

DIN EN 15776



ICS 23.020.30

Ersatz für
DIN EN 15776:2016-01

**Unbefeuerte Druckbehälter –
Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern
und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit einer Bruchdehnung von 15 %
oder weniger;
Deutsche Fassung EN 15776:2022**

Unfired pressure vessels –

Requirements for the design and fabrication of pressure vessels and pressure vessels parts
constructed from cast iron with an elongation after fracture equal or less than 15 %;

German version EN 15776:2022

Récipients sous pression non soumis à la flamme –

Exigences pour la conception et la fabrication des récipients et parties sous pression moulés
en fonte à allongement, après rupture, inférieur ou égal à 15 %;

Version allemande EN 15776:2022

Gesamtumfang 45 Seiten

DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15776:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ überarbeitet, 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).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15776:2016-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Anpassungen und Änderungen;
- b) Klarstellungen zu einer Reihe von Formeln und Tabellen;
- c) die Verweisungen wurden aktualisiert.

Frühere Ausgaben

DIN EN 15776: 2011-05, 2016-01

Deutsche Fassung

**Unbefeuerte Druckbehälter —
Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von
Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit
einer Bruchdehnung von 15 % oder weniger**

Unfired pressure vessels —
Requirements for the design and fabrication
of pressure vessels and pressure vessel parts
constructed from cast iron with an elongation after
fracture equal or less than 15 %

Réipients sous pression non soumis à la flamme —
Exigences pour la conception et la fabrication des
réipients et parties sous pression moulés en fonte à
allongement, après rupture, inférieur ou égal à 15 %

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 6. Mai 2020 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	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Einheiten und Symbole	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole	9
3.3 Wechselwirkung der festgelegten Dicken (EN 13445-6:2021)	11
4 Werkstoffe, Grenzen und Betriebsbedingungen	12
4.1 Werkstoffe und Temperaturgrenzen, maximal zulässiger Druck und Energiegehalt	12
4.2 Wechselbeanspruchung	13
5 Konstruktionsanforderungen	14
5.1 Konstruktionsgrundsätze	14
5.2 Entwurf und Konstruktionszeichnungen	15
5.3 Statische Beanspruchung	15
5.3.1 Allgemeines	15
5.3.2 Auslegung nach Gleichungen (DBF-Verfahren)	15
5.3.3 Auslegung nach Analyseverfahren (DBA-Verfahren)	16
5.3.4 Experimentelle Auslegung (DBE-Verfahren)	16
5.4 Temperaturminderungsfaktor	16
5.5 Waddicken-Korrekturfaktor	16
5.6 Auslegung für äußere Druckbeanspruchung	17
5.7 Prüfbedingungen	17
5.8 Konstruktionsverfahren	17
5.8.1 Allgemeines	17
5.8.2 Statische Beanspruchung	17
5.8.3 Dynamische Beanspruchung	20
5.9 Einzelheiten der Konstruktion	25
5.9.1 Verstärkungen von Behälteröffnungen, flachen, gewölbten Böden usw.	25
5.9.2 Übergang	26
5.9.3 Gewölbter Deckel	26
5.10 Technische Dokumentation	26
5.10.1 Allgemeines	26
5.10.2 Angaben, die in der technischen Dokumentation enthalten sein müssen	26
5.10.3 Prüfberichte	28
5.10.4 Entwurfsprüfung durch den Hersteller (interne Entwurfsprüfung)	29
6 Prüfung des Gießverfahrens, des Werkstoffs und des Gussstücks	29
6.1 Gießverfahren	29
6.1.1 Allgemeines	29
6.1.2 Schweißen	29
6.2 Werkstoffprüfung	30
6.2.1 Allgemeines	30
6.2.2 Anzahl und Häufigkeit der Prüfungen	30
6.2.3 Prüfunterlagen	30
6.3 Prüfung des Gussstücks	30

6.3.1	Allgemeines	30
6.3.2	Oberflächenfehler	31
6.3.3	Risse, Überlappungen, Walzgrate und ungeschmolzene Kernnägels	31
6.3.4	Ultraschallprüfung und/oder Zerlegung	31
6.3.5	Eindringprüfung	31
6.3.6	Oberflächenrauheit	31
6.3.7	Mindest-Wanddicke	31
6.3.8	Grenzabweichungen der Wanddicke	32
6.3.9	Sonstige Maße	32
6.3.10	Zulassung des Prüfpersonals	32
7	Abnahmeprüfung	32
7.1	Allgemeines	32
7.2	Hydraulischer Prüfdruck	32
8	Druckbehälter, deren Bestandteile aus verschiedenen Werkstoffen bestehen	32
9	Kennzeichnung und Dokumentation	33
9.1	Kennzeichnung von Gussstücken	33
9.2	Typenschild für den gesamten Druckbehälter	33
9.3	Dokumentation	33
Anhang A (informativ) Technische Daten für Auslegungsberechnungen		34
Anhang B (informativ) Empfehlungen für die Validierung und Überprüfung während des Betriebs		38
B.1	Zweck	38
B.2	Prüfungen während des Betriebs	38
Anhang C (informativ) Beispiele für Ermüdungs-Auslegungskurven		39
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2014/68/EU		42
Literaturhinweise		43

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 15776:2022) 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 Januar 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2023 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 ersetzt EN 15776:2011+A1:2015.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe EN 15776:2011+A1:2015 sind folgende:

- Klarstellungen zu einer Reihe von Gleichungen und Tabellen;
- die Verweisungen wurden aktualisiert.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien/-Verordnungen.

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

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, 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.

Einleitung

Dieses Dokument ist ein eigenständiges Dokument und für Gusseisen-Druckgeräte unter bestimmten Beschränkungen und Begrenzungen anwendbar.

Zu beachten sind die in einigen Abschnitten dieses Dokuments EN 15776:2022 enthaltenen Verweisungen auf EN 13445-6:2021 zu Konstruktion und Herstellung entsprechend spezifischer Werkstoffsorten nach den Werkstoffnormen EN 1563:2018 und EN 13835:2012. Anforderungen an die Konstruktion, den Werkstoff, die Herstellung sowie die Prüfung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus ferritischem oder austenitischem Gusseisen mit Kugelgraphit mit einer Bruchdehnung von mehr als 15 % sind EN 13445-6:2021 zu entnehmen.

Gusseisen mit einer Bruchdehnung von nicht mehr als 15 % darf ausschließlich für Druckgeräte verwendet werden, wenn dessen Verwendung statt der in EN 13445-6:2021 angegebenen Gusseisensorten mit einer Bruchdehnung von mehr als 15 % aufgrund betrieblicher oder technischer Vorteile gegeben ist.

ANMERKUNG Zu Normen über die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern aus Gusseisen mit besseren Dehnungseigenschaften und höherer Duktilität siehe EN 13445-6:2021.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an die Konstruktion, den Werkstoff, die Herstellung sowie die Prüfung von Gusseisen-Druckbehältern und -Druckbehälterteilen aus Werkstoffen fest, für die Einzelheiten in den folgenden Werkstoffnormen für spezifische Werkstoffsorten festgelegt sind, die die Kriterien hinsichtlich einer Bruchdehnung $\leq 15\%$ erfüllen.

- EN 1561:2011, *Gießereiwesen — Gusseisen mit Lamellengraphit*;
- EN 1563:2018, *Gießereiwesen — Gusseisen mit Kugelgraphit*;
- EN 13835:2012, *Gießereiwesen — Austenitische Gusseisen*.

Die Anwendung dieses Dokuments beschränkt sich auf Druckgeräte und Druckteile, die ein Fluid der Gruppe 2 (nicht gefährliche Flüssigkeit) gemäß der Druckgeräterichtlinie des Europäischen Parlaments enthalten.

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

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 1561:2011, *Gießereiwesen — Gusseisen mit Lamellengraphit*

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

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

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

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

EN 13445-6:2021, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 6: Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit*

EN 13835:2012, *Gießereiwesen — Austenitische Gusseisen*

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)*

3 Begriffe, Einheiten und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1.1

Gusseisen mit Lamellengraphit

Gusswerkstoff, basierend auf Eisen und Kohlenstoff, wobei der Kohlenstoff überwiegend in Form von blättrigen (lamellaren) Graphitpartikeln vorliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Gusseisen mit Lamellengraphit ist auch als Lamellengraphit-Gusseisen bekannt, seltener als lamellares Graphitgusseisen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Gusseisen mit Lamellengraphit enthält 2,0 % bis 4,5 % Kohlenstoff und 1 % bis 3 % Silicium. Die Struktur besteht aus blättrigen und miteinander verbundenen Graphitpartikeln in einem Gitter aus Perlit, Ferrit oder einer Mischung.

[QUELLE: EN 1561:2011, 3.1, modifiziert — Der Inhalt der Anmerkung 2 zum Begriff wurde geändert.]

3.1.2

Gusseisen mit Kugelgraphit

Gusswerkstoff auf der Basis Eisen-Kohlenstoff, wobei der Kohlenstoff überwiegend in Form von kugeligen Graphitpartikeln vorliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Gusseisen mit Kugelgraphit ist auch als duktiles Gusseisen bekannt, seltener als nodulares Gusseisen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die mechanischen Eigenschaften von Gusseisen mit Lamellengraphit können erheblich verbessert werden, indem die Graphitform verändert wird, wenn geschmolzenes Eisen mit einer Zusammensetzung im Bereich von 3,2 % bis 4,5 % Kohlenstoff und 1,8 % bis 2,8 % Silicium mit Magnesium behandelt wird. Dadurch entstehen Gussstücke mit Graphit in Kugelform statt Lamellenform, bekannt als nodulares Gusseisen, Gusseisen mit Kugelgraphit oder duktiles Gusseisen. Nodulares Gusseisen liegt mit perlitischer, ferritischer oder perlitisch-ferritischer Matrix vor, welche eine Kombination von höherer Duktilität und höherer Zugfestigkeit als Gusseisen mit Lamellengraphit bietet.

[QUELLE: EN 1563:2018, 3.1, modifiziert — Der Beginn der Definition wurde verändert und Anmerkung 2 zum Begriff gekürzt.]

3.1.3

austenitisches Gusseisen

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Graphit kann in lamellarer oder kugelförmiger Form vorliegen.

[QUELLE: EN 13835:2012, 3.1, modifiziert — Der Beginn der Definition wurde geändert und der letzte Satz der Definition ist jetzt in Anmerkung 1 zum Begriff enthalten.]

3.1.4

maßgebende Wanddicke

kennzeichnende Wanddicke des Gussstücks, festgelegt für die Bestimmung der Größe der Probestücke, für die die garantierten mechanischen Eigenschaften gelten

3.1.5

kritischer Bereich

sehr stark beanspruchter Bereich, in dem bei einer Berstprüfung erwartungsgemäß ein Bruch auftritt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies kann beispielsweise eine der folgenden Ursachen haben:

- plötzliche Änderung des Durchmessers;
- scharfe Kanten;
- scharfe Radien;
- Spitzenspannungen;
- Biegespannungen;
- Beanspruchungen durch andere Ursachen als Membranspannungen;
- Änderungen der Krümmung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein kritischer Bereich wird in einem geeigneten Verfahren analysiert, z. B. holographisches, interferometrisches Verfahren, Verfahren zur Messung der Beanspruchung, Berstprüfung, Ermüdungsprüfung, FEM-Analyse usw.

Anmerkung 3 zum Begriff: Darüber hinaus sind Wärmegradienten und Wärmespannungen durch unterschiedliche Betriebstemperaturen der Behälterwand bei der Festlegung der kritischen Bereiche zu berücksichtigen.

3.1.6

Käufer

Einzelperson oder Organisation, die Druckgeräte, einschließlich Baugruppen und Bauteilen, entweder für die eigene Verwendung oder die Verwendung durch einen Anwender und/oder eine Bedienperson kauft

3.1.7

Hersteller

Einzelperson oder Organisation, die für die Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Inspektion und den Einbau von Druckgeräten und, sofern zutreffend, Baugruppen verantwortlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Hersteller kann unter seiner Verantwortung einen Unterauftragnehmer mit einer oder mehreren der oben erwähnten Aufgaben betrauen.

3.1.8

Hersteller der Gussstücke

Unterauftragnehmer, der die Gussstücke herstellt, die bei der Herstellung der Druckgeräte verwendet werden

3.1.9

Temperaturfaktor

Minderungsfaktor, der für die 0,2%-Dehngrenze gilt, um den Temperatureinfluss zu berücksichtigen

3.1.10

Dickenfaktor

Faktor, der für die Nenn-Auslegungsspannung gilt, um den Einfluss von verringerten mechanischen Eigenschaften zu berücksichtigen

3.1.11

Spannungsfaktor

Faktor zur Bestimmung der maximalen strukturellen Spannung, die in einem Gefäßdetail aufgrund der geometrischen Konfiguration der Komponente(n) auftreten kann

[QUELLE: EN 13445-3:2021, 17.2.3]

3.1.12

Gesamtspannung

Gesamtspannung in einem Konstruktionsmodell, einschließlich aller Auswirkungen von Spannungskonzentration, lokal begrenzt oder nicht

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments sind die in EN 13445-6:2021 verwendeten Symbole in Tabelle 1 aufgeführt.

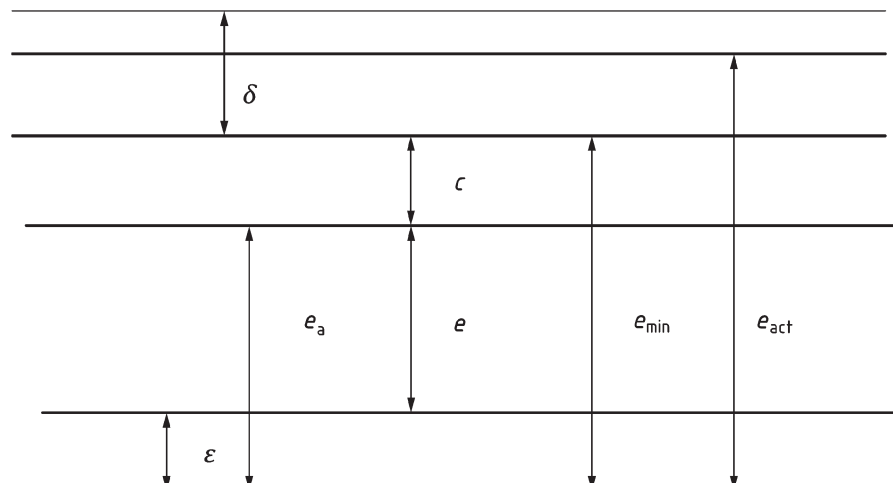
Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Größe	Einheit
c	Korrosionszuschlag	mm
e	erforderliche Wanddicke	mm
e_a	Analysendicke	mm
e_{act}	tatsächliche Wanddicke	mm
e_{max}	maximale Wanddicke des Bauteils am Ausgangspunkt eines möglichen Ermüdungsrisse	mm
e_{min}	Mindest-Wanddicke entsprechend Darstellung	mm
f	Nenn-Auslegungsspannung	MPa
f_e	Korrekturfaktor für die Wanddicke	
f_m	Korrekturfaktor für die mittlere Spannung	
f_{test}	Nenn-Auslegungsspannung bei Prüfbedingungen	MPa
f_T	Temperaturkorrekturfaktor	
f_s	Korrekturfaktor für die Oberflächenbeschaffenheit	
m_C	Exponent in der Gleichung der Ermüdungs-Auslegungskurve	
n	von der Form der Behälterwand abhängiger Faktor	
n_{eq}	Anzahl der jeweiligen vollständigen Druckwechselbeanspruchungen	
T	Berechnungstemperatur	°C
A, A_5	Mindest-Bruchdehnung	%
C_C	Koeffizient in der Gleichung der Ermüdungs-Auslegungskurve	
C_e	Faktor der Wanddicke	

Symbol	Größe	Einheit
C_T	Faktor der Temperatur	
E	Elastizitätsmodul	MPa
F	Ermüdungsfaktor bezogen auf 99,8 % Überleben	
K_{eff}	effektiver Spannungskonzentrationsfaktor	
K_t	theoretischer elastischer Spannungskonzentrationsfaktor	
M	mittlerer Spannungsempfindlichkeitsfaktor	MPa
m_c	Wert aus den zutreffenden Tabellen 10, 11, 13, 14 in dem bei der Berechnung des Ermüdungsverhaltens verwendeten Bereich für die Anzahl der Lastwechsel	
N	Gesamtanzahl der vorgesehenen Arten von Lastwechseln mit unterschiedlicher Amplitude	
N_{all}	zulässige Anzahl der Lastwechsel nach der Ermüdungs-Auslegungskurve	
N_{min}	Mindestanzahl der Lastwechsel nach der experimentellen Beurteilung des Ermüdungsverhaltens	
n_i	Anzahl der Lastwechsel mit der Amplitude ΔP_i	
P_b	Minimal erforderlicher Berstdruck	MPa ^a
$P_{b,\text{act}}$	tatsächlicher Berstprüfdruck	MPa ^a
P_d	Auslegungsdruck	MPa ^a
P_{max}	maximal zulässiger Druck ^b	MPa ^a
PS, P_s	maximal zulässiger Druck ^b	bar ^a
PT, p_t	Prüfdruck ^b	MPa
R_m	Zugfestigkeit	MPa
$R_{p0,2}$	kleinste 0,2-%-Dehngrenze	MPa
$R_{p0,2/T}$	kleinste 0,2-%-Dehngrenze bei Temperatur T in Grad Celsius	MPa
R_z	Parameter der Oberflächenrauheit: Abstand zwischen höchstem und tiefstem Punkt	µm
R_M	Festigkeitsparameter des Werkstoffs	MPa
$RM3$	mittlere Zugfestigkeit von drei Probekörpern für den Zugversuch	MPa
S	Sicherheitsfaktor	
$TS_{\text{max}}, TS_{\text{min}}$	höchste/niedrigste zulässige Temperatur	°C
V	Volumen	L
ΔP	Druckbereich	MPa ^a
ΔP_i	Amplitude der Drucklastwechsel	
$\Delta \sigma$	zulässiger Spannungsbereich	MPa
$\Delta \sigma^*$	pseudoelastischer Spannungsbereich	MPa
$\Delta \sigma_{\text{Cut}}$	Abschaltgrenze	MPa
$\Delta \sigma_D$	Haltbarkeitsgrenze	MPa

Symbol	Größe	Einheit
$\Delta\sigma_{eq, struc}$	baulicher Spannungsbereich	MPa
$\Delta\sigma_R$	Spannungsbereich der Ermüdungs-Auslegungskurve	MPa
δ	Grenzabweichungen des Gussstücks	mm
ε	zusätzliche Wanddicke durch den Gießprozess	mm
γ_R	partieller Sicherheitsfaktor	
η	Spannungsfaktor	
ν	Poissonzahl	
σ_e	Nenn-Auslegungsspannung bei äußerer Druckbeanspruchung	MPa
^a Für Berechnungszwecke dürfen ausschließlich MPa angewendet werden, sonst muss als Einheit bar verwendet werden (1 MPa = 10 bar). ^b Siehe auch EN 13445-3:2021, Tabelle 4-1.		

3.3 Wechselwirkung der festgelegten Dicken (EN 13445-6:2021)



Legende

- e erforderliche Wanddicke
- e_a Analysendicke
- e_{min} Mindest-Wanddicke einschließlich Korrosionszuschlag, wie in der Zeichnung angegeben
- e_{act} tatsächliche Wanddicke
- c Korrosionszuschlag
- ε zusätzliche Wanddicke durch den Gießprozess
- δ Grenzabweichungen des Gussstücks

Bild 1 — Wechselwirkung der festgelegten Dicken

4 Werkstoffe, Grenzen und Betriebsbedingungen

4.1 Werkstoffe und Temperaturgrenzen, maximal zulässiger Druck und Energiegehalt

Alle Werkstoffsorten, die innerer oder äußerer Druckbeanspruchung ausgesetzt sind, müssen EN 1561:2011 für Gusseisen mit Lamellengraphit, EN 1563:2018 für Gusseisen mit Kugelgraphit sowie EN 13835:2012 für austenitisches Gusseisen entsprechen. Die Werkstoffsorten und die zugehörigen Grenzen sind Tabelle 2 und Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 2 — Zulässige Werkstoffsorten und Grenzen für (austenitisches) Gusseisen mit Lamellengraphit

Werkstoffnorm	Werkstoffbezeichnung		Auslegungs- temperatur- bereich	Maximal zulässiger Druck	Maximaler Energiegehalt eines einzelnen Gussstücks
	Symbol	Nummer	$TS_{\min}/TS_{\max}$ °C	PS bar	$PS \times V$ bar · L
EN 1561:2011	EN-GJL-200	5.1000	$-10 \leq T \leq 200$	25	65 000
	EN-GJL-250	5.1301			
	EN-GJL-300	5.1302	$-10 \leq T \leq 200$		
	EN-GJL-350	5.1303			
EN 13835:2012	EN-GJLA-XNiCuCr15-6-2	5.1500	$-10 \leq T \leq 200$		

Ein Überschreiten des Wertes $PS \times V$ sowie der Auslegungstemperaturgrenzen nach Tabelle 2 bei einem einzelnen Gussstück ist nur zulässig bei den Werkstoffsorten EN-GJL-300 und EN-GJL-350 sowie bis zu einem Wert von 300 °C und einem geeigneten Wert von $PS \times V$ und wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- maximale zulässige Temperatur $TS_{\max} \leq 300$ °C;
- maximal zulässiger Druck gesenkt von 25 bar auf $PS \leq 15$ bar;
- der dokumentierte Spannungskonzentrationsfaktor muss über das gesamte Gussstück ≤ 2 sein;
- spannungsarme Wärmebehandlung wird durchgeführt, wenn die maximale Abkühlrate der Gussmasse 30 °C/h in einem Temperaturbereich von 600 °C bis auf 150 °C überschreitet.

Eine Überprüfung während des Betriebs nach Anhang B des vorliegenden Dokuments kann in der Betriebsanleitung des Bauteils oder des Druckbehälters erwähnt werden.

Die Anforderungen der Werkstoffsorte EN-GJL-350 in diesem Abschnitt können die Herstellung von Papierzylinder- und Trockenwalzen ermöglichen.