISO 14120 zu schützen. Öffnungen, wie z. B. Schlitze, Kreise usw., müssen EN ISO 13857 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 Auslegungsdruck der Verdichter für Standardanwendungen muss den Sattdampfdrücken bei den in EN 378-2 angegebenen Temperaturen oder den Festlegungen des Verdichterherstellers entsprechen.

Für nicht in EN 378-2 festgelegte Kältemittel und Anwendungsfälle muss der Hersteller in der Betriebsanleitung den maximal zulässigen Druck P_S und den festgelegten maximal zulässigen Druck bei Stillstand P_{S_s} unter Berücksichtigung der erforderlichen Anwendungsbereiche angeben. Weitere Anforderungen siehe 6.2 und 6.3.

5.5.3 Werkstoffe

5.5.3.1 Allgemeines

Die Werkstoffe 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.

Verdichter und Verdichterteile müssen die in den Anhängen B, C, D und E angegebenen Anforderungen erfüllen.

ANMERKUNG Grundlegende Auslegungskriterien für Kältemittelverdichter sind in Anhang A beschrieben.

5.5.3.2 Anforderungen zur Vermeidung von Spröbruch

Für Verdichter und Verdichterteile mit reduzierter Duktilität bei Temperaturen unter -10 °C sollte die zulässige Temperatur nach Anhang F niedriger angesetzt werden.

Beispiele sind in Anhang E angegeben.

5.5.4 Schaugläser

Bei Verwendung von Schaugläsern müssen die Sicherheitsanforderungen nach EN 12178 angewendet werden.

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 extern angeordneten Druckentlastungseinrichtung oder einem Sicherheitsventil gegen Bruch schützen. Für die Anwendung dieses Abschnittes ist bei mehrstufigen Verdichtern das Hubvolumen der Hochdruckstufe als das „Nenn-Hubvolumen“ zu betrachten.

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 Überströmeinrichtung des Verdichters muss in eine niedrigere Druckstufe des Verdichters bzw. der Anlage oder in einen speziellen Behälter abblasen.

Druckentlastungseinrichtungen, die in die Atmosphäre abblasen, oder extern angeordnete Sicherheitsventile, die in den Verdichter oder die Anlage abblasen, müssen EN 13136 entsprechen.

Berstscheiben müssen EN 13136:2013, 7.3 und EN ISO 4126-2 entsprechen.

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

Ein Absperren der Überströmeinrichtungen, Druckentlastungseinrichtungen oder Sicherheitsventile des Verdichters darf nicht möglich sein.

Die Überströmeinrichtung des Verdichters darf nicht 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 den Betriebsdruck *PS* 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 und die Anlage, zu der der Verdichter gehört, müssen die geltenden 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) muss angegeben werden 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 °C ± 8 K haben.

5.6.4 Schutz gegen Berührung von spannungsführenden Teilen

Verdichter müssen in Übereinstimmung mit EN 60204-1:2006, 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 Kältemittelfluss muss (im Falle der Verwendung eines Gases) so gesteuert werden, dass die Kondensation von Feuchtigkeit an den elektrischen Anschlüssen und Klemmen vermieden wird. 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 — Zwischenräume

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	5,0
$> 480 \text{ V und } \leq 750 \text{ V}$	4,5	6,0
$750 \text{ V und } \leq 1\,000 \text{ V}$	5,5	7,5

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.

5.6.6 Maßnahmen für die Erdung

Motorverdichter sind nach EN 60034-1:2010, 10.1 mit Vorrichtungen für die Erdung auszurüsten.

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 ausetzender 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.

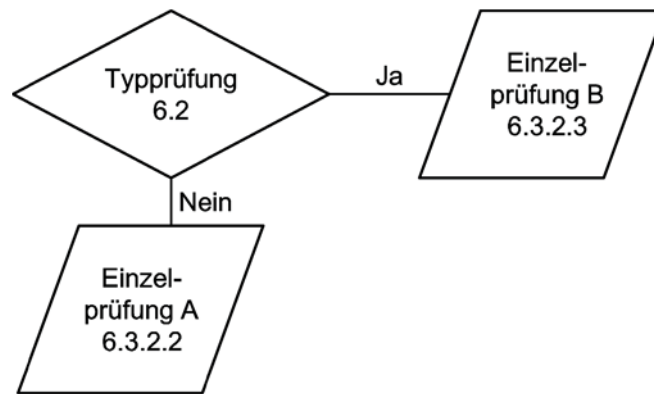


Bild 1 — Fließbild der Prüfungen

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.

ANMERKUNG Anstelle einer Typprüfung zur Bestimmung der Festigkeit (6.2.2) kann diese Prüfung auch als Einzelprüfung nach 6.3.2.2 durchgeführt 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 6.3.2.1 gewählt, so ist die folgende Typprüfung durchzuführen.

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 $3,0 \times PS$ standhalten.

Das Gehäuse auf der Niederdruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von mindestens $3,0 \times PS_S$ 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 dem Zweifachen von PS bzw. PS_g zulässig. Für diese Prüfung dürfen besondere Dichtungen verwendet werden.

Wenn die Verdichterausführung eine Trennung der Hochdruckseite von der Niederdruckseite für die Typprüfung des Verdichters nicht zulässt, können die für die Hochdruckseite 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 ist $1,1 \times PS$;
- der Massenstrom wird für kritische Strömung berechnet;
- der errechnete Massenstrom muss höher sein 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 ist nach EN 60034-1:2010, 8.1, zu prüfen. Die Prüfspannung wird nach EN 60034-1:2010, Tabelle 14 ermittelt.

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

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, 8.1, unterzogen werden. Die Prüfung ist unter Bezugnahme auf EN 60034-1:2010, Tabelle 14 zu bestimmen. Der Leckstrom darf $3,5\text{ mA}$ bzw. $3,5\text{ mA je kW Nenn-Eingangsleistung}$ 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 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, 8.1 unterzogen werden. Die Prüfung ist unter Bezugnahme auf EN 60034-1:2010, Tabelle 14 zu bestimmen. 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 braucht nur ein Kältemittel geprüft zu 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 Minuten 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 mindestens $1,5 \times PS$ standhalten.

Das Gehäuse auf der Niederdruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von mindestens $1,5 \times PS_S$ standhalten.

6.3.2.3 Festigkeitseinzelprüfung B

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

Das Gehäuse auf der Niederdruckseite des Verdichters muss ohne Bruch einem Prüfdruck von mindestens $1,1 \times PS_S$ standhalten.

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 Niederdruckseite geprüft werden und sich bei einem Druck von mindestens $1,0 \times PS_S$ als dicht erweisen.

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 ist nach einem in EN 1779 festgelegten Verfahren durchzuführen, 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 60034-1:2004, 8.1, unterzogen werden. Die Prüfspannung ist nach EN 60034-1:2010, Tabelle 14 zu ermitteln. 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.

Die Hochspannungsprüfung kann an Stelle einer Wechselspannung auch mit einer Gleichspannung mit Werten, die um das 1,5-Fache über den für die Wechselspannung erforderlichen Werten liegen, bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen durchgeführt werden, wenn an dem Verdichter, zwischen dem Netzkabel und dem Schutzleiter, ein fabrikmontierter und verkabelter Frequenzumwandler angebracht ist, der Filter für höhere Frequenzteile umfasst. Die elektrische Sicherheit des eingebauten Verdichtermotors

muss separat geprüft werden, wenn der angebrachte Frequenzumwandler die Prüfspannung zum Motor während der Prüfung des Endprodukts blockiert. Dies kann für eine Nennspannung von bis zu 480 V AC erfolgen.

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 den 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	
— Verdichtermode, Typbezeichnung	
— Jahr der Herstellung oder Seriennummer (auch verschlüsselt)	
— festgelegter maximal zulässiger Druck, P_S	MPa oder bar ^{a b}
— festgelegter maximal zulässiger Druck bei Stillstand, P_{S_0} (falls anders als P_S)	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	
— 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

Kennzeichnung	Einheiten
— Nennfrequenz (falls gefordert)	Hz
— Nennleistung oder Nennstrom	W oder A ^b
^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. ANMERKUNG Diese Angaben können auch codiert sein, wenn das elektrische Zubehör in Serie produziert wird. ^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 von > 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 können auf dem Verdichter markiert sein.

8 Dokumentation und Benutzerinformation

8.1 Allgemeines

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

8.2 Betriebsanleitung

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

- 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 **(informativ)**

Grundkriterien für die Auslegung von Kältemittelverdichtern

A.1 Allgemeines

Bei Kältemittelverdichtern mit beweglichen Teilen sollten Außen- und Innenkontur im Hinblick auf die Steifigkeit der Tragkonstruktion, mechanische und chemische Belastungen, Schalldämmung und thermische Beanspruchung ausgelegt werden.

Die Auslegungs-, Bemessungs-, Werkstoffauswahl- und Herstellungsregeln werden anhand der wichtigsten der nachstehenden Überlegungen ausgeführt, die hauptsächlich technischer Natur sind und deren Berücksichtigung erforderlich ist, um die Leistungsfähigkeit des Verdichters im Hinblick auf die technische Gebrauchstauglichkeit und die Benutzeranforderungen bei Anwendung bewährter und sicherer industrieller Verfahrensweisen sicherzustellen.

A.2 Leistungsfähigkeit von Verdichtern im Hinblick auf die technische Gebrauchstauglichkeit

A.2.1 Auslegungs-, Bemessungs- und Herstellungsregeln

- Steifigkeit gegenüber Belastungen durch mechanische Bewegungen von im Innern befindlichen beweglichen Teilen (dynamische Wirkungen) mit dem Ziel, ausreichende Festigkeit, Starrheit und Stabilität sicherzustellen unter Berücksichtigung der Verformung der Tragkonstruktion, die aufgrund geringer Maßtoleranzen zwischen Welle und Lagern die Verdichtung, die Rotation beweglicher Teile oder die Dichtheit beeinträchtigen könnte;
- Erhöhung der örtlichen Wärmeübertragung, um durch Hinzufügung von Wärmeleitrippen (für die Ableitung der Reibungswärme beweglicher Teile und der bei der Verdichtung abgegebenen Wärme) optimale Kühlung zu ermöglichen;
- die gewählten Formen sollten eine möglichst gute Schmierung des inliegenden Mechanismus ermöglichen.

A.2.2 Werkstoffauswahl

- Aufgrund der komplizierten Form sind gute und wiederholbare Gießeigenschaften erforderlich;
- gute Eignung für die maschinelle Bearbeitung (ohne Verformung aufgrund des Anstiegs der Oberflächentemperatur, Abtrag kleiner Abschlüge oder Späne, die sich leicht entfernen lassen und eine lange Lebensdauer der betreffenden Werkzeuge sicherstellen);
- Eigenschaften, die für geringe Reibung sorgen, in Verbindung mit guter Rückhaltung des Schmierstoffs;
- niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient, um Verformungen im Betrieb zu vermeiden.

A.3 Leistungsfähigkeit von Verdichtern im Hinblick auf die Benutzeranforderungen

A.3.1 Auslegungs-, Bemessungs- und Herstellungsregeln

- Herabsetzung des durch mechanische Bewegung im Innern befindlicher beweglicher Teile verursachten Geräuschpegels (durch Erhöhung der Werkstoffdicke und Verwendung bestimmter Formen);
- Verringerung der durch mechanische Bewegung im Innern befindlicher beweglicher Teile verursachten Schwingungen (durch Erhöhung der Werkstoffdicke und Verwendung bestimmter Formen).

A.3.2 Werkstoffauswahl

- Optimales Schwingungs- und Geräuschkämpfungs-/Schallabsorptionsverhalten;
- bei einigen Anwendungen Verringerung des Gewichts;
- umweltfreundlich (geringer Energieverbrauch bei der Herstellung und gute Wiederverwertbarkeit).

Anhang B (normativ)

Verfahren für die Auslegung eines Kältemittel-Verdichters

B.1 Leitfaden für die Anwendung dieses Anhangs

B.1.1 Allgemeines

Bei der Auslegung von Verdichtern nach Formeln (DBF) oder anhand einer Berstprüfung ist das nachstehend beschriebene Verfahren für die Auslegung von Gehäusen und Gehäuseteilen anzuwenden. Alternativ hierzu kann eine auf der Analyse beruhende Berechnungsauslegung nach einem genaueren Verfahren auf der Grundlage der Bruchmechanik oder der Finite-Elemente-Methode durchgeführt werden.

Es sollten die in Tabelle B.2 festgelegten Werkstoffe verwendet werden (siehe auch die Werkstofftabellen in Anhang F).

B.1.2 Auslegungsverfahren und Anwendungsbereich (DBF)

Bei diesem Verfahren für die Auslegung von Verdichtergehäusen und Gehäuseteilen erfolgt die Auslegungsberechnung für die Bemessung von Verdichterbauteilen auf der Grundlage der EN 12516-2 bzw. EN 13445-3 oder nach gleichwertigen Verfahren mit einem Festigkeitswert bei einer Temperatur zwischen - 10 °C und + 50 °C.

Die Verwendung von Werkstoff bei Temperaturen unter - 10 °C ist nur zulässig, wenn die in Anhang E festgelegten Anforderungen erfüllt sind. Die Verwendung von Werkstoff bei Temperaturen über + 50 °C ist nur zulässig, wenn die in Anhang D festgelegten Anforderungen erfüllt sind.

ANMERKUNG DBF: Auslegung nach Formeln (en.: Design by Formula).

B.1.3 Festigkeitswerte für die Auslegungsberechnung und den Nachweis von Werkstoffeigenschaften

B.1.3.1 Festigkeitswerte für die Auslegungsberechnung

Die Festigkeitswerte (d. h. 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$, Zugfestigkeit R_m) für die Auslegungsberechnung müssen aus europäischen Werkstoffnormen entnommen werden. In Anhang F sind die entsprechenden Europäischen Normen für die aufgeführten Werkstoffe angegeben. Werden andere als die in europäischen Werkstoffnormen angegebenen Festigkeitswerte zugrunde gelegt, so sind diese anhand von Werkstoffbescheinigungen nach EN 10204 nachzuweisen.

B.1.3.2 Werkstoffeigenschaften

Die für die Berechnung der drucktragenden Teile von Verdichtern (ausgenommen Verbindungselemente – siehe B.1.3.3) zu verwendenden Werkstoffeigenschaften sind den einschlägigen Normen (siehe Anhang F) oder Prüfbescheinigungen nach EN 10204 zu entnehmen.

B.1.3.3 Auslegungsberechnung von Schrauben und Verbindungselementen

Schrauben und Verbindungselemente sind nach den Auslegungsanforderungen in Tabelle B.1 zu bemessen (100 % Auslastung). Längenänderungen infolge der Temperaturdifferenz zwischen der tiefsten und der höchsten Temperatur des vorgesehenen Temperaturbereiches sind bei der Auslegung von Schrauben, Verbindungselementen, Muttern und Dichtungen zu berücksichtigen. Die Prüfung der Festigkeitsklasse und die Kennzeichnung müssen nach den Normenreihen EN ISO 898 und EN 20898 oder nach der Normenreihe EN 1515 erfolgen.

Tabelle B.1 — Zulässige Spannungen für die Auslegungsberechnung bzw. Prüfung bei Prüfdruck von Verbindungselementen

Werkstoff	Auslegungsanforderung ^a bei maximal zulässigem Druck PS Einzelprüfung (nach 7.3)	Auslegungsanforderung bei Prüfdruck P_F Einzelprüfung (nach 7.3)
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	$R_{m\,t} / 4,0$	$R_{m\,t} / 2,67$
a Index t bedeutet: Es sind die kleineren Werte für die Werkstofffestigkeit bei tiefster oder höchster Betriebstemperatur anzusetzen. Die zulässige Spannung darf innerhalb des Betriebstemperaturbereiches nicht überschritten werden. Siehe Tabelle E.2.		

B.1.4 Ermittlung des maximal zulässigen Drucks durch eine Berstprüfung

Falls bei einem Gehäuseteil aufgrund seiner komplexen Form und abweichenden Werkstoffeigenschaften, usw. keine Berechnungen durchgeführt werden können, ist ein experimentelles Verfahren für die Ermittlung des maximal zulässigen Drucks mit einem Berstdruck P_{burst} anzuwenden.

Das folgende Verfahren ist zu wählen, wenn die Wanddicke aufgrund ihrer besonderen Form nicht richtig berechnet werden kann. Die Berstprüfung ist auch Teil der technischen Dokumentation.

- Es muss überprüft werden, ob das zu prüfende Teil nach den Festlegungen in der Zeichnung und allen zugehörigen Änderungen gegossen ist. Der verwendete Werkstoff muss von derselben Art und Sorte sein wie der bei der Herstellung des betreffenden Teils verwendete.
- Es muss überprüft werden, ob die Teile mit den gleichen Maßen wie bei der Herstellung gefertigt wurden.
- Es muss überprüft werden, ob die Werkstoffeigenschaften die in den Anhängen B und C angegebenen Anforderungen erfüllen.
- Es muss überprüft werden, ob ein kalibriertes Druckmessgerät verwendet wurde; die maximalen Abweichungen müssen mindestens der Klasse 1 nach EN 837-1 und -3 oder einer besseren entsprechen.
- Die Skala des Druckmessgerätes muss etwa 4/3 des zu erwartenden Berstdruckes umfassen.
- Der Druck muss in Stufen von maximal 5 bar und mit mindestens 5 min Haltedauer je Stufe bis zum Bruch erhöht werden, und der Druck (P_b) ist zusammen mit den Daten der Berstprüfung, Werkstoffangaben, Teilenummer, Werkstoffspezifikation und der an mindestens fünf (5) verschiedenen Stellen gemessenen Wanddicke in einem Festigkeitsprüfbericht aufzuzeichnen.

Während der Berstprüfung sind Leckagen und mangelnde Dichtheit zwischen Teilen mit Flansch- oder Schraubverbindung oder Teilen mit dazwischen liegenden Dichtungen zulässig, solange der Druck P_{burst} während der Prüfung erreicht werden kann. Dichtungen dürfen während der Berstprüfung brechen, falls ihre Dichtungseigenschaften für die zu erwartenden maximalen Drücke PS bzw. PS_S zufrieden stellend berechnet werden können.

Für Prüfzwecke ist es zulässig, Verschraubungen einer höheren Güteklasse zu wählen, als in der Auslegungsspezifikation festgelegt. Bei Fertigungsreihen müssen Schraubendurchmesser und Gewindegröße den Festlegungen in den Konstruktionsunterlagen entsprechen.

Weder die Berstprüfung noch beliebige hydrostatische Prüfungen dürfen mit Hilfe einer Klemmvorrichtung auf einer hydraulischen Presse durchgeführt werden, die der Biegespannung des Mantels entgegenwirken kann und somit die Spielfreiheit der unter Druck stehenden Gehäusewand aufhebt.

Das gesamte Gehäuse, ausgenommen Wellendichtung und Schaugläser, ist zu prüfen.

Errechneter Höchstwert für PS bzw. PS_S :

$$PS \text{ oder } PS_S \leq \frac{P_{\text{burst}}}{3,0} - 0,05 \text{ (MPa)}$$

B.1.5 Dokumentation

Das gewählte Auslegungsverfahren, 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) sind in den Auslegungsdokumenten anzugeben.

Tabelle B.2 — Auslegungsspannung σ_{con} als Quotient aus dem charakteristischen Festigkeitswert und dem angegebenen Zahlenwert (Sicherheitsbeiwert S_{con})

Nr.	Werkstoff ^a	σ_{con}		S_{con}
		Druckfestigkeit ^{bc}	Zugfestigkeit ^{bd}	
1	Stahl/Gruppen 1.1 und 1.2	$\text{MIN} \{ R_{p0,2} / 1,5; R_m / 2,4 \}$ $R_{p0,2} / 1,5$	$R_m / 2,4$	2,4
2	Stahl/Gruppe 8.1 bei $A \geq 30 \%$	$R_{p1,0} / 1,5$	$R_m / (0,5 + R_m / R_{p1,0})$	$0,5 + R_m / R_{p1,0}$
3	bei $A \geq 35 \%$	$\text{MAX} \{ \text{MIN} [R_m / 3; R_{p1,0} / 1,2]; R_{p1,0} / 1,5 \}$ $R_{p1,0} / [1,2 \text{ oder } 1,5]$	$R_m / 3,0$	3,0
4	Stahlguss/Gruppen 1.1 und 1.2	$\text{MIN} \{ R_{p0,2} / 1,9; R_m / 3 \}$ $R_{p0,2} / 1,9$	$R_m / 3,0$	3,0
5	Aluminium/Gruppe 21	$R_{eH} / 1,5$	$R_m / (0,5 + R_m / R_{eH})$	$0,5 + R_m / R_{eH}$
6	Aluminium/Gruppen 22 bis 26	$\text{MIN} \{ R_{p0,2} / 1,5; R_m / 2,4 \}$ $R_{p0,2} / 1,5$	$R_m / 2,4$	2,4
7	Kupfer/Gruppen 31 bis 38	$\text{MIN} \{ R_{p0,2} / 1,5; R_m / 3,5 \}$ $R_{p0,2} / 1,5$	$R_m / 3,5$	3,5
8	Kugelgraphitguss/Gruppe 72.2	$R_{p0,2} / 2,4$	$R_m / 3,8$	3,8
9	Kugelgraphitguss/Gruppe 72.1	$R_{p0,2} / 2,5$	$R_m / 4,0$	4,0
10	Grauguss/Gruppe 71	$R_{p0,2} / 2,5$	$R_m / 4,5$	4,5

a Die Einteilung in Werkstoffgruppen muss nach dem CEN ISO/TR 15608 erfolgen; Werkstoffe dieser Gruppen sind in Anhang F enthalten. Die Sicherheitsbeiwerte beziehen sich auf die Berechnungsverfahren in B.1.2.

b Es sind Spannungswerte bei einer Temperatur von 20 °C bzw. 25 °C anzusetzen. Abweichend hiervon können auch Spannungswerte im Temperaturbereich von – 10 to + 50 °C angesetzt werden. Spannungswerte bei anderen Temperaturen dürfen nicht in Verbindung mit diesen Sicherheitsbeiwerten verwendet werden.

c Bei Stahl (ferritisch und austenitisch sowie Stahlguss) kann $R_{p0,2}$ durch Verringerung des $R_{p1,0}$ -Wertes um 25 MPa beurteilt werden.

d Die im Nenner stehenden Zahlenwerte und Ausdrücke sind für die Berechnung der maximal zulässigen Auslegungs-Prüfdrücke P_F nach Anhang C anzusetzen, vergleiche Spalte S_{con} .

Anhang C (normativ)

Werkstoffe

C.1 Allgemeines

C.1.1 Verwendung metallischer Werkstoffe

Die metallischen Werkstoffe, einschließlich der Konstruktionswerkstoffe und Schweißzusatzwerkstoffe, Weich- und Hartlötmittel und der Dichtungswerkstoffe, müssen den beim Betrieb der Anlage auftretenden thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen standhalten. Die Werkstoffe müssen gegen die in den einzelnen Anwendungsfällen verwendeten Kältemittel und Schmierstoffe beständig sein.

ANMERKUNG Ausführliche Listen der geeigneten metallischen Werkstoffe sind in Anhang F enthalten.

C.1.2 Werkstoffe für Verdichtergehäuse und -gehäuseteile

- Verdichtergehäuse und -gehäuseteile aus den folgenden Werkstoffen mit den Gruppen-Nummern nach CR ISO 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 als die in Anhang F angegebenen metallischen Werkstoffe dürfen verwendet werden, sofern die mechanischen Eigenschaften durch den Herstellungsprozess des Gehäuses nicht verändert werden.

Bei höheren Betriebstemperaturen ($TS \geq 50\text{ °C}$) muss die maximal zulässige Auslegungsspannung Anhang D entsprechen.

Für Gehäuse und Gehäuseteile aus Stahl der Gruppen 1.1, 1.2 und 8.1 bzw. Gusseisen der Gruppen 72.2, 72.1 und 71, muss die kleinste zulässige Auslegungsspannung Anhang E dieser Norm entsprechen.

C.1.3 Verwendung nichtmetallischer Werkstoffe

Die Verwendung nichtmetallischer Werkstoffe, z. B. für Dichtungen, Beschichtungen, Isolierstoffe und Schaugläser, ist zulässig, sofern diese mit den anderen Werkstoffen sowie den Kältemitteln und Schmierstoffen verträglich sind.

C.1.4 Anforderungen an Schweißer und Schweißverfahren

- C.1.4.1 Die Zulassungsprüfung von Schweißern muss nach EN ISO 9606-1 und EN ISO 9606-2 erfolgen.

C.1.4.2 Die Zulassungsprüfungen von Schweißverfahren müssen nach EN ISO 15607, EN ISO 15614-1 und EN ISO 15614-2 durchgeführt werden.

C.1.5 Werkstoffbescheinigungen

C.1.5.1 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).

C.1.5.2 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.

Anhang D (normativ)

Bestimmung des zulässigen Drucks bei der höchsten Betriebstemperatur

D.1 Leitfaden für die Anwendung dieses Anhangs

D.1.1 Allgemeines

Bei höherer Betriebstemperatur ($TS \geq 50\text{ °C}$) ist der auf dem berechneten oder experimentell bestätigten PS (nach Anhang B) beruhende zulässige Druck PS auf den maximal zulässigen Druck $PS_{TS\text{ max.}}$ bei der höchsten Betriebstemperatur $TS_{\text{max.}}$ zu korrigieren.

D.1.2 Werkstoffauswahl und Nachweis von Werkstoffeigenschaften

Die Werkstoffeigenschaften der drucktragenden Teile des Verdichters müssen die Anforderungen in B.1.3 erfüllen.

Schrauben, Bolzen, Muttern und Verbindungselemente müssen nach den Anforderungen in Tabelle B.1 für die höchste Betriebstemperatur ausgelegt werden. Dehnungen aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen der höchsten Betriebstemperatur und der Umgebungstemperatur (-10 °C) sind bei der Auslegung von Schrauben, Verbindungselementen und Dichtungen zu berücksichtigen.

Falls Teile des Verdichters innerhalb des Bereichs der zulässigen Betriebstemperatur eingesetzt werden, ist dieser Bereich bei der Auslegung von Schrauben, Verbindungselementen und Dichtungen in seiner Gesamtheit zu berücksichtigen.

D.1.3 Dokumentation

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

D.2 Festlegung des maximal zulässigen Drucks bei höheren Temperaturen

Der maximal zulässige Druck bei maximaler Betriebstemperatur ergibt sich aus dem vorgesehenen Betriebsdruck PS_0 :

$$PS_{TS\text{ max.}} = PS_0 \times S_{TS\text{ max.}}$$

Dabei ist nach Tabelle A.2:

$$S_{TS\text{ max.}} = R_{p\ 0,2\ TS\text{ max.}} / R_{p\ 0,2}, \text{ falls die Auslegung mit } R_{p\ 0,2} \text{ erfolgt;}$$

$$S_{TS\text{ max.}} = R_{p\ 1,0\ TS\text{ max.}} / R_{p\ 1,0}, \text{ falls die Auslegung mit } R_{p\ 1,0} \text{ erfolgt;}$$

$$S_{TS\text{ max.}} = R_{eH\ TS\text{ max.}} / R_{eH}, \text{ falls die Auslegung mit } R_{eH} \text{ erfolgt;}$$

$$S_{TS\text{ max.}} = R_{m\ TS\text{ max.}} / R_m, \text{ falls die Auslegung mit } R_m \text{ erfolgt.}$$

Anhang E (normativ)

Bestimmung des zulässigen Drucks bei der tiefsten Betriebstemperatur (Anforderungen zur Vermeidung von Sprödbbruch)

E.1 Leitfaden für die Anwendung der Methoden und der Auswahl der Werkstoffe

E.1.1 Allgemeines

Bei niedrigerer Betriebstemperatur ($TS < -10\text{ °C}$) oder bei einem Unterschreiten der in B.1.2 angegebenen Werte für die Kerbschlagarbeit ist der auf dem berechneten oder experimentell bestätigten Druck PS beruhende Betriebsdruck auf den maximal zulässigen Druck $PS_{TS\text{ min.}}$ bei der tiefsten Betriebstemperatur $TS_{\text{min.}}$ zu korrigieren.

Mögliche Vorgehensweisen zur Vermeidung von Sprödbbruch bei der tiefsten Betriebstemperatur $TS_{\text{min.}}$ sind in E.3 und E.4 beschrieben.

E.1.2 Anforderungen an Werkstoffe und Nachweis von Werkstoffeigenschaften

Die Kerbschlagarbeit ist anhand von Werkstoffbescheinigungen nach EN 10204 zu bestätigen.

Für die in E.3 beschriebene bruchmechanische Methode (KV-Methode) sind die Werte für die Kerbschlagarbeit KV bei der niedrigsten Betriebstemperatur oder bei einer bis zu maximal 30 K unter der niedrigsten Betriebstemperatur liegenden Temperatur durch eine ISO-V-Kerbschlagprobe (Charpy-V-Kerbschlagprobe nach EN ISO 148-1) zu bestimmen und nachzuweisen.

Für das in E.4 angegebene empirische Verfahren (min- t_0 -Verfahren) ist der Wert für die Kerbschlagarbeit KV bei Stahl und Stahlguss der Gruppen 1.1 und 1.2 von mindestens 27 J oder höher bzw. bei Gusseisen mit Kugelgraphit, Gruppe 72.2 (Werkstoff L für niedrige Temperaturen), von mindestens 12 J oder höher den Werkstoffnormen zu entnehmen (siehe E.4.1 und Anhang F). Ein Kerbschlagversuch ist bei min $t_{0\ 100}$ unter den in den Werkstoffnormen angegebenen Bedingungen durchzuführen.

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

Aluminium-Magnesiumlegierungen mit einem Magnesiumgehalt von mehr als 6 % sollten nur bis zu einer Temperatur von -100 °C 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 CEN ISO/TR 15608 unterscheidet sich von dem von Stahl der Gruppen 1.1 und 1.2 (raumzentriert). Deshalb neigen diese Werkstoffe (Gruppen 1.1 und 1.2) bei tiefen Temperaturen verstärkt zu Sprödbbruch.

Verbindungselemente müssen nach den Anforderungen in Tabelle B.1 für die tiefste zulässige Betriebstemperatur ausgelegt werden. Dehnungen aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen der tiefsten Betriebstemperatur und der Umgebungstemperatur (50 °C) sind bei der Auslegung von Verbindungselementen und Dichtungen zu berücksichtigen (siehe Tabelle E.2).

E.1.3 Dokumentation

Die Reduzierung des maximal zulässigen Drucks eines Verdichters beim Einsatz bei der tiefsten zulässigen Betriebstemperatur ist zu dokumentieren. Dabei ist die gewählte Methode nach E.3 bzw. E.4 anzugeben.

E.2 Bestimmung des maximal zulässigen Drucks bei der tiefsten zulässigen Betriebstemperatur

Der maximal zulässige Druck bei der tiefsten zulässigen Betriebstemperatur ergibt sich aus dem maximal zulässigen Druck bei Umgebungstemperatur PS_0 zu:

$$PS_{TS \min.} = PS_0 \times S_{TS \min.}$$

$S_{TS \min.}$ berechnet sich nach den in E.3 bzw. E.4 beschriebenen Methoden. Hinsichtlich der Anwendung im Rahmen einer festigkeitstechnischen Auslegung sind beide Methoden gleichwertig.

E.3 Bestimmung des maximal zulässigen Drucks bei der tiefsten Betriebstemperatur mit Hilfe einer theoretischen bruchmechanischen Methode für Stahl und Gusseisen

Diese Methode beruht auf den Theorien der Bruchmechanik und beschreibt den temperaturabhängigen Einfluss einer verminderten Duktilität (relative Minderung der Werte für die Kerbschlagarbeit KV) bei fallender Temperatur. Wird der Schwellenwert der Kerbschlagarbeit KV_0 als derjenige Wert definiert, bei dem die Kerbschlagarbeit unabhängig von der Temperatur ist, so lässt sich der Einfluss des kontinuierlichen Abfalls der Kerbschlagarbeit bei fallenden Temperaturen wie folgt berechnen (siehe Anhang F von EN 12284:2003):

$$S_{TS \min.} = 1,0$$

für $KV \geq KV_0$

und $KV_0 = 27 \text{ J}$ für Stahl und Stahlguss **bei Temperaturen $\leq 20 \text{ °C}$**

und $KV_0 = 14 \text{ J}$ oder 17 J für Gusseisen mit Kugelgraphit (Werkstoff RT) **bei Temperaturen $\leq 20 \text{ °C}$** nach Anhang F, Tabelle F.6

und $KV_0 = 12 \text{ J}$ für Gusseisen mit Kugelgraphit (Werkstoff LT) **bei Temperaturen von $\leq (-20 \text{ oder } -40 \text{ °C})$** nach Anhang F, Tabelle F.6

$$S_{TS \min.} = (KV_0^2 / KV_0^t / KV_{TS \min.})^{-0,75}$$

für $6 \leq KV_{TS \min.} < KV_0^t$

$KV_{TS \min.} < 27 \text{ J}$ bei Temperatur $TS_{\min.}$ und $KV_0^t \geq 27 \text{ J}$ für Stahl und Stahlguss
 $KV_0 = 27 \text{ J}$ **bei Temperaturen $\leq 20 \text{ °C}$**

und $KV_{TS \min.} < 12 \text{ J}$ bei Temperatur $TS_{\min.}$ und $KV_0^t \geq 12 \text{ J}$ für Gusseisen mit Kugelgraphit (Werkstoff LT)
 $KV_0 = 12 \text{ J}$ **bei Temperaturen $\leq (-20 \text{ oder } -40 \text{ °C})$** nach Anhang F, Tabelle F.6.

Der Einsatzbereich der Werkstoffe endet bei der Temperatur, bei der die Kerbschlagarbeit KV bzw. KV_0^t einen unteren Wert von 6 J erreicht. Liegt der Wert für $KV_{TS \min.}$ unter 6 J, so darf die Auslegung des betreffenden Bauteils nicht nach dieser Methode erfolgen. Die Messwerte von KV , KV_0^t und $KV_{TS \min.}$ in Verbindung mit den entsprechenden Temperaturwerten müssen in einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 B nach EN 10204 bescheinigt sein.

E.4 Bestimmung des maximal zulässigen Drucks bei der tiefsten Betriebstemperatur mit Hilfe einer empirischen Methode (min- t_0 -Methode; Verfahren je nach Temperaturbeanspruchungsfall) für Stahl und Gusseisen

E.4.1 Allgemeines

Bei dieser Methode wird die Vermeidung eines Sprödbruchs durch je nach Temperaturbeanspruchungsfall unterschiedliche Minderungsfaktoren berücksichtigt. Das im Folgenden beschriebene Verfahren basiert auf Betriebserfahrungen mit Verdichtern, die in Kälteanlagen bei niedrigen Temperaturen über einen langen Zeitraum eingesetzt wurden.

Das Verfahren basiert darauf, dass der Druck bei fallender Sättigungstemperatur des Kältemittels abnimmt.

Deshalb sind bei tieferen Temperaturen die durch den Kältemitteldruck verursachten Spannungen immer geringer als die Spannungen bei dem Auslegungsdruck nach EN 378-2:2008+A2:2012, Tabelle 2.

Eine Sicherheit gegen Sprödbruch ist gegeben, wenn die nachfolgend beschriebenen Temperaturbeanspruchungsfälle eingehalten werden. Diese Methode kann bei beruhigten oder halbberuhigten Stahl- bzw. Stahlgussorten nicht angewendet werden. Eine Wärmebehandlung ist bei Schweißkonstruktionen nach den Anforderungen in E.4.3 durchzuführen.

E.4.2 Temperaturbeanspruchungsfälle

Beanspruchungsfall min $t_{0 \ 100}$:

Die niedrigste Temperatur nach den Europäischen Normen der jeweiligen Werkstoffe, bei der der Verdichter bei einer Beanspruchung von bis zu 100 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle B.2 eingesetzt werden kann.

Beanspruchungsfall min $t_{0 \ 75}$:

Die niedrigste Temperatur, bei der der Verdichter eingesetzt werden kann, wenn seine Beanspruchung höchstens 75 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle B.2 beträgt.

Für Anwendungstemperaturen bis min $t_{0 \ 75}$ muss die berechnete zulässige Auslegungsspannung bei siedenden Flüssigkeiten auf 75 % der für min $t_{0 \ 100}$ berechneten zulässigen Auslegungsspannung verringert werden.

Beanspruchungsfall min $t_{0 \ 25}$:

Die niedrigste Temperatur, bei der drucktragende Teile eingesetzt werden können, wenn ihre Beanspruchung höchstens 25 % der zulässigen Auslegungsspannung bei 20 °C unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle B.2 beträgt.

Für Anwendungstemperaturen bis min $t_{0 \ 25}$ muss die berechnete zulässige Auslegungsspannung bei siedenden Flüssigkeiten auf 25 % der für min $t_{0 \ 100}$ berechneten Auslegungsspannung verringert werden.

E.4.3 Niedrigste Anwendungstemperaturen für die Beanspruchungsfälle $\min t_{0\ 100}$, $\min t_{0\ 75}$ und $\min t_{0\ 25}$

E.4.3.1 Beanspruchungsfall $\min t_{0\ 100}$

Verdichter, die mit bis zu 100 % der berechneten zulässigen Auslegungsspannung beansprucht werden, dürfen bis zur niedrigsten Anwendungstemperatur (siehe E.4.1) eingesetzt werden, die für die jeweiligen Werkstoffe in Verbindung mit dieser Methode angegeben ist (siehe Anhang F).

Wird die Mindest-Kerbschlagarbeit für die Umgebungstemperatur oder für 0 °C angegeben, so darf der Werkstoff bei Temperaturen bis – 10 °C eingesetzt werden (für austenitische Stähle siehe E.4.3.2).

E.4.3.2 Beanspruchungsfall $\min t_{0\ 75}$ und $\min t_{0\ 25}$

a) Für Stahl und Stahlguss (Gruppen 1.1 und 1.2), bei denen $\min t_{0\ 100}$ bei einer Temperatur von – 10 °C liegt, gelten die folgenden Beanspruchungsfälle:

- $\min t_{0\ 75}$ bis zu einer Temperaturdifferenz von 50 K, bezogen auf $\min t_{0\ 100}$ und
- $\min t_{0\ 25}$ bis zu einer Temperaturdifferenz von 75 K, bezogen auf $\min t_{0\ 100}$.

b) Für Stahl und Stahlguss (Gruppen 1.1 und 1.2), bei denen $\min t_{0\ 100}$ bei einer Temperatur von ≤ -20 °C liegt, ist nachzuweisen, dass bei ≤ -20 °C ein Wert für die Kerbschlagarbeit von 27 J gegeben ist. Es gelten die folgenden Beanspruchungsfälle:

- $\min t_{0\ 75}$ bis zu einer Temperaturdifferenz von – 50 K, bezogen auf $\min t_{0\ 100}$ und
- $\min t_{0\ 25}$ bis zu einer Temperaturdifferenz von – 80 K, bezogen auf $\min t_{0\ 100}$.

c) Austenitische Stähle, Gruppe 8.1, mit $A \geq 35$ % dürfen bis zu einer Temperatur $\min t_{0\ 100}$ von – 196 °C verwendet werden.

d) 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 CEN ISO/TR 15608) dürfen bis zu einer Betriebstemperatur $\min t_{0\ 100}$ von – 196 °C verwendet werden. Die Verwendung von Halbzeugen und Guss ist zulässig. Aluminium-Magnesiumlegierungen mit einem Magnesiumgehalt von mehr als 6 % sollten nur bis zu einer Betriebstemperatur $\min t_{0\ 100} - 100$ °C verwendet werden.

e) Aufgrund langjähriger Betriebserfahrung bei der Auslegung von Verdichtern darf Gusseisen mit Kugelgraphit (Gruppen 72.1 und 72.2) nach EN 1563 ohne Bescheinigung der Kerbschlagarbeit bis $\min t_{0\ 75}$ und nur bis zu einer Temperatur von – 60 °C verwendet werden.

f) Aufgrund langjähriger Betriebserfahrung darf bei der Herstellung von Verdichtern mit Grauguss (Gruppe 71) nach EN 1561 in Beanspruchungsfällen $\min t_{0\ 75}$ bis – 40 °C und in Beanspruchungsfällen $\min t_{0\ 25}$ bis – 60 °C eingesetzt werden.

Beispiele für Werkstoffe und deren Anwendungsgrenzen sind in Anhang F enthalten.

E.4.4 Schweißverbindungen bei den Werkstoffgruppen 1.1 und 1.2

E.4.4.1 Bedingungen für Schweißverbindungen

Für Schweißverbindungen gelten unter folgenden Bedingungen die gleichen Regeln wie für den Grundwerkstoff:

- Zur Prüfung der Schweißnaht muss die tiefste Temperatur bei einer Beanspruchung von 100 % ($\min t_{0\ 100}$) als Prüftemperatur für den Kerbschlagversuch festgelegt werden und
- für den Fall, dass die Umgebungstemperatur als tiefste Anwendungstemperatur festgelegt wird, reicht es aus, $\min t_{0\ 100} = -10\ ^\circ\text{C}$ zu bestimmen. Für Schweißnähte, die diesen Versuchen unterzogen wurden, muss die tiefste Anwendungstemperatur für $\min t_{0\ 75}$ sowie für $\min t_{0\ 25}$ anhand der Differenz zwischen der Temperatur nach E.4.2 und der Prüftemperatur bestimmt werden (vergleiche Tabelle E.1).

Tabelle E.1 — Bestimmung der tiefsten Anwendungstemperatur unter Berücksichtigung unterschiedlicher Prüftemperaturen für Schweißnähte, zum Beispiel für Werkstoffe mit $\min t_{0\ 100} = -10\ ^\circ\text{C}$

Prüftemperatur der Schweißnaht °C	$\min t_{0\ 100}$ °C	Temperatur- differenz bezogen auf die Prüftemperatur (vergleiche E.4.2) K	$\min t_{0\ 75}$ °C	Temperatur- differenz bezogen auf die Prüftemperatur (vergleiche E.4.2) K	$\min t_{0\ 25}$ °C
- 10	- 10	50	- 60	75	- 85
+ 20	- 10	50	- 30	75	- 55

E.4.4.2 Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Für Anwendungstemperaturen unter $\min t_{0\ 100}$ ist bei Schweißkonstruktionen eine Wärmebehandlung durch Spannungsarmglühen erforderlich.

Bei Werkstoffen der Gruppen 1.1 und 1.2 ist eine Wärmebehandlung durch Spannungsarmglühen nicht erforderlich, wenn die Bezugsdicke weniger als 10 mm beträgt. Die Bezugsdicke muss nach EN 13445-2:2014, Anhang D bestimmt werden.

E.4.5 Bestimmung des Sicherheitsbeiwerts

Unter Einhaltung der genannten Voraussetzungen berechnet sich der Sicherheitsbeiwert $S_{TS\ min.}$ nach dieser Methode zu:

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

Liegt der Wert für die vorgesehene niedrige Betriebstemperatur $TS_{min.}$ unter $\min t_{0\ 25}$, ist eine Auslegung des Bauteils nach dieser Methode nicht mehr zulässig. Alternativ hierzu darf eine bruchmechanische Analyse durchgeführt werden.