

DIN EN 545

ICS 23.040.10; 23.040.40

Ersatz für
DIN EN 545:2002-09 und
DIN EN 545
Berichtigung 1:2005-03

**Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre
Verbindungen für Wasserleitungen –
Anforderungen und Prüfverfahren;
Deutsche Fassung EN 545:2006**

Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines –
Requirements and test methods;
German version EN 545:2006

Tuyaux, raccords et accessoires en fonte ductile et leurs assemblages pour
canalisations d'eau –
Prescriptions et méthodes d'essai;
Version allemande EN 545:2006

Gesamtumfang 87 Seiten

Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) im DIN
Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm ist vom Technischen Komitee CEN/TC 203 „Gusseiserne Rohre, Formstücke und ihre Verbindungen“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) unter deutscher Mitarbeit ausgearbeitet worden.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 082-00-05 AA „Gusseiserne Rohre und Formstücke“ im Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) verantwortlich.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 545:2002-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Liste der Umhüllungen und Auskleidungen wurde in einen informativen Anhang überführt;
- b) die Zusammensetzung der Zink-Aluminium-Legierung wurde freigestellt;
- c) die Berichtigung 1 zu DIN EN 545 wurde eingearbeitet;
- d) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 2614: 1990-02
DIN 2833: 1934-09, 1935-02, 1938x-05
DIN 2834: 1934-09, 1935-02, 1938-05
DIN 2839: 1934-09, 1938-05
DIN 2840: 1934-09, 1935-02, 1938-05
DIN 2841: 1934-09, 1935-02, 1938-05
DIN 2846: 1943-03
DIN 2847: 1943-03
DIN 2849: 1943x-03
DIN 2850: 1943-03
DIN 2851: 1943-03
DIN 28514: 1966-03
DIN 28522-1: 1963-12
DIN 28522-2: 1963-12
DIN 28522-3: 1963-12
DIN 28523: 1963-12
DIN 28524-1: 1963-12
DIN 28524-2: 1963-12
DIN 28524-3: 1963-12
DIN 28525-1: 1963-12
DIN 28525-2: 1963-12
DIN 28525-3: 1963-12
DIN 28526-1: 1963-12
DIN 28526-2: 1963-12
DIN 28526-3: 1963-12
DIN 28528-1: 1963-12
DIN 28528-2: 1963-12
DIN 28528-3: 1963-12
DIN 28529-1: 1963-12
DIN 28529-2: 1963-12
DIN 28529-3: 1963-12
DIN 28530-1: 1963-12
DIN 28530-2: 1963-12
DIN 28530-3: 1963-12
DIN 28532-1: 1963-12
DIN 28532-2: 1963-12

DIN 28532-3: 1963-12
DIN 28534-1: 1963-12
DIN 28534-2: 1963-12
DIN 28534-3: 1963-12
DIN 28537: 1963-12
DIN 28538: 1963-12
DIN 28539: 1963-12
DIN 28543: 1963-12
DIN 28546: 1963-12
DIN 28600: 1968-08, 1977-08, 1983-01
DIN 28610: 1968-08, 1977-08
DIN 28610-1: 1983-01
DIN 28614: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28615: 1976-03
DIN 28615-1: 1990-01
DIN 28615-2: 1990-01
DIN 28622: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28623: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28624: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28625: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28626: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28628: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28629: 1970-11, 1990-01
DIN 28630: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28632: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28634: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28637: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28638: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28639: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28643: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28645: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 28646: 1970-11, 1977-08, 1990-01
DIN 30674-3: 1982-09
DIN EN 545: 1995-01, 2002-09
DIN EN 545 Berichtigung 1: 2005-03

Deutsche Fassung

**Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und
ihre Verbindungen für Wasserleitungen —
Anforderungen und Prüfverfahren**

Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for
water pipelines —
Requirements and test methods

Tuyaux, raccords et accessoires en fonte ductile et leurs
assemblages pour canalisations d'eau —
Prescriptions et méthodes d'essai

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 11. Oktober 2006 angenommen.

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

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

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



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe	7
4 Technische Anforderungen	10
4.1 Allgemeines.....	10
4.2 Maßanforderungen	12
4.3 Werkstoffkennwerte	16
4.4 Umhüllungen und Auskleidungen für Rohre	17
4.5 Umhüllungen und Auskleidungen für Formstücke und Zubehörteile.....	20
4.6 Kennzeichnung der Rohre und Formstücke.....	21
4.7 Dichtheit.....	22
5 Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit der Verbindungen.....	22
5.1 Allgemeines.....	22
5.2 Bewegliche Verbindungen	23
5.3 Bewegliche längskraftschlüssige Verbindungen.....	25
5.4 Flanschverbindungen	25
5.5 Rohre mit Gewinde- oder Schweißflanschen	26
6 Prüfverfahren	28
6.1 Rohrmaße	28
6.2 Geradheit der Rohre	28
6.3 Zugversuch.....	28
6.4 Brinellhärte.....	30
6.5 Dichtheitsprüfung für Rohre und Formstücke im Werk	30
6.6 Masse des Zinküberzuges	31
6.7 Dicke der Beschichtung.....	32
6.8 Dicke der Zementmörtelauskleidung.....	32
7 Prüfungen der Funktionstüchtigkeit.....	33
7.1 Druckfestigkeit der Zementmörtelauskleidung	33
7.2 Dichtheit der beweglichen Verbindungen gegen positiven Innendruck.....	33
7.3 Dichtheit der beweglichen Verbindungen gegen negativen Innendruck.....	34
7.4 Dichtheit der beweglichen Steckmuffenverbindungen gegen positiven Außendruck.....	34
7.5 Dichtheit der beweglichen Verbindungen gegen dynamischen Innendruck	35
7.6 Dichtheit und mechanische Beständigkeit der Flanschverbindungen.....	36
7.7 Dichtheit und mechanische Beständigkeit der Gewinde- und Schweißflansche	36
8 Maßtabellen	37
8.1 Muffenrohre	37
8.2 Flanschrohre	39
8.3 Formstücke für Muffenverbindungen.....	39
8.4 Formstücke für Flanschverbindungen	53
Anhang A (normativ) Zulässige Drücke.....	70
A.1 Allgemeines.....	70
A.2 Muffenrohre (siehe 8.1)	70
A.3 Flanschstücke für Muffenverbindungen (siehe 8.3).....	71
A.4 Flanschrohre (siehe 8.2) und Formstücke für Flanschverbindungen (siehe 8.4).....	71
Anhang B (informativ) Längsbiegefestigkeit der Rohre.....	73
Anhang C (informativ) Ringsteifigkeit der Rohre.....	74

Anhang D (informativ) Andere mögliche Umhüllungen und Auskleidungen, Einsatzbereich, Bodenbeschaffenheit	76
D.1 Andere mögliche Umhüllungen und Auskleidungen.....	76
D.2 Einsatzbereich, Bodenbeschaffenheit	76
Anhang E (informativ) Einsatzbereich, Wasserbeschaffenheit.....	78
Anhang F (informativ) Qualitätssicherung	79
F.1 Allgemeines	79
F.2 Prüfung der Funktionstüchtigkeit.....	79
F.3 Fertigungsprozess	79
Anhang G (informativ) Berechnungsverfahren für erdüberdeckte Rohrleitungen, Überdeckungshöhen.....	81
G.1 Berechnungsverfahren	81
G.2 Überdeckungshöhen.....	83
Literaturhinweise	85

Vorwort

Dieses Dokument (EN 545:2006) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 203 „Rohr, Formstücke und deren Verbindungen aus Gußeisen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2007 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN 545:2002.

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

Einleitung

Diese Norm ist in Übereinstimmung mit den allgemeinen Anforderungen, die bereits von CEN/TC 164 für das Gebiet der Wasserversorgung erstellt wurden.

Hinsichtlich eventueller ungünstiger Auswirkungen des von dieser Norm betroffenen Produktes auf die Güte des für den menschlichen Gebrauch bestimmten Wassers gilt:

- diese Norm macht keine Angaben über mögliche Einschränkungen bei der Verwendung dieses Produktes in einem Mitgliedstaat der EU oder der EFTA;
- es wird darauf aufmerksam gemacht, dass bis zur Annahme nachprüfbarer europäischer Kriterien die bestehenden nationalen Regelungen hinsichtlich der Verwendung und/oder der Eigenschaften dieses Produktes in Kraft bleiben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen und die diesbezüglichen Prüfverfahren fest, die auf duktile Gussrohre, Formstücke, Zubehörteile und ihre Verbindungen zur Errichtung von Rohrleitungen anwendbar sind:

- zum Transport von Wasser (z. B. Trinkwasser);
- mit oder ohne Innendruck;
- oberirdisch oder erdüberdeckt.

Diese Norm gilt für Rohre, Formstücke und Zubehörteile, die

- mit Muffen, Flanschen oder Einsteckenden versehen sind;
- üblicherweise mit einem Innen- und Außenschutz geliefert werden;
- zum Transport flüssiger Medien zwischen 0 °C und 50 °C geeignet sind, jedoch außerhalb des Frostbereiches.

Diese Norm gilt für Rohre, Formstücke und Zubehörteile, die nach einem beliebigen Gießverfahren oder aus gegossenen Einzelteilen hergestellt werden, ebenso für die entsprechenden Verbindungen für den Nennweitenbereich von DN 40 bis einschließlich DN 2 000.

Diese Norm legt die Anforderungen an die Werkstoffe, Maße und Grenzabmaße, die mechanischen Eigenschaften und die Standardbeschichtungen duktiler Gussrohre und Formstücke fest. Sie beinhaltet ebenfalls die Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit aller Bauteile, einschließlich der Verbindungen. Die Ausführung der Verbindungen und die Formen der Dichtungen fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

ANMERKUNG In dieser Norm sind alle Drücke relative Drücke und werden in bar ausgedrückt (100 kPa = 1 bar).

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 196-1, *Prüfverfahren für Zement — Teil 1: Bestimmung der Festigkeit*

EN 197-1, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

EN 681-1, *Elastomerdichtungen — Werkstoffanforderungen für Rohrleitungsdichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung — Teil 1: Vulkanisierter Gummi*

EN 805, *Wasserversorgung — Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden*

EN 1092-2, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 2: Gusseisenflansche*

EN 10002-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

EN ISO 4016, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklasse C (ISO 4016:1999)*

EN ISO 4034, *Sechskantmuttern — Produktklasse C (ISO 4034:1999)*

EN ISO 6506-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Brinell — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6506-1:2005)*

EN ISO 7091, *Flache Scheiben — Normale Reihe — Produktklasse C (ISO 7091:2000)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

duktils Gusseisen

Gusseisen, das für Rohre, Formstücke und Zubehöerteile verwendet wird, bei dem der Grafit überwiegend in kugelförmiger Form vorliegt

3.2

Rohr

Gussstück mit gleichmäßiger lichter Weite, gerader Achse, entweder mit Muffe, Einsteckende oder Flanschen versehen, außer Flansch-Muffenstücke, Einflanschstücke sowie Überschiebmuffen, die als Formstücke gelten

3.3

Formstück

Gussstück, außer Rohr, das eine Abzweigung der Rohrleitung, eine Richtungs- oder Durchmesseränderung zulässt

ANMERKUNG Außerdem werden auch Flansch-Muffenstücke, Einflanschstücke sowie Überschiebmuffen als Formstücke angesehen

3.4

Zubehörteil

jedes andere Gussstück, außer Rohr und Formstück, das für eine Rohrleitung benötigt wird

ANMERKUNG 1 Zum Beispiel:

- Druckringe und Schrauben für bewegliche mechanische Verbindungen (siehe 3.13);
- Druckringe, Schrauben und Klemmringe für bewegliche längskraftschlüssige Muffenverbindungen (siehe 3.14);
- Rohrsättel für Reinigungsanschlüsse;
- lose Flansche sowie Vorschweiß- oder Gewindeflansche.

ANMERKUNG 2 Armaturen jeder Art fallen nicht unter den Begriff Zubehörteil.

3.5

Flansch

flaches, kreisförmiges Ende eines Rohres oder Formstückes, das senkrecht zu dessen Achse steht, mit gleichmäßig auf einem Lochkreis angeordneten Schraubenlöchern

ANMERKUNG Ein Flansch kann befestigt (z. B. angegossen oder angeschweißt) oder lose sein. Ein loser Flansch besteht aus einem Ring, einteilig oder aus mehreren miteinander verbundenen Ringabschnitten, der auf der einen Seite eine Eindrehung besitzt und vor dem Herstellen der Verbindung frei auf dem Rohrschaft gedreht werden kann.

3.6

Einsteckende

Ende eines Rohres oder Formstückes, das in die Muffe eingesteckt wird

3.7

Einsteckbereich

Bereich der maximalen Einstecktiefe des Einsteckendes plus 50 mm

3.8

Muffe

erweitertes Ende eines Rohres oder Formstückes, das zur Herstellung der Verbindung mit dem Einsteckende des nächsten Bauteiles dient

3.9

Dichtung

Dichtelement einer Verbindung

3.10

Verbindung

Verbindung der Enden von zwei Rohren und/oder Formstücken, bei der eine Dichtung zum Abdichten verwendet wird

3.11

bewegliche Verbindung

Verbindung, die sowohl während als auch nach deren Einbau eine ausgeprägte Abwinkelung zulässt und eine geringfügige Achsverschiebung erlaubt

3.12

bewegliche Steckmuffenverbindung

bewegliche Verbindung, die durch Einschieben des Einsteckendes durch die Dichtung in die Muffe des nächsten Bauteiles hergestellt wird.

3.13

bewegliche mechanische Verbindung

bewegliche Verbindung, bei der die Abdichtung durch Verpressen der Dichtung mit mechanischen Mitteln, wie z. B. einem Druckring, erfolgt

3.14

bewegliche längskraftschlüssige Verbindung

bewegliche Verbindung, in der eine Vorrichtung das Auseinanderziehen der Verbindung verhindert

3.15

Flanschverbindung

Verbindung zwischen zwei mit Flanschen versehenen Enden

3.16

Nennweite

DN

alphanumerische Bezeichnung der Größe für Bauteile in einem Rohrleitungssystem, die für Referenzzwecke verwendet wird. Sie umfasst die Buchstaben DN, gefolgt von einer dimensionslosen ganzen Zahl, die indirekt mit der physikalischen Größe der Bohrung oder dem Außendurchmesser der Anschlüsse, ausgedrückt in Millimetern, in Beziehung steht

[EN ISO 6708:1995]

3.17

Nenndruck

PN

alphanumerische Kenngröße für Referenzzwecke, bezogen auf eine Kombination von mechanischen und maßlichen Eigenschaften eines Bauteils eines Rohrleitungssystems. Sie umfasst die Buchstaben PN gefolgt von einer dimensionslosen Zahl

[EN 1333:2006]

ANMERKUNG Alle Teile der gleichen Nennweite DN, die mit der gleichen PN-Zahl gekennzeichnet sind, sind untereinander austauschbar.

3.18

Dichtheitsprüfdruck

Druck, dem ein Bauteil während der Fertigung zur Feststellung seiner Dichtheit ausgesetzt wird

3.19

zulässiger Bauteilbetriebsdruck

PFA

höchster hydrostatischer Druck, dem ein Rohrleitungsteil im Dauerbetrieb standhält

[EN 805:2000]

3.20

höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck

PMA

höchster zeitweise auftretender Druck, einschließlich Druckstoß, dem ein Rohrleitungsteil im Betrieb standhält

[EN 805:2000]

3.21

zulässiger Bauteilprüfdruck

PEA

höchster hydrostatischer Druck, dem ein neu installiertes Rohrleitungsteil für relativ kurze Zeit standhält, um die Unversehrtheit und Dichtheit der Rohrleitung sicherzustellen

[EN 805:2000]

ANMERKUNG Dieser Prüfdruck unterscheidet sich vom Systemprüfdruck (STP), der auf den Berechnungsdruck der Rohrleitung bezogen ist, und dazu dient, ihre Beschaffenheit und Dichtheit sicherzustellen; siehe auch A.1.

3.22

Ringsteifigkeit eines Rohres

Eigenschaft eines Rohres, die es ihm erlaubt, nach dem Einbau einer Ovalisierung durch äußere Belastung zu widerstehen

3.23

Prüfung der Funktionstüchtigkeit

Nachweis der Funktionstüchtigkeit durch eine einmalige Prüfung, die nur nach Änderung der Bauart wiederholt wird

3.24

Länge

Baulänge eines Rohres oder Formstückes, wie in Bild 4 für Rohre und in den Bildern 5 bis 21 für Formstücke dargestellt

ANMERKUNG Bei Flanschrohren und -formstücken ist die Baulänge L (l für Abzweige) gleich der Gesamtlänge. Bei Muffenrohren und -formstücken ist die Baulänge L_U (l_U für Abzweige) gleich der Gesamtlänge minus der maximalen Einstecktiefe, die in den Herstellerkatalogen angegeben ist.

3.25

Abweichung

herstellungsbedingte Grenzabweichung von der genormten Länge eines Rohres oder Formstückes

3.26

Ovalität

Unrundheit eines Rohrquerschnittes

ANMERKUNG Sie ist gleich

$$100 \left(\frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \right) \quad (1)$$

Dabei ist

A_1 die größte Achse in Millimeter;

A_2 die kleinste Achse in Millimeter.

4 Technische Anforderungen

4.1 Allgemeines

4.1.1 Duktile Gussrohre und Formstücke

Die Nennweiten, Wanddickenklassen, Längen sowie die Umhüllungen und Auskleidungen sind in 4.1.1, 4.2.1, 4.2.3 sowie in 4.4 bzw. 4.5 beschrieben. Wenn, nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Verbraucher, Rohre und Formstücke mit anderen Wanddickenklassen, Längen und/oder Umhüllungen bzw. Auskleidungen und anderen Formstücktypen als die in 8.3 und 8.4 aufgeführten unter Hinweis auf diese Norm geliefert werden, müssen sie alle anderen Anforderungen dieser Norm erfüllen.

ANMERKUNG 1 Andere Formstücke sind Abzweige mit anderen Winkeln sowie T-Stücke und Übergangsstücke mit anderen Kombinationen DN × dn, Formstücke zur Entleerung usw.

Die genormten Nennweiten DN der Rohre und Formstücke sind wie folgt: (siehe EN 805) 40, 50, 60, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1 000, 1 100, 1 200, 1 400, 1 500, 1 600, 1 800, 2 000.

Die zulässigen Drücke für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen müssen Anhang A entsprechen.

ANMERKUNG 2 Die Anhänge B und C enthalten Angaben über die Längsbiegefestigkeit und Ringsteifigkeit der Rohre aus duktilem Gusseisen.

ANMERKUNG 3 Wenn Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen unter den Bedingungen eingebaut und betrieben werden, für die sie vorgesehen sind (siehe Anhänge D, E und G), behalten sie all ihre funktionellen Eigenschaften über ihre gesamte Betriebsdauer aufgrund der gleich bleibenden Werkstoffeigenschaften, der Formbeständigkeit ihres Querschnitts sowie der hohen Sicherheitsfaktoren bei ihrer Bemessung.

4.1.2 Oberflächenbeschaffenheit und Ausbesserungen

Rohre, Formstücke und Zubehörteile müssen frei von Fehlern und Oberflächenmängeln sein, die zu einer Nichtübereinstimmung mit den Abschnitten 4 und 5 führen können.

Wenn erforderlich, dürfen Rohre und Formstücke z. B. durch Schweißen ausgebessert werden, um Oberflächenmängel und örtliche Fehlstellen, die nicht durch die ganze Wanddicke verlaufen, zu beseitigen, unter der Voraussetzung, dass

- die Ausbesserungen nach dem vom Hersteller schriftlich festgelegten Verfahren erfolgen und
- die ausgebesserten Rohre und Formstücke alle Anforderungen aus den Abschnitten 4 und 5 erfüllen.

4.1.3 Verbindungsarten und Verbindung mit anderen Außendurchmessern

4.1.3.1 Allgemeines

Gummidichtwerkstoffe müssen den Anforderungen der EN 681-1, Typ WA, entsprechen. Werden andere Werkstoffe als Gummi erforderlich (z. B. für Flanschverbindungen), so müssen sie der einschlägigen Europäischen Norm oder, wo keine Europäische Norm besteht, der einschlägigen Internationalen Norm entsprechen.

4.1.3.2 Flanschverbindungen

Flansche müssen so bemessen sein, dass sie mit Flanschen verbunden werden können, deren Maße und Grenzabmaße mit EN 1092-2 übereinstimmen. Das stellt den Übergang auf alle Flanschstücke (Rohre, Formstücke, Armaturen usw.) mit gleichem PN, gleicher DN und gleicher Verbindungsart sicher.

Schrauben und Muttern müssen den Anforderungen nach EN ISO 4016 und EN ISO 4034, Festigkeitsklasse 4.6, entsprechen. Scheiben, soweit vorhanden, müssen EN ISO 7091 entsprechen.

Obgleich es den Übergang nicht beeinflusst, muss der Hersteller in seinem Katalog angeben, ob er seine Produkte üblicherweise mit festen oder losen Flanschen liefert.

ANMERKUNG Flanschdichtungen können einer der in EN 1514 enthaltenen Arten entsprechen.

4.1.3.3 Bewegliche Verbindungen

Rohre und Formstücke mit beweglichen Verbindungen müssen bezüglich ihrer Außendurchmesser AD und deren Grenzabmaßen im Bereich der Einsteckenden mit 4.2.2.1 übereinstimmen. Das bietet die Möglichkeit des Überganges zwischen Teilen, die mit unterschiedlichen beweglichen Verbindungen ausgestattet sind. Zusätzlich muss jede bewegliche Verbindungsart so ausgelegt sein, dass sie die Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit nach Abschnitt 5 erfüllt.

ANMERKUNG 1 Für den Übergang auf bestimmte Verbindungsarten, die mit einem engeren Toleranzbereich für DE ausgelegt sind, sollten die Hinweise des Herstellers befolgt werden, um die Funktionstüchtigkeit der betreffenden Verbindung bei hohen Drücken sicherzustellen (z. B. Messung und Auswahl der Außendurchmesser).

ANMERKUNG 2 Für den Übergang in bestehenden Leitungen, die möglicherweise Außendurchmesser haben, die nicht mit 4.2.2.1 übereinstimmen, sollten die Hinweise des Herstellers für einen sachgerechten Übergang befolgt werden (z. B. Übergangsstücke).

4.1.4 Stoffe in Kontakt mit Trinkwasser

Duktile Gussrohre, Formstücke und deren Verbindungen enthalten verschiedene Stoffe, die in dieser Norm beschrieben sind. Wenn sie unter den Bedingungen eingesetzt werden, für die sie ausgelegt sind, dürfen duktile Gussrohre, Formstücke und deren Verbindungen, wenn sie in dauerndem oder zeitweiligem Kontakt mit Wasser, das für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist, stehen, die Güte dieses Wassers nicht so weit verändern, dass sie mit den Anforderungen der nationalen Richtlinien nicht mehr übereinstimmen.

Aus diesem Grund muss auf das einschlägige nationale Regelwerk und Normen Bezug genommen werden, die EN-Normen, so weit vorhanden, umsetzen, welche den Einfluss von Stoffen auf die Wasserbeschaffenheit behandeln, sowie auf die Anforderungen an äußere Systeme und Bauteile nach EN 805.

ANMERKUNG Ein Europäisches Zulassungssystem (EAS) ist in Hinblick auf die Bauprodukten-Richtlinie (CPD) und die Trinkwasser-Richtlinie DWD in Vorbereitung, diese Anforderungen werden nach der Fertigstellung in die vorliegende Norm aufgenommen.

4.2 Maßanforderungen

4.2.1 Wanddicke

4.2.1.1 Allgemeines

Die Wanddicke muss entweder nach der Formel der K-Klasse für Rohre und Formstücke (siehe 4.2.1.2) errechnet oder nach 4.2.1.3 für Rohre der Klasse 40, DN 40 bis 400, bestimmt werden.

Für Rohre sind die genormten Wanddickenklassen in 8.1 angegeben. Andere Wanddicken sind nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Besteller möglich.

Bei den Formstücken ist die in den Tabellen und Bildern in 8.3 und 8.4 angegebene Wanddicke e die Nennwanddicke für den Hauptteil des Körpers. Hohe örtliche Spannungen, die von der Form des Gussteiles abhängen (z. B. am Innenradius von Bögen, am Übergang vom Abzweig zum Körper bei Abzweigformstücken usw.), können an bestimmten Stellen eine Erhöhung der tatsächlichen Wanddicke erfordern.

Anhang A enthält die maximalen Werte für PFA, PMA und PEA.

4.2.1.2 K-Klassen für Rohre und Formstücke

Die Nenngusswanddicke der Rohre und Formstücke ergibt sich in Abhängigkeit von der Nennweite DN nach der folgenden Gleichung, mit einem Mindestwert von 6 mm für Rohre und 7 mm für Formstücke:

$$e = K (0,5 + 0,001 \text{ DN}) \quad (2)$$

Dabei ist

e die Nennwanddicke in Millimeter;

DN die Nennweite;

K Beiwert zur Bestimmung der Wanddicke. K ist aus einer Reihe ganzer Zahlen ausgewählt: ... 8, 9, 10, 11, 12 ...

4.2.1.3 Klasse 40 für Rohre

Die Nenngusswanddicke der Rohre, DN 40 bis DN 400, ist in Abhängigkeit von der Nennweite, DN, in Tabelle 15 angegeben.

4.2.1.4 Grenzabmaße

Die Grenzabmaße für Nennwanddicken der Rohre und Formstücke müssen wie in Tabelle 1 angegeben sein. Die Messung der Wanddicke muss nach 6.1.1 erfolgen.

Tabelle 1

Maße in Millimeter

Art des Gussstückes	Nenngusswanddicke	Grenzabmaß für die Nennwanddicke ^a
Schleudergussrohre Klasse 40	$\leq 5,0$	$-1,3$
	$> 5,0$	$-(1,3 + 0,001 \text{ DN})$
Schleudergussrohre Klasse K	$\leq 6,0$	$-1,3$
	$> 6,0$	$-(1,3 + 0,001 \text{ DN})$
Nichtgeschleuderte Rohre und Formstücke	$\leq 7,0$	$-2,3$
	$> 7,0$	$-(2,3 + 0,001 \text{ DN})$
^a Es ist nur ein unteres Grenzabmaß angegeben, um eine ausreichende Beständigkeit gegen Innendruck sicherzustellen.		

4.2.2 Durchmesser

4.2.2.1 Außendurchmesser

8.1 gibt die Werte der Außendurchmesser *AD* der beschichteten Einsteckenden von Rohren und Formstücken sowie deren maximal zulässige Grenzabmaße an, wenn sie mittels Circometer nach 6.1.2 gemessen werden. Diese Grenzabmaße sind auf die Einsteckenden aller Wanddickenklassen der Rohre und Formstücke anwendbar.

ANMERKUNG 1 Gewisse Arten von beweglichen Verbindungen arbeiten innerhalb eines engeren Toleranzfeldes (siehe 4.1.3.3).

Bis DN 300 muss der Außendurchmesser des Rohrschaftes, gemessen mittels Circometer, so sein, dass über mindestens zwei Drittel der Rohrlänge, gemessen vom Einsteckende, eine Verbindung hergestellt werden kann, wenn sie an der Baustelle gekürzt werden müssen.

Über DN 300 gilt für einen bestimmten Prozentsatz der Rohre nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Besteller das Gleiche. Diese Rohre müssen gekennzeichnet werden.

Zusätzlich muss die Ovalität (siehe 3.26) an den Einsteckenden der Rohre und Formstücke

- für DN 40 bis DN 200 innerhalb der Grenzabmaße von *DE* (siehe Tabelle 15) bleiben und darf
- für DN 250 bis DN 600 1 % oder für DN > 600 2 % nicht überschreiten.

ANMERKUNG 2 Bezüglich der Notwendigkeit und der Einrichtungen zum Runden sollten die Anweisungen des Herstellers zu befolgt werden; einige Arten von beweglichen Verbindungen lassen die maximale Ovalität ohne Runden des Einsteckendes vor dem Herstellen der Verbindung zu.

4.2.2.2 Innendurchmesser

Die Nennwerte für die Innendurchmesser von Schleudergussrohren, in Millimeter ausgedrückt, sind gleich der Zahl, die die Nennweite DN bezeichnet, und die Grenzabmaße müssen den Angaben in Tabelle 2 entsprechen, die für ausgekleidete Rohre gelten.

Diese Grenzabmaße sind anwendbar auf Rohrwanddickenklassen bis K 10 und auf Zementmörtelschichtdicken, wie sie in Tabelle 8 angegeben sind. Wo zwischen Hersteller und Besteller größere Gusswanddicken und/oder Zementmörtelschichtdicken vereinbart werden, gelten diese Grenzabmaße nicht.

ANMERKUNG In Abhängigkeit vom Fertigungsverfahren der Gussrohre und ihren Auskleidungen werden Innendurchmesser mit dem unteren Grenzabmaß nur örtlich über die Rohrlänge auftreten.

Die Übereinstimmung muss entweder nach 6.1.3 oder durch Berechnung mit den Messwerten von Rohraußendurchmesser, Gusswanddicke und Auskleidungsschichtdicke nachgewiesen werden.

Tabelle 2

DN	Grenzabmaß ^a mm
40 bis 1 000	–10
1 100 bis 2 000	–0,01 DN
^a Nur das untere Grenzabmaß ist angegeben.	

4.2.3 Länge

4.2.3.1 Genormte Längen von Muffenrohren

Rohre müssen in den genormten Längen geliefert werden, wie sie in Tabelle 3 angegeben sind.

Tabelle 3

DN	Genormte Längen L_u ^a m
40 und 50	3
60 bis 600	5 oder 5,5 oder 6
700 und 800	5,5 oder 6 oder 7
900 bis 1 400	6 oder 7 oder 8,15
1 500 bis 2 000	8,15
^a Siehe 3.24.	

Die zulässigen Abweichungen (siehe 3.25) von der genormten Länge L_u der Rohre müssen wie folgt sein:

- für die genormte Länge 8,15 m: ± 150 mm;
- für alle anderen genormten Längen: ± 100 mm.

Rohre müssen mit einer Länge innerhalb des folgenden Bereiches hergestellt sein: genormte Länge plus oder minus zulässige Abweichung; sie müssen in dieser Herstelllänge plus oder minus dem in Tabelle 6 festgelegten Grenzabmaß ausgeführt sein.

Der Hersteller muss seine Herstelllängen in seinen Katalogen angeben.

Die Länge muss nach 6.1.4 gemessen werden und muss innerhalb der in Tabelle 6 angegebenen Grenzabmaße liegen.

Von der Gesamtanzahl der zu liefernden Muffenrohre einer jeden Nennweite darf der Anteil an kürzeren Rohren 10 % nicht übersteigen; in diesem Fall darf die Längenkürzung:

- bis 0,15 m bei Rohren, von denen Probestücke abgetrennt wurden (siehe 4.3);
- bis 2 m durch 0,5-m-Abschnitte unter DN 700;
- bis 3 m durch 0,1-m-Abschnitte ab DN 700

betragen.

4.2.3.2 Genormte Längen von Flanschrohren

Rohre müssen in den genormten Längen, wie in Tabelle 4 angegeben, geliefert werden.

Tabelle 4

Rohrart	DN	Genormte Längen L^a m
mit Gussflanschen	40 bis 2 000	0,5 oder 1 oder 2 oder 3
mit Gewinde- oder Schweißflanschen	40 bis 600	2 oder 3 oder 4 oder 5
	700 bis 1 000	2 oder 3 oder 4 oder 5 oder 6
	1 100 bis 2 000	4 oder 5 oder 6 oder 7
^a Siehe 3.24. Andere Längen sind auf Vereinbarung zwischen Hersteller und Besteller lieferbar.		

4.2.3.3 Genormte Längen von Formstücken

Formstücke müssen mit den in 8.3 und 8.4 angegebenen genormten Längen geliefert werden.

ANMERKUNG Es werden zwei Maßreihen angegeben, Reihe A entsprechend ISO 2531 und Reihe B, die im Allgemeinen bis DN 450 begrenzt ist.

Die zulässigen Abweichungen (siehe 3.25) von den genormten Längen der Reihe-A-Formstücke müssen den Angaben in Tabelle 5 entsprechen. Für die Formstücke der Reihe B ist keine Abweichung zulässig. Formstücke müssen mit einer Länge innerhalb des folgenden Bereiches hergestellt sein: genormte Länge plus oder minus zulässige Abweichung; sie müssen in dieser Herstelllänge plus oder minus dem in Tabelle 6 festgelegten Grenzabmaß ausgeführt sein.

Tabelle 5

Formstück-Typ	DN	Abweichung mm
Flansch-Muffenstücke Einflansch-Stücke Überschiebmuffenstücke Übergangsstücke	40 bis 1 200 1 400 bis 2 000	± 25 ± 35
T-Stücke	40 bis 1 200 1 400 bis 2 000	+50/-25 +75/-35
Bögen 90° (1/4)	40 bis 2 000	$\pm (15 + 0,03 \text{ DN})$
Bögen 45° (1/8)	40 bis 2 000	$\pm (10 + 0,025 \text{ DN})$
Bögen 22° 30' und 11° 15' (1/6 und 1/32)	40 bis 1 200 1 400 bis 2 000	$\pm (10 + 0,02 \text{ DN})$ $\pm (10 + 0,025 \text{ DN})$

4.2.3.4 Längentoleranzen

Die Grenzabmaße müssen den Werten in Tabelle 6 entsprechen.

Tabelle 6

Art der Gussstücke	Grenzabmaße mm
Muffenrohre (ganze Länge oder gekürzt)	-30/+70
Formstücke für Muffenverbindungen	± 20
Rohre und Formstücke für Flanschverbindungen	$\pm 10^a$
^a Kleinere Grenzabmaße sind auf Vereinbarung zwischen Hersteller und Besteller möglich, jedoch nicht kleiner als $\pm 3 \text{ mm}$ für Nennweite bis DN 600 und $\pm 4 \text{ mm}$ für Nennweite über DN 600.	

4.2.4 Geradheit der Rohre

Rohre müssen gerade sein, mit einer maximalen Abweichung von 0,125 % ihrer Länge.

Die Einhaltung dieser Anforderung wird üblicherweise visuell geprüft. Im Zweifels- oder Streitfall muss die Abweichung nach 6.2 gemessen werden.

4.3 Werkstoffkennwerte

4.3.1 Festigkeitseigenschaften

Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen müssen die Festigkeitswerte, wie in Tabelle 7 angegeben, besitzen.

Die Zugfestigkeit muss nach 6.3 geprüft werden.

Tabelle 7

Art der Stücke	Mindest-Zugfestigkeit R_m MPa	Mindest-Bruchdehnung A %	
	DN 40 bis DN 2 000	DN 40 bis DN 1 000	DN 1 100 bis DN 2 000
Schleudergussrohre	420	10	7
Nichtgeschleuderte Rohre, Formstücke und Zubehörteile	420	5	5
Auf Vereinbarung zwischen Hersteller und Besteller kann die 0,2%-Dehngrenze ($R_{p0,2}$) bestimmt werden. Sie darf nicht kleiner sein als — 270 MPa, wenn $A \geq 12$ % bei DN 40 bis DN 1 000 oder $A \geq 10$ % über DN 1 000; — 300 MPa in anderen Fällen. Für Schleudergussrohre von DN 40 bis DN 1 000 und Wanddickenklassen über K 12 muss die Bruchdehnung mindestens 7 % betragen.			

4.3.2 Härte

Die Härte der verschiedenen Bauteile muss die Bearbeitung durch Schneiden, Drehen, Bohren und/oder maschinell mit üblichen Werkzeugen zulassen. Im Streitfall muss die Härte durch eine Brinellhärteprüfung nach 6.4 bestimmt werden.

Die Brinellhärte darf bei Rohren 230 HB und bei Formstücken und Zubehörteilen 250 HB nicht überschreiten. Bei den durch Schweißen hergestellten Bauteilen ist in der Wärmeeinflusszone der Schweißnaht eine höhere Brinellhärte zulässig.

4.4 Umhüllungen und Auskleidungen für Rohre

4.4.1 Allgemeines

Wenn zwischen Hersteller und Besteller nicht anders vereinbart, müssen alle Rohre mit einem Zinküberzug mit Deckbeschichtung in Übereinstimmung mit 4.4.2 und einer Zementmörtelauskleidung in Übereinstimmung mit 4.4.3 geliefert werden.

Die Verbindungsflächen sind im Allgemeinen wie folgt beschichtet:

- Außenoberfläche der Einsteckenden: wie Außenrohrbeschichtung;
- Flansche und Muffen (Stirnfläche und Muffeninnenoberfläche): bituminöse Beschichtung oder eine Kunstharzbeschichtung, entweder allein oder zusätzlich zu einer Grundierung oder zum Zinküberzug.

Je nach den äußeren und inneren Einsatzbedingungen können auch andere Umhüllungen und Auskleidungen geliefert werden (siehe Anhang D).

Diese Umhüllungen und Auskleidungen müssen mit den entsprechenden Europäischen Normen übereinstimmen oder, wo keine Europäischen Normen existieren, müssen sie mit Internationalen Normen oder Nationalen Normen oder mit einer vereinbarten technischen Lieferbedingung übereinstimmen.

Alle fertigen Auskleidungen müssen 4.1.4 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Der Einsatzbereich dieser Umhüllungen und Auskleidungen ist in den Anhängen D und E angegeben.

ANMERKUNG 2 Rohre mit Gussflanschen können wie Formstücke beschichtet werden (siehe 4.5).

ANMERKUNG 3 Die maximale Fluidtemperatur ist für einige Polymerbeschichtungen auf 35 °C begrenzt. Müssen diese Beschichtungen höheren Temperaturen ausgesetzt werden, sollten zusätzliche Prüfungen der Funktionstüchtigkeit durchgeführt werden.

4.4.2 Zinküberzug mit Deckbeschichtung

4.4.2.1 Allgemeines

Die Beschichtung duktiler Schleudergussrohre muss aus einer metallischen Zinkschicht bestehen, die mit einer zinkverträglichen Bitumen- oder Kunstharz-Deckbeschichtung versehen ist. Beide Schichten müssen werksseitig aufgebracht werden.

Das Zink wird üblicherweise nach der Wärmebehandlung auf die Glühhaut der Rohre aufgebracht. Nach Maßgabe des Herstellers kann es auch auf die gestrahlte Rohroberfläche aufgebracht werden. Vor dem Aufbringen von Zink muss die Rohroberfläche trocken und frei von Rost oder lose anhaftenden Teilchen sowie von Fremdstoffen wie Öl oder Fett sein.

4.4.2.2 Eigenschaften des Überzuges

Der metallische Zinküberzug muss die Rohroberfläche bedecken und einen dichten, durchgehenden und gleichmäßigen Überzug bilden. Er muss frei von Fehlstellen, wie bloßen Stellen oder fehlender Haftung, sein. Die Gleichmäßigkeit des Überzuges muss visuell geprüft werden. Wenn sie nach 6.6 gemessen wird, darf die mittlere flächenbezogene Zinkmasse nicht weniger als 130 g/m² betragen. Die Reinheit des verwendeten Zinks muss mindestens 99,99 % betragen.

Die Deckbeschichtung muss die metallische Zinkschicht gleichmäßig auf der gesamten Oberfläche bedecken und muss frei von Fehlstellen, wie bloßen Stellen oder fehlender Haftung, sein. Die Gleichmäßigkeit der Deckbeschichtung muss visuell geprüft werden. Wenn sie nach 6.7 gemessen wird, darf die mittlere Dicke der Deckbeschichtung nicht weniger als 70 µm betragen und die örtliche Mindestdicke nicht weniger als 50 µm.

4.4.2.3 Ausbesserungen

Beschädigungen an Umhüllungen, bei denen die Fläche des völligen Abtrags des metallischen Zinks und der Deckbeschichtung eine Breite von 5 mm übersteigt, sowie unbeschichtet gebliebene Stellen (z. B. unter Probenrägern, siehe 6.6) müssen ausgebessert werden.

Ausbesserungen müssen wie folgt ausgeführt werden, durch:

- Spritzen von metallischem Zink in Übereinstimmung mit 4.4.2.2 oder Auftragen einer Zinkstaubfarbe mit mindestens 90 % Zinkmasse im Trockenfilm; die mittlere flächenbezogene Masse der aufgetragenen Schicht darf nicht geringer sein als 150 g/m²;

und

- Auftragen einer Deckbeschichtung in Übereinstimmung mit 4.4.2.2.

4.4.3 Zementmörtelauskleidung

4.4.3.1 Allgemeines

Sofern nicht in der entsprechenden Europäischen Norm angegeben, muss die Zementmörtelauskleidung von Rohren aus duktilem Gusseisen die folgenden Anforderungen erfüllen.

Die Zementmörtelauskleidung duktiler Gussrohre muss eine dichte gleichmäßige Beschichtung der Innenoberfläche des Rohrschafes bilden.

Sie muss werksseitig im Rotationsschleuderverfahren oder durch Anschleudern mittels Schleuderkopf oder mittels einer Kombination dieser Verfahren eingebracht werden. Glätten mit einer Kelle ist zulässig.

Vor dem Einbringen der Beschichtung muss die metallische Rohroberfläche frei von losen Teilchen sowie von Öl oder Fett sein.

Die Zementmörtelmischung muss aus Zement, Sand und Wasser bestehen. Werden Beimengungen verwendet, müssen diese in Übereinstimmung mit 4.1.4 sein und angegeben werden. Das Massenverhältnis Sand/Zement darf 3,5 nicht überschreiten. Während des Mischens hängt das Massenverhältnis Gesamtwasser zu Zement vom Fertigungsverfahren ab und muss so eingestellt werden, dass die Auskleidung in Übereinstimmung mit 4.4.3.2 und 4.4.3.3 ist.

Der Zement muss eine der in EN 197-1 aufgeführten Zementsorten oder sulfatbeständiger Zement sein. Tonerdezement kann für Rohwasser verwendet werden oder für spezielle Anwendungsfälle, je nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Besteller. Die ausgehärtete Auskleidung muss 4.1.4 entsprechen. Der Sand muss eine zweckentsprechende Sieblinie haben und darf keine organischen Verunreinigungen oder feine Tonpartikel aufweisen, die die Güte der Auskleidung beeinflussen können. Das in der Mörtelmischung verwendete Wasser muss Trinkwasser sein oder ein Wasser vergleichbarer Qualität.

Nach Einbringen des Frischmörtels muss eine kontrollierte Reifung durchgeführt werden, um eine ausreichende Hydratation des Zements sicherzustellen.

Die ausgehärtete Auskleidung muss 4.1.4, 4.4.3.2 und 4.4.3.3 entsprechen.

4.4.3.2 Festigkeit der Auskleidung

Wenn die Druckfestigkeit der Zementmörtelauskleidung nach 7.1 gemessen wird, darf sie nach 28 Tagen Reifezeit nicht geringer als 50 MPa sein.

ANMERKUNG Die Druckfestigkeit der Auskleidung steht in direktem Bezug zu anderen funktionellen Eigenschaften wie hohe Dichte, gute Haftung und geringe Porosität.

4.4.3.3 Schichtdicke und Oberflächenbeschaffenheit

Die Nennschichtdicke der Zementmörtelauskleidung und ihr Grenzabmaß müssen so sein wie in Tabelle 8 angegeben. Wenn sie in Übereinstimmung mit 6.8 gemessen werden, muss die Auskleidungsschichtdicke innerhalb des angegebenen Grenzabmaßes liegen.

Die Oberfläche der Zementmörtelauskleidung muss gleichmäßig und glatt sein. Abdrücke der Kelle, vereinzelt hervorstehende Sandkörner und mit dem Fertigungsverfahren verbundene Oberflächentexturen sind zulässig, es dürfen jedoch keine Vertiefungen oder örtlichen Fehlstellen vorhanden sein, die die Schichtdicke so weit verringern, dass sie unter den Mindestwert nach Tabelle 8 sinkt.

Ein feines Rissnetz oder Haarrisse in Verbindung mit einer zementangereicherten Oberfläche können in der trockenen Auskleidung auftreten. Wenn Schrumpfrisse, die bei zementgebundenen Stoffen naturbedingt sind, in trockenen Auskleidungen auftreten, dann dürfen die Rissbreite und der damit verbundene Versatz der Rissflanken die in Tabelle 8 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 8

Maße in Millimeter

DN	Schichtdicke		Maximale Rissbreite und maximaler radialer Versatz
	Nennwert	Grenzabmaß ^a	
40 bis 300	4	–1,5	0,4
350 bis 600	5	–2,0	0,5
700 bis 1 200	6	–2,5	0,6
1 400 bis 2 000	9	–3,0	0,8

^a Es ist nur das untere Grenzabmaß gegeben.

ANMERKUNG 1 Zementmörtelauskleidungen an Rohrenden können eine Abschrägung von maximal 20 mm Länge haben.

ANMERKUNG 2 Die Lagerung der Rohre und Formstücke in heißer und trockener Umgebung kann zur Ausdehnung der Gussrohre und zum Schrumpfen der Zementmörtelauskleidung führen, was dann zu flächigen Ablösungen und zu Schrumpfrissen führen kann, die die in Tabelle 8 angegebene Breite überschreiten können. Wenn die Auskleidung wieder mit Wasser benetzt wird, wird sie durch die Aufnahme von Feuchtigkeit quellen, die Risse werden sich gemäß den Angaben in Tabelle 8 schließen und eventuell durch einen Selbstheilungseffekt ausheilen.

4.4.3.4 Ausbesserungen

Zu Ausbesserungen von beschädigten Stellen muss entweder Zementmörtel (siehe 4.4.3.1) oder ein vergleichbarer synthetischer Mörtel verwendet werden. Das Auftragen kann von Hand erfolgen.

Vor dem Auftragen des Ausbesserungsmörtels muss die beschädigte Stelle bis auf die gesunde Auskleidung oder die Metalloberfläche ausgeschlagen und alle losen Bestandteile müssen entfernt werden. Nach der Ausbesserung muss die Auskleidung den Anforderungen nach 4.4.3.1, 4.4.3.2, 4.4.3.3 und 4.1.4 genügen.

4.5 Umhüllungen und Auskleidungen für Formstücke und Zubehörteile

4.5.1 Allgemeines

Wenn zwischen Hersteller und Besteller nicht anders vereinbart, müssen alle Formstücke, Zubehörteile und nichtgeschleuderten Rohre mit einer äußeren und inneren Beschichtung nach 4.5.2 geliefert werden; Formstücke können auch eine Zementmörtelauskleidung nach 4.4.3 erhalten, entweder maschinell oder von Hand eingebracht, sowohl zusätzlich als auch anstelle der vorgenannten Beschichtung.

Je nach den äußeren und inneren Einsatzbedingungen können auch die folgenden Umhüllungen und Auskleidungen geliefert werden:

a) Umhüllungen:

- Zinkstaubfarbanstrich mit Deckbeschichtung;
- Polyethylen-Folie (zusätzlich zur Beschichtung oder zum Zinkstaubfarbanstrich mit Deckbeschichtung);
- dickere elektrophoretisch hergestellte Beschichtung mit einer Mindestdicke von 50 µm, auf einer gestrahlten und phosphatierten Oberfläche;
- Schutzbänder;
- Epoxid-Umhüllung;

b) Auskleidungen:

- dickere Zementmörtelauskleidung;
- Zementmörtelauskleidung mit Deckbeschichtung;
- dickere elektrophoretisch hergestellte Beschichtung mit einer Mindestschichtdicke von 50 µm, auf einer gestrahlten und phosphatierten Oberfläche;
- Polyurethan-Auskleidung;
- Email-Auskleidung;
- Epoxid-Auskleidung.

Diese Umhüllungen und Auskleidungen müssen mit den entsprechenden Europäischen Normen übereinstimmen oder, wo keine Europäischen Normen existieren, müssen sie mit Internationalen Normen oder mit Nationalen Normen oder mit einer vereinbarten technischen Lieferbedingung übereinstimmen.

Alle fertigen Auskleidungen müssen 4.1.4 entsprechen.

ANMERKUNG Der Einsatzbereich dieser Umhüllungen und Auskleidungen ist in den Anhängen D und E angegeben.

4.5.2 Beschichtungen

4.5.2.1 Allgemeines

Das Beschichtungsmaterial muss aus Bitumen oder aus Kunstharz bestehen. Geeignete Zusätze (wie Lösemittel, anorganische Füllstoffe usw.) sind erlaubt, um ein leichtes Aufbringen und Trocknen zu erreichen. Vor dem Aufbringen der Beschichtung muss die Gussoberfläche trocken, frei von Rost, losen Teilchen oder Fremdstoffen, z. B. Öl oder Fett, sein. Die Beschichtung muss werksseitig aufgebracht werden.

4.5.2.2 Eigenschaften der Beschichtungen

Die Beschichtung muss die gesamte Oberfläche des Gussstückes gleichmäßig bedecken und muss ein glattes und homogenes Erscheinungsbild zeigen. Sie muss ausreichend trocken sein, um sicherzustellen, dass die beschichteten Teile nicht aneinanderkleben.

Wenn die Schichtdicke nach 6.7 gemessen wird, darf die mittlere Schichtdicke nicht weniger als 70 µm und die örtliche Mindestschichtdicke nicht weniger als 50 µm betragen. Bei elektrophoretisch hergestellten Beschichtungen auf Basis Kunstharz muss die Schichtdicke mindestens 35 µm betragen.

4.6 Kennzeichnung der Rohre und Formstücke

Alle Rohre und Formstücke müssen leserlich und dauerhaft gekennzeichnet sein und mindestens die folgenden Informationen tragen:

- Name oder Kennzeichen des Herstellers;
- Kennzeichen des Herstelljahres;
- Kennzeichen für duktiles Gusseisen;
- DN;
- Nenndruck PN bei Flanschen, wenn zutreffend;
- Hinweis auf diese Norm;
- Wanddickenklasse der Schleudergussrohre, wenn abweichend von K 9.

Zusätzlich müssen Rohre mit einer Nennweite über DN 300, die zum Ablängen geeignet sind, gekennzeichnet werden (sofern nicht alle Rohre derselben DN zum Ablängen geeignet sind).

Die ersten fünf Angaben müssen eingegossen oder eingeschlagen sein. Die übrigen Kennzeichnungen können durch ein beliebiges anderes Verfahren angegeben werden, z. B. auf dem Gussstück aufgemalt oder der Verpackung beigegeben sein.

4.7 Dichtheit

Rohre, Formstücke und Verbindungen müssen so ausgelegt sein, dass sie bei ihrem zulässigen Prüfdruck(PEA) wasserdicht sind:

- Rohre und Formstücke sind nach 6.5 zu prüfen und dürfen keine sichtbare Undichtheit, kein Schwitzen oder irgendein anderes Anzeichen für ein Versagen zeigen;
- Verbindungen müssen den Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit nach Abschnitt 5 entsprechen.

5 Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit der Verbindungen

5.1 Allgemeines

Um ihre Eignung für den Einsatz auf dem Gebiet der Wasserversorgung sicherzustellen, müssen alle Verbindungen die Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit nach Abschnitt 5 erfüllen.

Für jede der in Tabelle 9 angegebenen Gruppen muss an mindestens einer Nennweite DN eine Prüfung der Funktionstüchtigkeit durchgeführt werden. Eine DN ist für eine Gruppe repräsentativ, wenn die Funktionstüchtigkeit für den gesamten Abmessungsbereich auf denselben Auslegungs-Parametern basiert. Wenn eine Gruppe Produkte unterschiedlicher Konstruktion und/oder Herstellungsverfahren enthält, muss die Gruppe unterteilt werden.

Tabelle 9

DN-Gruppen	40 bis 250	300 bis 600	700 bis 1 000	1 100 bis 2 000
Bevorzugte DN in jeder Gruppe	200	400	800	1 600

Sind Flansche vorhanden, muss für jede der in Tabelle 9 angegebenen Gruppen an mindestens einer PN eine Prüfung der Funktionstüchtigkeit durchgeführt werden. Die zu prüfende PN ist die höchste PN je Flanschausführung. Eine PN ist für eine Gruppe repräsentativ, wenn die Funktionstüchtigkeit für den gesamten Abmessungsbereich auf denselben Auslegungs-Parametern basiert. Wenn eine Gruppe Produkte unterschiedlicher Konstruktion und/oder Herstellungsverfahren enthält, muss die Gruppe unterteilt werden.

Wenn bei einem Hersteller eine Gruppe nur eine DN oder PN enthält, so kann diese DN oder PN als Teil der benachbarten Gruppe angesehen werden, vorausgesetzt, dass sie von gleicher Ausführung ist und nach demselben Verfahren hergestellt wurde.

5.2 Bewegliche Verbindungen

5.2.1 Allgemeines

Alle Verbindungen müssen so ausgelegt sein, dass sie voll abwinkelbar sind; folglich darf die vom Hersteller anzugebende zulässige Abwinkelbarkeit nicht geringer sein als:

- 3°30' für DN 40 bis DN 300;
- 2°30' für DN 350 bis DN 600;
- 1°30' für DN 700 bis DN 2 000.

Alle Verbindungen müssen so ausgelegt sein, dass sie eine ausreichend große Längsbeweglichkeit besitzen; die zulässige Längsverschiebung muss vom Hersteller genannt werden.

ANMERKUNG Dies erlaubt der erdüberdeckten Rohrleitung, sich den Bodenbewegungen anzupassen und/oder Temperatureinflüsse ohne zusätzliche Spannungen aufzunehmen.

5.2.2 Prüfbedingungen

Alle Verbindungskonstruktionen müssen unter den ungünstigsten Bedingungen der Grenzabmaße und Bewegungen der Verbindungen wie unten angegeben einer Prüfung der Funktionstüchtigkeit unterzogen werden:

- a) Verbindung mit größtem Ringraum (siehe 5.2.3.1), achsgleich, bis zu dem vom Hersteller angegebenen größten Maß auseinander gezogen und unter Scherlast (siehe 5.2.3.3);
- b) Verbindung mit größtem Ringraum (siehe 5.2.3.1), bis zu dem vom Hersteller angegebenen maximalen Wert abgewinkelt (siehe 5.2.1).

Die Verbindungen dürfen keine sichtbare Undichtheit zeigen und die mit den Verbindungen geprüften Rohre oder Formstücke dürfen keine Schäden aufweisen, wenn sie den in Tabelle 10 angegebenen Prüfungen unterzogen werden.

Prüfung 3 (Positiver hydrostatischer Außendruck) ist nicht erforderlich für mechanische Verbindungen, wenn diese in Übereinstimmung mit den Prüfungen 1 und 2 einer Prüfung der Funktionstüchtigkeit unterzogen wurden.

Prüfung 4 (Zyklischer hydrostatischer Innendruck) ist nicht erforderlich für:

- Verbindungen, die bereits mehr als 10 Jahre vor der Erstveröffentlichung dieser Norm erfolgreich im Einsatz sind;
- Verbindungen, die bereits vor 2002 nach 7.5 mit einem Druckzyklus zwischen PFA und 0,5 PFA (anstelle von PMA und PMA-5) erfolgreich einer Prüfung der Funktionstüchtigkeit unterzogen wurden.

Tabelle 10

Prüfung	Prüfanforderungen	Prüfbedingungen	Prüfverfahren
1 Positiver hydrostatischer Innendruck	Prüfdruck: (1,5 PFA + 5) bar Prüfdauer: 2 h Keine sichtbare Undichtheit	Verbindung mit größtem Ringraum, achsgleich und auseinander gezogen, mit Scherlast Verbindung mit größtem Ringraum, abgewinkelt	Nach 7.2
2 Negativer Innendruck	Prüfdruck: -0,9 bar ^a Prüfdauer: 2 h Maximale Druckänderung während der Prüfung: 0,09 bar	Verbindung mit größtem Ringraum, achsgleich und auseinander gezogen, mit Scherlast Verbindung mit größtem Ringraum, abgewinkelt	Nach 7.3
3 Positiver hydrostatischer Außendruck	Prüfdruck: 2 bar Prüfdauer: 2 h Keine sichtbare Undichtheit	Verbindung mit größtem Ringraum, achsgleich, mit Scherlast	Nach 7.4
4 Zyklischer hydrostatischer Innendruck	24 000 Druckzyklen Prüfdruck: zwischen PMA und (PMA - 5) bar Keine sichtbare Undichtheit	Verbindung mit größtem Ringraum, achsgleich und auseinander gezogen, mit Scherlast	Nach 7.5
^a 0,9 bar unter Atmosphärendruck (etwa 0,1 bar absoluter Druck).			

5.2.3 Prüfparameter

5.2.3.1 Ringraum

Alle Verbindungen müssen mit den extremen Fertigungstoleranzen einer Prüfung der Funktionstüchtigkeit unterzogen werden, so dass der Ringraum zwischen den Dichtflächen in der Muffe und dem Einsteckende dem größtmöglichen Konstruktionsmaß plus 0 %, minus 5 % entspricht. Um den geforderten Ringraum zu erhalten, ist eine Bearbeitung der Muffeninnenoberflächen für die Prüfung der Funktionstüchtigkeit zulässig, auch wenn dadurch der erzielte Durchmesser leicht außerhalb der üblichen Herstelltoleranz liegen kann.

5.2.3.2 Rohrwanddicke

Alle Verbindungen müssen mit einer mittleren Gusswanddicke (auf einer Länge von 2 DN in Millimeter vom Einsteckende) entsprechend dem für das Rohr angegebenen Wert, für das die Verbindung ausgelegt ist, plus 10 %, minus 0 %, einer Prüfung der Funktionstüchtigkeit unterzogen werden. Es ist zulässig, die Rohrrinnen-seite am Einsteckende zu bearbeiten, um die geforderte Wanddicke zu erhalten.

5.2.3.3 Scherbeanspruchung

Alle Verbindungen müssen einer Prüfung der Funktionstüchtigkeit mit einer auf die Verbindungen wirkenden resultierenden Scherkraft von nicht weniger als 50 DN, in Newton, unterzogen werden, wobei die Masse des Rohres und seines Inhaltes sowie die Geometrie der Prüfeinrichtung zu berücksichtigen sind (siehe 7.2).

5.3 Bewegliche längskraftschlüssige Verbindungen

Alle längskraftschlüssigen Verbindungen müssen so ausgebildet sein, dass sie zumindest halbbeweglich sind; demzufolge darf die vom Hersteller angegebene Abwinkelbarkeit nicht kleiner sein als die Hälfte des in 5.2.1 angegebenen Wertes.

Alle längskraftschlüssigen Verbindungsarten müssen nach 7.2 bis 7.5 einer Prüfung der Funktionstüchtigkeit nach den Anforderungen von 5.2.2 und 5.2.3 unterzogen werden, ausgenommen wenn

- die Bedingung der Längverschiebbarkeit von 5.2.2 a) nicht angewendet werden darf;
- bei den Prüfungen unter positivem Innendruck keine äußere axiale Längskraftschlüssigkeit vorhanden sein darf, so dass die Verbindung dem vollen Enddruck ausgesetzt ist.

Während der Prüfungen mit positivem Innendruck muss die Längverschiebung einen Endwert erreichen.

Wenn bei einer längskraftschlüssigen Verbindung die Funktionen Längskraftschlüssigkeit und Dichtung voneinander unabhängig sind, braucht diese Verbindung der Prüfung 2 und der Prüfung 3 nach 5.2.2 dann nicht unterzogen werden, wenn die längskraftfreie Art der Verbindung diese Prüfungen bestanden hat.

5.4 Flanschverbindungen

Um die Festigkeit und die Dichtheit unter Betriebsbedingungen nachzuweisen, müssen Flanschverbindungen einer Prüfung der Funktionstüchtigkeit unterzogen werden. Wenn sie nach 7.6 geprüft werden, dürfen sie unter kombinierter Belastung mit einem hydrostatischen Innendruck und einem Biegemoment nach Tabelle 11 keine sichtbare Undichtheit aufweisen, dabei gilt:

- der Druck beträgt $(1,5 \text{ PN} + 5) \text{ bar}$;
- das entsprechende Biegemoment erhält man durch Addition des Biegemomentes, das sich aus der Masse der Einzelteile und der Wasserfüllung in der Prüfeinrichtung ergibt und aus einer eventuellen äußeren Belastung, die in Abhängigkeit von der Stützweitenlänge der Prüfeinrichtung errechnet wird (siehe 7.6).

ANMERKUNG Die in Tabelle 11 angegebenen Biegemomente entsprechen denjenigen, die sich aus der Masse der Rohre und der Wasserfüllung über eine freie Rohrlänge L zwischen den Auflagen ergeben, mit

- $L = 8 \text{ m}$ für Nennweite bis DN 250,
- $L = 12 \text{ m}$ für Nennweite ab DN 300.