

DIN EN 13445-6

ICS 23.020.30

Ersatz für
DIN EN 13445-6:2018-12 und
DIN EN 13445-6/A2:2019-03

**Unbefeuerte Druckbehälter –
Teil 6: Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von
Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit;
Deutsche Fassung EN 13445-6:2021**

Unfired pressure vessels –

Part 6: Requirements for the design and fabrication of pressure vessels and pressure parts constructed from spheroidal graphite cast iron;

German version EN 13445-6:2021

Réceptacles sous pression non soumis à la flamme –

Partie 6: Exigences pour la conception et la fabrication des réceptacles sous pression et des parties sous pression moulés en fonte à graphite sphéroïdal;

Version allemande EN 13445-6:2021

Gesamtumfang 62 Seiten

DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-6:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 012-00-05 AA „Unbefeuerte Druckbehälter“ im DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

Dieser Teil von DIN EN 13445 enthält die zusätzlichen Anforderungen, die an Druckgeräte aus Kugelgraphit gestellt werden.

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 13445-6:2018-12 und DIN EN 13445-6/A2:2019-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionell überarbeitet;
- b) die Normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- c) der Abschnitt D.5 „Allgemeines“ wurde überarbeitet;
- d) der Abschnitt D.6.3 „Ermüdungskurven“ wurde überarbeitet;
- e) der Abschnitt D.7.4 „Zulässige Lastwechselzahl“ wurde überarbeitet;
- f) der Abschnitt G.2.2 „Wanddicke des Deckels, Druck auf der konvexen Seite“ wurde überarbeitet;
- g) der Anhang ZA „Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräterichtlinie)“ wurde überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13445-6: 2002-08, 2010-02, 2010-12, 2011-12, 2012-12, 2013-12, 2014-12, 2015-12, 2016-12, 2017-12, 2018-12

DIN EN 13445-6/A1: 2004-08, 2015-12

DIN EN 13445-6/A2: 2007-03, 2019-03

DIN EN 13445-6/A3: 2009-02

Deutsche Fassung

Unbefeuerte Druckbehälter —
Teil 6: Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung
von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen
mit Kugelgraphit

Unfired pressure vessels —
Part 6: Requirements for the design and fabrication of
pressure vessels and pressure parts constructed from
spheroidal graphite cast iron

Réipients sous pression non soumis à la flamme —
Partie 6: Exigences pour la conception et la fabrication
des réipients sous pression et des parties sous
pression moulés en fonte à graphite sphéroïdal

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. Februar 2021 angenommen.

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

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Einheiten und Kurzzeichen.....	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Einheiten.....	9
3.3 Symbole.....	9
3.4 Zusammenhang zwischen den Dickenbezeichnungen	10
4 Betriebsbedingungen.....	10
4.1 Zyklische Belastung.....	10
4.2 Begrenzungen für Temperatur und Energiegehalt.....	11
5 Anforderungen	12
5.1 Werkstoffe.....	12
5.2 Konstruktion	13
5.2.1 Technische Dokumentation.....	13
5.2.2 Auslegungsmethoden.....	13
5.3 Gießen.....	20
5.3.1 Allgemeines	20
5.3.2 Schweißen	20
6 Werkstoffprüfung.....	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Häufigkeit und Anzahl der Werkstoffprüfungen	20
6.3 Chemische Analyse.....	21
6.4 Graphitstruktur.....	21
6.5 Prüfbescheinigungen	21
7 Prüfung und Endabnahme.....	21
7.1 Prüfung.....	21
7.1.1 Allgemeines	21
7.1.2 Prüfanforderungen für $C_Q = 0,8$	22
7.1.3 Prüfanforderungen für $C_Q = 0,9$	22
7.1.4 Oberflächenfehler	23
7.1.5 Risse, Kaltschweißstellen und unvollständig eingeschmolzene Kernstützen.....	23
7.1.6 Ultraschallprüfung und/oder Zerlegung in Abschnitte.....	23
7.1.7 Magnetpulverprüfung (nur bei ferritischen Werkstoffsorten).....	23
7.1.8 Eindringprüfung.....	24
7.1.9 Durchstrahlungsprüfung.....	24
7.1.10 Oberflächenrauheit.....	24
7.1.11 Mindestwanddicke.....	24
7.1.12 Waddickentoleranzen	24
7.1.13 Weitere Maße.....	24
7.1.14 Qualifikation des Prüfpersonals	25
7.2 Endabnahmeprüfung	25
7.2.1 Allgemeines	25

7.2.2	Wasserdruckprüfung.....	25
8	Druckbehälter, die aus Teilen aus verschiedenen Werkstoffen zusammengebaut sind.....	25
9	Kennzeichnung und Dokumentation	25
9.1	Kennzeichnung von Gussstücken	25
9.2	Datenschild für den fertigen Druckbehälter	26
9.3	Dokumentation	26
	Anhang A (normativ) Technische Daten für Konstruktionsberechnungen.....	27
A.1	Zweck.....	27
A.2	Technische Daten	27
A.2.1	Ferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit nach EN 1563:2018.....	27
A.2.2	Austenitisches Gusseisen mit Kugelgraphit nach EN 13835:2012.....	28
	Anhang B (informativ) Duktilität	29
	Anhang C (informativ) Bestimmung der örtlichen Mindest-Wanddicke und des maximal zulässigen Arbeitsdrucks	31
	Anhang D (normativ) Berechnung der Ermüdungslebensdauer	33
D.1	Zweck.....	33
D.2	Zusätzliche Definitionen.....	33
D.3	Zusätzliche Symbole und Abkürzungen	33
D.4	Geltungsbereich	34
D.5	Allgemeines	34
D.6	Vereinfachte Berechnung der Ermüdungslebensdauer.....	34
D.6.1	Pseudo-elastische Spannungsschwingbreite	34
D.6.2	Korrekturfaktoren	35
D.6.3	Ermüdungskurven	36
D.6.4	Zulässige Lastwechselzahl	42
D.6.5	Zulässige Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$	42
D.7	Ausführliche Berechnung der Ermüdungslebensdauer.....	42
D.7.1	Pseudo-elastische Spannungsschwingbreiten.....	42
D.7.2	Korrekturen für die Spannungsschwingbreite	43
D.7.3	Ermüdungskurven	44
D.7.4	Zulässige Lastwechselzahl	45
D.7.5	Zulässige Spannungsschwingbreite.....	46
D.8	Berechnungsregel für die Gesamtermüdungsschädigung	46
D.9	Ausbesserung von Oberflächenunregelmäßigkeiten	46
	Anhang E (normativ) Auslegung der Gussstücke nach Analyseverfahren (DBA).....	47
E.1	Einleitung	47
E.2	Besondere Anforderungen nach EN 13445-3:2021, Anhang B.....	47
E.2.1	Zusatz zu B.8.2.3: Auslegungsnachweise für Normalbetriebslastfälle	47
E.2.2	Zusatz zu B.8.2.4: Auslegungsnachweise für Prüflastfälle	47
E.3	Zusätze zu EN 13445-3:2021, Anhang C.....	47
E.4	Anforderungen	48
	Anhang F (informativ) Empfehlungen für die Validierung und Prüfung während des Betriebs	49
F.1	Zweck.....	49
F.2	Prüfungen während des Betriebs.....	49
F.3	Maßnahmen bei Erreichen der rechnerisch zulässigen Ermüdungslebensdauer	50
F.3.1	Allgemeines	50
F.3.2	Prüfung von Behältern und drucktragenden Teilen am Ende der Betriebslebensdauer ohne angezeigte Schädigungen	50
F.3.3	Wasserdruckprüfung von Behältern und drucktragenden Teilen mit angezeigten Schädigungen	50

Anhang G (normativ) Besondere Konstruktionsanforderungen	51
G.1 Anwendungsbereich.....	51
G.2 Auslegung	51
G.2.1 Allgemeines	51
G.2.2 Wanddicke des Deckels im Kalottenbereich, Druck auf der konvexen Seite.....	52
G.2.3 Wanddicke des Deckels im Kalottenbereich, Druck auf der konkaven Seite.....	52
G.2.4 Flanschdicke.....	52
Anhang H (normativ) Experimentelle Bestimmung der Ermüdungslebensdauer unter	
zyklischer Druckbeanspruchung.....	53
H.1 Zweck.....	53
H.1.1 Allgemeines	53
H.1.2 Experimentelle Verfahren und andere Auslegungsverfahren.....	53
H.2 Gültigkeit	53
H.3 Prüfanforderungen	53
H.3.1 Allgemeines	53
H.3.2 Anzahl der zu prüfenden Teile	53
H.3.3 Durchführung.....	54
H.3.4 Werkstoffprüfungen.....	55
H.4 Zulässige Anzahl Lastwechsel.....	55
Anhang Y (informativ) Entwicklung der EN 13445-6.....	58
Y.1 Unterschiede zwischen der EN 13445-6:2014 und der EN 13445-6:2021	58
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den	
grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/68/EU	
(Druckgeräte Richtlinie).....	59
Literaturhinweise.....	60

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-6:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2021 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien 2014/68/EU.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien 2014/68/EU siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Eine Liste aller Teile der Normenreihe EN 13445 finden Sie auf der CEN-Website.

Obwohl alle Teile dieser Norm einzeln erhältlich sind, sollte berücksichtigt werden, dass die Teile in gegenseitigem Zusammenhang stehen. Deshalb werden für die Herstellung von unbefeuerten Druckbehältern die jeweils zutreffenden Teile benötigt, damit die Anforderungen der Norm zufrieden stellend erfüllt werden.

Korrekturen zu Formulierungen der Norm mit möglicherweise mehreren Auslegungen erfolgen über den Migration Help Desk (MHD). Informationen rund um den Help Desk sind unter <http://www.unm.fr> (en13445@unm.fr) zu finden. Ein Formblatt für Anfragen kann von der Website heruntergeladen werden. Nachdem einschlägige Experten einer Antwort einhellig zustimmen, wird die Antwort dem Anfragenden mitgeteilt. Korrigierte Seiten erhalten eine spezifische Nummerierung und werden von CEN entsprechend den CEN-Regeln veröffentlicht. Interpretationseiten werden in die Website aufgenommen.

Dieses Dokument ersetzt EN 13445-6:2014. Diese neue Ausgabe enthält die Änderungen, welche vorher durch die CEN Mitglieder angenommen wurden, sowie die korrigierten Seiten bis Ausgabe 5 ohne weitere technische Änderungen. Anhang Y beschreibt Einzelheiten der wesentlichen technischen Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und der vorangegangenen Ausgabe.

Änderungen zu dieser neuen Ausgabe werden bei Bedarf veröffentlicht und können dann sofort als Alternativen zu den in dieser Ausgabe enthaltenen Regeln angewendet werden. Es ist vorgesehen, jährlich eine neue Ausgabe der EN 13445:2021 zu veröffentlichen, beginnend mit Ausgabe 1, in welcher diese Änderungen konsolidiert werden und in denen darüber hinaus andere festgestellte Berichtigungen enthalten sind.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an Konstruktion, Werkstoffe, Herstellung und Prüfung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus ferritischem oder austenitischem Gusseisen mit Kugelgraphit fest, die für den Betrieb mit einem maximal zulässigen Druck PS gleich oder kleiner als:

- 100 bar bei Befüllung mit Gasen oder Flüssigkeiten der Gruppe 1 oder 2;
- 1 000 bar nur bei Befüllung mit Flüssigkeiten der Gruppe 2.

und einer maximalen Wanddicke von 60 mm vorgesehen sind. Die Grenzwerte für die Schalenwanddicke gelten nicht für die Dicke von Flanschen, Verstärkungen, Nocken usw.

ANMERKUNG 1 Austenitische Gusseisensorten mit Kugelgraphit werden hauptsächlich für Anwendungsfälle in hohen und niedrigen Temperaturbereichen und aufgrund ihrer Korrosionsbeständigkeit eingesetzt.

ANMERKUNG 2 Die zulässigen Gusseisensorten mit Kugelgraphit sind in den Tabellen 5.1-1 und 5.1-2 aufgelistet. Die Betriebsbedingungen sind in Abschnitt 4 angegeben.

Diese Europäische Norm, EN 13445-6, behandelt keine ferritischen und austenitischen Gusseisensorten mit Lamellengraphit mit einer Bruchdehnung $\leq 15\%$, welche ausdrücklich ausgeschlossen sind. Anforderungen für die Verwendung von Gusseisen mit einer Bruchdehnung $\leq 15\%$ sind EN 15776 zu entnehmen.

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 287-6:2018, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 6: Gusseisen*

EN 764-2:2012, *Druckgeräte — Teil 2: Größen, Symbole und Einheiten*

EN 764-5:2014, *Druckgeräte — Teil 5: Prüfbescheinigungen für metallische Werkstoffe und Übereinstimmung mit der Werkstoffspezifikation*

EN 837-1:1996, *Druckmessgeräte — Teil 1: Druckmessgeräte mit Rohrfedern — Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung*

EN 837-3:1996, *Druckmessgeräte — Teil 3: Druckmessgeräte mit Platten- und Kapselfedern — Maße, Messtechnik, Anforderungen und Prüfung*

EN 1011-8:2004, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 8: Schweißen von Gusseisen*

EN 1369:2012, *Gießereiwesen — Magnetpulverprüfung*

EN 1370:2011, *Gießereiwesen — Bewertung des Oberflächenzustandes*

EN 1371-1:2011, *Gießereiwesen — Eindringprüfung — Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengussstücke*

EN 1559-1:2011, *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Allgemeines*

EN 1559-3:2011, *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Zusätzliche Anforderungen an Eisengussstücke*

EN 1563:2018, *Gießereiwesen — Gusseisen mit Kugelgraphit*

EN 12680-3:2011, *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 3: Gussstücke aus Gusseisen mit Kugelgraphit*

EN 12681:2003, *Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung*

EN 13445-1:2021, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 1: Allgemeines*

EN 13445-3:2021, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*

EN 13445-5:2021, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 5: Inspektion und Prüfung*

EN 13835:2012, *Gießereiwesen — Austenitische Gusseisen*

EN ISO 945-1:2008, *Mikrostruktur von Gusseisen — Teil 1: Graphitklassifizierung durch visuelle Auswertung* (ISO 945-1:2008)

EN ISO 8062-1:2007, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Maß-, Form- und Lagetoleranzen für Formteile — Teil 1: Begriffe* (ISO 8062-1:2007)

EN ISO 8062-3:2007, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Maß-, Form- und Lagetoleranzen für Formteile — Teil 3: Allgemeine Maß-, Form- und Lagetoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussstücke* (ISO 8062-3:2007)

EN ISO 15614-3:2008, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 3: Schmelzschweißen von unlegierten und niedriglegierten Gusseisen* (ISO 15614-3:2008)

3 Begriffe, Einheiten und Kurzzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach [externes Dokument] und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1.1

kritischer Bereich

hoch beanspruchter Bereich, in dem bei der Berstprüfung ein Bruch oder Ermüdungsrisssbildung an der Oberfläche aufgrund von Druckschwankungen zu erwarten ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Kritische Bereiche können z. B. durch Folgendes verursacht werden:

- plötzliche Querschnittsänderung;
- scharfe Kanten;

- scharf angesetzte Radien;
- Höchstbeanspruchungen;
- Biegespannungen;
- Spannungen, außer Membranspannungen;
- Rundungsänderungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein kritischer Bereich wird mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens bestimmt, z. B. durch holographische Interferometrie, Dehnungsmessverfahren, Berstprüfung, Ermüdungsprüfung, FEM-Analyse usw.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zudem sind Temperaturunterschiede und thermische Beanspruchungen infolge von unterschiedlichen Betriebs-Wandtemperaturen bei der Bestimmung der kritischen Bereiche zu berücksichtigen.

3.1.2

Besteller

Person oder Organisation, die ein Druckgerät, einschließlich der Baugruppen oder Teile, zur eigenen Verwendung oder im Namen des Anwenders und/oder Betreibers kauft

3.1.3

Hersteller

Person oder Organisation, die die Verantwortung für Konstruktion, Herstellung, Prüfung sowie gegebenenfalls die Aufstellung von Druckgeräten und Baugruppen trägt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Hersteller darf unter Beibehaltung seiner Verantwortlichkeit eine oder mehrere der vorgenannten Aufgaben an einen Unterauftragnehmer vergeben.

3.1.4

Gussstück-Hersteller

Unterauftragnehmer, der die für die Herstellung des Druckgerätes verwendeten Gussstücke anfertigt

3.1.5

Prüffaktor

Abminderungsbeiwert für die zulässige Spannung zur Berücksichtigung möglicher Herstellfehler

3.1.6

Temperaturfaktor

Abminderungsfaktor für die 0,2 % Dehngrenze zur Berücksichtigung des Temperatureinflusses

3.1.7

Wanddickenfaktor

Abminderungsfaktor für die zulässige Spannung zur Berücksichtigung verminderter mechanischer Eigenschaften

3.1.8

ferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit

Gusswerkstoff mit überwiegend ferritischer Matrix auf der Basis Eisen und Kohlenstoff (der Kohlenstoff ist hauptsächlich in Form von kugeligen Graphitpartikeln vorhanden)

3.1.9

austenitisches Gusseisen mit Kugelgraphit

Gusswerkstoff mit austenitischer Matrix auf der Basis Eisen-Kohlenstoff und mit Nickel, Mangan, Kupfer und/oder Chrom zur Stabilisierung des austenitischen Gefüges bei Raumtemperatur legiert

3.2 Einheiten

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 764-2:2012 festgelegten Einheiten.

3.3 Symbole

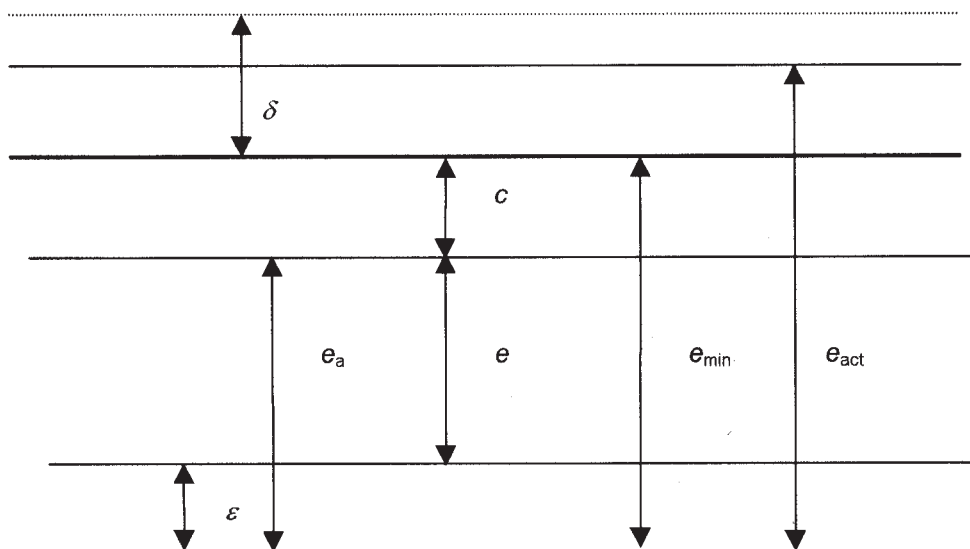
Die in dieser Europäischen Norm verwendeten Symbole sind in Tabelle 3.3-1 aufgeführt.

Tabelle 3.3-1 — Symbole

Symbol	Größe	Einheit
c	Korrosionszuschlag	mm
e	erforderliche Wanddicke	mm
e_a	Berechnungswanddicke	mm
e_{act}	tatsächliche Wanddicke	mm
e_{min}	Mindest-Wanddicke nach Zeichnungsangabe	mm
E	Elastizitätsmodul	MPa
f	Berechnungsnennspannung	MPa
F	Ermüdungsfaktor für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 99,8 %	—
$P_{b, act}$	tatsächlicher Druck bei der Berstprüfung	MPa ^a
P_b	geforderter Mindestdruck bei der Berstprüfung	MPa ^a
P_d	Auslegungsdruck	MPa ^a
PS, P_S	maximal zulässiger Druck	MPa ^a
PT, P_t	Prüfdruck	MPa ^a
RM	Festigkeitskennwert für den Werkstoff	MPa
$R_{p0,2}$	0,2-%-Dehngrenze	MPa
R_m	Zugfestigkeit	MPa
$RM3$	mittlere Zugfestigkeit des Werkstoffes von drei Proben für DBE-Verfahren	MPa
TS_{min}, TS_{max}	minimale/maximale zulässige Temperatur	°C
T	Berechnungstemperatur	°C
V	Innenvolumen des Druckbehälters	L
C_e	Wanddickenfaktor	—
C_T	Temperaturfaktor	—
C_Q	Prüffaktor	—
n	Faktor in Abhängigkeit von der Form des Mantels	—
f_e	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Wanddicke	—

Symbol	Größe	Einheit
f_m	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Mittelspannung	—
f_s	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung der Oberflächenbeschaffenheit	—
S	Sicherheitsbeiwert	—
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert	—
δ	Gusstoleranz	mm
ε	zusätzliche Dicke aufgrund des Gießverfahrens	mm
ν	Querkontraktionszahl	—
^a Die Einheit MPa ist nur für Berechnungszwecke zulässig; ansonsten ist die Einheit bar zu verwenden (1 MPa = 10 bar)		

3.4 Zusammenhang zwischen den Dickenbezeichnungen



Legende

- e erforderliche Wanddicke
- e_a Analysendicke
- e_{min} Mindest-Wanddicke einschließlich Korrosionszuschlag nach Zeichnungsangabe
- e_{act} tatsächliche Wanddicke
- c Korrosionszuschlag
- ε zusätzliche Dicke auf Grund des Gießverfahrens
- δ Gusstoleranz

Bild 3.4-1 — Zusammenhang zwischen den Dickenbezeichnungen

4 Betriebsbedingungen

4.1 Zyklische Belastung

Druckbehälter und Druckbehälterteile aus Gusseisen mit Kugelgraphit können im zyklischen Betrieb eingesetzt werden, wenn der Spannungsfaktor auf 3 begrenzt ist. Liegt die errechnete Anzahl der Lastwechsel

dicht bei einem in Tabelle 4.1-1 angegebenen Grenzwert, durch den die Forderung nach einer Analyse des Ermüdungsverhaltens bestimmt wird, ist für diesen Zweck der schlimmste Fall zu erfassen.

Falls zu erwarten ist, dass unter Betriebsbedingungen die in Tabelle 4.1-1 festgelegte Anzahl vollständiger Drucklastwechsel oder eine gleichwertige Anzahl von Lastwechseln mit geringerer Amplitude überschritten wird, muss eine Analyse des Ermüdungsverhaltens nach Anhang D durchgeführt werden.

Tabelle 4.1-1 — Anzahl der vollständigen Lastwechsel zur Berücksichtigung der zyklischen Belastung

Prüffaktor	Maximale Anzahl der vollständigen Lastwechsel ohne verbindlich vorgeschriebene Analyse des Ermüdungsverhaltens nach Anhang D	
$C_Q = 0,9$	1 000	
$C_Q = 0,8$	40 000	$2,5 < \text{Spannungsfaktor} \leq 3$
	200 000	$\text{Spannungsfaktor} \leq 2,5$

ANMERKUNG 1 Ein Prüffaktor von 0,9 beinhaltet die Aufbringung höherer Berechnungsnennspannungen und ergibt folglich eine niedrigere maximale Anzahl vollständiger Druckwechsel ohne verbindlich vorgeschriebene Analyse des Ermüdungsverhaltens.

ANMERKUNG 2 Ein Spannungsfaktor (Verhältnis Spannungsspitze zu Ermüdungsspannung) über 3, ermittelt nach einem der in 5.2 angegebenen Verfahren, kann sich aufgrund einer unsachgemäßen Auslegung ergeben. Durch eine Vergrößerung von Radien oder anderen kleinen Änderungen kann eine annehmbare Auslegung erreicht werden.

Für Drucklastwechsel bei einer Druckdifferenz ΔP_i , die unter dem vollen Druck liegt, ergibt sich die Anzahl der äquivalenten vollständigen Lastwechsel durch die Gleichung (4.1-1):

$$n_{eq} = \sum_{i=1}^{i=N} n_i \cdot \left(\frac{\Delta P_i}{P_{max}} \right)^{8,6} \quad (4.1-1)$$

Dabei ist

N die Gesamtanzahl der vorgesehenen Druckwechsel mit unterschiedlicher Amplitude;

n_i die Anzahl der Drucklastwechsel mit Amplitude ΔP_i ;

ΔP_i die Amplitude des Drucklastwechsels;

P_{max} der maximal zulässige Druck nach EN 13445-3:2021, 3.15.

4.2 Begrenzungen für Temperatur und Energiegehalt

Die niedrigste zulässige Temperatur TS_{min} und die höchste zulässige Temperatur TS_{max} müssen den in den Tabellen 5.1-1 und 5.1-2 angegebenen Grenzwerten entsprechen.

Das Produkt aus $PS \cdot V$ für ein einzelnes Gussstück darf 100 000 bar·L nicht überschreiten.

5 Anforderungen

5.1 Werkstoffe

Alle Gusseisensorten mit Kugelgraphit, die einem inneren oder äußeren Druck ausgesetzt sind, müssen bei ferritischem Gusseisen der Norm EN 1563 und bei austenitischem Gusseisen der Norm EN 13835 entsprechen.

Die in Tabelle 5.1-1 und Tabelle 5.1-2 aufgeführten Werkstoffsorten dürfen im Gusszustand oder im wärmebehandelten Zustand hergestellt werden (siehe EN 1563:2018, Abschnitt 6).

Die in Tabelle 5.1-1 enthaltenen ferritischen Werkstoffsorten sind für Anwendungsfälle mit einer zulässigen Mindesttemperatur höher als oder gleich -10 °C einzusetzen.

Die in Tabelle 5.1-2 aufgeführten Werkstoffe sind für Auslegungsbedingungen bei niedrigen oder hohen Temperaturen bestimmt.

Tabelle 5.1-1 — Zulässige Werkstoffsorten für übliche Auslegungstemperaturen (-10 °C bis 300 °C)

Werkstoffnorm	Werkstoffbezeichnung ^a		Auslegungstemperaturgrenzen °C
	Symbol	Nummer	
EN 1563:2018	EN-GJS-350-22-RT	5.3101	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-350-22	5.3102	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18-RT	5.3104	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18	5.3105	$-10 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-450-18	5.3108	$-10 \leq TS \leq 300$
^a Sind die in diesen Tabellen festgelegten Werkstoffe nicht verfügbar, dürfen andere geeignete Werkstoffe verwendet werden, wenn die technische Dokumentation mit den Angaben zu den Werkstoffeigenschaften entsprechend den Anforderungen für die Europäische Werkstoffzulassung (EAM) oder für Werkstoff-Einzelgutachten (PMA) anerkannt wurde.			

Tabelle 5.1-2 — Zulässige Werkstoffsorten für Auslegungsbedingungen bei niedrigen oder hohen Temperaturen

Werkstoffnorm	Werkstoffbezeichnung ^a		Auslegungstemperaturgrenzen °C
	Symbol	Nummer	
EN 1563:2018	EN-GJS-350-22-LT	5.3100	$-40 \leq TS \leq 300$
	EN-GJS-400-18-LT	5.3103	$-20 \leq TS \leq 300$
EN 13835:2012	EN-GJSA-XNiMn23-4	5.3501	$-196 \leq TS \leq 300$
	EN-GJSA-XNi22	5.3503	$-40 \leq TS \leq 540$
	EN-GJSA-XNiMn13-7	5.3506	$-40 \leq TS \leq 300$
^a Sind die in diesen Tabellen festgelegten Werkstoffe nicht verfügbar, dürfen andere geeignete Werkstoffe verwendet werden, wenn die technische Dokumentation mit den Angaben zu den Werkstoffeigenschaften entsprechend den Anforderungen für die Europäische Werkstoffzulassung (EAM) oder für Werkstoff-Einzelgutachten (PMA) anerkannt wurde.			

Für die Werkstoffsorten EN-GJS-350-22-LT oder EN-GJS-350-22U-LT sind Auslegungstemperaturen bis -60 °C zulässig. Bei Anwendungen zwischen $(-40 \pm 2)\text{ °C}$ und $(-60 \pm 2)\text{ °C}$ muss der Kerbschlagbiegeversuch bei der niedrigsten Auslegungstemperatur folgende Werte liefern:

- als Mittelwert aus drei Prüfungen: 12 J für $e_{\text{act}} \leq 60\text{ mm}$;
- 10 J für $60\text{ mm} \leq e_{\text{act}} \leq 200\text{ mm}$;
- als Einzelwert: 9 J für $e_{\text{act}} \leq 60\text{ mm}$ und 7 J für $60\text{ mm} \leq e_{\text{act}} \leq 200\text{ mm}$.

Die geltenden Anforderungen an die Lieferbedingungen, die in EN 1559-1:2011 und EN 1559-3:2011 enthalten sind, müssen ebenfalls eingehalten werden.

ANMERKUNG Diese Norm gilt nicht für Werkstoffe, die im Zeitstandbereich eingesetzt werden, da die Spannungsschwingbreiten auf das elastische Verhalten begrenzt sind.

5.2 Konstruktion

5.2.1 Technische Dokumentation

Der Hersteller muss vor Beginn der Fertigung die in EN 13445-5:2021, Abschnitt 5 festgelegte Dokumentation erstellen.

5.2.2 Auslegungsmethoden

5.2.2.1 Allgemeines

5.2.2.1.1 Prinzip

Die zu berücksichtigenden Belastungen müssen EN 13445-3:2021, Abschnitt 5 entsprechen.

Die in Abschnitt 4 angegebenen Betriebsbedingungen müssen berücksichtigt werden.

Die Auslegungsmethoden müssen dieser Europäischen Norm sowie, wo zutreffend, den jeweiligen Abschnitten in EN 13445-3:2021 entsprechen.

Wenn durch die Form der Bauteile oder die Belastungen keine genauen Berechnungen nach den in EN 13445-3:2021 und Anhang G angegebenen Gleichungen möglich sind, ist für die Auslegung ein Analyseverfahren (DBA) (siehe Anhang E) oder ein experimentelles Verfahren (DBE) (siehe Anhang H) anzuwenden.

In Abhängigkeit von der komplexen Ausführung des drucktragenden Teils, den Belastungsbedingungen und dem Umfang der zerstörungsfreien Prüfung kann der Konstrukteur eines der nachstehend angegebenen Auslegungsverfahren auswählen. Zur Korrelation zwischen Sicherheitsbeiwert, Prüffaktor und dem Verfahren zur Berücksichtigung der dynamischen Belastung (siehe Tabelle 5.2-1) werden allgemeine Hinweise gegeben.

ANMERKUNG 1 Prüffaktoren (0,8 oder 0,9) sind bei der Bestimmung der zulässigen Spannung nach 5.2.2.2 des vorliegenden Teils 6 bereits berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Zu nicht runden Querschnitten (rechteckigen Querschnitten) siehe EN 13445-3:2021, Abschnitt 15 (siehe Bemerkung zur Berechnung der Ermüdungsfestigkeit und Anforderungen an den Radius nach 5.2.2.7).

5.2.2.1.2 Statische Belastung

Für die Auslegung des Bauteils im Hinblick auf die statische Belastung kann der Konstrukteur die nachfolgenden Möglichkeiten berücksichtigen.

5.2.2.1.2.1 Auslegung nach Gleichungen (DBF)

Gleichungen für die Berechnung der verschiedenen Bauteile des drucktragenden Teils sind in EN 13445-3:2021 und Anhang G angegeben. Anhang G enthält zusätzliche Gleichungen für nicht genormte Formteile, die bei Gusskonstruktionen häufig verwendet werden.

5.2.2.1.2.2 Auslegung nach Analyseverfahren (DBA)

Folgendes gilt:

- 1) Es ist zu entscheiden, ob nach dem direkten Verfahren (Grenzlast — EN 13445-3:2021, Anhang B) oder der Spannungs-Kategorisierung (EN 13445-3:2021, Anhang C) vorgegangen wird. Ferner ist zu entscheiden, ob der lineare oder der nichtlineare Ansatz gewählt wird.
- 2) Die Ableitung von Modellen und die Interpretation der Berechnungsergebnisse muss auf der Grundlage der Berechnungswanddicken e_a und der Werkstoffeigenschaften bei Betriebstemperatur erfolgen.
- 3) Interpretation von Berechnungsergebnissen unter Berücksichtigung der Bewertungsverfahren und -kriterien zur Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit der tatsächlichen Konstruktion. Diese Konstruktionsprüfungen und die damit verbundenen Verfahren sind für die zu berücksichtigende Versagensart charakteristisch. Verschiedene Versagensarten, siehe EN 13445-3:2021.

5.2.2.1.2.3 Experimentelles Verfahren (DBE)

Wenn die Auslegung nach Gleichungen nach EN 13445-3:2021 aufgrund der komplexen Form des Bauteils als nicht zuverlässig gilt, muss zur Bestimmung der Berechnungswanddicke e_a und der Mindestwanddicke $e_{\min}$ eine hydraulische Berstprüfung nach dem in 5.2.2.1.6 festgelegten Verfahren durchgeführt werden. Diese Berstprüfung ist auch Teil der technischen Dokumentation.

Dieses Auslegungsverfahren darf auch ohne zusätzliche Berechnungen verwendet werden, wenn $P_d \cdot V < 6\,000 \text{ bar} \cdot \text{L}$ ist.

Gilt für den vollständigen Behälter $P_d \cdot V > 6\,000 \text{ bar} \cdot \text{L}$, kann dieses Verfahren zusätzlich zum DBA oder DBF angewendet werden.

Die erforderliche Mindestwanddicke an einer bestimmten Stelle ergibt sich aus:

$$e_a = e_{\text{act}} \cdot \left(\frac{S \cdot PS \cdot RM3}{P_{b,\text{act}} \cdot R_{p0,2} \cdot C_Q \cdot C_T \cdot C_e} \right)^{1/n} \quad (5-1)$$

$$e_{\min} \geq e_a + c \quad (5-2)$$

Dabei ist

e_{act} die gemessene Mindestwanddicke an der jeweiligen Messstelle;

$R_{p0,2}$ nach Anhang A;

$P_{b,\text{act}}$ der tatsächlich erreichte Druck bei der Berstprüfung oder der höchste Prüfdruck;

$n = 1$ für gekrümmte Flächen (Zylinder, Kugeln) oder Kegel mit Winkeln $\alpha \leq 60^\circ$, verankerte Flächen und beanspruchte Teile, wenn die Biegespannung weniger als 2/3 der Gesamtspannung beträgt;

$n = 2$ für alle andere Flächen.

Für die Bestimmung von $RM3$ sind drei Probekörper für den Zugversuch nach den Werkstoffnormen EN 1563:2018 oder EN 13835:2012 für jede der erforderlichen Positionen aus demselben Gussstück zu entnehmen.

Die Positionen der Probekörper müssen den Spezifikationen in den technischen Lieferbedingungen der Produktform für Werkstoffe für Druckgeräte entsprechen. Zusätzlich zu den Anforderungen der Werkstoffnormen dürfen Hersteller und Käufer die an festgelegten Positionen im Gussstück erforderlichen Eigenschaften vereinbaren. Diese Eigenschaften sind durch Prüfung von bearbeiteten Proben zu bestimmen, die den Gussstücken an diesen festgelegten Positionen entnommen wurden. Der Mittelwert der drei Probekörper ist für die Bestimmung des Verhältnisses $RM3/R_m$ zu verwenden.

Probekörper dürfen an einem identischen Teil vor der Berstprüfung oder an demselben Teil nach der Berstprüfung entnommen werden. Die Verwendung eines verkleinerten Teils für das zu untersuchende Teil ist unzulässig.¹

Die Position des Gussstücks, aus der das Probestück entnommen wird, muss ein Bereich sein, in dem die Wanddicke des Gussstücks annähernd dem maßgebenden Wert entspricht. Für die Bestimmung der Größe der zu verwendenden Proben muss der Käufer den Hersteller bei der Auftragsannahme auf die wichtigen Abschnitte hinweisen. In Abwesenheit jeglicher Anleitung durch den Käufer darf der Hersteller die Größe der zu verwendenden Probe nach der maßgebenden Norm wählen.

Bei keinem Probekörper darf der in den für die zu untersuchende Werkstoffsorte jeweils zutreffenden Werkstoffnormen festgelegte Mindestwert für R_m unterschritten werden; dabei ist die entsprechende Dicke zu berücksichtigen.

Der vorzuziehende Probendurchmesser beträgt 14 mm, aus technischen Gründen und bei Proben, die aus Gussstücken herausgearbeitet wurden, sind jedoch andere oder gleichwertige Probendurchmesser zulässig.

Bei Ungültigkeit einer Prüfung sind Wiederholungsprüfungen durchzuführen. Eine Prüfung ist ungültig, bei:

- fehlerhafter Montage der Probe oder fehlerhafter Bedienung der Prüfmaschine;
- fehlerhafter Probe aufgrund von Guss- oder Bearbeitungsfehlern;
- Bruch der Probe für den Zugversuch außerhalb der Messlänge;
- Gussfehlern in der Probe, die nach dem Bruch sichtbar werden.

In allen Fällen ist eine neue Probe aus demselben Probestück oder einem Duplikat-Probegussstück zum selben Zeitpunkt zu entnehmen. Das Ergebnis der Wiederholungsprüfung ist zu verwenden.

5.2.2.1.2.4 Bestimmung des hydraulischen Berstdrucks und des maximal zulässigen Drucks bei statischer Belastung

Ein Probestück ist nach dem Zufallsprinzip aus der Produktion des Behälters oder des Behälterteils entweder für die Berstprüfung oder zur Bestimmung der maximal zulässigen Arbeitsbedingungen zu entnehmen. Das Verfahren ist wie folgt durchzuführen:

¹ Bei der Bestimmung von Werten nach der Berstprüfung ergeben sich möglicherweise geringere Zugfestigkeits-eigenschaften für einige Sorten, die nur unter Vorbehalt in Ausnahmefällen verwendet werden sollten (Einzelteil oder sehr großes Teil usw.).

- 1) Es muss sichergestellt werden, dass das zu prüfende Teil oder der Behälter nach den Festlegungen in der Zeichnung und allen zugehörigen Änderungen gegossen ist. Es muss Werkstoff der gleichen Art und Sorte wie bei der Herstellung der tatsächlich zu fertigenden Teile verwendet werden.
- 2) Es muss sichergestellt werden, dass der Behälter oder das Behälterteil mit den gleichen Maßen gefertigt werden wie bei der Herstellung der tatsächlich zu fertigenden Teile.
- 3) Es muss sichergestellt werden, dass die Werkstoffeigenschaften die Anforderungen in 5.1 erfüllen. Für jedes Gussstück für die Berstprüfung müssen drei Proben für den Zugversuch und, falls zutreffend, für den Kerbschlagbiegeversuch getrennt gegossen und geprüft werden. Die Ergebnisse und die errechnete durchschnittliche Zugfestigkeit müssen nach 6.5 bescheinigt werden.
- 4) Die Wanddicken des gesamten Gussstückes sind zu messen (mindestens eine Messung je 100 mm · 100 mm). Die Ergebnisse müssen auf dem Gussstück an der Messstelle oder auf der Zeichnung angegeben werden.
- 5) Es muss sichergestellt werden, dass ein kalibriertes Druckmessgerät verwendet wird; maximale Abweichungen müssen mindestens der Klasse 1 nach EN 837-1 und EN 837-3 entsprechen oder darunterliegen. Die Skale des Druckmessgeräts muss etwa 4/3 des zu erwartenden Berstdrucks umfassen.
- 6) Der Druck muss kontrolliert erhöht werden, bis der erforderliche Mindest-Berstdruck erreicht ist:

$$P_b \geq PS \cdot \frac{RM3}{f} \left(\frac{e_{act}}{e_{min} - c} \right)^n \quad (5-3)$$

Die Druckerhöhung muss weiterhin so lange überwacht werden, bis ein Bruch eintritt. Der Berstdruck $P_{b,act}$, Daten der Berstprüfung, die Werkstoffspezifikation, genaue Angaben über den Werkstoff, Bauteil-Nummer und die an der Bruchstelle gemessene Wanddicke e_{act} sind aufzuzeichnen. Eine Beziehung zum tatsächlichen Berstdruck $P_{b,act}$, der wegen einer besseren Spannungsverteilung höher als P_b sein kann, und zum maximal zulässigen Druck PS , kann nach Umformung von Gleichung (5-3) abgeleitet werden, wobei P_b durch $P_{b,act}$ ersetzt wird:

$$PS \leq P_{b,act} \cdot \frac{f}{RM3} \left(\frac{e_{min} - c}{e_{act}} \right)^n \quad (5-4)$$

- 7) Erfüllt ein Behälterteil eine dieser Anforderungen nicht, kann ein zweites identisches Bauteil aus der Fertigung dem gleichen Prüfverfahren unterzogen werden. Erfüllt dieses zweite Teil die Prüfanforderungen, kann dieses Teil nach Untersuchung der Versagensursachen des ersten Teils angenommen werden. Erfüllt dieses zweite identische Teil die Prüfanforderungen nicht, gilt die Konstruktion des Teils als nicht den Festlegungen entsprechend.
- 8) 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_b während der Prüfung erreicht werden kann. Dichtungen dürfen während der Berstprüfung brechen und Dichtungseigenschaften so abgeändert werden, dass die Flanschbelastungsmerkmale nicht wesentlich verändert werden, solange ihre Auslegung den Konstruktionsrichtlinien nach EN 13445-3:2021 für den zu erwartenden maximal zulässigen Druck P_S entspricht.
- 9) Ausschließlich für die Prüfung ist es zulässig, für die Verschraubung eine höhere Klasse zu wählen als in den zu verwendenden Konstruktionsunterlagen verlangt wird.

- 10) Werden Flanschverbindungen, bezogen auf die erforderliche Mindestdicke, den erforderlichen Mindest-Schraubenquerschnitt und die Form, nach den Anforderungen in EN 13445-3:2021 ausgelegt, ist es zum Erreichen des Berstprüfdrucks zulässig, zusätzlich zu der für die Fertigung festgelegten Anzahl Schrauben weitere Schrauben einzusetzen.
- 11) Die Berstprüfung oder eine hydraulische Prüfung dürfen nicht mit einer Klemmvorrichtung auf einer hydraulischen Presse durchgeführt werden, die der Biegespannung des Mantels entgegenwirken kann und somit die Spielfreiheit der unter Druck stehenden Behälterwand aufhebt.

5.2.2.1.3 Dynamische Belastung

5.2.2.1.3.1 Allgemeines

Liegt die Anzahl der Drucklastwechsel über der vollen Schwingbreite bzw. die Anzahl der äquivalenten Drucklastwechsel nach Gleichung (4.1-1) über der Anzahl der Drucklastwechsel über der vollen Schwingbreite bei statischer Belastung nach Tabelle 4.1-1, ist eine Berechnung der Ermüdungsfestigkeit (Ermüdungslebensdauer) der vollständigen Konstruktion durchzuführen. Um das Bauteil auf dynamische Belastung auszuliegen, kann der Konstrukteur nach folgenden Möglichkeiten verfahren.

5.2.2.1.3.2 Vereinfachte Berechnung der Ermüdungsfestigkeit (SFA)

Eine vereinfachte Berechnung der Ermüdungsfestigkeit ergibt einen Wert für die maximal zulässige Anzahl äquivalenter Druckschwankungen unter Betriebsbedingungen. Die Berechnung muss nach Anhang D erfolgen. Ein maximaler Spannungsfaktor von 3 wird angenommen, außer für nach Tabelle D.1A begrenzte Konstruktionselemente, für die Werte ≤ 3 eingesetzt werden können.

ANMERKUNG Diese Tabelle D.1A kann auch für andere metallische Gussstücke als aus Kugelgraphitguss (z. B. Stahlguss, Aluminiumguss usw.) verwendet werden.

Die vereinfachte Berechnung der Ermüdungsfestigkeit darf für Behälter mit einem Prüffaktor $C_Q = 0,8$ oder Behälter mit einem Prüffaktor $C_Q = 0,9$ angewendet werden.

5.2.2.1.3.3 Ausführliche Berechnung der Ermüdungsfestigkeit (DFA)

Eine ausführliche Berechnung der Ermüdungsfestigkeit ergibt einen Wert für die maximal zulässige Anzahl der äquivalenten Druckschwankungen unter Verwendung ausführlicher Spannungsanalysen unter Betriebsbedingungen. Die Berechnung muss nach Anhang D erfolgen.

5.2.2.1.3.4 Experimentelle Berechnung der Ermüdungslebensdauer (EFA)

Dieses in Anhang H beschriebene Verfahren ist anzuwenden, wenn eine theoretische Spannungsanalyse nicht ausreichend ist bzw. für die Konstruktionsberechnung unnormale niedrige Lebensdauerwerte ergibt und somit auf einen zu konservativen theoretischen Ansatz hinweist.

Eine Bewertung eines Bauteils mittels experimenteller Ermüdungsberechnung ist nicht erforderlich, wenn ein gleiches Bauteil bereits einer solchen Berechnung unterzogen wurde und die Daten verfügbar und auf die Neukonstruktion übertragbar sind.

Die Dauerschwingbeanspruchung muss EN 13445-3:2021, 5.3 entsprechen.

Bei diesem Verfahren werden übermäßig große Waddicken des Werkstoffs, der Auskleidungen und aller Werkstoffe, die nicht zur Festigkeit beitragen, nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG Bei Behältern mit $P_d \cdot V \geq 6000 \text{ bar} \cdot \text{L}$ darf das experimentelle Verfahren zusätzlich für die ausführliche Ermüdungsauslegung angewendet werden.