

DIN EN 15776

ICS 23.020.30

Ersatz für
DIN EN 15776:2011-05

**Unbefeuerte Druckbehälter –
Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern
und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit einer Bruchdehnung von 15 %
oder weniger;
Deutsche Fassung EN 15776:2011+A1:2015**

Unfired pressure vessels –

Requirements for the design and fabrication of pressure vessels and pressure parts
constructed from cast iron with an elongation after fracture equal or less than 15 %;
German version EN 15776:2011+A1:2015

Récipients sous pression non soumis à la flamme –

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

Version allemande EN 15776:2011+A1:2015

Gesamtumfang 43 Seiten

DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15776:2011+A1:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 012-00-05 AA im DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15776:2011-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Abschnitt 4.1 wurde überarbeitet;
- c) Tabelle A.1 wurde überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 15776: 2011-05

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 parts constructed from cast iron with
an elongation after fracture equal or less than 15 %

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 1. Januar 2011 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 24. August 2015 vom CEN angenommen wurde.

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 Management-Zentrum des CEN-CENELEC 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 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 (A1) EN 13445-6:2014 (A1)	11
4 Werkstoffe, Grenzen und Betriebsbedingungen	11
4.1 Werkstoffe und Temperaturgrenzen, maximal zulässiger Druck und Energiegehalt	11
4.2 Wechselbeanspruchung	13
5 Konstruktionsanforderungen	14
5.1 Konstruktionsgrundsätze	14
5.2 Entwurf und Konstruktionszeichnungen	14
5.3 Statische Beanspruchung	14
5.3.1 Allgemeines	14
5.3.2 Auslegung nach Gleichungen (DBF-Verfahren)	14
5.3.3 Auslegung nach Analyseverfahren (DBA-Verfahren)	15
5.3.4 Experimentelle Auslegung (DBE-Verfahren)	15
5.4 Temperaturminderungsfaktor	16
5.5 Waddicken-Minderungsfaktor	16
5.6 Auslegung für äußere Druckbeanspruchung	16
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	25
5.9.3 Gewölbter Deckel	25
5.10 Technische Dokumentation	25
5.10.1 Allgemeines	25
5.10.2 Angaben, die in der technischen Dokumentation enthalten sein müssen	25
5.10.3 Prüfberichte	27
5.10.4 Konstruktions- und Fertigungsplan	27
5.10.5 Entwurfsprüfung durch den Hersteller (interne Entwurfsprüfung)	28
6 Prüfung des Gießverfahrens, des Werkstoffs und des Gussstücks	28
6.1 Gießverfahren	28
6.1.1 Allgemeines	28
6.1.2 Schweißen	28
6.2 Werkstoffprüfung	29
6.2.1 Allgemeines	29
6.2.2 Anzahl und Häufigkeit der Prüfungen	29
6.2.3 Prüfunterlagen	29
6.3 Prüfung des Gussstücks	29
6.3.1 Allgemeines	29
6.3.2 Oberflächenfehler	30

	Seite
6.3.3 Risse, Überlappungen, Walzgrate und ungeschmolzene Kernnägeln	30
6.3.4 Ultraschallprüfung und/oder Zerlegung	30
6.3.5  Eindringprüfung	30
6.3.6 Oberflächenrauheit	30
6.3.7 Mindest-Wanddicke	30
6.3.8 Grenzabweichungen der Wanddicke	31
6.3.9 Sonstige Maße	31
6.3.10 Zulassung des Prüfpersonals	31
7 Abnahmeprüfung	31
7.1 Allgemeines	31
7.2 Hydraulischer Prüfdruck	31
8 Druckbehälter, deren Bestandteile aus verschiedenen Werkstoffen bestehen	31
9 Kennzeichnung und Dokumentation	31
9.1 Kennzeichnung von Gussstücken	31
9.2 Typenschild für den gesamten Druckbehälter	32
9.3 Dokumentation	32
Anhang A (normativ) Technische Daten für Auslegungsberechnungen	33
Anhang B (informativ) Empfehlungen für die Validierung und Überprüfung während des Betriebs	36
B.1 Zweck	36
B.2 Prüfungen während des Betriebs	36
Anhang C (informativ) Beispiele für die Ermüdungs-Auslegungskurven	37
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 97/23/EG	40
Literaturhinweise	41

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 15776:2011+A1:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2016 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 15776:2011.

Dieses Dokument beinhaltet Änderung 1, angenommen von CEN am 2015-08-24.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken **A1** und **A1** gekennzeichnet.

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-Richtlinien.

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

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, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

☐A1☐ Diese Norm ist ein eigenständiges Dokument und für Druckgeräte unter bestimmten Beschränkungen und Begrenzungen anwendbar.

ANMERKUNG Zu Normen über die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern aus Gusseisen mit besseren Dehnungseigenschaften und höherer Duktilität siehe EN 13445 6:2014. ☐A1☐

Zu beachten sind die in einigen Abschnitten der vorliegenden Norm EN 15776 enthaltenen Verweisungen auf ☐A1☐ EN 13445-6:2014 ☐A1☐ zu Konstruktion und Herstellung entsprechend spezifischer Werkstoffsorten nach den Werkstoffnormen ☐A1☐ EN 1563:2011 ☐A1☐ und ☐A1☐ EN 13835:2012 ☐A1☐. Anforderungen an die Konstruktion, den Werkstoff, die Herstellung sowie die Prüfung von Druckbehältern und Druckbehältern aus ferritischem oder austenitischem Gusseisen mit Kugelgraphit mit einer Bruchdehnung von mehr als 15 % sind ☐A1☐ EN 13445-6:2014 ☐A1☐ zu entnehmen.

Gusseisen mit einer Bruchdehnung ≤ 15 % darf ausschließlich für Druckgeräte verwendet werden, wenn dessen Verwendung statt der in ☐A1☐ EN 13445-6:2014 ☐A1☐ angegebenen Gusseisensorten mit einer Bruchdehnung von mehr als 15 % aufgrund betrieblicher oder technischer Vorteile erforderlich ist.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen an die Konstruktion, den Werkstoff, die Herstellung sowie die Prüfung von 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.

- [A1](#) EN 1561:2011 [A1](#), *Gießereiwesen — Gusseisen mit Lamellengraphit*;
- [A1](#) EN 1563:2011 [A1](#), *Gießereiwesen — Gusseisen mit Kugelgraphit*;
- [A1](#) EN 13835:2012 [A1](#), *Gießereiwesen — Austenitische Gusseisen*.

Der zulässige Inhalt des Druckbehälters und der Druckbehälterteile ist ein Medium der Gruppe 2 nach Richtlinie 97/23/EG.

2 Normative Verweisungen

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

- [A1](#) EN 764-5:2014, *Druckgeräte — Teil 5: Prüfbescheinigungen für metallische Werkstoffe und Übereinstimmung mit der Werkstoffspezifikation* [A1](#)
- [A1](#) EN 1370:2011, *Gießereiwesen — Prüfung der Oberflächenrauheit mit Hilfe von Vergleichsmustern* [A1](#)
- [A1](#) EN 1371-1:2011, *Gießereiwesen — Eindringprüfung — Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengussstücke* [A1](#)
- [A1](#) EN 1559-1:2011 [A1](#), *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Allgemeines*
- [A1](#) EN 1559-3:2011 [A1](#), *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Zusätzliche Anforderungen an Eisengußstücke*
- [A1](#) EN 1561:2011 [A1](#), *Gießereiwesen — Gusseisen mit Lamellengraphit*
- [A1](#) EN 1563:2011 [A1](#), *Gießereiwesen — Gusseisen mit Kugelgraphit*
- [A1](#) EN 12680-3:2011 [A1](#), *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 3: Gussstücke aus Gusseisen mit Kugelgraphit*
- [A1](#) EN 13445-3:2014 [A1](#), *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*
- [A1](#) EN 13445-5:2014 [A1](#), *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 5: Inspektion und Prüfung*
- [A1](#) EN 13445-6:2014 [A1](#), *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 6: Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit*
- [A1](#) EN 13835:2012 [A1](#), *Gießereiwesen — Austenitische Gusseisen*
- [A1](#) EN ISO 8062-3:2007 [A1](#), *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.

3.1.1

Gusseisen mit Lamellengraphit

Gusswerkstoff, basierend auf Eisen und Kohlenstoff, wobei der Kohlenstoff überwiegend in Form von blättrigen (lamellaren) Graphitpartikeln vorliegt [A1] EN 1561:2011 [A1]

[A1] Anmerkung 1 zum Begriff: [A1] Gusseisen mit Lamellengraphit ist auch als Lamellengraphit-Gusseisen bekannt, seltener als lamellares Graphitgusseisen.

[A1] Anmerkung 2 zum Begriff: Gusseisen mit Lamellengraphit beinhaltet 2,0 % - 4,5 % Kohlenstoff und 1 % - 3 % Silicium. Das Gefüge besteht aus verzweigten und miteinander verbundenen Graphitlamellen in einer Matrix, welche Perlit, Ferrit oder eine Mischung ist. [A1]

3.1.2

Gusseisen mit Kugelgraphit

Gusswerkstoff auf der Basis Eisen-Kohlenstoff, wobei der Kohlenstoff überwiegend in Form von kugeligen Graphitpartikeln vorliegt [A1] EN 1563:2011 [A1]

[A1] Anmerkung 1 zum Begriff: [A1] Gusseisen mit Kugelgraphit ist auch als duktiles Gusseisen bekannt, seltener als nodulares Gusseisen.

[A1] 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. [A1]

3.1.3

austenitisches Gusseisen

[A1] 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 legiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Graphit kann in lamellarer oder kugelförmiger Form vorliegen. (EN 13835:2012) [A1]

3.1.4

[A1] maßgebende Wanddicke

kennzeichnende Wanddicke des Gussstücks, festgelegt für die Bestimmung der Größe der Probestücke, für die die garantierten mechanischen Eigenschaften gelten [A1]

3.1.5

kritischer Bereich

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

ANMERKUNG 1: 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: 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: 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 Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Inspektion und Einbau von Druckgeräten und, sofern zutreffend, Baugruppen verantwortlich ist

ANMERKUNG 1: 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

Wanddickenfaktor

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

3.1.11

Spannungsfaktor

Verhältnis zwischen Spitzenspannung und Gesamtspannung

3.1.12

Gesamtspannung

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

3.2 Symbole

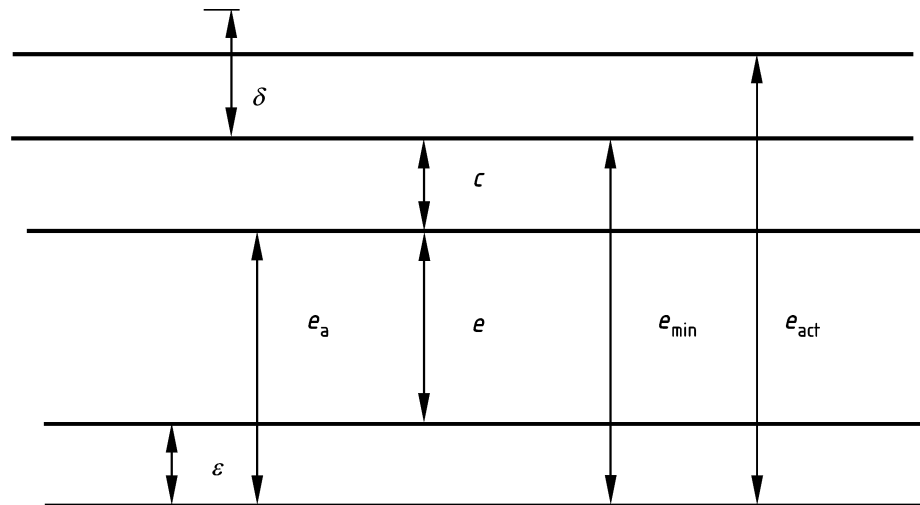
Ⓐ) Für die Anwendung dieses Dokuments sind die in EN 13445 6:2014 verwendeten Symbole in Tabelle 1 aufgeführt. Ⓐ)

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 Ermüdungsrissses	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	Korrekturfaktor für die Temperatur	
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, T_c	Berechnungstemperatur	°C
A, A_5	Mindest-Bruchdehnung	%
C_C	Koeffizient in der Gleichung der Ermüdungs-Auslegungskurve	
C_e	Minderungsfaktor der Wanddicke	
C_T	Minderungsfaktor der Temperatur	
E	Elastizitätsmodul	MPa
F	Prüffaktor bei der experimentellen Beurteilung des Ermüdungsverhaltens	
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	

Symbol	Größe	Einheit
n_i	Anzahl der Lastwechsel mit der Amplitude ΔP_i	
PC, p_c	Berechnungsdruck	MPa ^a
P_b	Berstprüfdruck	MPa ^a
$P_{b,act}$	tatsächlicher Berstprüfdruck	MPa ^a
PD, 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	Mindest-Zugfestigkeit	MPa
<i>gestrichener Text</i>		
$R_{p0,2}$	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
RM	Festigkeitsparameter des Werkstoffs	MPa
<i>RM3</i>	mittlere Zugfestigkeit von drei Probekörpern für den Zugversuch	MPa <i>A1</i>
S	Sicherheitsfaktor	
TS_{max} TS_{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
$\Delta \sigma_{cut}$	Abschaltgrenze	MPa
$\Delta \sigma_D$	Haltbarkeitsgrenze	MPa
$\Delta \sigma_{eq, struc}$	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 sind ausschließlich MPa anzuwenden, sonst ist als Einheit bar zu verwenden (1 MPa = 10 bar).	
^b	Siehe auch <i>A1</i> EN 13445-3:2014 <i>A1</i> , Tabelle 4-1.	

3.3 Wechselwirkung der festgelegten Dicken (A1 EN 13445-6:2014 A1)



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

4 Werkstoffe, Grenzen und Betriebsbedingungen

4.1 Werkstoffe und Temperaturgrenzen, maximal zulässiger Druck und Energiegehalt

A1 Alle Werkstoffsorten, die innerer oder äußerer Druckbeanspruchung ausgesetzt sind, müssen EN 1561:2011 für Gusseisen mit Lamellengraphit, EN 1563:2011 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- grenzen $TS_{\min}$ / $TS_{\max}$	Maximal zulässiger Druck PS	Maximaler Energiegehalt eines einzelnen Gussstücks $PS \times V$
	Symbol	Nummer	°C	bar	bar · L
EN 1561:2011	EN-GJL-200	5.100	$-10 \leq T \leq 200$	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	$-10 \leq T \leq 200$		
	EN-GJLA-XNiMn13-7	5.1501			