

DIN EN 12516-1

ICS 23.060.01

Einsprüche bis 2011-12-10
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12516-1:2005-08

Entwurf**Industriearmaturen –
Gehäusefestigkeit –****Teil 1: Tabellenverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus
Stahl;****Deutsche Fassung prEN 12516-1:2011**

Industrial valves –
Shell design strength –
Part 1: Tabulation method for steel valve shells;
German version prEN 12516-1:2011

Robinetterie industrielle –
Résistance mécanique des enveloppes –
Partie 1: Méthode tabulaire relative aux enveloppes d'appareils de robinetterie en acier;
Version allemande prEN 12516-1:2011

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-10-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an naa@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann
im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter
www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Armaturen (NAA) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift:
Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

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

Gesamtumfang 169 Seiten

Normenausschuss Armaturen (NAA) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12516-1:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 69 „Industriearmaturen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 003-01-01 AA „Grundnormen“ im Normenausschuss Armaturen (NAA).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12516-1:2005-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) dieser Teil von EN 12516 wurde inhaltlich und redaktionell komplett überarbeitet.

Industriearmaturen — Gehäusefestigkeit — Teil 1: Tabellenverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl

Robinetterie industrielle — Résistance mécanique des enveloppes — Partie 1 : Méthode tabulaire relative aux enveloppes d'appareils de robinetterie en acier

Industrial valves — Shell design strength — Part 1: Tabulation method for steel valve shells

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.4c

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen.....	9
3 Begriffe	11
4 Symbole und Einheiten	12
5 Werkstoffgruppen und -temperaturgrenzen	13
6 Druck-/Temperatur-Zuordnungen (<i>p-t</i> -Zuordnung)	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Standardzuordnung.....	13
6.3 Special Class	13
6.4 Limited Class.....	13
6.5 Zwischenzuordnungen.....	13
6.6 Flansch-Zuordnungen	13
7 Temperatureinflüsse	14
7.1 Temperaturgrenzen	14
7.2 Wärmedehnung des Mediums	14
8 Maße.....	14
8.1 Mindestwanddicke	14
8.2 Innendurchmesser.....	14
8.3 Gehäuseaushalsungen	15
8.4 Örtliche Bereiche	17
8.5 Profile an Gehäuseenden.....	17
8.5.1 Anschweißenden	17
8.5.2 Schweißmuffenenden und Gewindeenden	18
8.6 Zusätzliche Metaldicke	19
8.7 Oberteile, Deckel und Anschlüsse.....	19
8.8 Einklemmarmaturen oder Armaturen für flanschlose Verbindungen	19
9 Hilfsanschlüsse.....	20
9.1 Allgemeines	20
9.2 Gewindebohrungen	20
9.3 Schweißmuffenverbindung.....	21
9.4 Anschweißverbindung	21
9.5 Nocken	22
10 Anforderungen an Special Class	22
10.1 Allgemeines	22
10.2 Geforderte Prüfung.....	22
10.3 Gussstücke.....	22
10.3.1 Allgemeine Anforderungen.....	22
10.3.2 Anforderungen an die Volumenprüfung	24
10.3.3 Oberflächenprüfung	24
10.4 Schmiedestücke, Stäbe, Platten und rohrförmige Erzeugnisse	24
10.5 Gesenkschmiedestücke.....	25
10.6 Schweißkonstruktion	25
10.7 Fehlerbeseitigung und Reparatur	25
10.7.1 Fehlerbeseitigung	25

10.7.2	Reparaturschweißungen.....	26
11	Anschlussmaße	26
11.1	Flanschenden	26
11.2	Anschweißenden	26
11.3	Schweißmuffenenden	26
11.4	Gewindeenden	26
11.5	Schweißmuffenenden und Gewindeenden mit Zwischenzuordnungen	26
12	Kennzeichnung.....	26
12.1	Armaturen mit Standardzuordnung.....	26
12.2	Armaturen mit Spezialzuordnung.....	27
12.3	Armaturen mit Limited Class-Zuordnung	27
12.4	Armaturen mit Zwischenzuordnung	27
Anhang A	(informativ) Verhältnis zwischen DN, NPS, Rohr-Innendurchmesser D_{ni} und Rohr- Außendurchmesser OD	86
Anhang B	(normativ) Durchstrahlungsprüfung und Abnahmevorschriften.....	90
B.1	Durchführung der Durchstrahlungsprüfung	90
B.2	Abnahmevorschriften	90
Anhang C	(normativ) Magnetpulverprüfung und Abnahmevorschriften	92
C.1	Durchführung der Prüfung	92
C.1.1	Allgemeines	92
C.1.2	Gussstücke	92
C.1.3	Schmiedestücke, Walzerzeugnisse oder Halbzeuge und Gesenkschmiedestücke	92
Anhang D	(normativ) Farbeindringprüfung und Abnahmevorschriften	93
D.1	Durchführung der Prüfung	93
D.1.1	Gussstücke	93
D.1.2	Schmiedestücke, Walzerzeugnisse oder Halbzeuge und Gesenkschmiedestücke	93
Anhang E	(normativ) Ultraschallprüfung und Abnahmevorschriften	94
E.1	Durchführung der Prüfung an Schmiedestücken und Walzerzeugnissen oder Halbzeug	94
E.1.1	Prüfumfang	94
E.1.2	Abnahmevorschriften	94
E.2	Durchführung der Prüfung an Gussstücken	94
E.2.1	Prüfumfang	94
E.2.2	Abnahmevorschriften	94
Anhang F	(normativ) Verfahren zur Festlegung der Druck-/Temperatur-Zuordnungen.....	95
F.1	Allgemeines	95
F.1.1	Mindestwanddicke.....	95
F.1.2	Werkstoffeigenschaften.....	97
F.2	Druck-/Temperatur-Zuordnungen.....	97
F.2.1	Standardzuordnung	97
F.2.2	Spezialzuordnung.....	99
Anhang G	(normativ) Anforderungen an Armaturen mit Limited Class-Zuordnung, Nennweiten  DN 65.....	100
G.1	Allgemeines	100
G.2	Limited Class-Zuordnung.....	100
G.3	Maße.....	101
G.3.1	Innendurchmesser	101
G.3.2	Wanddicke.....	101
G.3.3	Gehäuseaushalsungen	101
G.3.4	Profile an Übergängen von Gehäusedurchgängen	102
G.3.5	Zusätzliche Metalldicke.....	102
G.3.6	Schweißfertigung	102
Anhang H	(informativ) Werkstoffgruppen	103
Anhang I	(informativ) ASTM/ASME-Werkstoffgruppen	105

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 97/23/EG (Druckgeräte-Richtlinie)	166
Literaturhinweise	167

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12516-1:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 69 „Industriearmaturen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12516-1:2005 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 EG-Richtlinie 97/23/EG (Druckgeräte-Richtlinie).

Zum Zusammenhang mit EG-Richtlinie 97/23/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

EN 12516 besteht aus vier Teilen:

- Teil 1: Tabellenverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl;
- Teil 2: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus Stahl;
- Teil 3: Experimentelles Verfahren;
- Teil 4: Berechnungsverfahren für drucktragende Gehäuse von Armaturen aus anderen metallischen Werkstoffen als Stahl.

Die Anhänge A, H und I sind informativ.

Einleitung

EN 12516, *Industriearmaturen — Gehäusefestigkeit*, umfasst vier Teile. Die Teile 1 und 2 legen Verfahren zur Bestimmung der Wanddicke der drucktragenden Gehäuse von Armaturen aus Stahl nach dem Tabellen- oder Berechnungsverfahren fest. Teil 3 legt ein experimentelles Verfahren zur Bewertung der Festigkeit von drucktragenden Armaturengehäusen aus Stahl, Gusseisen und Kupferlegierung fest, indem ein erhöhter hydrostatischer Prüfdruck bei Umgebungstemperatur aufgebracht wird. Teil 4 legt ein Verfahren für die Berechnung der Wanddicke von drucktragenden Gehäusen von Armaturen aus anderen metallischen Werkstoffen als Stahl fest.

Das Tabellenverfahren nach Teil 1 ist insoweit mit ASME B 16.34 vergleichbar, dass der Konstrukteur die geforderte Mindestwanddicke des Armaturengehäuses aus einer Tabelle entnehmen kann. Der Innendurchmesser des geraden Rohres, in das die Armatur eingebaut wird, ist das Bezugsmaß, aus dem die Tabellenwerte der Gehäusewanddicken errechnet werden. Das Verfahren gilt nur für Armaturengehäuse, Oberteile und Deckel mit im Wesentlichen kreisrundem Querschnitt. Für drucktragende Gehäuse von Armaturen in ovaler oder rechteckiger Ausführung und für zusätzliche Belastungen sollte EN 12516-2 herangezogen werden (siehe 8.6).

Das Berechnungsverfahren nach Teil 2 ist insoweit mit DIN 3840 vergleichbar, dass der Konstrukteur die Wanddicke für jeden Punkt auf der Druck-/Temperatur-Kurve berechnen muss, wobei er die für die Werkstoffe zulässige Spannung bei der von ihm gewählten Temperatur einsetzt (siehe Literaturhinweise, [2]). Die zulässige Spannung wird auf der Grundlage der Werkstoffeigenschaften mit den in Teil 2 festgelegten Sicherheitsfaktoren errechnet. Nach den Gleichungen in Teil 2 gilt die Armatur als Druckbehälter, und es wird sichergestellt, dass keine übermäßige Verformung oder plastische Instabilität auftritt.

Teil 1 legt Druck-/Temperatur-Zuordnungen für drucktragende Armaturengehäuse als PN, Standard- und Spezialclass fest, mit den in den Tabellen festgelegten Wanddicken.

Das Tabellenverfahren enthält eine Dicke für das Gehäuse für jede PN- (siehe 3.1) oder Class-Bezeichnung, die nur vom Innendurchmesser, D_i , des Gehäuses an dem Punkt abhängt, an dem die Dicke zu bestimmen ist.

Jede tabellarisch dargestellte Druck-/Temperatur-Zuordnung erhält als Kennung eine Referenz-Druckbezeichnung. Die Dicken in Tabelle 9 werden nach der Gleichung für den dünnen Zylinder wie auch in Teil 2 errechnet. Die in der Gleichung eingesetzte zulässige Spannung $120,7 \text{ N/mm}^2$ und der Betriebsdruck ändern sich in jeder PN- und Class-Bezeichnung. In der Gleichung wird ein Berechnungsdruck, p_c , in N/mm^2 (z. B. $77,57 \text{ N/mm}^2$ für Class 4 500, $5,17 \text{ N/mm}^2$ für Class 300 und $2,693 \text{ N/mm}^2$ für PN 25) eingesetzt. Tabelle 1 enthält diese Werte für alle tabellarischen PN- und Class-Bezeichnungen.

Tabelle 1 — Druck zur Berechnung der tabellarischen Dicke

Bezeichnung	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100
Druck, p_c N/mm^2	0,3017	0,7188	1,2066	1,9315	2,587	3,017	4,827	5,17	7,602	12,066
Bezeichnung	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500	
Druck, p_c N/mm^2	10,34	15,51	19,315	30,175	25,86	38,63	48,283	43,09	77,57	

Die Gleichung zur Berechnung der Dicke lautet $e_{\min} = \frac{1,5 p_c D_1}{(2 \times 120,7) - (1,2 p_c)} + \text{Konstante}$ (1)

Für die Class-Bezeichnungen gelten die gleichen Regeln zur Bestimmung der Druck-/Temperatur-Zuordnungen sowohl für drucktragende Armaturengehäuse als auch für Flansche.

Für die PN-Bezeichnungen gelten andere Regeln zur Bestimmung der Druck-/Temperatur-Zuordnungen für Flansche und für drucktragende Armaturengehäuse, jedoch hat die Überarbeitung der vorliegenden Norm die Regeln angepasst, um bei Umgebungstemperatur den gleichen Druck zu erhalten. Die Änderung des Drucks bei Temperatur muss bei der Rohrleitung/durch den Monteur berücksichtigt werden.

Die als „Standard Class“ bezeichnete Druck-/Temperatur-Zuordnung für Class 4 500 wird nach folgender Gleichung errechnet:

$$PS_t = \frac{\text{gewählte „Standard Class“} - \text{Spannung bei Temperatur } t}{1,25} \times \frac{4\,500}{7\,000} \leq p_{\text{ceil/std}} \quad (2)$$

ANMERKUNG Die gewählten Spannungen gelten für eine Werkstoffgruppe und werden nach den Werkstoffeigenschaften in ASME Section IID (siehe Literaturhinweise, [3]) bestimmt. Der Grund für die abnehmenden Werte der Standardzuordnung verglichen mit der Spezialzuordnung liegt darin, dass das Gehäuse mit Standardzuordnung den festgelegten zerstörungsfreien Prüfungen und Abnahmekriterien nicht unterliegt.

Der berechnete Druck wird durch den höchstzulässigen Druckwert begrenzt, der eine Obergrenze für hochfeste Werkstoffe setzt und einen festgelegten Grenzwert für die Durchbiegung beinhaltet.

Die Dicken sind bei allen Bezeichnungen im Verhältnis zu den Drücken in Tabelle 1 ungefähr proportional zur Dicke Class 4 500. Gleichmaßen sind die Druck-/Temperatur-Zuordnungen proportional zur Class 4 500-Zuordnung. Bei PN-bezeichneten Zuordnungen basiert das Verhältnis auf 775,7 bar als metrischem Wert der Class 4 500. Siehe Tabelle 2. Bei Class 150 ist das Verhältnis 115/4 500.

Tabelle 2 — Verhältnis zur Bestimmung der Druck-/Temperatur-Zuordnungen

Bezeichnung	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100
Verhältnis für die p/t-Zuordnungen	3,017/ 775,7	7,2/ 775,7	12,066/ 775,7	19,315/ 775,7	115/ 4 500	30,17/ 775,7	48,27/ 775,7	300/ 4 500	76,02/ 775,7	120,66/ 775,7
Bezeichnung	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500	—
Verhältnis für die p/t-Zuordnungen	600/ 4 500	900/ 4 500	193,15/ 775,7	301,75/ 775,7	1 500/ 4 500	386,3/ 775,7	482,83/ 775,7	2 500/ 4 500	4 500/ 4 500	—

Dies ergibt für jede Werkstoffgruppe eine Reihe von Druck-/Temperatur-Zuordnungen.

Die Hauptgründe für die Differenzen zwischen PN-bezeichneten Flansch-Zuordnungen und PN-bezeichneten drucktragenden Gehäuse-Zuordnungen ergeben sich aufgrund des Vorgehens bei höchstzulässigen Werten. Bei PN-bezeichneten Flanschen wird eine konstante höchstzulässige Spannung von 140 N/mm² bei Umgebungstemperatur eingesetzt. Bei PN- und Class-Bezeichnungen gelten die höchstzulässigen Werte nach EN 12516-1, die temperaturabhängig sind.

Diese Norm enthält die allgemein verwendeten Zuordnungen in Tabellenform. Mit Zwischenzuordnungen ist die Konstruktion von drucktragenden Gehäusen für bestimmte Anwendungsfälle oder Märkte möglich. Diese Daten können durch lineare Interpolation der tabellarischen Daten aus prEN 12516-1 ermittelt werden.

Ein Vorteil des Tabellenverfahrens, das ungeachtet des Gehäusewerkstoffes eine festgelegte Reihe von Gehäuseabmessungen beinhaltet, ist die Möglichkeit, über gemeinsame Modelle und Schmiedegesenke zu verfügen. Die zulässige Druck-/Temperatur-Zuordnung je Werkstoffgruppe variiert proportional zu den für die Werkstoffgruppe des jeweiligen Gehäusewerkstoffes gewählten Spannungen, bei Anwendung der vor genannten einfachen Regeln.

Ein Vorteil des Berechnungsverfahrens liegt darin, dass es für einen bestimmten Anwendungsfall die effizienteste Auslegung ermöglicht, indem die zulässigen Spannungen für den tatsächlich für diesen Anwendungsfall gewählten Werkstoff eingesetzt werden.

Die beiden Verfahren basieren auf verschiedenen Annahmen, folglich ist auch die Detailanalyse unterschiedlich (siehe Literaturhinweise, [3]). Beide Verfahren bieten ein sicheres und erprobtes Verfahren für die Auslegung von drucktragenden Bauteilen von Armaturengehäusen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von EN 12516 legt das Tabellenverfahren zur Bestimmung der Wanddicke von Armaturengehäusen, Oberteilen und Deckeln mit im Wesentlichen kreisrundem Querschnitt aus Schmiedestahl, Stahlguss oder Rohstahl fest.

Drucktragende Armaturengehäuse mit ovalen, rechteckigen oder nicht runden Profilen, siehe 8.6.

Dickenwerte sind in folgendem Bereich der PN- oder Class-Bezeichnungen tabellarisch festgehalten:

PN 2,5, PN 6, PN 10, PN 16, PN 25, PN 40, PN 63, PN 100, PN 160, PN 250, PN 320, PN 400, Class 150, Class 300, Class 600, Class 900, Class 1 500, Class 2 500, Class 4 500.

Für jede Werkstoffgruppe werden die Druck-/Temperatur-Zuordnungen mit Standard- und Spezialbezeichnung für die vorgenannten PN- oder Class-Bezeichnungen festgelegt.

Es werden die für die drucktragenden Gehäusebauteile geltenden zerstörungsfreien Prüfungen und Abnahmekriterien festgelegt, die für einen Einsatz der Armatur bei Druck-/Temperatur-Zuordnungen mit der Bezeichnung „Special“ erforderlich sind. Einzelheiten über die alternativen Regelungen für Armaturen mit kleiner Bohrung von höchstens DN 65 sind ebenfalls enthalten.

Die vorliegende Norm gilt nicht für Armaturen mit Gewindeanschlüssen:

- DN 80 oder größer;
- oder mit Druckstufen > Class 2 500;
- oder für den Betrieb bei Temperaturen > 540 °C.

Armaturen mit Schweißmuffenenden DN 80 oder größer fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

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).

EN 19, *Industriearmaturen — Kennzeichnung von Armaturen aus Metall*

EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

EN 444, *Zerstörungsfreie Prüfung — Grundlagen für die Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen*

EN 462-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen — Teil 1: Bildgüteprüfkörper (Drahtsteg) — Ermittlung der Bildgütezahl*

EN 571-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

EN 584-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Industrielle Filme für die Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Klassifizierung von Filmsystemen für die industrielle Durchstrahlungsprüfung*

EN 736-1, *Armaturen — Terminologie — Teil 1: Definition der Grundbauarten*

EN 736-2, *Armaturen — Terminologie — Teil 2: Definition der Armaturenteile*

EN 736-3, *Armaturen — Terminologie — Teil 3: Definition von Begriffen*

EN 1092-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*

EN 1369, *Gießereiwesen — Magnetpulverprüfung*

EN 1759-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach Class bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche, NPS ½ bis 24*

EN 10028-2, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10028-3, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 3: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle, normalgeglüht*

EN 10028-4, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 4: Nickellegierte kaltzähe Stähle*

EN 10028-7, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstahl — Teil 7: Nichtrostende Stähle*

EN 10213, *Stahlguss für Druckbehälter*

EN 10222-2, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen (enthält Berichtigung AC:2000)*

EN 10222-3, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 3: Nickelstähle mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen*

EN 10222-4, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 4: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit hoher Dehngrenze (enthält Änderung A1:2001)*

EN 10222-5, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 5: Martensitische, austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle*

EN 10228-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl — Teil 1: Magnetpulverprüfung*

EN 10228-3, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl — Teil 3: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus ferritischem oder martensitischem Stahl*

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

EN 12517-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Teil 1: Bewertung von Schweißverbindungen in Stahl, Nickel, Titan und ihren Legierungen mit Durchstrahlung — Zulässigkeitsgrenzen*

EN 12517-2, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Teil 2: Bewertung von Schweißverbindungen in Aluminium und seinen Legierungen mit Durchstrahlung — Zulässigkeitsgrenzen*

EN 12627, *Industriearmaturen — Anschweißenden für Armaturen aus Stahl*

EN 12680-1, *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 1: Stahlgussstücke für allgemeine Verwendung*

EN 12681, *Gießereiwesen — Durchstrahlungsprüfung*

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

EN ISO 9692-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Empfehlungen zur Schweißnahtvorbereitung — Teil 1: Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen, Gasschweißen, WIG-Schweißen und Strahlschweißen von Stählen (ISO 9692-1:2003)*

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 15614-1:2004+Amd 1:2008)*

ASTM E 186, *Standard Reference Radiographs for Heavy-Walled (2 to 4 1/2-in. (50.8 to 114-mm)) Steel Castings*

ASTM E 280, *Standard Reference Radiographs for Heavy-Walled (4 1/2 to 12-in. (114 to 305-mm)) Steel Castings*

ASTM E 446, *Standard Reference Radiographs for Steel Castings Up to 2 in. (50.8 mm) in Thickness*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von EN 12516 gelten die Begriffe der Grundbauarten von Armaturen und Komponenten sowie die Begriffe nach EN 736-1, EN 736-2 und EN 736-3 und die folgenden Begriffe.

3.1

PN

(Gehäuse)

alphanumerische Bezeichnung, die für Referenzzwecke verwendet wird und die in Beziehung steht zu einer Kombination von mechanischen und größenmäßigen Merkmalen eines Armaturengehäuses

ANMERKUNG Sie umfasst die Buchstaben PN gefolgt von einer dimensionslosen Zahl.

[Siehe EN 736-3.]

3.2

Class

alphanumerische Bezeichnung für Referenzzwecke, bezogen auf eine Kombination von mechanischen und maßlichen Eigenschaften eines Bauteils eines Rohrleitungssystems

ANMERKUNG Sie umfasst das Wort Class gefolgt von einer dimensionslosen ganzen Zahl.

[Siehe EN 736-3.]

3.3

Special

Bezeichnung von Armaturen mit Gewindeenden oder Schweißenden nach Class, die angibt, dass die drucktragenden Gehäuseteile den festgelegten Anforderungen der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) unterzogen wurden und die Armatur für eine höhere Druck-/Temperatur-Zuordnung verwendet werden kann

4 Symbole und Einheiten

Tabelle 3 — Symbole und Einheiten

Symbol	Bedeutung	Einheit
A	Minstdurchmesser der Muffe	mm
A_{σ}	Metallbereich	mm ²
A_f	Flüssigkeitsbereich	mm ²
B	Mindesttiefe der Muffe	mm
c	Konstante	mm
d'	Innendurchmesser der Gehäuseaushalsung	mm
D'_i	Innendurchmesser der Gehäuseaushalsung über den genannten Bereich hinaus	mm
D''_i	Innendurchmesser der Gehäuseaushalsung für die Bestimmung der Wanddicke	mm
D_i	Innendurchmesser der Armatur	mm
$D_{i,max}$	Maximaler Innendurchmesser der Armatur	mm
$D_{i,min}$	Mindest-Innendurchmesser der Armatur	mm
D_{ni}	Innendurchmesser der Gehäuseanschlussöffnung	mm
e_b	Wanddicke der Aushalsung	mm
e_{min}	Mindestwanddicke	mm
e_r	Wanddicke am Gehäusedurchgang	mm
e_{soc}	Wanddicke der Schweißmuffen	mm
J	Nockendurchmesser	mm
OD	Ausgangsdurchmesser der Rohrs	mm
$p_{ceil/std}$	Höchstzulässiger Druck für Standardzuordnung	bar
p_c	Berechnungsdruck	N/mm ²
$p_{ceil/spe}$	Höchstzulässiger Druck für Spezialzuordnung	bar
p_{ld}	Betriebsdruck der „Limited Class“-Zuordnung	bar
p_r	Zahl für die Druckstufe	dimensionslos
PS	Zulässiger Druck bei Temperatur	bar
p_{sd}	Betriebsdruck der Spezialzuordnung	bar
r	Kehlhalbmesser am Abzweig	mm
S	Spannungsfaktor	N/mm ²
$S_{sel/spe}$	Gewählte Spannung für Spezialzuordnung	N/mm ²
$S_{sel/std}$	Gewählte Spannung für Standardzuordnung	N/mm ²
t	Temperatur	°C
T	Gewindelänge	mm
y	Temperaturkoeffizient	dimensionslos
σ_{zul}	Zulässige Spannung	N/mm ²

5 Werkstoffgruppen und -temperaturgrenzen

Die Werkstoffe für Gehäuse, Oberteil und Deckel werden zur Bestimmung der Druck-/Temperatur-Zuordnungen nach Tabelle 11 einer Werkstoffgruppe zugeordnet. Die Temperaturgrenzen für EN-Werkstoffe müssen den in der Werkstoffnorm festgelegten Werten entsprechen.

Die Auswahl der Werkstoffgruppen ist in Anhang H erläutert.

6 Druck-/Temperatur-Zuordnungen (p -/ t -Zuordnung)

6.1 Allgemeines

Die Zuordnungs-Tabellen 12 bis 57 legen die zulässigen Drücke bei verschiedenen Temperaturen für Gehäuse, Oberteile und Deckel mit PN- und Class-Bezeichnungen fest, die aus der entsprechenden Werkstoffgruppe hergestellt sind (siehe Anhang H). Die Temperatur der Armatur ist im Allgemeinen die Temperatur des enthaltenen Mediums.

6.2 Standardzuordnung

In Übereinstimmung mit der vorliegenden Norm gelten die Standardzuordnungen für Armaturen mit Flansch- (siehe 6.6) und Anschweißenden in allen Nennweiten und für Armaturen mit Gewindeenden und Schweißmuffenenden bis DN 65 (NPS 2 ½). Wird ein Armaturengehäuse oder Oberteil durch Zusammenschweißen hergestellt, darf es als geeignet für die Standardzuordnung klassifiziert werden, wenn 10 % der Schweißnähte einer zerstörungsfreien Stichprobenprüfung unterzogen werden und dabei einen Schweißnahtfaktor von 0,85 erreichen.

6.3 Special Class

Die Gehäuse, Oberteile und Deckel, die den in Abschnitt 10 festgelegten Anforderungen der zerstörungsfreien Prüfung unterzogen wurden, können für eine höhere Druck-/Temperatur-Zuordnung als die Standardzuordnung verwendet werden.

Wird ein Armaturengehäuse oder Oberteil durch Zusammenschweißen hergestellt, darf es nur dann als geeignet für die Spezialzuordnung klassifiziert werden, wenn die Anforderungen nach 10.6 eingehalten werden.

6.4 Limited Class

Armaturen mit Schweißenden und Gewindeenden mit Nennweiten von DN 65 (NPS 2 ½) und kleiner, nach Anhang G, können als „Limited Class“ bezeichnet werden. Die Zuordnungen dürfen die nach Anhang G errechneten Werte nicht überschreiten.

6.5 Zwischenzuordnungen

Alle Druck-/Temperatur-Zuordnungen in den Standard- oder Spezialzuordnungen, die zwischen den in den Tabellen angegebenen Werten liegen, können den Armaturen mit Schweißenden oder Gewindeenden zugeordnet werden, sofern alle Anforderungen der vorliegenden Norm erfüllt sind. Zwischenzuordnungen werden durch lineare Interpolation von tabellarischen Werten ermittelt.

6.6 Flansch-Zuordnungen

Die Druckabnahme gegenüber Temperatur bei Armaturen mit PN-bezeichneten Flanschen, die entsprechend dieser Norm ausgelegt sind, unterscheidet sich von EN 1092-1. Der Anwender muss das bei der Wahl der Flansch-Zuordnung berücksichtigen.

7 Temperatureinflüsse

7.1 Temperaturgrenzen

Schraubverbindungen für den Betrieb im Zeitstandbereich oder Verbindungen, die größeren Temperaturgefällen ausgesetzt sind, werden bei einer Relaxation der Flansche, Schrauben und Dichtungen abnehmenden Schraubenbelastungen ausgesetzt. Der Konstrukteur muss berücksichtigen, dass abnehmende Schraubenbelastungen die Dichtungsfähigkeit der Schraubverbindung vermindern. Der Werkstoff muss innerhalb der festgelegten Grenzwerte angewendet werden. Sind keine Werkstoffeigenschaften bekannt, sind individuelle Werkstoffbewertungen erforderlich.

Einige Werkstoffe sind für Temperaturen unter Raumtemperatur, RT , geeignet, der zugeordnete Druck darf jedoch nicht höher sein als der für Raumtemperatur festgelegte Druck.

7.2 Wärmedehnung des Mediums

Bei einigen Armaturenkonstruktionen können abgedichtete Hohlräume innerhalb des Armaturengehäuses mit Flüssigkeit gefüllt werden, z. B. während der hydrostatischen Prüfung. Wird diese Flüssigkeit nicht durch teilweises Öffnen des Ventils oder durch andere Maßnahmen freigegeben, und wird sie einem Temperaturanstieg ausgesetzt, dann kann ein Überdruck erzeugt werden, der zu einem Versagen der Druckabgrenzung führt. Wenn dieser Zustand eintreten kann, muss durch Konstruktion, Einbau oder Betriebsverfahren sichergestellt werden, dass der Druck in der Armatur den nach dieser Norm zulässigen Druck nicht überschreitet.

8 Maße

8.1 Mindestwanddicke

Die Wanddicke von Armaturengehäusen zum Zeitpunkt der Herstellung und abzüglich aller Auskleidungen darf nicht kleiner sein als $e_{\min}$, wie in Tabelle 10 angegeben, wobei die in 8.3, 8.4 und 8.5 angegebenen Ausnahmen zulässig sind. Zwischenwerte der in Tabelle 10 aufgeführten Werte können durch lineare Interpolation erreicht werden. Die festgelegte Dicke gilt nur für innen benetzte Oberflächen. Der in Tabelle 10 für die Wanddicke festgelegte Wert beinhaltet einen Zuschlag von 1,0 mm für Erosion und Korrosion.

8.2 Innendurchmesser

Zur Bestimmung der Wanddicke, $e_{\min}$, einer Armatur mit vollem Durchgang wird der Innendurchmesser, D_i , als der Minstdurchmesser für den Durchfluss eingesetzt, jedoch muss der Wert mindestens 90 % des Innendurchmessers der Gehäuseanschlussöffnung bei D_{ni} betragen.

Für die Bestimmung der Wanddicke, $e_{\min}$, bei einer Armatur mit reduziertem Durchgang ist der Innendurchmesser, D_i , als der Durchmesser vom Strömungsdurchgang in der Ebene in einem Abstand, $e_{\min}$, von der Außenfläche des Gehäuseanschlusses, gemessen am Gehäusedurchgang, einzusetzen (siehe Bild 1).

Bei Armaturen mit Schweißmuffenenden und Gewindeenden müssen die Muffen- oder Gewindedurchmesser und die zugehörigen Aufnahme- oder Gewindebohrungen bei der Festlegung des D_i -Wertes nicht berücksichtigt werden.

Bei Armaturen, die zwischen den Hoch- und Niederdruckbereichen eines Systems verwendet werden, muss für D_i der Innendurchmesser des Anschlusses auf der Hochdruckseite eingesetzt werden, wobei örtliche Schwankungen der Bohrung in Verbindung mit dem Profil des Anschweißendes nicht berücksichtigt werden müssen. Werden zur Gestaltung des kompletten Strömungsdurchganges oder eines Teiles davon Auskleidungen oder Einsätze jeglicher Art verwendet, dürfen diese bei der Bestimmung von $e_{\min}$ nicht einbezogen werden.

8.3 Gehäuseaushalsungen

Gehäuseaushalsungen müssen über einen Abstand von $1,1 \sqrt{D_i e_{\min}}$, gemessen ab Gehäusedurchgang in Richtung Aushalsung, wie in Bild 1 dargestellt, die Mindest-Wanddicke, $e_{\min}$, einhalten. Die Mindestwanddicken gelten für innen benetzte Oberflächen und werden ab diesen Oberflächen gemessen.

$$\text{Für PN- und Class-Bezeichnungen } \leq \text{Class 2 500 gilt: } D_i'' = \frac{2 D_i'}{3} \quad (4)$$

$$\text{Für Class-Bezeichnungen } > \text{Class 2 500 gilt: } D_i'' = \frac{D_i'}{48} \left(27 + \frac{\text{Class - Bezeichnung}}{500} \right) \quad (5)$$

- a) Für den speziellen Fall, dass $D_i' > 1,5 D_i$, muss die Wanddicke für die gesamte Länge der Gehäuseaushalsung mit dem Innendurchmesser, D_i' , einschließlich dem Bereich $1,1 \sqrt{D_i e_{\min}}$ gleich oder größer sein als e' .
- b) Für den speziellen Fall, dass Gehäuseaushalsungen im Vergleich zum Durchmesser des Gehäusedurchgangs einen kleinen Durchmesser haben, d. h. $D_i/D_i' \geq 4$ (z. B. Öffnung für die Spindel einer Absperrklappe), muss die örtliche Mindestwanddicke über eine Länge, L , wie in Bild 20 angegeben, gleich oder größer sein als e' , wobei e' aus Tabelle 10 nach dem entsprechenden D_i' und der PN- oder Class-Bezeichnung entnommen wird.

$$L = e_{\min} \left(1 + 1,1 \sqrt{\frac{D_i}{e_{\min}}} \right) \quad (6)$$

Über die Länge, L , hinaus müssen Gehäuseaushalsungen eine auf D_i'' basierende örtliche Mindestwanddicke aufweisen.

- c) Wenn eine Gehäuseaushalsung in der Wandung der Aushalsung parallel zu ihrer Achse bis zu der Stelle der Verbindung Gehäuse/Gehäuseoberteil mit Bohrlöchern oder Gewindebohrungen versehen ist, muss die Summe der Stege an den Innen- und Außenseiten gleich oder größer als $e_{\min}$ oder e' sein. Der Steg auf der Innenseite und der Steg am Grund des Bohrloches müssen mindestens $0,25 \times e_{\min}$ oder $0,25 \times e'$ betragen. Diese Dicke muss ab dem Ende der Gehäuseaushalsung über eine Länge des 1,5-fachen Loch- oder Schraubendurchmessers an der Aushalsung vorhanden sein.

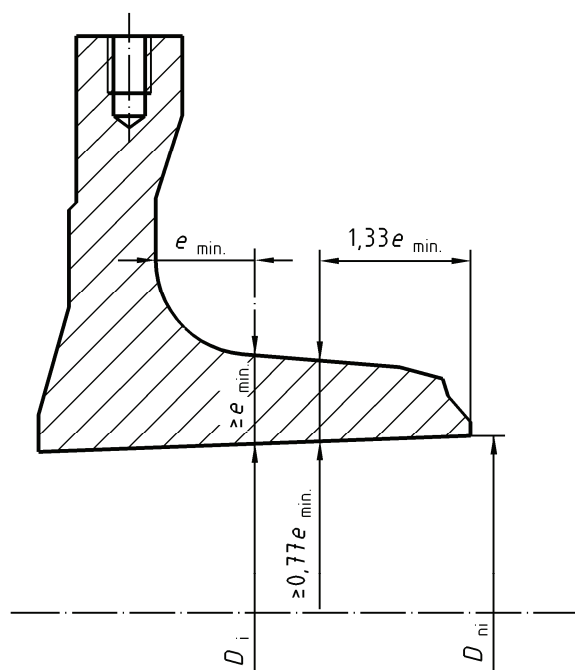


Bild 1a — Querschnitt des Gehäusedurchgangs



8.4 Örtliche Bereiche

- Der Bereich der unter dem Mindestwert liegenden Dicke kann mit einem Kreis umschrieben werden, dessen Durchmesser höchstens $0,35 \sqrt{D_i e_{\min}}$ beträgt. Bei Gehäuseaushalsungen gilt $D_i = D'_i$.
- Die gemessene Dicke beträgt mindestens $0,75 e_{\min}$.
- Die umschriebenen Kreise haben untereinander einen Abstand von Kante zu Kante von mindestens $1,75 \sqrt{D_i e_{\min}}$.

8.5.1 Anschweißenden

AVA Documents
Document Sharing Hub

8.5.2 Schweißmuffenenden und Gewindeenden

Gehäuse mit Schweißmuffenenden und Gewindeenden müssen eine Mindestwanddicke, e_{SOC} , (siehe Bild 2) nach Tabelle 4 haben.

ANMERKUNG PN 160 und darüber werden üblicherweise nicht für Schweißmuffenenden oder Gewindeenden angewendet.

Tabelle 4 — Mindestwanddicke für Schweißmuffenenden und Gewindeenden

Größe	PN 16	PN 20	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100	Class 600	Class 800	Class 900	Class 1 500	Class 2 500	Class 4 500
DN 6	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,6	3,6	5,3	5,6
DN 8	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,3	4,1	4,1	6,6	7,4
DN 10	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,4	3,6	3,6	3,6	4,3	4,3	7,1	9,4
DN 15	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,6	4,1	4,1	4,1	5,3	5,3	8,1	11,2
DN 20	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,9	4,3	4,3	4,3	6,1	6,1	8,7	13,0
DN 25	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	4,2	5,1	5,1	5,1	6,9	6,9	9,9	15,8
DN 32	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	4,7	5,4	5,4	5,4	7,1	8,1	11,7	19,1
DN 40	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	5,0	5,6	5,6	5,8	7,9	8,9	13,0	21,4
DN 50	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	5,6	6,1	6,1	6,9	9,7	10,7	15,8	25,9
DN 65	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	6,4	7,6	7,6	7,9	10,4	12,5	18,6	31,0

ANMERKUNG Class 800 ist keine nach dem Tabellenverfahren übliche Class-Bezeichnung, sondern eine Class-Zwischengröße, die für Armaturen mit Schweißmuffenenden und Gewindeenden häufig verwendet wird.

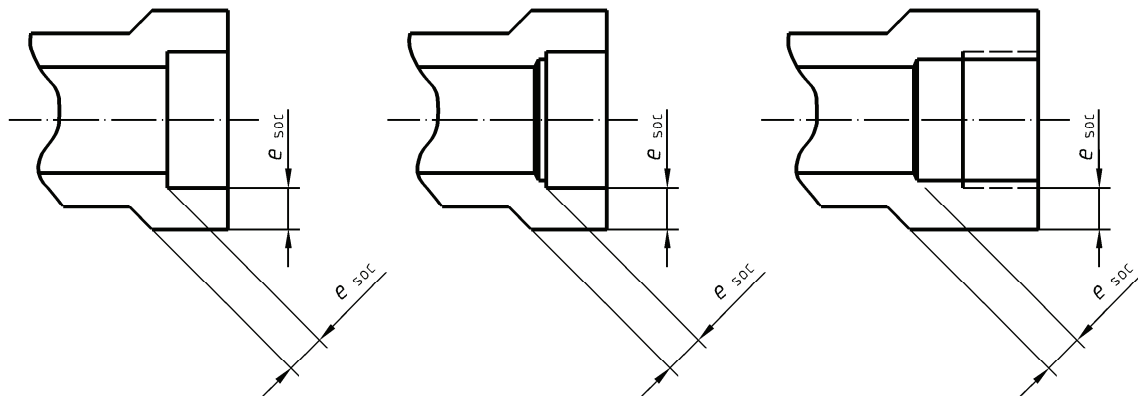


Bild 2 — Wanddicke, e_{SOC} , für Schweißmuffenenden und Gewindeenden

8.6 Zusätzliche Metalldicke

Die Metalldicke des Gehäuses, die sich aus den Belastungen während der Montage, den Öffnungs- und Schließkräften großer Stellantriebe, Spannungskonzentrationen insbesondere im Abzweigbereich, Öffnungen in größeren Gehäuseinnenräumen und bei einigen bearbeiteten Armaturenbauarten ergibt, muss den Festlegungen nach EN 12516-2 entsprechen, damit eine ausreichende Festigkeit und Steifigkeit sichergestellt ist. Bei nicht kreisrunden Gehäusen mit einer Ovalität von mehr als 5 % muss die erforderliche Mindestwanddicke durch Berechnung nach prEN 12516-2 bestätigt werden. Die Ovalität, O , wird wie folgt festgelegt:

$$O = 2 \times (D_{i,\max} - D_{i,\min}) / (D_{i,\max} + D_{i,\min})$$

Dabei ist $D_{i,\max}$ der maximale Durchmesser, D_i , siehe Bild 1.

$D_{i,\min}$ ist der Minstdurchmesser, D_i , siehe Bild 1.

Bei Verwendung der Gleichungen nach prEN 12516-2 muss der Berechnungsdruck aus Tabelle 1 entnommen werden und die zulässige Spannung muss 120,7 N/mm² betragen.

8.7 Oberteile, Deckel und Anschlüsse

Oberteil, Deckel und die Verbindung zwischen dem Gehäuse und dem Oberteil oder Deckel müssen nach prEN 12516-2 ausgelegt sein, um geeigneten Druck-/Temperaturwerte der entsprechenden Zuordnung zu erfüllen: PN, Class, Special Class.

8.8 Einklemmarmaturen oder Armaturen für flanschlose Verbindungen

Armaturen in Einklemmbauweise oder für flanschlose Verbindungen müssen so ausgelegt sein, dass sie den maßgeblichen Anforderungen an Armaturen mit Flanschen entsprechen. Die Wanddicke muss nach Bild 20 bestimmt werden.

Der erforderliche Wert für $e_{\min}$ muss zwischen dem Innendurchmesser, D_i , des Armaturengehäuses und dem Gehäuse-Außendurchmesser gemessen werden, wobei der jeweils kleinere Wert gilt, oder ab dem Umfang eines durch die innenseitigen Berührungspunkte einbeschriebenen Kreises zu den Flanschschraubenlöchern.

Der Steg auf der Innenseite, l , einer Durchgangsbohrung oder eines Sackloches am Wellendurchgang muss mindestens 25 % der erforderlichen Wanddicke der Gehäuseaushalsung betragen, jedoch in keinem Fall weniger als 2,5 mm.

Der Steg auf der Innenseite, f , für parallel zum Gehäusedurchgang angeordnete Schraubenlöcher muss mindestens 0,25 $e_{\min}$ betragen, jedoch in keinem Fall weniger als 2,5 mm. Die Summe der Stege an den Innen- und Außenseiten muss mindestens $e_{\min}$ betragen.

Ein Steg, j , innerhalb der Mindest-Wanddicke zwischen zwei nebeneinander liegenden Schraubenlöchern muss mindestens 0,25 $e_{\min}$ betragen, jedoch nicht weniger als 2,5 mm.

9 Hilfsanschlüsse

9.1 Allgemeines

Alle Hilfsanschlüsse, sofern vom Kunden und/oder Hersteller verlangt, müssen so konstruiert, hergestellt und geprüft werden, dass sie die gleiche Druck-/Temperatur-Zuordnung wie das Armaturengehäuse selbst aufweisen.

Sofern nichts anderes festgelegt ist, muss die Nennweite der Hilfsanschlüsse den Angaben nach Tabelle 5 entsprechen.

Tabelle 5 — Nennweite der Hilfsanschlüsse

Nennweite – Armatur	Nennweite – Anschluss
DN 50 bis DN 100	DN 15
DN 125 bis DN 200	DN 20
≥ DN 250	DN 25

9.2 Gewindebohrungen

In die Wandung des Armaturengehäuses können Gewindelöcher gebohrt werden, sofern die Dicke für die in Tabelle 6 und Bild 3 festgelegte effektive Mindest-Gewindelänge ausreichend ist. In den Fällen, in denen die Dicke nicht ausreicht, muss ein Nocken angefügt werden, wie in 9.5 verlangt. Als Gewinde sind nur kegelige oder zylindrische Kombinationen zulässig.

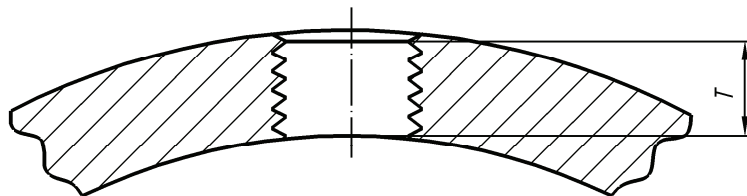


Bild 3 — Gewindelänge für Hilfsanschlüsse

Tabelle 6 — Effektive Mindest-Gewindelänge für Hilfsanschlüsse

Anschluss-Nennweite	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
Gewindelänge, T , mm	10,4	13,5	14	17,3	18	18,3	19,3

9.3 Schweißmuffenverbindung

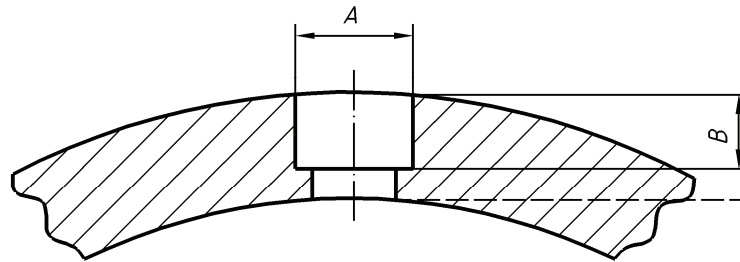


Bild 4 — Schweißmuffenverbindung für Hilfsanschlüsse

Tabelle 7 — Maße für Hilfsanschlüsse mit Schweißmuffenverbindung

Anschluss-Nennweite	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
Minstdurchmesser der Muffe, A, [mm]	17,55	21,70	27,05	33,80	42,55	48,65	61,10
Mindesttiefe der Muffe, B, [mm]	4,8	4,8	6,4	6,4	6,4	6,4	7,9

Hilfsanschlüsse können mit Schweißmuffen mit dem Armaturengehäuse verbunden werden, sofern die Anforderungen nach Tabelle 7 und Bild 4 erfüllt werden. In Fällen, in denen die Dicke nicht ausreicht, muss ein Nocken angefügt werden, wie in 9.5 verlangt. Eine einfache Kehlnaht ist zulässig. Die Kehlnahtbreite muss mindestens $1,09 \times$ Rohrwanddicke oder 3 mm betragen.

9.4 Anschweißverbindung

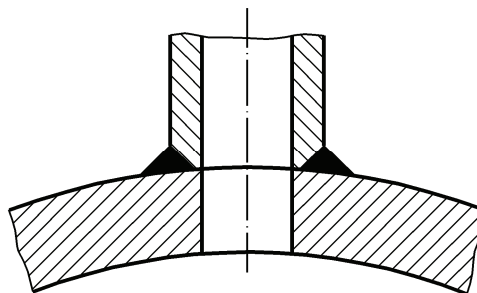


Bild 5 — Anschweißverbindung für Hilfsanschlüsse

Wenn keine Verstärkung erforderlich ist, können Hilfsanschlüsse direkt an die Oberfläche des Armaturengehäuses angeschweißt werden, wie in Bild 5 dargestellt. Wo erforderlich, müssen für Gehäuseöffnungen nach 9.5 bei Öffnungsdurchmessern von mehr als 25 mm Verstärkungen vorgesehen sein.

9.5 Nocken

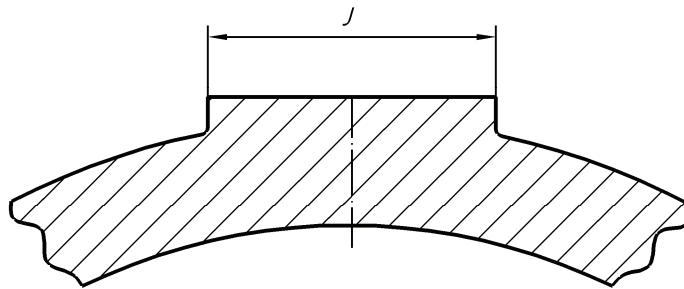


Bild 6 — Nocken für Hilfsanschlüsse

Tabelle 8 — Minstdurchmesser von Nocken für Hilfsanschlüsse

Anschluss-Nennweite	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
Nockendurchmesser, J	31,8	38	45	54	64	70	86

Sind zur Erfüllung der Anforderungen nach 9.2, 9.3 oder 9.4 Nocken erforderlich, dann darf der Durchmesser nicht kleiner sein als in Bild 6 und Tabelle 8 angegeben.

10 Anforderungen an Special Class

10.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen an die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) fest sowie die Regeln für Fehlerbeseitigung und Reparatur von gegossenen, geschmiedeten, gewalzten, aus Halbzeug hergestellten und bearbeiteten Armaturengehäusen und Oberteilen oder Deckeln als druckhaltende Teile zur Verwendung für Armaturen mit der Zuordnung Special Class.

10.2 Geforderte Prüfung

Alle geforderten Prüfungen sind am gegossenen, geschmiedeten, gewalzten Werkstoff, am Halbzeug oder am Rohteil nach der in der Werkstoffspezifikation geforderten Wärmebehandlung durchzuführen. Das kann nach Wahl des Herstellers vor oder nach der Endbearbeitung geschehen. Die Oberflächen müssen sauber und in einem derartigen Zustand sein, dass unzulässige Fehler nicht verdeckt werden. Zugängliche Oberflächen, wie nachstehend aufgeführt, weisen keine Gewinde, Bohrlöcher oder Gewindebohrungen, z. B. für Verschraubungen, Packungen, Spindeln oder Hilfsanschlüsse auf.

10.3 Gussstücke

10.3.1 Allgemeine Anforderungen

Für die Volumenprüfung von Gussstücken gelten die Anforderungen und Abnahmevorschriften nach Anhang B oder Anhang E.

Die Schweißenden aller Gussstücke müssen einer Durchstrahlungsprüfung unterzogen werden [siehe 10.3.2 a) 1)].

Bei der Volumenprüfung (ohne Schweißenden) sind zwei Verfahren möglich.

a) Einzelteil-Prüfung

Jedes Gussstück muss nach den Anforderungen von 10.3.2 geprüft werden.

b) Prüfung durch Probenahme

1) Kriterien für die Probenahme

Gussstücke, für die ein Probelos gefertigt wurde, müssen einem Prüfumfang nach Tabelle 9, abhängig von den Ergebnissen der Prüfung des Probeloses, unterzogen werden.

Tabelle 9 — Kriterien für die Probenahme von Gussstücken

Ergebnisse des Probeloses ^a	Prüfumfang des Abnahmeloses ^a
Probelos nicht zufriedenstellend	Alle Bereiche an allen Gussstücken im Abnahmelos, bei denen im Prüflos Fehler entdeckt wurden, plus eine innere Prüfung auf Fehlerfreiheit von Proben, an 10 % eines Abnahmeloses oder an mindestens drei Proben.
Probelos zufriedenstellend	Innere Prüfung auf Fehlerfreiheit von Proben, an 10 % eines Abnahmeloses oder an mindestens drei Proben.
Probelos entspricht mindestens den Anforderungen der nächsthöheren Stufe als der verlangten	Innere Prüfung auf Fehlerfreiheit von Proben, an 3 % eines Abnahmeloses oder an mindestens einer Probe.
ANMERKUNG Alle Gussstücke des Abnahmeloses sollten für Prüfzwecke vorgelegt werden. Wenn die Ergebnisse der Prüfung auf innere Fehlerfreiheit bei einem oder mehreren stichprobenmäßig entnommenen Gussstücken nicht zufrieden stellend sind, müssen der oder die fehlerhaften Bereiche aller die Lieferung umfassenden Gussstücke einer Durchstrahlungsprüfung unterzogen werden.	
^a Alle Prüfungen sind vor dem Fertigungsschweißen durchzuführen.	

2) Prototyp

Für die Anwendung dieser Norm ist ein Prototyp das erste Gussstück, das unter den für die Serienfertigung festgelegten Bedingungen gefertigt wurde, an dem keine Fertigungsschweißungen vorgenommen werden, bis die Ergebnisse der zerstörungsfreien Prüfung vorliegen.

3) Probelos

Ein Probelos besteht aus einer bestimmten Anzahl von Gussstücken (5 bis 10), die unter festgelegten Bedingungen hergestellt wurden, an denen keine Schweißnahtausbesserungen vorgenommen wurden und für die ein zufrieden stellender Gussprototyp produziert wurde. Jedes Gussstück ist nach den Anforderungen von 10.3.2 zu prüfen.

4) Abnahmelos

Ein Abnahmelos besteht aus allen unter festgelegten Bedingungen hergestellten und zur Prüfung vorgelegten Gussstücken. Wird ein Abnahmelos aus verschiedenen Gießchargen zusammengestellt, dann müssen Proben aus jeder Charge geprüft werden. Jede gewählte Probe muss nach den Anforderungen von 10.3.2 geprüft werden.

10.3.2 Anforderungen an die Volumenprüfung

Das übliche Verfahren der Volumenprüfung ist die Durchstrahlungsprüfung. Bei größeren Wanddicken ist eine Ultraschallprüfung zulässig. Die zu prüfenden Bereiche sind bei der Ultraschallprüfung dieselben wie bei der Durchstrahlungsprüfung (siehe 10.3.2).

Gehäuse-, Oberteil- oder Deckelteile, die eine Durchstrahlungsprüfung erfordern, sind nachstehend beschrieben und in den Bildern 7 bis 19 dargestellt. Der Abstand, A , über den eine Filmabdeckung erforderlich ist, wird in Vielfachen von $e_{\min}$ ausgedrückt, wobei $e_{\min}$ die geforderte Mindestwanddicke ist. Der Wert für A soll dem größeren Wert aus $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm entsprechen. Es sollte beachtet werden, dass das Mindestmaß nicht immer erreicht werden kann. In diesen Fällen darf A auf einen praktisch möglichen Höchstwert reduziert werden. Kleine Abweichungen in der Abdeckung sind gegebenenfalls zulässig, um die Standard-Filmgrößen zu erreichen. Die Durchstrahlungsverfahren und Abnahmevorschriften müssen Anhang B entsprechen.

a) Gehäuse

- 1) Ring um jedes Schweißende, $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm breit, es gilt der jeweils größere Wert, gemessen ab der Spitze des fertigen Profils des Anschweißendes.
- 2) Ring um die Oberteilaushalsung, $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm breit, es gilt der jeweils größere Wert, gemessen ab der Oberseite des Gehäuses bei druckdichtendem Oberteil oder bei verschraubtem Oberteil ab Flanschrückseite.
- 3) Ring im Bereich der Verbindung zwischen Sitz und Gehäusemantel, mit einer Breite von $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm, es gilt der jeweils größere Wert, der einen Umfang zwischen den Kehlnähten des sich kreuzenden Bereiches umfasst (z. B. 210 Grad beim Bild 7, Bild 8, Bild 9, Bild 11, Bild 12 und Bild 18 und von beidseitig 60 Grad bei Bild 15).

b) Oberteil

Ring, dessen Breite im Bereich der Verbindung zwischen Stopfbuchse und Oberteil, Verschlussplatte oder Flansch möglichst $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm entspricht, es gilt der jeweils größte Wert.

c) Deckel

- 1) Die Volumenprüfung ist nicht erforderlich bei ebenen Deckeln mit oder ohne Dichtleisten.
- 2) Bei gewölbten Deckeln, ein Ring in der Nähe der Verbindung zwischen den gewölbten und geflanschten Abschnitten, mit einer Breite von $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm, es gilt der jeweils größere Wert.

10.3.3 Oberflächenprüfung

Alle äußeren und zugänglichen inneren Flächen von Gehäusen, Oberteilen und Deckeln müssen einer Oberflächenprüfung unterzogen werden. Werkstoffen der Gruppen 1C1 bis 1C14 und 1E0 bis 9E0 müssen einer Magnetpulverprüfung oder einer Eindringprüfung unterzogen werden. Bei anderen Werkstoffen muss eine Eindringprüfung durchgeführt werden. Magnetpulverprüfungen müssen dem in Anhang C enthaltenen Verfahren und den Abnahmevorschriften entsprechen. Farbeindringprüfungen müssen dem in Anhang D enthaltenen Verfahren und den Abnahmevorschriften entsprechen.

10.4 Schmiedestücke, Stäbe, Platten und rohrförmige Erzeugnisse

Die folgenden Bereiche sind einer Ultraschallprüfung nach den in Anhang E festgelegten Verfahren und Abnahmevorschriften oder einer Durchstrahlungsprüfung nach den in Anhang B festgelegten Verfahren und Abnahmevorschriften zu unterziehen.

- a) Gehäuse — zylindrische Abschnitte an Rohrenden und Gehäuseaushalsung:
- b) Oberteil — Ringabschnitt ohne Stopfbuchse und Bügelaufsätze;
- c) Deckel
 - 1) Die Volumenprüfung ist nicht erforderlich bei ebenen Deckeln mit oder ohne Dichtleisten.
 - 2) Bei gewölbten Deckeln, ein Ring in der Nähe der Verbindung zwischen den gewölbten und geflanschten Abschnitten, mit einer Breite von $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm, es gilt der jeweils größere Wert. Falls aufgrund der Korngröße die Ultraschallanzeigen während der Prüfung nicht ablesbar sind, muss der Werkstoff nach den in Anhang B festgelegten Anforderungen durchstrahlt werden.
- d) Gehäuse
 - 1) Ring um jedes Schweißende, $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm breit, es gilt der jeweils größere Wert, gemessen ab der Spitze des fertigen Profils des Anschweißendes.
 - 2) Ring um die Oberteilaushalsung, $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm breit, es gilt der jeweils größere Wert, gemessen ab der Oberseite des Gehäuses bei druckdichtendem Oberteil oder bei verschraubtem Oberteil ab Flanschrückseite.
 - 3) Ring im Bereich der Verbindung zwischen Sitz und Gehäusemantel, mit einer Breite von $3 \times e_{\min}$ oder 70 mm, es gilt der jeweils größere Wert, der einen Umfang zwischen den Kehlnähten des sich kreuzenden Bereiches umfasst (z. B. 210 Grad beim Bild 7, Bild 8, Bild 9, Bild 11, Bild 12 und Bild 18 und von beidseitig 60 Grad bei Bild 15).

Für alle Werkstoffe ist eine Oberflächenprüfung nach 10.3.3 erforderlich.

10.5 Gesenkschmiedestücke

Bei gesenkschmiedeten Gehäusen, Oberteilen und Deckeln für Armaturen bis DN 65 ist eine Volumenprüfung nicht erforderlich. Aufgrund des Schmiedeverfahrens treten in Gesenkschmiedestücken keine Unregelmäßigkeiten auf. Es ist wichtig, dass die nachfolgende Wärmebehandlung in entsprechender Weise durchgeführt wird.

Für alle Werkstoffe ist eine Oberflächenprüfung nach 10.3.3 erforderlich.

10.6 Schweißkonstruktion

Gehäuse und Oberteile, die durch Zusammenschweißen von Bauteilen aus Gussstücken, Schmiedestücken, Stäben, Platten, rohrförmigen Erzeugnissen oder Gesenkschmiedestücken in beliebiger Kombination hergestellt werden, müssen — bei gegossenen Bauteilen nach 10.3.2 und 10.3.3 geprüft werden oder — bei geschmiedeten, gewalzten Bauteilen oder Bauteilen aus Halbzeug nach 10.4 oder 10.5 und 10.3.3. Zusätzlich müssen alle Fertigungsschweißungen einer zerstörungsfreien Prüfung nach EN 12517 unterzogen werden, wobei ein Schweißnahtfaktor von 1,0 zu erreichen ist. (Diese Anforderungen gelten nicht für Schweißnähte an Buchsen in der Rückdichtung, Sitzringen, Tragösen und Hilfsanschlüssen.)

10.7 Fehlerbeseitigung und Reparatur

10.7.1 Fehlerbeseitigung

Fehler, die nach den Abnahmevorschriften nicht zulässig sind, müssen durch geeignete Maßnahmen behoben werden. Wenn bei der Beseitigung von Oberflächenfehlern auf ein zulässiges Maß die Wanddicke einen zulässigen Wert nicht unterschreitet, muss an der Fläche ein glatter Übergang zu der umgebenden Oberfläche geschaffen werden.

10.7.2 Reparaturschweißungen

Ergibt sich bei der Fehlerbeseitigung eine Wanddicke unter einem zulässigen Wert, dann darf die entstandene Vertiefung unter folgenden Bedingungen durch Schweißen repariert werden:

- a) Schweißverfahren und Bediener von Schweißeinrichtungen entsprechen den Anforderungen nach EN 287-1 und EN ISO 15614-1.
- b) Die ausgebesserte Fläche wird erneut nach dem ZfP-Verfahren geprüft, durch das der Fehler ursprünglich entdeckt wurde. Die Wiederholungsprüfung nach dem Magnetpulver- oder Farbeindringverfahren an einer ausgebesserten Fläche, an der der Fehler durch diese Verfahren festgestellt wurde, muss im Anschluss an eine Wärmenachbehandlung durchgeführt werden, sofern diese Behandlung durchgeführt wird. Die Wiederholungsprüfung nach dem Durchstrahlungs- oder Ultraschallverfahren an einer ausgebesserten Fläche, an der der Fehler durch diese Verfahren festgestellt wurde, kann vor oder im Anschluss an eine Wärmenachbehandlung durchgeführt werden, sofern diese Behandlung durchgeführt wird. Es gelten die gleichen Abnahmevorschriften wie bei der ursprünglichen Prüfung.

11 Anschlussmaße

11.1 Flanschenden

Die Maße der Flanschenden müssen für PN-bezeichnete Flansche EN 1092-1 und für Class-bezeichnete Flansche EN 1759-1 entsprechen.

11.2 Anschweißenden

Die Maße von Anschweißenden und der Übergang zwischen diesem Ende und dem Armaturengehäuse müssen EN 12627 oder EN ISO 9692-1 entsprechen.

11.3 Schweißmuffenenden

Die Maße von Schweißmuffenenden müssen 8.5.2 entsprechen.

11.4 Gewindeenden

Gewindeenden müssen eine Mindestwanddicke nach den Festlegungen in Tabelle 4 und Bild 2 haben. Gewindeverbindungen müssen ausschließlich als kegelige oder zylindrische Gewindekombinationen ausgeführt werden.

11.5 Schweißmuffenenden und Gewindeenden mit Zwischenzuordnungen

Die Mindestdicke für Schweißmuffenenden und Gewindeanschlüsse mit Zwischenzuordnungen kann durch lineare Interpolation der in Tabelle 4 angegebenen Werte ermittelt werden.

12 Kennzeichnung

12.1 Armaturen mit Standardzuordnung

Für Armaturen mit Anschweißenden, Schweißmuffenenden und Gewindeenden mit PN-Bezeichnungen muss die Kennzeichnung aus den Buchstaben PN und der entsprechenden Nummer, z. B. PN 100, bestehen. Diese Kennzeichnung muss anstelle der Kennzeichnung Nr. 2 von EN 19 angebracht werden. Alle weiteren Kennzeichnungen müssen EN 19 entsprechen.

Alle PN- und Class-bezeichneten Armaturen mit Flanschenden müssen nach EN 19 gekennzeichnet werden.

12.2 Armaturen mit Spezialzuordnung

Zusätzlich zu den Anforderungen von EN 19 muss das Gehäuse mit den Buchstaben SPL oder Special zur Angabe einer Armatur mit Spezialzuordnung gekennzeichnet werden.

12.3 Armaturen mit Limited Class-Zuordnung

Zusätzlich zu den Anforderungen von EN 19 muss das Gehäuse mit den Buchstaben LTD oder Limited zur Angabe einer Armatur mit Limited Class-Zuordnung gekennzeichnet werden.

12.4 Armaturen mit Zwischenzuordnung

Das Gehäuse von Armaturen mit Zwischenzuordnung ist anstelle der PN- oder Class-Bezeichnung nach den Anforderungen von EN 19 mit PS und TS (Nr. 7 und Nr. 9 aus EN 19) zu kennzeichnen.

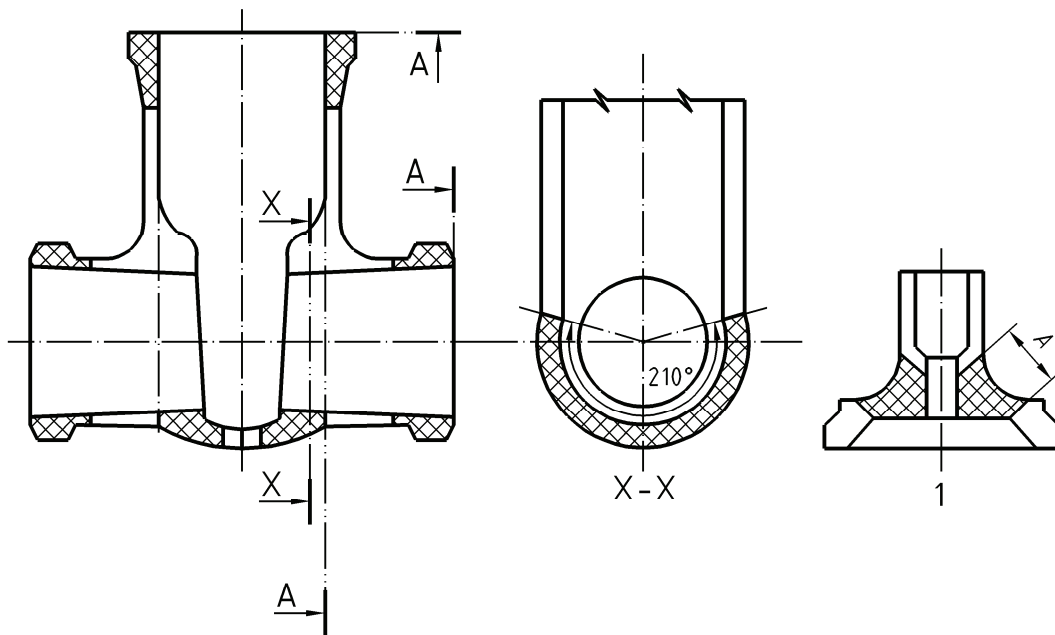


Bild 7 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung von Schiebergehäuse und -oberteil (druckdichtendes Oberteil)

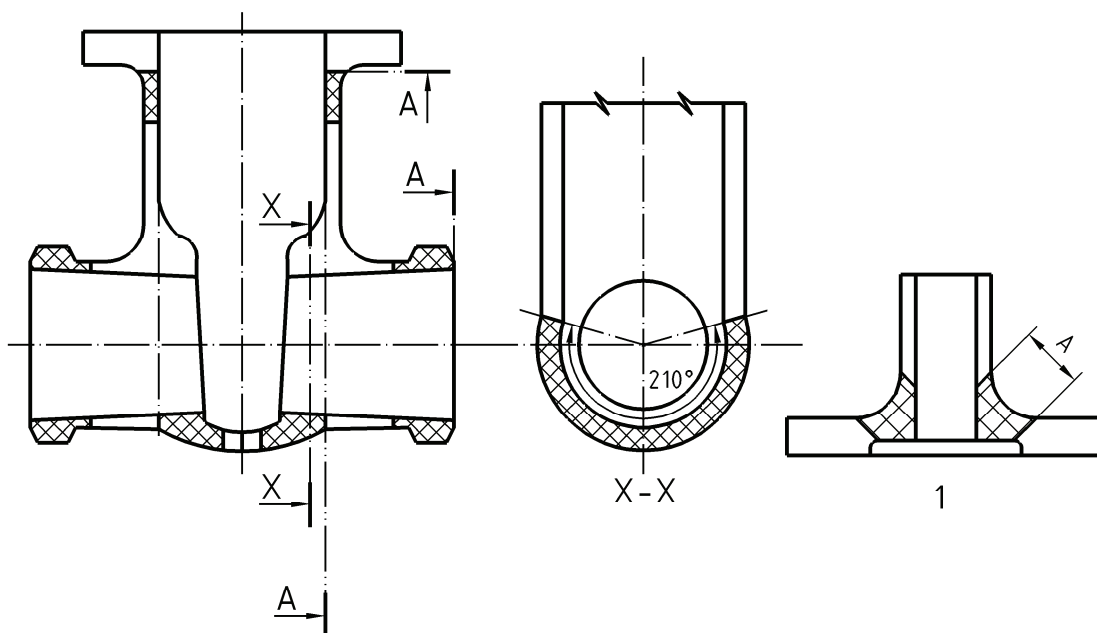


Bild 8 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung von Schiebergehäuse und -oberteil (geflanshtes Oberteil)

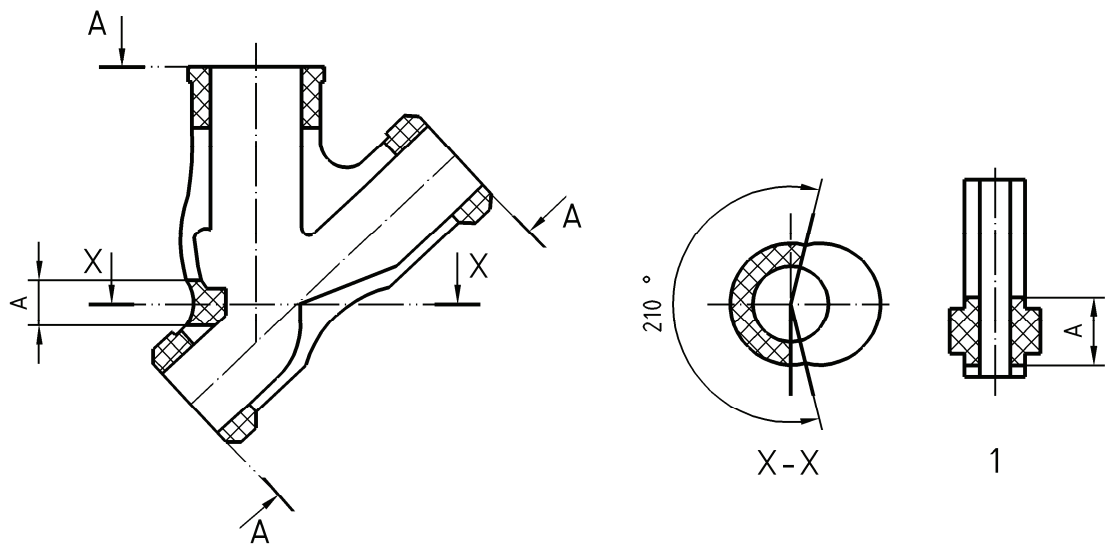


Bild 9 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse und Oberteil eines Durchgangsventils in Schrägsitzausführung (druckdichtendes Oberteil)

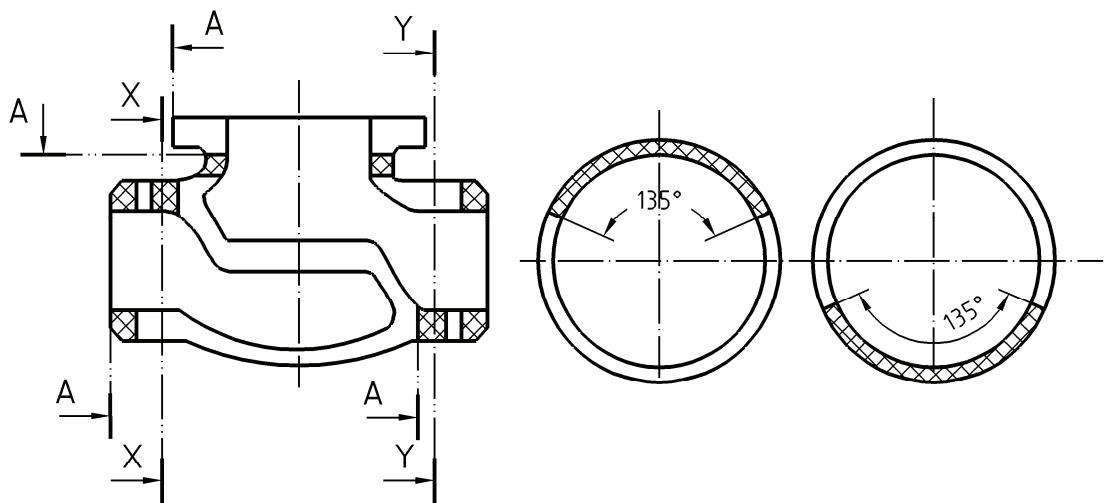


Bild 10 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse eines Durchgangsventils (geflanshtes Oberteil)

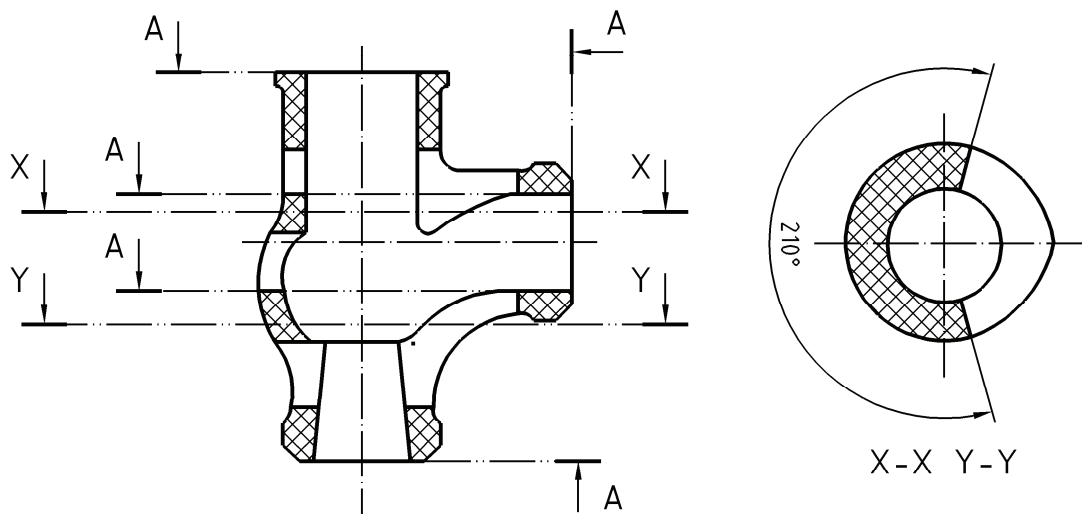


Bild 11 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse eines Eckventils (druckdichtendes Oberteil). Oberteil wie in Bild 9

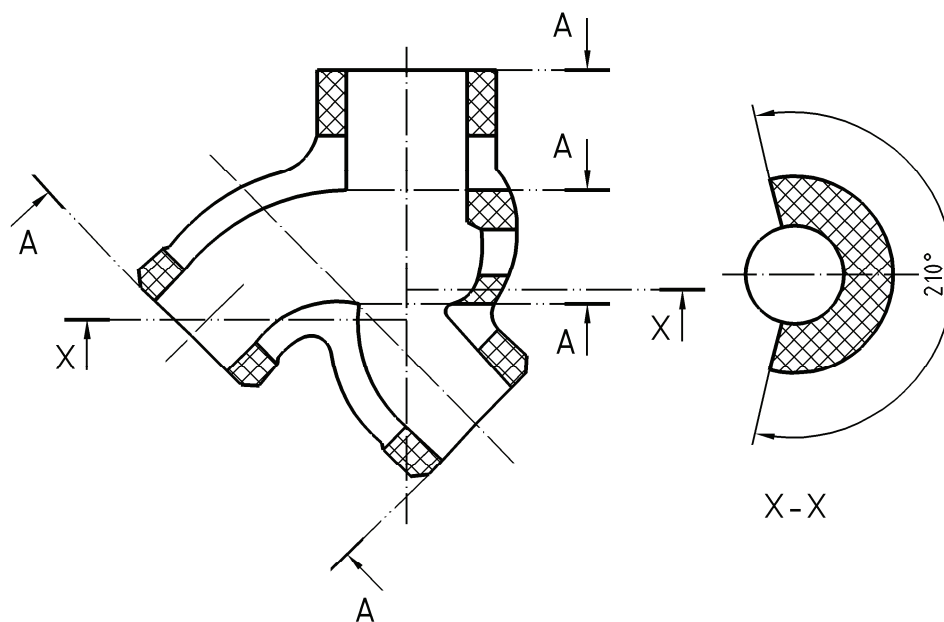


Bild 12 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse eines Eck-Niederschraubventils mit Krümmer (druckdichtendes Oberteil)

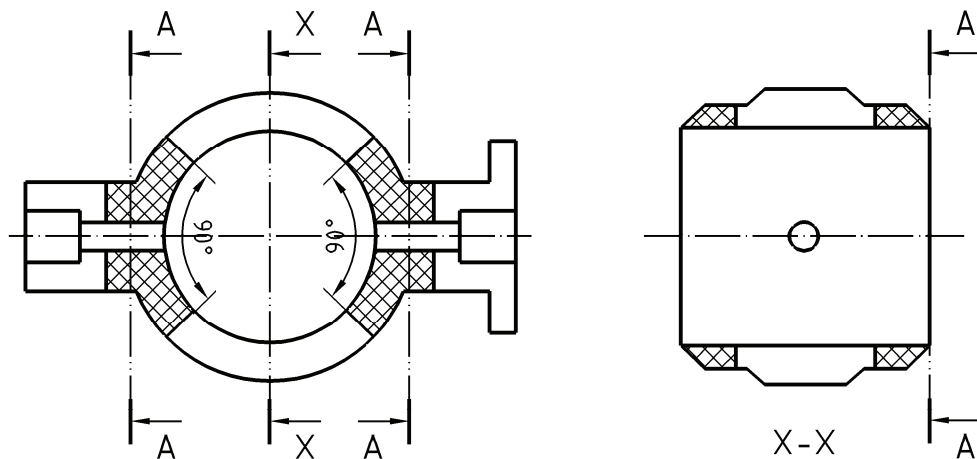


Bild 13 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse einer Klappe

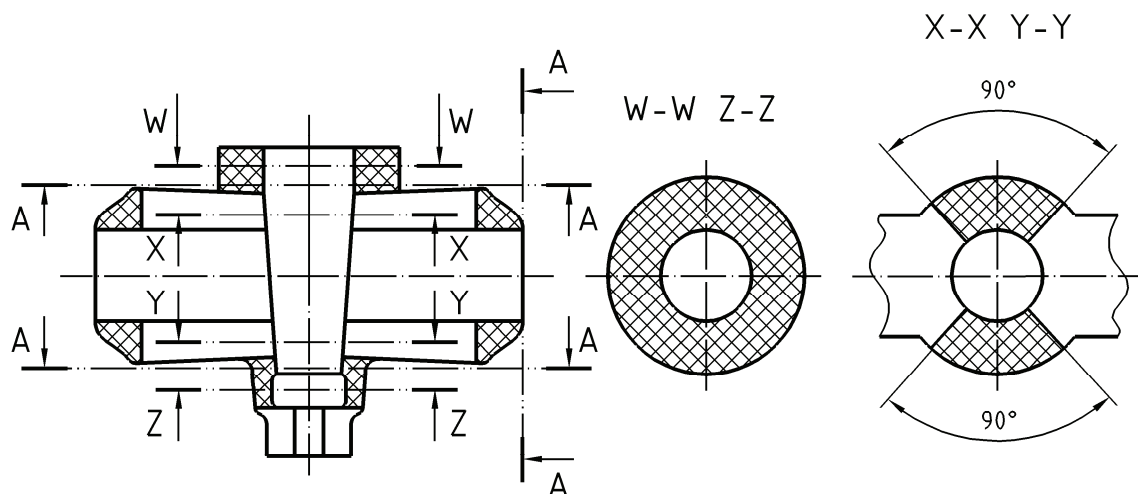


Bild 14 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse eines Drehkegelventils

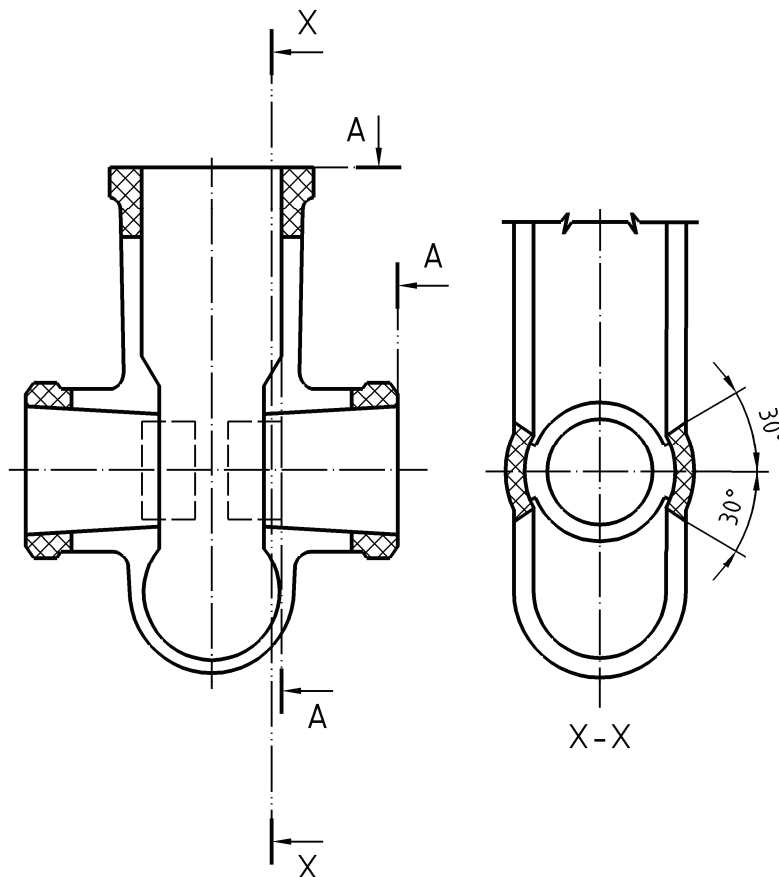


Bild 15 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse eines Schiebers mit Leitrohr (druckdichtendes Oberteil)

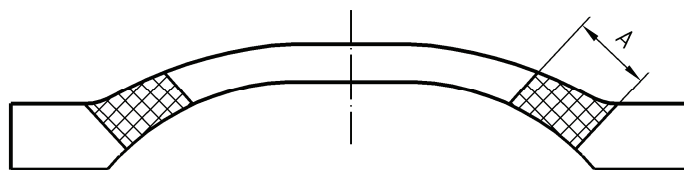


Bild 16 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung an einem gewölbten Deckel

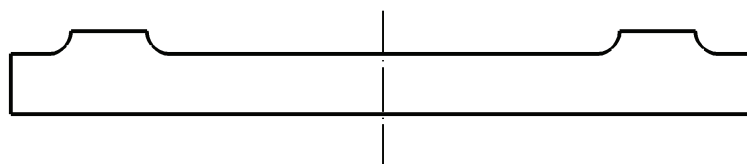


Bild 17 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung an einem ebenen Deckel

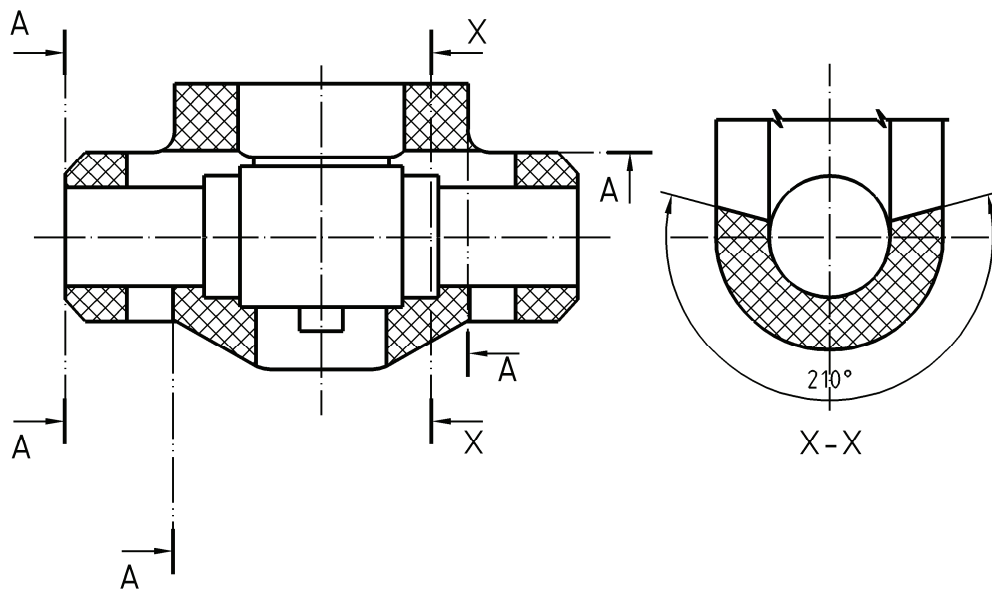


Bild 18 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse eines Kugelhahns mit ungeteiltem Gehäuse

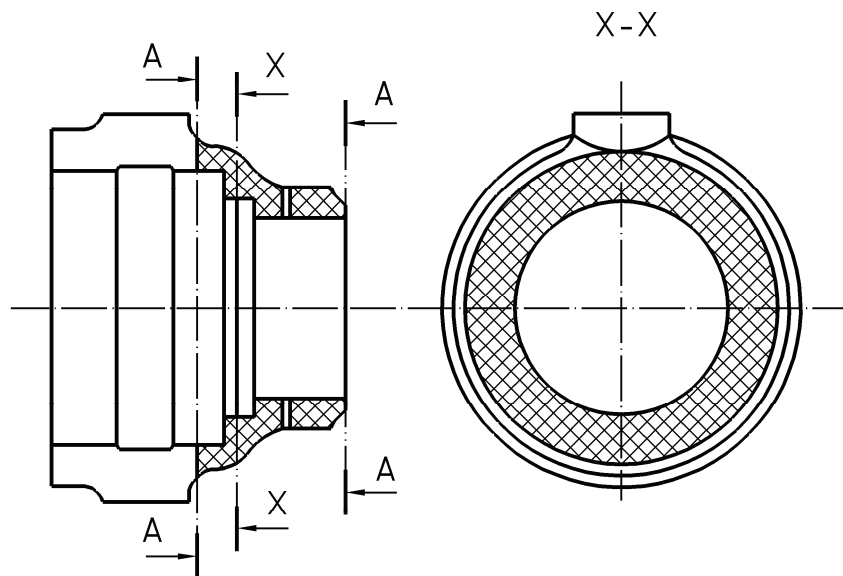
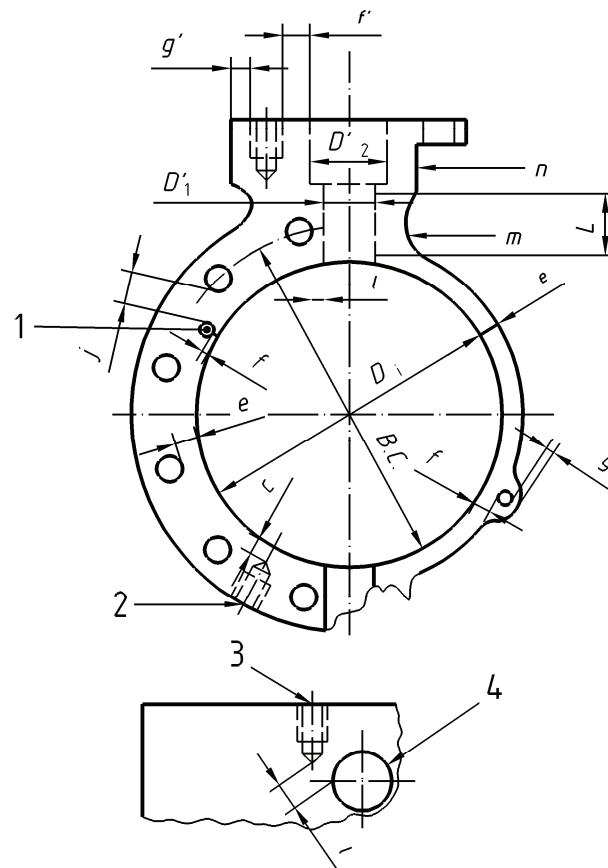


Bild 19 — Typischer Querschnitt eines Gussstückes mit der Darstellung der geforderten Durchstrahlungsprüfung am Gehäuse eines Kugelhahns



Legende

Verhältnis

$$e \geq e_{\min}$$

$$m \geq e'_1$$

$$n \geq e'_2$$

$$L \geq e_{\min} (1 + 1,1 \sqrt{D_1/e_{\min}})$$

$$f \geq 0,25 e_{\min} \text{ (ANMERKUNG 1)}$$

$$f + g \geq e_{\min}$$

$$f' \geq 0,25 e'_2 \text{ (ANMERKUNG 1)}$$

$$f' + g' \geq e'_2$$

$$c \geq 0,75 e_{\min}$$

$$j \geq 0,25 e_{\min} \text{ (ANMERKUNG 1)}$$

$$l \geq 0,25 e'_1 \text{ (ANMERKUNG 1)}$$

Bezug

8.1 (ANMERKUNG 2)

8.3 (ANMERKUNG 2)

8.3 (ANMERKUNG 2 und 3)

8.3. b)

8.3 c)

8.3 c)

8.3 c)

8.3 c)

8.4 b)

8.8

8.8

ANMERKUNG 1 In keinem Fall weniger als 2,5 mm.

ANMERKUNG 2 Außer es gilt 8.4.

ANMERKUNG 3 Ist D'_2 außerhalb der Wellenabdichtung, z. B. außerhalb des innen benetzten Umfangs, werden die Anforderungen an die Mindest-Wanddicke vom Hersteller festgelegt.

Bild 20 — Gehäuse einer Klappe

Tabelle 10 — Mindestwanddickenwerte, $e_{\min}$, des Armaturengehäuses

Maße in Millimeter

D_i	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500
3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	2,7	2,8	2,7	2,9	2,9	3,2	3,1	3,4	3,7	3,6	4,9
5	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	2,8	2,9	2,9	3,1	3,2	3,6	3,5	4,0	4,5	4,2	6,5
9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,0	3,3	3,1	3,5	3,7	4,5	4,2	5,2	6,1	5,6	9,6
10	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,0	3,3	3,2	3,6	3,9	4,7	4,4	5,5	6,5	5,9	10,4
12	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,4	3,4	3,1	3,5	3,4	3,8	4,1	5,2	4,8	6,1	7,3	6,6	12,0
15	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,5	3,5	3,3	3,7	3,6	4,1	4,5	5,8	5,3	7,0	8,5	7,7	14,3
20	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,5	4,1	3,9	4,6	5,2	7,0	6,2	8,5	10,4	9,4	18,2
24	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	3,7	4,5	4,2	5,0	5,7	7,8	7,0	9,7	12,0	10,7	21,4
25	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,2	4,5	4,5	4,5	5,3	5,0	7,0	7,7	8,1	7,1	10,0	12,4	11,1	22,2
27	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,2	4,5	4,6	4,6	5,5	5,1	7,2	8,0	8,5	7,5	10,6	13,2	11,7	23,7
30	4,1	4,1	4,2	4,4	4,5	4,3	4,6	4,7	4,8	5,7	5,3	7,5	8,4	9,2	8,1	11,5	14,4	12,8	26,1
31	4,1	4,1	4,2	4,4	4,5	4,3	4,7	4,7	4,8	5,8	5,4	7,6	8,5	9,4	8,3	11,7	14,8	13,1	26,9
40	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,5	4,9	5,0	5,3	6,5	6,0	8,6	9,7	11,4	9,9	14,4	18,3	16,2	33,9
45	4,1	4,2	4,3	4,5	4,7	4,6	5,1	5,2	5,5	6,9	6,3	9,1	10,4	12,5	10,8	15,9	20,3	17,9	37,8
50	4,6	4,7	4,9	5,1	5,3	5,4	5,9	6,0	6,5	6,8	6,2	7,8	9,2	13,6	11,8	17,4	22,3	19,6	41,8
55	4,6	4,8	4,9	5,2	5,4	5,4	6,1	6,2	6,7	7,2	6,5	8,3	9,8	14,7	12,7	18,9	24,3	21,3	45,7
60	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5	5,5	6,2	6,4	6,9	7,6	6,9	8,8	10,5	15,8	13,6	20,4	26,2	23,0	49,6
65	4,6	4,8	5,0	5,3	5,6	5,6	6,4	6,5	7,2	8,0	7,2	9,3	11,2	16,9	14,5	21,9	28,2	24,7	53,5
70	4,6	4,8	5,0	5,3	5,6	5,7	6,6	6,7	7,4	8,4	7,5	9,8	11,8	18,0	15,4	23,3	30,2	26,4	57,5
75	4,6	4,9	5,1	5,4	5,7	5,8	6,7	6,9	7,7	8,8	7,9	10,4	12,5	19,1	16,4	24,8	32,1	28,1	61,4

Tabelle 10 (fortgesetzt)

D_i	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500
80	4,7	4,9	5,1	5,5	5,8	5,9	6,9	7,0	7,9	9,2	8,2	10,9	13,2	20,2	17,3	26,3	34,1	29,8	65,3
85	4,7	4,9	5,1	5,5	5,9	6,0	7,0	7,2	8,2	9,6	8,5	11,4	13,8	21,3	18,2	27,8	36,1	31,5	69,2
90	4,7	4,9	5,2	5,6	6,0	6,1	7,2	7,4	8,4	10,0	8,9	11,9	14,5	22,4	19,1	29,3	38,1	33,2	73,1
95	4,7	5,0	5,2	5,7	6,0	6,2	7,3	7,5	8,7	10,4	9,2	12,5	15,2	23,5	20,1	30,8	40,0	34,9	77,1
100	4,7	5,0	5,3	5,7	6,1	6,3	7,5	7,7	8,9	10,8	9,6	13,0	15,8	24,6	21,0	32,2	42,0	36,6	81,0
105	4,9	5,2	5,5	6,0	6,4	6,4	7,6	7,9	9,2	11,2	9,9	13,5	16,5	25,7	21,9	33,7	44,0	38,3	84,9
110	4,9	5,2	5,5	6,0	6,5	6,5	7,8	8,0	9,4	11,6	10,2	14,0	17,1	26,8	22,8	35,2	46,0	40,0	88,8
115	4,9	5,2	5,6	6,1	6,6	6,6	7,9	8,2	9,6	12,0	10,6	14,5	17,8	27,9	23,7	36,7	47,9	41,7	92,8
120	4,9	5,3	5,6	6,2	6,7	6,7	8,1	8,4	9,9	12,4	10,9	15,1	18,5	29,0	24,7	38,2	49,9	43,4	96,7
125	4,9	5,3	5,6	6,2	6,7	6,8	8,2	8,5	10,1	12,8	11,3	15,6	19,1	30,1	25,6	39,7	51,9	45,1	100,6
130	4,9	5,3	5,7	6,3	6,8	6,9	8,4	8,7	10,4	13,2	11,6	16,1	19,8	31,2	26,5	41,2	53,9	46,8	104,5
135	5,0	5,3	5,7	6,3	6,9	7,0	8,5	8,9	10,6	13,6	11,9	16,6	20,5	32,3	27,4	42,6	55,8	48,5	108,4
140	5,0	5,4	5,8	6,4	7,0	7,1	8,7	9,0	10,9	14,0	12,3	17,2	21,1	33,4	28,4	44,1	57,8	50,2	112,4
145	5,0	5,4	5,8	6,5	7,1	7,2	8,9	9,2	11,1	14,4	12,6	17,7	21,8	34,5	29,3	45,6	59,8	51,9	116,3
150	5,0	5,4	5,8	6,5	7,1	7,3	9,0	9,3	11,4	14,8	12,9	18,2	22,5	35,6	30,2	47,1	61,8	53,7	120,2
155	5,0	5,4	5,9	6,6	7,2	7,4	9,2	9,5	11,6	15,2	13,3	18,7	23,1	36,7	31,1	48,6	63,7	55,4	124,1
160	5,0	5,5	5,9	6,6	7,3	7,4	9,3	9,7	11,9	15,6	13,6	19,2	23,8	37,8	32,0	50,1	65,7	57,1	128,1
165	5,0	5,5	5,9	6,7	7,4	7,5	9,5	9,8	12,1	16,0	14,0	19,8	24,4	38,9	33,0	51,6	67,7	58,8	132,0
170	5,0	5,5	6,0	6,8	7,5	7,6	9,6	10,0	12,3	16,3	14,3	20,3	25,1	40,0	33,9	53,0	69,7	60,5	135,9
175	5,0	5,5	6,0	6,8	7,5	7,7	9,8	10,2	12,6	16,7	14,6	20,8	25,8	41,1	34,8	54,5	71,6	62,2	139,8
180	5,0	5,6	6,1	6,9	7,6	7,8	9,9	10,3	12,8	17,1	15,0	21,3	26,4	42,2	35,7	56,0	73,6	63,9	143,8
185	5,0	5,6	6,1	6,9	7,7	7,9	10,1	10,5	13,1	17,5	15,3	21,9	27,1	43,3	36,7	57,5	75,6	65,6	147,7

Tabelle 10 (fortgesetzt)

D_i	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500
190	5,1	5,6	6,1	7,0	7,8	8,0	10,2	10,7	13,3	17,9	15,7	22,4	27,8	44,5	37,6	59,0	77,5	67,3	151,6
195	5,1	5,6	6,2	7,1	7,9	8,1	10,4	10,8	13,6	18,3	16,0	22,9	28,4	45,6	38,5	60,5	79,5	69,0	155,5
200	5,1	5,6	6,2	7,1	8,0	8,2	10,5	11,0	13,8	18,7	16,3	23,4	29,1	46,7	39,4	62,0	81,5	70,7	159,4
210	5,1	5,7	6,3	7,2	8,1	8,4	10,9	11,3	14,3	19,5	17,0	24,5	30,4	48,9	41,3	64,9	85,4	74,1	167,3
220	5,1	5,7	6,4	7,4	8,3	8,6	11,2	11,7	14,8	20,3	17,7	25,5	31,7	51,1	43,1	67,9	89,4	77,5	175,1
230	5,1	5,8	6,4	7,5	8,4	8,8	11,5	12,0	15,3	21,1	18,4	26,6	33,1	53,3	44,9	70,9	93,3	80,9	183,0
240	5,2	5,8	6,5	7,6	8,6	9,0	11,8	12,3	15,8	21,9	19,0	27,6	34,4	55,5	46,8	73,8	97,3	84,3	190,8
250	5,2	5,9	6,6	7,7	8,8	9,2	12,1	12,6	16,3	22,7	19,7	28,6	35,7	57,7	48,6	76,8	101,2	87,7	198,7
260	5,2	5,9	6,7	7,9	8,9	9,3	12,4	13,0	16,8	23,5	20,4	29,7	37,1	59,9	50,5	79,8	105,2	91,1	206,5
270	5,2	6,0	6,7	8,0	9,1	9,5	12,7	13,3	17,3	24,3	21,1	30,7	38,4	62,1	52,3	82,8	109,1	94,5	214,4
280	5,2	6,0	6,8	8,1	9,3	9,7	13,0	13,6	17,7	25,1	21,8	31,8	39,7	64,3	54,2	85,7	113,1	97,9	222,2
290	5,2	6,1	6,9	8,2	9,4	9,9	13,3	14,0	18,2	25,9	22,4	32,8	41,0	66,5	56,0	88,7	117,0	101,4	230,0
300	5,3	6,1	7,0	8,3	9,6	10,1	13,6	14,3	18,7	26,7	23,1	33,9	42,4	68,7	57,9	91,7	121,0	104,8	237,9
310	5,3	6,2	7,0	8,5	9,7	10,3	13,9	14,6	19,2	27,5	23,8	34,9	43,7	70,9	59,7	94,6	124,9	108,2	245,7
320	5,3	6,2	7,1	8,6	9,9	10,5	14,2	15,0	19,7	28,3	24,5	36,0	45,0	73,1	61,5	97,6	128,9	111,6	253,6
330	5,3	6,3	7,2	8,7	10,1	10,7	14,5	15,3	20,2	29,1	25,1	37,0	46,4	75,3	63,4	100,6	132,8	115,0	261,4
340	5,3	6,3	7,3	8,8	10,2	10,9	14,8	15,6	20,7	29,9	25,8	38,0	47,7	77,5	65,2	103,5	136,8	118,4	269,3
350	5,4	6,4	7,3	8,9	10,4	11,1	15,2	15,9	21,2	30,7	26,5	39,1	49,0	79,7	67,1	106,5	140,7	121,8	277,1
400	5,5	6,6	7,7	9,5	11,2	12,0	16,7	17,6	23,6	34,7	29,9	44,3	55,6	90,8	76,3	121,4	160,4	138,8	316,3
410	5,5	6,6	7,8	9,7	11,4	12,2	17,0	17,9	24,1	35,5	30,6	45,4	57,0	93,0	78,1	124,3	164,4	142,2	324,2
420	5,5	6,7	7,9	9,8	11,5	12,4	17,3	18,2	24,6	36,3	31,2	46,4	58,3	95,2	80,0	127,3	168,3	145,6	332,0
430	5,5	6,7	7,9	9,9	11,7	12,6	17,6	18,6	25,1	37,1	31,9	47,4	59,6	97,4	81,8	130,3	172,3	149,1	339,9

Tabelle 10 (fortgesetzt)

D_i	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500
440	5,5	6,8	8,0	10,0	11,9	12,8	17,9	18,9	25,6	37,9	32,6	48,5	61,0	99,6	83,7	133,3	176,2	152,5	347,7
450	5,5	6,8	8,1	10,2	12,0	13,0	18,2	19,2	26,1	38,7	33,3	49,5	62,3	101,8	85,5	136,2	180,2	155,9	355,6
460	5,6	6,9	8,2	10,3	12,2	13,2	18,5	19,6	26,6	39,5	33,9	50,6	63,6	104,0	87,4	139,2	184,1	159,3	363,4
470	5,6	6,9	8,2	10,4	12,4	13,3	18,8	19,9	27,1	40,3	34,6	51,6	64,9	106,2	89,2	142,2	188,1	162,7	371,3
480	5,6	7,0	8,3	10,5	12,5	13,5	19,2	20,2	27,6	41,1	35,3	52,7	66,3	108,4	91,0	145,1	192,0	166,1	379,1
490	5,6	7,0	8,4	10,6	12,7	13,7	19,5	20,6	28,1	41,9	36,0	53,7	67,6	110,6	92,9	148,1	196,0	169,5	386,9
500	5,6	7,1	8,5	10,8	12,8	13,9	19,8	20,9	28,5	42,7	36,7	54,8	68,9	112,8	94,7	151,1	199,9	172,9	394,8
510	5,7	7,1	8,5	10,9	13,0	14,1	20,1	21,2	29,0	43,5	37,3	55,8	70,3	115,0	96,6	154,1	203,9	176,3	402,6
520	5,7	7,2	8,6	11,0	13,2	14,3	20,4	21,5	29,5	44,3	38,0	56,8	71,6	117,2	98,4	157,0	207,8	179,7	410,5
530	5,7	7,2	8,7	11,1	13,3	14,5	20,7	21,9	30,0	45,1	38,7	57,9	72,9	119,5	100,3	160,0	211,8	183,1	418,3
540	5,7	7,3	8,8	11,2	13,5	14,7	21,0	22,2	30,5	45,9	39,4	58,9	74,2	121,7	102,1	163,0	215,7	186,5	426,2
550	5,7	7,3	8,8	11,4	13,7	14,9	21,3	22,5	31,0	46,7	40,0	60,0	75,6	123,9	104,0	165,9	219,7	189,9	434,0
560	5,8	7,4	8,9	11,5	13,8	15,1	21,6	22,9	31,5	47,5	40,7	61,0	76,9	126,1	105,8	168,9	223,6	193,4	441,9
570	5,8	7,4	9,0	11,6	14,0	15,2	21,9	23,2	32,0	48,3	41,4	62,1	78,2	128,3	107,6	171,9	227,6	196,8	449,7
580	5,8	7,4	9,1	11,7	14,1	15,4	22,2	23,5	32,5	49,1	42,1	63,1	79,5	130,5	109,5	174,9	231,5	200,2	457,6
590	5,8	7,5	9,2	11,8	14,3	15,6	22,5	23,9	33,0	49,8	42,8	64,2	80,9	132,7	111,3	177,8	235,5	203,6	465,4
600	5,8	7,5	9,2	12,0	14,5	15,8	22,8	24,2	33,5	50,6	43,4	65,2	82,2	134,9	113,2	180,8	239,4	207,0	473,2
610	5,8	7,6	9,3	12,1	14,6	16,0	23,1	24,5	33,9	51,4	44,1	66,2	83,5	137,1	115,0	183,8	243,3	210,4	481,1
620	5,9	7,6	9,4	12,2	14,8	16,2	23,5	24,8	34,4	52,2	44,8	67,3	84,9	139,3	116,9	186,7	247,3	213,8	488,9
630	5,9	7,7	9,5	12,3	15,0	16,4	23,8	25,2	34,9	53,0	45,5	68,3	86,2	141,5	118,7	189,7	251,2	217,2	496,8
640	5,9	7,7	9,5	12,5	15,1	16,6	24,1	25,5	35,4	53,8	46,1	69,4	87,5	143,7	120,6	192,7	255,2	220,6	504,6
650	5,9	7,8	9,6	12,6	15,3	16,8	24,4	25,8	35,9	54,6	46,8	70,4	88,8	145,9	122,4	195,6	259,1	224,0	512,5

Tabelle 10 (fortgesetzt)

D_i	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500
660	5,9	7,8	9,7	12,7	15,4	17,0	24,7	26,2	36,4	55,4	47,5	71,5	90,2	148,1	124,2	198,6	263,1	227,4	520,3
670	6,0	7,9	9,8	12,8	15,6	17,2	25,0	26,5	36,9	56,2	48,2	72,5	91,5	150,3	126,1	201,6	267,0	230,8	528,2
680	6,0	7,9	9,8	12,9	15,8	17,3	25,3	26,8	37,4	57,0	48,8	73,6	92,8	152,5	127,9	204,6	271,0	234,2	536,0
690	6,0	8,0	9,9	13,1	15,9	17,5	25,6	27,2	37,9	57,8	49,5	74,6	94,1	154,7	129,8	207,5	274,9	237,6	543,9
700	6,0	8,0	10,0	13,2	16,1	17,7	25,9	27,5	38,4	58,6	50,2	75,6	95,5	157,0	131,6	210,5	278,9	241,1	551,7
710	6,0	8,1	10,1	13,3	16,3	17,9	26,2	27,8	38,9	59,4	50,9	76,7	96,8	159,2	133,5	213,5	282,8	244,5	559,5
720	6,1	8,1	10,1	13,4	16,4	18,1	26,5	28,1	39,3	60,2	51,6	77,7	98,1	161,4	135,3	216,4	286,8	247,9	567,4
730	6,1	8,2	10,2	13,5	16,6	18,3	26,8	28,5	39,8	61,0	52,2	78,8	99,5	163,6	137,1	219,4	290,7	251,3	575,2
740	6,1	8,2	10,3	13,7	16,8	18,5	27,1	28,8	40,3	61,8	52,9	79,8	100,8	165,8	139,0	222,4	294,7	254,7	583,1
750	6,1	8,3	10,4	13,8	16,9	18,7	27,4	29,1	40,8	62,6	53,6	80,9	102,1	168,0	140,8	225,4	298,6	258,1	590,9
760	6,1	8,3	10,4	13,9	17,1	18,9	27,8	29,5	41,3	63,4	54,3	81,9	103,4	170,2	142,7	228,3	302,6	261,5	598,8
770	6,1	8,4	10,5	14,0	17,2	19,1	28,1	29,8	41,8	64,2	54,9	82,9	104,8	172,4	144,5	231,3	306,5	264,9	606,6
780	6,2	8,4	10,6	14,2	17,4	19,2	28,4	30,1	42,3	65,0	55,6	84,0	106,1	174,6	146,4	234,3	310,5	268,3	614,5
790	6,2	8,4	10,7	14,3	17,6	19,4	28,7	30,4	42,8	65,8	56,3	85,0	107,4	176,8	148,2	237,2	314,4	271,7	622,3
800	6,2	8,5	10,7	14,4	17,7	19,6	29,0	30,8	43,3	66,6	57,0	86,1	108,8	179,0	150,1	240,2	318,4	275,1	630,1
810	6,2	8,5	10,8	14,5	17,9	19,8	29,3	31,1	43,8	67,4	57,7	87,1	110,1	181,2	151,9	243,2	322,3	278,5	638,0
820	6,2	8,6	10,9	14,6	18,1	20,0	29,6	31,4	44,3	68,2	58,3	88,2	111,4	183,4	153,7	246,2	326,3	281,9	645,8
830	6,3	8,6	11,0	14,8	18,2	20,2	29,9	31,8	44,7	69,0	59,0	89,2	112,7	185,6	155,6	249,1	330,2	285,4	653,7
840	6,3	8,7	11,0	14,9	18,4	20,4	30,2	32,1	45,2	69,8	59,7	90,3	114,1	187,8	157,4	252,1	334,1	288,8	661,5
850	6,3	8,7	11,1	15,0	18,5	20,6	30,5	32,4	45,7	70,6	60,4	91,3	115,4	190,0	159,3	255,1	338,1	292,2	669,4

Tabelle 10 (fortgesetzt)

D_i	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500
860	6,3	8,8	11,2	15,1	18,7	20,8	30,8	32,8	46,2	71,4	61,0	92,3	116,7	192,2	161,1	258,0	342,0	295,6	677,2
870	6,3	8,8	11,3	15,2	18,9	21,0	31,1	33,1	46,7	72,2	61,7	93,4	118,0	194,5	163,0	261,0	346,0	299,0	685,1
880	6,4	8,9	11,3	15,4	19,0	21,1	31,4	33,4	47,2	73,0	62,4	94,4	119,4	196,7	164,8	264,0	349,9	302,4	692,9
890	6,4	8,9	11,4	15,5	19,2	21,3	31,8	33,7	47,7	73,8	63,1	95,5	120,7	198,9	166,6	266,9	353,9	305,8	700,8
900	6,4	9,0	11,5	15,6	19,4	21,5	32,1	34,1	48,2	74,6	63,7	96,5	122,0	201,1	168,5	269,9	357,8	309,2	708,6
910	6,4	9,0	11,6	15,7	19,5	21,7	32,4	34,4	48,7	75,4	64,4	97,6	123,4	203,3	170,3	272,9	361,8	312,6	716,4
920	6,4	9,1	11,6	15,8	19,7	21,9	32,7	34,7	49,2	76,2	65,1	98,6	124,7	205,5	172,2	275,9	365,7	316,0	724,3
930	6,4	9,1	11,7	16,0	19,8	22,1	33,0	35,1	49,7	77,0	65,8	99,7	126,0	207,7	174,0	278,8	369,7	319,4	732,1
940	6,5	9,2	11,8	16,1	20,0	22,3	33,3	35,4	50,1	77,8	66,5	100,7	127,3	209,9	175,9	281,8	373,6	322,8	740,0
950	6,5	9,2	11,9	16,2	20,2	22,5	33,6	35,7	50,6	78,6	67,1	101,7	128,7	212,1	177,7	284,8	377,6	326,2	747,8
960	6,5	9,3	11,9	16,3	20,3	22,7	33,9	36,1	51,1	79,4	67,8	102,8	130,0	214,3	179,6	287,7	381,5	329,6	755,7
970	6,5	9,3	12,0	16,5	20,5	22,9	34,2	36,4	51,6	80,2	68,5	103,8	131,3	216,5	181,4	290,7	385,5	333,1	763,5
980	6,5	9,3	12,1	16,6	20,7	23,1	34,5	36,7	52,1	81,0	69,2	104,9	132,7	218,7	183,2	293,7	389,4	336,5	771,4
990	6,6	9,4	12,2	16,7	20,8	23,2	34,8	37,0	52,6	81,8	69,8	105,9	134,0	220,9	185,1	296,7	393,4	339,9	779,2
1000	6,6	9,4	12,2	16,8	21,0	23,4	35,1	37,4	53,1	82,5	70,5	107,0	135,3	223,1	186,9	299,6	397,3	343,3	787,0
1010	6,6	9,5	12,3	16,9	21,1	23,6	35,4	37,7	53,6	83,3	71,2	108,0	136,6	225,3	188,8	302,6	401,3	346,7	794,9
1020	6,6	9,5	12,4	17,1	21,3	23,8	35,7	38,0	54,1	84,1	71,9	109,1	138,0	227,5	190,6	305,6	405,2	350,1	802,7
1030	6,6	9,6	12,5	17,2	21,5	24,0	36,1	38,4	54,6	84,9	72,6	110,1	139,3	229,7	192,5	308,5	409,2	353,5	810,6
1040	6,7	9,6	12,5	17,3	21,6	24,2	36,4	38,7	55,1	85,7	73,2	111,1	140,6	232,0	194,3	311,5	413,1	356,9	818,4
1050	6,7	9,7	12,6	17,4	21,8	24,4	36,7	39,0	55,5	86,5	73,9	112,2	141,9	234,2	196,2	314,5	417,0	360,3	826,3
1060	6,7	9,7	12,7	17,5	22,0	24,6	37,0	39,4	56,0	87,3	74,6	113,2	143,3	236,4	198,0	317,5	421,0	363,7	834,1
1070	6,7	9,8	12,8	17,7	22,1	24,8	37,3	39,7	56,5	88,1	75,3	114,3	144,6	238,6	199,8	320,4	424,9	367,1	842,0

Tabelle 10 (fortgesetzt)

D_i	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	Class 150	PN 25	PN 40	Class 300	PN 63	PN 100	Class 600	Class 900	PN 160	PN 250	Class 1 500	PN 320	PN 400	Class 2 500	Class 4 500
1080	6,7	9,8	12,8	17,8	22,3	25,0	37,6	40,0	57,0	88,9	75,9	115,3	145,9	240,8	201,7	323,4	428,9	370,5	849,8
1090	6,7	9,9	12,9	17,9	22,4	25,1	37,9	40,3	57,5	89,7	76,6	116,4	147,3	243,0	203,5	326,4	432,8	373,9	857,7
1100	6,8	9,9	13,0	18,0	22,6	25,3	38,2	40,7	58,0	90,5	77,3	117,4	148,6	245,2	205,4	329,3	436,8	377,4	865,5
1110	6,8	10,0	13,1	18,2	22,8	25,5	38,5	41,0	58,5	91,3	78,0	118,5	149,9	247,4	207,2	332,3	440,7	380,8	873,3
1120	6,8	10,0	13,1	18,3	22,9	25,7	38,8	41,3	59,0	92,1	78,6	119,5	151,2	249,6	209,1	335,3	444,7	384,2	881,2
1130	6,8	10,1	13,2	18,4	23,1	25,9	39,1	41,7	59,5	92,9	79,3	120,5	152,6	251,8	210,9	338,2	448,6	387,6	889,0
1140	6,8	10,1	13,3	18,5	23,3	26,1	39,4	42,0	60,0	93,7	80,0	121,6	153,9	254,0	212,7	341,2	452,6	391,0	896,9
1150	6,9	10,2	13,4	18,6	23,4	26,3	39,7	42,3	60,5	94,5	80,7	122,6	155,2	256,2	214,6	344,2	456,5	394,4	904,7
1160	6,9	10,2	13,4	18,8	23,6	26,5	40,0	42,6	60,9	95,3	81,4	123,7	156,5	258,4	216,4	347,2	460,5	397,8	912,6
1170	6,9	10,2	13,5	18,9	23,8	26,7	40,4	43,0	61,4	96,1	82,0	124,7	157,9	260,6	218,3	350,1	464,4	401,2	920,4
1180	6,9	10,3	13,6	19,0	23,9	26,9	40,7	43,3	61,9	96,9	82,7	125,8	159,2	262,8	220,1	353,1	468,4	404,6	928,3
1190	6,9	10,3	13,7	19,1	24,1	27,0	41,0	43,6	62,4	97,7	83,4	126,8	160,5	265,0	222,0	356,1	472,3	408,0	936,1
1200	7,0	10,4	13,8	19,2	24,2	27,2	41,3	44,0	62,9	98,5	84,1	127,9	161,9	267,2	223,8	359,0	476,3	411,4	943,9
1210	7,0	10,4	13,8	19,4	24,4	27,4	41,6	44,3	63,4	99,3	84,7	128,9	163,2	269,5	225,7	362,0	480,2	414,8	951,8
1220	7,0	10,5	13,9	19,5	24,6	27,6	41,9	44,6	63,9	100,1	85,4	129,9	164,5	271,7	227,5	365,0	484,2	418,2	959,6
1250	7,0	10,6	14,1	19,8	25,1	28,2	42,8	45,6	65,4	102,5	87,5	133,1	168,5	278,3	233,0	373,9	496,0	428,5	983,2
1300	7,1	10,9	14,5	20,5	25,9	29,1	44,4	47,3	67,8	106,5	90,8	138,3	175,1	289,3	242,2	388,8	515,7	445,5	1 022,4

Tabelle 11 — Werkstoffgruppen für Stähle nach EN-Normen

	Schmiede- stücke			Guss- stücke			Platten			Stäbe		
Gruppe	EN-Norm	Bezeichnung	Nr.	EN-Norm	Bezeichnung	Nr.	EN-Norm	Bezeichnung	Nr.	EN-Norm	Bezeichnung	Nr.
3E0	10222-2	P245GH	1.0352	10213	GP240GH	1.0619	10028-2					
3E0				10213	GP280GH	1.0625	10028-2	P265GH	1.0425			
3E1							10028-2	P295GH	1.0481			
3E1							10222-2	P280GH	1.0426			
4E0	10222-2	16Mo3	1.5415	10213	G20Mo5	1.5419	10028-2	16Mo3	1.5415			
5E0	10222-2	13CrMo4-5	1.7335	10213	G17CrMo5-5	1.7357	10028-2	13CrMo4-5	1.7335			
6E0	10222-2	11CrMo9-10	1.7383	10213	G17CrMo9-10	1.7379	10028-2	1CrMo9-10	1.7380			
6E1	10222-2	X16CrMo5-1+NT	1.7366	10213	GX15CrMo5	1.7365						
7E0				10213	G17Mn5	1.1131	10028-3	P275NL1	1.0488			
7E0				10213	G20Mn5	1.6220	10028-3	P275NL2	1.1104			
7E1							10028-3	P355NL1	1.0566			
7E1							10028-3	P355NL2	1.1106			
7E2	10222-3	15NiMn6	1.6228	10213	G9Ni10	1.5636	10028-4	11MnNi5-3	1.6212			
7E2							10028-4	15NiMn6	1.6228			
7E3	10222-3	12Ni14	1.5637	10213	G9Ni14	1.5638	10028-4	12Ni14	1.5637			

Tabelle 11 (fortgesetzt)

	Schmiede stücke			Guss- stücke			Platten			Stäbe		
Gruppe	EN-Norm	Bezeichnung	Nr.	EN- Norm	Bezeichnung	Nr.	EN- Norm	Bezeichnung	Nr.	EN- Norm	Bezeichnung	Nr.
7E3	10222-3	X8Ni9	1.5662				10028-4	X8Ni9	1.5662			
7E3	10222-3	X12Ni5	1.5680				10028-4	12Ni19	1.5680			
7E3	10222-3	13MnNi6-3	1.6217									
8E2							10028-3	P275NH	1.0487			
8E2	10222-4	P285NH	1.0477									
8E2	10222-4	P285QH	1.0478									
8E3	10222-4	P355NH	1.0565				10028-3	P355N	1.0562			
8E3	10222-4	P355QH1	1.0571				10028-3	P355NH	1.0565			
9E0	10222-2	X20CrMoV11-1	1.4922	10213	GX23CrMoV12-1	1.4931						
9E1	10222-2	X10CrMoVNb9-1	1.4903									
10E0	10222-5	X2CrNi18-9	1.4307	10213	GX2CrNi19-11	1.4309	10028-7	X2CrNi19-11	1.4306			
10E0							10028-7	X2CrNi18-9	1.4307			
10E1	10222-5	X2CrNiN18-10	1.4311				10028-7	X2CrNiN18-10	1.4311			
11E0	10222-5	X5CrNi18-10	1.4301	10213	GX5CrNi19-10	1.4308	10028-7	X5CrNi18-10	1.4301			
11E0	10222-5	X6CrNi18-10	1.4948				10028-7	X6CrNi18-10	1.4948			
12E0	10222-5	X6CrNiTi18-10	1.4541	10213	GX5CrNiNb19-11	1.4552	10028-7	X6CrNiTi18-10	1.4541			
12E0	10222-5	X6CrNiNb18-10	1.4550				10028-7	X6CrNiNb18-10	1.4550			

Tabelle 11 (fortgesetzt)

	Schmiede- stücke			Guss- stücke			Platten			Stäbe		
Gruppe	EN-Norm	Bezeichnung	Nr.	EN-Norm	Bezeichnung	Nr.	EN- Norm	Bezeichnung	Nr.	EN- Norm	Bezeichnung	Nr.
12E0	10222-5	X6CrNiTiB18-10	1.4941				10028-7	X6CrNiTiB18-10	1.4941			
13E0	10222-5	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	10213	GX2CrNiMo19-11-2	1.4409	10028-7	X2CrNiMo17-12-2	1.4404			
13E0	10222-5	X2CrNiMo17-12-3	1.4432	10213	GX2NiCrMo28-20-2	1.4458	10028-7	X2CrNiMo17-12-3	1.4432			
13E0	10222-5	X2CrNiMo18-14-3	1.4435				10028-7	X2CrNiMo18-14-3	1.4435			
13E0							10028-7	X1CrNiMoCu25-20-5	1.4539			
13E1	10222-5	X2CrNiMoN17-11-2	1.4406				10028-7	X2CrNiMoN17-11-2	1.4406			
13E1	10222-5	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429				10028-7	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429			
14E0	10222-5	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	10213	GX5CrNiMo19-11-2	1.4408	10028-7	X5CrNiMo17-12-2	1.4401			
14E0	10222-5	X3CrNiMo17-13-3	1.4436				10028-7	X3CrNiMo17-13-3	1.4436			
15E0	10222-5	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	10213	GX5CrNiMoNb19-11-2	1.4581	10028-7	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571			
15E0							10028-7	X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580			
16E0	10222-5	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	10213	GX2CrNiMoN26-7-4	1.4469	10028-7	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410			
16E0	10222-5	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	10213	GX2CrNiMoN22-5-3	1.4470	10028-7	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462			
16E0				10213	GX2CrNiMoCuN25-6-3-3	1.4517						

Tabelle 12 — Druck-/Temperatur-Zuordnung für Werkstoffgruppe 3E0

10222-2	P245GH	1.0352	10213	GP240GH	1.0619	10028-2		
			10213	GP280GH	1.0625	10028-2	P265GH	1.0425

Druck in Bar

Temperatur °C	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	PN 25	PN 40	PN 63	PN 100	PN 160	PN 250	PN 320	PN 400
10	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	400,0
20	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	
50	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	400,0
100	2,3	5,6	9,4	15,0	23,4	37,4	59,0	93,6	149,8	234,1	299,7	374,5
150	2,2	5,3	8,9	14,2	22,2	35,5	55,9	88,8	142,1	222,1	284,3	355,3
200	2,1	5,0	8,4	13,4	21,0	33,6	52,9	84,0	134,5	210,1	268,9	336,1
250	1,9	4,6	7,7	12,3	19,2	30,7	48,4	76,8	122,9	192,1	245,9	307,3
300	1,7	4,1	7,0	11,1	17,4	27,8	43,8	69,6	111,4	174,1	222,8	278,5
350	1,6	3,9	6,5	10,4	16,2	25,9	40,8	64,8	103,7	162,0	207,5	259,3
375	1,6	3,7	6,2	10,0	15,6	25,0	39,3	62,4	99,9	156,0	199,8	249,7
380	1,5	3,7	6,2	9,9	15,5	24,8	39,0	61,9	99,1	154,8	198,2	247,8
400	1,5	3,6	6,0	9,6	15,0	24,0	37,8	60,0	96,0	150,0	192,1	240,1
420	1,4	3,3	5,5	8,8	13,7	22,0	34,6	54,9	87,9	137,4	175,9	219,8
425	1,3	3,1	5,2	8,3	13,0	20,8	32,7	51,9	83,1	129,8	166,2	207,7
450	0,9	2,2	3,7	5,9	9,2	14,7	23,2	36,8	58,9	92,0	117,8	147,3
470	0,7	1,6	2,7	4,3	6,7	10,7	16,8	26,7	42,7	66,7	85,4	106,7
475	0,6	1,5	2,5	3,9	6,1	9,8	15,5	24,5	39,3	61,4	78,5	98,2
480	0,6	1,3	2,2	3,6	5,6	9,0	14,1	22,4	35,9	56,0	71,7	89,6
500	0,5	1,3	2,1	3,4	5,3	8,5	13,4	21,3	34,1	53,3	68,3	85,4

Temperatur °C	Class 150	Class 300	Class 600	Class 900	Class 1 500	Class 2 500	Class 4 500
10	18,9	49,4	98,7	148,1	246,9	411,4	740,6
20	18,9	49,4	98,7	148,1	246,9	411,4	740,6
50	17,8	46,5	93,0	139,6	232,7	387,8	698,1
100	15,4	40,1	80,2	120,3	200,6	334,3	601,7
150	14,6	38,1	76,1	114,2	190,3	317,1	570,9
200	13,8	36,0	72,0	108,0	180,0	300,0	540,0
250	12,1	32,9	65,8	98,7	164,6	274,3	493,7
300	10,2	29,8	59,6	89,5	149,2	248,5	447,4
350	8,4	27,8	55,5	83,3	138,9	231,4	416,6
375	7,4	26,7	53,5	80,2	133,7	222,8	401,1

Tabelle 12 (fortgesetzt)

Temperatur °C	Class 150	Class 300	Class 600	Class 900	Class 1 500	Class 2 500	Class 4 500
380	7,2	26,5	53,0	79,6	132,7	221,1	398,1
400	6,5	25,7	51,4	77,1	128,6	214,3	385,7
420	5,7	23,5	47,1	70,6	117,7	196,2	353,1
425	5,5	22,2	44,5	66,7	111,3	185,4	333,7
450	4,6	15,8	31,5	47,3	78,9	131,4	236,6
470	3,9	11,4	22,8	34,3	57,2	95,2	171,4
475	3,7	10,5	21,0	31,5	52,6	87,6	157,7
480	3,5	9,6	19,2	28,8	48,0	80,0	144,0
500	2,8	9,1	18,3	27,4	45,7	76,2	137,1

Temperatur °C	Special Class 150	Special Class 300	Special Class 600	Special Class 900	Special Class 1 500	Special Class 2 500	Special Class 4 500
10	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
20	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
50	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
100	19,2	50,1	100,2	150,4	250,7	417,8	752,1
150	18,2	47,6	95,1	142,7	237,9	396,4	713,6
200	17,2	45,0	90,0	135,0	225,0	375,0	675,0
250	15,8	41,1	82,2	123,4	205,7	342,8	617,1
300	14,3	37,3	74,5	111,8	186,5	310,7	559,3
350	13,3	34,7	69,4	104,1	173,6	289,3	520,7
375	12,8	33,4	66,8	100,3	167,2	278,5	501,4
380	12,7	33,2	66,3	99,5	165,9	276,4	497,6
400	12,3	32,1	64,3	96,4	160,7	267,8	482,1
420	11,3	29,4	58,8	88,3	147,2	245,2	441,4
425	10,7	27,8	55,6	83,4	139,1	231,7	417,1
450	7,6	19,7	39,4	59,1	98,6	164,3	295,7
470	5,5	14,3	28,6	42,9	71,4	119,0	214,3
475	5,0	13,1	26,3	39,4	65,7	109,5	197,1
480	4,6	12,0	24,0	36,0	60,0	100,0	180,0
500	4,4	11,4	22,8	34,3	57,2	95,2	171,4

Tabelle 13 — Druck-/Temperatur-Zuordnung für Werkstoffgruppe 3E1

10028-2	P295GH	1.0481
10222-2	P280GH	1.0426

Tabelle 13 (fortgesetzt)

Druck in Bar

Temperatur °C	PN 2,5	PN 6	PN 10	PN 16	PN 25	PN 40	PN 63	PN 100	PN 160	PN 250	PN 320	PN 400
10	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	400,0
20	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	400,0
50	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	400,0
100	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	400,0
150	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	400,0
200	2,5	6,0	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0	100,0	160,0	250,0	320,0	400,0
250	2,4	5,8	9,7	15,5	24,2	38,8	61,1	97,0	155,2	242,5	310,4	388,0
300	2,2	5,3	8,9	14,2	22,2	35,5	55,9	88,8	142,1	222,1	284,3	355,3
350	2,0	4,9	8,2	13,1	20,4	32,6	51,4	81,6	130,6	204,1	261,2	326,5
375	2,0	4,6	7,8	12,5	19,5	31,2	49,1	78,0	124,9	195,1	249,7	312,1
380	1,9	4,6	7,7	12,4	19,3	30,9	48,7	77,3	123,7	193,3	247,4	309,2
400	1,9	4,4	7,4	11,9	18,6	29,8	46,9	74,4	119,1	186,1	238,2	297,7
420	1,8	4,3	7,3	11,6	18,1	29,0	45,7	72,5	116,1	181,4	232,2	290,2
425	1,7	4,1	6,8	10,9	17,0	27,2	42,8	68,0	108,8	170,1	217,7	272,1
450	1,1	2,7	4,5	7,3	11,3	18,1	28,6	45,3	72,6	113,4	145,1	181,4
470	0,8	2,0	3,4	5,4	8,4	13,4	21,2	33,6	53,8	84,0	107,6	134,4
475	0,9	2,2	3,7	6,0	9,3	14,9	23,5	37,3	59,8	93,4	119,5	149,4
480	0,7	1,7	2,9	4,7	7,3	11,7	18,5	29,3	47,0	73,4	93,9	117,4
500	0,5	1,3	2,2	3,5	5,5	8,7	13,8	21,9	35,0	54,7	70,0	87,5

Temperatur °C	Class 150	Class 300	Class 600	Class 900	Class 1 500	Class 2 500	Class 4 500
10	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
20	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
50	19,5	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
100	17,7	51,4	102,8	154,3	257,2	428,5	771,4
150	15,8	48,3	96,6	145,0	241,7	402,8	725,1
200	13,8	45,5	90,9	136,4	227,3	378,8	681,9
250	12,1	41,6	83,1	124,6	207,8	346,2	623,3
300	10,2	38,1	76,1	114,2	190,3	317,1	570,9
350	8,4	35,0	69,9	104,9	174,9	291,4	524,6
375	7,4	33,4	66,8	100,3	167,2	278,5	501,4
380	7,2	33,1	66,2	99,3	165,6	276,0	496,8
400	6,5	31,9	63,7	95,6	159,4	265,7	478,3
420	5,7	31,1	62,1	93,2	155,4	259,0	466,3
425	5,5	29,1	58,3	87,4	145,7	242,8	437,1

Tabelle 13 (fortgesetzt)

Temperatur °C	Class 150	Class 300	Class 600	Class 900	Class 1 500	Class 2 500	Class 4 500
450	4,6	19,4	38,8	58,3	97,2	161,9	291,4
470	3,9	14,4	28,8	43,2	72,0	120,0	216,0
475	3,7	16,0	32,0	48,0	80,0	133,3	240,0
480	3,5	12,6	25,1	37,7	62,9	104,8	188,6
500	2,8	9,4	18,7	28,1	46,9	78,1	140,6

Temperatur °C	Special Class 150	Special Class 300	Special Class 600	Special Class 900	Special Class 1 500	Special Class 2 500	Special Class 4 500
10	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
20	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
50	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
100	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
150	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
200	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
250	19,8	51,7	103,4	155,1	258,6	430,9	775,7
300	18,2	47,6	95,1	142,7	237,9	396,4	713,6
350	16,8	43,7	87,4	131,1	218,6	364,2	655,7
375	16,0	41,8	83,5	125,3	209,0	348,2	626,8
380	15,9	41,4	82,8	124,2	207,0	345,0	621,0
400	15,3	39,9	79,7	119,6	199,3	332,1	597,9
420	14,9	38,9	77,7	116,6	194,3	323,8	582,9
425	14,0	36,4	72,8	109,3	182,2	303,5	546,4
450	9,3	24,3	48,5	72,8	121,4	202,4	364,3
470	6,9	18,0	36,0	54,0	90,0	150,0	270,0
475	7,7	20,0	40,0	60,0	100,0	166,6	300,0
480	6,0	15,7	31,4	47,1	78,6	130,9	235,7
500	4,5	11,7	23,4	35,1	58,6	97,6	175,7

Tabelle 14 — Druck-/Temperatur-Zuordnung für Werkstoffgruppe 4E0

10222-2	16Mo3	1.5415	10213	G20Mo5	1.5419	10028-2	16Mo3	1.5415
---------	-------	--------	-------	--------	--------	---------	-------	--------