



# 5

## Wanddickenberechnung duktiler Gussrohre

- 5.1 Spannungen in Druckrohrleitungen
- 5.2 Dimensionierung der Wanddicke von Rohren mit beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen
- 5.3 Entwicklung der Mindestrohrwanddicken
- 5.4 Vergleich von Wanddickenklassen (K-Klassen) und Druckklassen (C-Klassen) beweglicher längskraftfreier Rohre
- 5.5 Einfluss der Längsbiegefestigkeit und der Ringsteifigkeit auf die Dimensionierung der Rohrwanddicke
- 5.6 Duktile Gussrohre mit beweglichen längskraftschlüssigen Verbindungen
- 5.7 Literatur

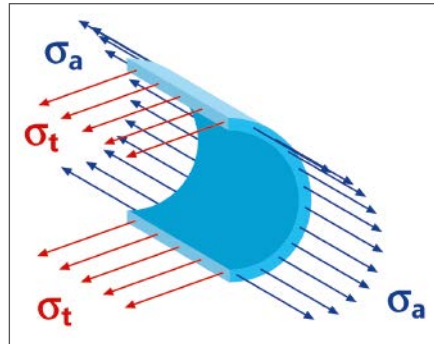
## 5 Wanddickenberechnung duktiler Gussrohre

Beim Bau erdüberdeckter Rohrleitungen aus duktilen Gussrohren nach EN 545 [5.1] werden die Rohre zum größten Teil mit Steckmuffen-Verbindungen, genormt in DIN 28603 [5.2], zusammengefügt. Bei der Bemessung der Wanddicken duktiler Gussrohre wird unterschieden zwischen

- beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen und
- beweglichen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen.

### 5.1 Spannungen in Druckrohrleitungen

Bei einer Druckleitung aus längskraftschlüssig verbundenen, z.B. geschweißten, Rohren entstehen aus dem Innendruck Spannungen in der Rohrwand, und zwar Umfangs- oder Tangentialspannungen  $\sigma_t$  und Längs- oder Axialspannungen  $\sigma_a$  entsprechend Bild 5.1.



**Bild 5.1:**  
Spannungen aus Innendruck in einer  
Wand aus längskraftschlüssig gefügten  
Druckrohren

Die beiden Spannungen berechnen sich wie folgt:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot e} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5.1)$$

$$\sigma_a = \frac{p \cdot D}{4 \cdot e} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5.2)$$

- p Innendruck [bar]
- D Mittel-Durchmesser  
( $D = (DE + Di) / 2 = DE - e$ ) [mm]
- DE Außendurchmesser [mm]
- Di Innendurchmesser [mm]
- e Wanddicke [mm]
- $\sigma_t$  Tangentialspannung in der  
Druckrohrwand [N/mm<sup>2</sup>]
- $\sigma_a$  Axialspannung in der  
Druckrohrwand [N/mm<sup>2</sup>]

Umrechnungsfaktor:  
1 bar entspricht 0,1 N/mm<sup>2</sup>

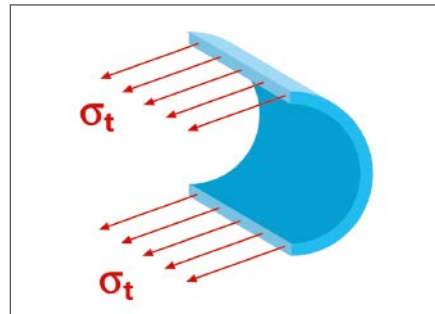
## 5.2 Dimensionierung der Wanddicke von Rohren mit beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen

### 5.2.1 Dimensionierung der Wanddicken von Rohren nach Druckklassen (C-Klassen)

Zur Dimensionierung der Rohrwanddicke von duktilen Gussrohren mit beweglichen längskraftfreien Steckmuffen-Verbindungen wird die einfache Kesselformel herangezogen, in der die Tangentialspannungen aus dem Innendruck, die Zugfestigkeit des Rohrwerkstoffes, die Rohrwanddicke und der Rohrdurchmesser miteinander in Beziehung stehen.

Bewegliche längskraftfreie Steckmuffen-Verbindungen übertragen keine Axialkräfte. Sollte der Mediendruck an Endverschlüssen, Abzweigen, Reduzierungen oder Richtungsänderungen Axialkräfte erzeugen, müssen diese mit geeigneten Mitteln in den Baugrund eingeleitet werden, z.B. durch Betonwiderlager.

Bewegliche längskraftfreie Steckmuffen-Verbindungen haben das Bild des Gussrohres in den letzten sechs Jahrzehnten maßgeblich geprägt; sie sind preiswert und einfach zusammenzufügen. Längskraftfreie Steckmuffen-Verbindungen übertragen keine axialen Kräfte, so dass die in Bild 5.1 dargestellten Spannungen in axialer Richtung  $\sigma_a$  gleich Null sind. Die Spannungen in der Wand eines solchen Muffenrohres verlaufen entsprechend Bild 5.2 lediglich als Tangentialspannung  $\sigma_t$  in Umfangsrichtung.



**Bild 5.2:** Tangentialspannung  $\sigma_t$  in Umfangsrichtung in einem Rohr mit längskraftfreier beweglicher Steckmuffen-Verbindung

Sie werden im Grundsatz nach der Gleichung 5.1 (Kesselformel) berechnet:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot e} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5.1)$$

- $\sigma_t$  Tangentialspannung in der Druckrohrwand  $[\text{N/mm}^2]$
- $p$  Innendruck  $[\text{bar}]$
- $D$  Mittel-Durchmesser  $(D = (DE + Di) / 2 = DE - e)$   $[\text{mm}]$
- $e$  Wanddicke  $[\text{mm}]$

Somit ergibt sich für den Innendruck  $p$ :

$$p = \frac{2 \cdot E \cdot \sigma_t}{D} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (5.2)$$

Nach Einführung der Mindestrohrwanddicke und eines Sicherheitsfaktors ergibt sich die in der Produktnorm EN 545 [5.2] verankerte Gleichung 5.3, mit der der zulässige Bauteilbetriebsdruck PFA errechnet wird:

$$\text{PFA} = \frac{20 \cdot e_{\min} \cdot R_m}{D \cdot S_F} \quad [\text{bar}] \quad (5.3)$$

Es bedeuten:

PFA = p = zulässiger Bauteilbetriebsdruck

$e_{min}$  = Mindestrohrwanddicke

$R_m = \sigma_t$  = Mindestzugfestigkeit = 420 MPa

$S_F$  = Sicherheitsfaktor

Umrechnungsfaktoren:

1 N/mm<sup>2</sup> = 1 MPa = 10 bar

Bei einer Mindestzugfestigkeit

$R_m = 420$  MPa für duktilen Gusseisen

und dem Sicherheitsfaktor  $S_F = 3$  ergibt

sich folgende Konstante 5.4:

$$\frac{20 \cdot R_m}{S_F} = 2.800 \quad [\text{MPa}] \quad (5.4)$$

Der Bauteilbetriebsdruck PFA lässt

sich mit Gleichung 5.5 aus dem Rohr-

wandaußendurchmesser DE und der

Rohrwanddicke  $e_{min}$  berechnen:

$$PFA = 2.800 \cdot \frac{e_{min}}{DE - e_{min}} \quad [\text{MPa}] \quad (5.5)$$

Mindestwanddicken $e_{min}$ duktiler Gussrohre								
		Druckklasse (C-Klassen) = PFA [bar]						
		20	25	30	40	50	64	100
DN	DE [mm]	$e_{min}$ [mm]						
40	56				3,0	3,5	4,0	4,7
50	66				3,0	3,5	4,0	4,7
60	77				3,0	3,5	4,0	4,7
65	82				3,0	3,5	4,0	4,7
80	98				3,0	3,5	4,0	4,7
100	118				3,0	3,5	4,0	4,7
125	144				3,0	3,5	4,0	5,0
150	170				3,0	3,5	4,0	5,9
200	222				3,1	3,9	5,0	7,7
250	274				3,9	4,8	6,1	9,5
300	326				4,6	5,7	7,3	11,2
350	378			4,7	5,3	6,6	8,5	13,0
400	429			4,8	6,0	7,5	9,6	14,8
450	480			5,1	6,8	8,4	10,7	16,6
500	532			5,6	7,5	9,3	11,9	18,3
600	635			6,7	8,9	11,1	14,2	21,9
700	738		6,8	7,8	10,4	13,0	16,5	
800	842		7,5	8,9	11,9	14,8	18,8	
900	945		8,4	10,0	13,3	16,6		
1.000	1.048		9,3	11,1	14,8	18,4		
1.100	1.152	8,2	10,2	12,2	16,2	20,2		
1.200	1.255	8,9	11,1	13,3	17,7	22,0		
1.400	1.462	10,4	12,9	15,5				
1.500	1.565	11,1	13,9	16,6				
1.600	1.668	11,8	14,8	17,7				
1.800	1.875	13,3	16,6	19,9				
2.000	2.082	14,8	18,4	22,1				

Anmerkung: Die fettgedruckten Zahlen bezeichnen das Standardangebot

**Tabelle 5.1:** Mindestwanddicken  $e_{min}$  duktiler Gussrohre nach EN 545 [5.1] in Abhängigkeit von Nennweite DN und Druckklasse (C-Klasse)

Aus Gleichung 5.5 lässt sich die Mindestwanddicke  $e_{\min}$  für einen zulässigen Bauteilbetriebsdruck PFA bei einer gegebenen Nennweite berechnen:

$$e_{\min} = \frac{DE \cdot PFA}{2.800 + PFA} \quad [\text{mm}] \quad (5.6)$$

Tabelle 5.1 enthält die Mindestwanddicken  $e_{\min}$  entsprechend EN 545 [5.1] für die sieben Druckklassen (C-Klassen), die den Bauteilbetriebsdrücken PFA 20; 25; 30; 40; 50; 64 und 100 zugeordnet sind. Die untere Grenze der Mindestwanddicken wurde auf  $e_{\min} = 3,0$  mm gesenkt.

## 5.2.2 Wanddickendimensionierung nach K-Klassen

Die Mindestrohrwanddicke  $e_{\min}$  duktiler Gussrohre hat seit der Einführung des duktilen Gusseisens vor etwa 60 Jahren eine beachtliche Entwicklung erlebt, die einer eindrucksvollen Entwicklung und Optimierung der Fertigungstechnik des Schleudergießens zu verdanken ist. Davon profitierten in erster Linie die kleinen Nennweiten von DN 80 bis DN 250,

die in den städtischen Verteilungsnetzen einen überproportional großen Anteil haben.

Als Mitte der fünfziger Jahre die ersten duktilen Gussrohre produziert wurden, war das Sicherheitsdenken zunächst noch von den dickwandigen Graugussrohren geprägt. Die Gießmaschinen wurden damals noch manuell gesteuert, sodass die Mindestwanddicke nur mit großen „Zugaben“ einzuhalten war. Für eine kohärente Darstellung der Wanddicken über den gesamten Nennweitenbereich sorgte eine Einteilung nach K-Klassen, die über vier Jahrzehnte Bestand hatte. Die Nennwanddicken  $e$  waren unter Berücksichtigung der zulässigen Umfangsspannungen in der Rohrwand mit der Formel

$$e = 5 + 0,01 \cdot DN \quad [\text{mm}] \quad (5.7)$$

in der Wanddickenklasse K 10 festgelegt. Abweichende Wanddicken ließen sich in eigenen K-Klassen darstellen

$$e = K \cdot (5 + 0,001 \cdot DN) \quad [\text{mm}] \quad (5.8)$$

wobei der Proportionalitätsfaktor K einer Reihe von ganzen Zahlen ... 8, 9, 10, 11, 12 ... angehörte.

In der Trinkwasserversorgung lagen die typischen K-Werte anfangs bei 10, später bei 8 und 9. Damit die Wanddicken der kleineren Nennweiten praktisch überhaupt herstellbar blieben, wurde die Nennwanddicke auf  $e = 6$  mm nach unten begrenzt. Für die bemessungsrelevante Mindestwanddicke  $e_{\min}$  gilt folgende Festlegung:

$$e_{\min} = e - \Delta e \quad [\text{mm}] \quad (5.9)$$

$\Delta e$  zulässige Maßabweichung (Minus-Toleranz)

Für  $e > 6$  mm gilt:

$$\Delta e = -(1,3 + 0,001 \cdot DN) \text{ [mm]} \quad (5.10)$$

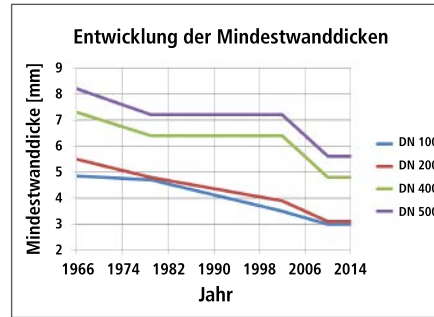
Für  $e \leq 6$  mm gilt:

$$\Delta e = -1,3 \text{ [mm]} \quad (5.11)$$

Somit betrug die niedrigste Mindestrohrwanddicke 4,7 mm.

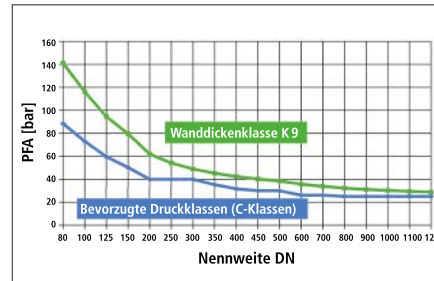
### 5.3 Entwicklung der Mindestrohrwanddicken

Die treffsichere Erzeugung der geringeren Rohrwanddicken im Schleudergießverfahren reifte in den sechs Jahrzehnten seit dem Aufkommen der duktilen Gussrohre durch verbesserte Maschinensteuerung und ständige Verfahrensoptimierung heran. So war es nur konsequent, dass sich die Gussrohrindustrie dem Trend anschloss, Bauteile der Wasserversorgung den herrschenden Drücken anzupassen, einer Entwicklung, wie sie sich in der EN 14801 [5.3] manifestierte. Bereits 2002 führt die EN 545 in ihrer damals aktuellen Ausgabe die Druckklasse C 40 neben den



**Bild 5.3:**

Entwicklung der Mindestrohrwanddicken  $e_{\min}$  von 1966 bis 2014



**Bild 5.4:**

Vergleich der Wanddickenklasse K 9 mit den bevorzugten Druckklassen (C-Klassen) hinsichtlich des zulässigen Bauteilbetriebsdruckes PFA

noch bestehenden Wanddickenklassen (K-Klassen) ein. Seit dem Jahr 2010 enthält die EN 545 [5.1] nur noch die Druckklassen (C-Klassen).

Die Entwicklung der Mindestrohrwanddicken während der letzten Jahrzehnte im Bild 5.3 zeigt, dass seit der Einführung der duktilen Gussrohre fertigungstechnisch fast eine Halbierung der Mindestwanddicken möglich geworden ist.

### 5.4 Vergleich von Wanddickenklassen (K-Klassen) und Druckklassen (C-Klassen) beweglicher längskraftfreier Rohre

Für längskraftfreie Rohre bis zur Nennweite DN 300, die auf Innendruck bemessen werden, hat die Einführung der Druckklassen (C-Klassen) im Vergleich zu den Wanddickenklassen (K-Klassen) die gravierendsten Änderungen zur Folge, wie das nächste Diagramm zeigt (Bild 5.4). Ab DN 400 sind die Unterschiede eher zu vernachlässigen.

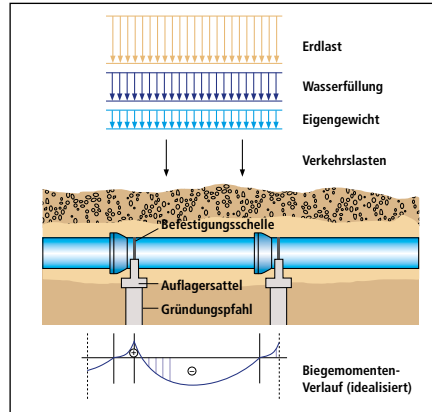
		Mindestwanddicken $e_{\min}$ duktiler Gussrohre																
DN	DE [mm]	Druckklassen (C-Klassen) = PFA						Wanddickenklassen (K-Klassen)										
		20	25	30	40	50	64	100	7		8		9		10		11	
		$e_{\min}$ [mm]						$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	$e_{\min}$ [mm]	PFA [bar]	
40	56				3,0	3,5	4,0	4,7										
50	66				3,0	3,5	4,0	4,7										
60	77				3,0	3,5	4,0	4,7										
65	82				3,0	3,5	4,0	4,7										
80	98				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	141,1	4,7	141,1	4,7	141,1	4,7	141,1	5,0	150,5
100	118				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	116,2	4,7	116,2	4,7	116,2	4,7	116,2	5,2	129,1
125	144				3,0	3,5	4,0	5,0	4,7	94,5	4,7	94,5	4,7	94,5	4,8	97,1	5,5	110,1
150	170				3,0	3,5	4,0	5,9	4,7	79,6	4,7	79,6	4,7	79,6	5,1	85,7	5,7	97,1
200	222				3,1	3,9	5,0	7,7	4,7	60,6	4,7	60,6	4,8	61,9	5,5	71,1	6,2	80,4
250	274				3,9	4,8	6,1	9,5	4,7	48,9	4,7	48,9	5,2	54,2	6,0	62,2	6,7	70,2
300	326				4,6	5,7	7,3	11,2	4,7	41,0	4,8	41,8	5,6	48,9	6,4	56,1	7,2	63,2
350	378			4,7	5,3	6,6	8,5	13,0	4,7	34,9	5,2	38,7	6,0	45,2	6,9	51,7	7,7	58,2
400	429			4,8	6,0	7,5	9,6	14,8	4,7	31,0	5,5	36,4	6,4	42,4	7,3	48,5	8,2	54,6
450	480			5,1	6,8	8,4	10,7	16,6	4,9	28,9	5,9	34,5	6,8	40,2	7,8	46,0	8,7	51,7
500	532			5,6	7,5	9,3	11,9	18,3	5,2	27,6	6,2	33,0	7,2	38,4	8,2	43,8	9,2	49,3
600	635			6,7	8,9	11,1	14,2	21,9	5,8	25,8	6,9	30,8	8,0	35,7	9,1	40,7	10,2	45,7
700	738		6,8	7,8	10,4	13,0	16,5		6,4	24,5	7,6	29,1	8,8	33,8	10,0	38,5	11,2	43,1
800	842		7,5	8,9	11,9	14,8	18,8		7,0	23,5	8,3	27,9	9,6	32,3	10,9	36,7	12,2	41,2
900	945		8,4	10,0	13,3	16,6			7,6	22,7	9,0	26,9	10,4	31,2	11,8	35,4	13,2	39,7
1000	1048		9,3	11,1	14,8	18,4			8,2	22,1	9,7	26,2	11,2	30,2	12,7	34,3	14,2	38,5
1100	1152	8,2	10,2	12,2	16,2	20,2			8,8	21,6	10,4	25,5	12,0	29,5	13,6	33,5	15,2	37,4
1200	1255	8,9	11,1	13,3	17,7	22,0			9,4	21,1	11,1	25,0	12,8	28,9	14,5	32,7	16,2	36,6
1400	1462	10,4	12,9	15,5					10,6	20,4	12,5	24,1	14,4	27,9	16,3	31,6	18,2	35,3
1500	1565	11,1	13,9	16,6					11,2	20,2	13,2	23,8	15,2	27,5	17,2	31,1	19,2	34,8
1600	1668	11,8	14,8	17,7					11,8	19,9	13,9	23,5	16,0	27,1	18,1	30,7	20,2	34,3
1800	1875	13,3	16,6	19,9					13,0	19,5	15,3	23,0	17,6	26,5	19,9	30,0	22,2	33,5
2000	2082	14,8	18,4	22,1					14,2	19,2	16,7	22,6	19,2	26,1	21,7	29,5	24,2	32,9

**Tabelle 5.2:**  
Gegenüber-  
stellung der  
Druckklassen  
(C-Klassen) laut  
EN 545:2011  
[5.1] (links)  
mit den Wand-  
dickenklassen  
(K-Klassen) der  
EN 545:2007  
[5.4] (rechts)

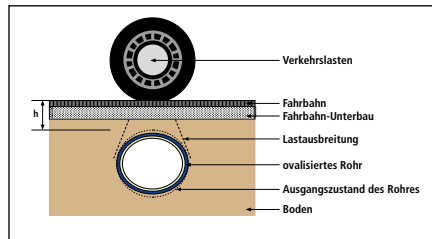
Dieser Effekt beruht allein darauf, dass bei der Einführung der Druckklassen (C-Klassen), der Grenzwert der Mindestwanddicke von 4,7 mm auf 3,0 mm um etwa ein Drittel abgesenkt wurde. Die zur Wanddickenberechnung gültige Gleichung (5.6) gilt wie bisher.

In der Tabelle 5.2 ist der Zusammenhang zwischen der früheren K-Klasse und der neuen Druckklasse (C-Klasse) für jede Nennweite dargestellt. Die in Millimeter gemessene Wanddicke stellt für die C-Klassen und für die K-Klassen die gemeinsame Vergleichsgröße dar. In dieser Tabelle sind die Bereiche mit ähnlichen Wanddicken und den Druckklassen entsprechende Bereiche für den zulässigen Bauteilbetriebsdruck PFA in gleichen Farben gehalten.

Mit dieser Tabelle ergibt sich die Möglichkeit, die früheren K-Klassen (Wanddickenklassen) mit den neuen Druckklassen (C-Klassen) zu vergleichen, weil die tatsächliche Mindestwanddicke  $e_{\min}$  die gemeinsame Bezugsgröße ist.



**Bild 5.5:**  
Biegemomente bei einer erdüberdeckten Leitung auf Pfahljochen



**Bild 5.6:**  
Ovalisierung durch Erd- und Verkehrslasten

## 5.5 Einfluss der Längsbiegefestigkeit und der Ringsteifigkeit auf die Dimensionierung der Rohrwanddicke

Die Klassifizierung in Druckklassen (C-Klassen) ist nur für längskraftfreie Systeme anwendbar, bei denen lediglich Tangentialspannungen  $\sigma_t$  aus Innendruck für die Bemessung der Rohrwanddicke maßgebend sind (Bild 5.2).

Aber auch bei der Bemessung von längskraftfreien Systemen sind solche Einflussgrößen zu berücksichtigen, die einen maßgeblichen Anteil an Axialspannungen  $\sigma_a$  im zu bemessenden System verursachen. Dies können Axialspannungen aus Biegemomenten in Längsrichtung (Bild 5.5) oder aus einer ungleichmäßigen Belastungen in Umfangsrichtung (Bild 5.6) sein.



		Zulässige Biegemomente M(x) [kNm]									
		Klasse 40		Klasse 50		Klasse 64		K 9		K 10	
DN	DE [mm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]	e <sub>min</sub> [mm]	M (x)[kNm]
80	98	3,0	5,3	3,5	6,1	4,0	6,9	4,7	8,0	4,7	8,0
100	118	3,0	7,8	3,5	9,0	4,0	10,2	4,7	11,8	4,7	11,8
125	144	3,0	11,7	3,5	13,6	4,0	15,4	4,7	17,9	4,8	18,2
150	170	3,0	16,4	3,5	19,0	4,0	21,6	4,7	25,2	5,1	26,7
200	222	3,1	29,2	3,9	36,4	5,0	46,2	4,8	44,4	5,5	50,6
Diese Biegemomente, ausgedrückt in Kilonewtonmeter [kNm], gehören zu einer Last mit dem gleichen Wert, ausgedrückt in Kilonewton [kN], die im Mittelpunkt einer Spannweite von 4 m angreift											
Legende:		M(x) ≤ 9,9 kNm		10,0 kNm ≤ M(x) ≤ 19,9 kNm		20,0 kNm ≤ M(x) ≤ 29,9 kNm		M(x) ≥ 30,0 kNm			

**Tabelle 5.3:**  
Zulässige Biegemomente M(x) von Rohren DN 80 bis DN 200 für Druckklassen (C-Klassen) und Wanddickenklassen (K-Klassen)

		Mindest-Ringsteifigkeit S [kN/m <sup>2</sup> ]									
		Klasse 25		Klasse 30		Klasse 40		K 9		K 10	
DN	DE [mm]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]	e <sub>st</sub> [mm]	S [kN/m <sup>2</sup> ]
300	326					5,4	68	6,4	110	8	160
350	378			5,5	46	6,1	67	6,8	89	8,5	120
400	429			5,7	34	6,9	63	7,2	72	9,1	100
450	480			6	28			7,7	61	9,6	86
500	532			6,5	27			8,1	52	10,1	74
600	635			7,7	26			9	41	11,2	58
700	738	7,8	17					9,8	34	12,2	49
800	842	8,6	15					10,7	30	13,2	42
900	945	9,5	15					11,5	26	14,3	37
1.000	1.048	10,5	14,5					12,3	24	15,4	34
Die Werte für die Berechnungswanddicke e <sub>st</sub> wurden wie folgt berechnet: e <sub>st</sub> = e <sub>min</sub> + 0,5 (1,3 + 0,001 DN) [mm]											
Legende:		S ≤ 29,9 kN/m <sup>2</sup>		30,0 kN/m <sup>2</sup> ≤ S ≤ 49,9 kN/m <sup>2</sup>		50,0 kN/m <sup>2</sup> ≤ S ≤ 99,9 kN/m <sup>2</sup>		M(x) ≥ 30,0 kNm			

**Tabelle 5.4:**  
Zusammenstellung der Mindest-Ringsteifigkeiten S der Nennweiten DN 300 bis DN 1000 für Druckklassen (C-Klassen) und Wanddickenklassen (K-Klassen)

### 5.5.1 Zulässige Biegemomente

Die beschädigungsfrei aufnehmbaren Biegemomente sind für Druckklassen (C-Klassen) sowie Wanddickenklassen (K-Klassen) in Tabelle 5.3 dargestellt. Es ist erkennbar, dass in setzungsgefährdeten Böden oder bei der Verwendung in grabenlosen Einbauverfahren Rohre mit einem höheren zulässigen Biegemoment benötigt werden als aus der Bemessung über die Druckklasse hervorgeht.

### 5.5.2 Mindest-Ringsteifigkeit

Belastungen aus Erd- und Verkehrslasten können Ovalisierungen hervorrufen, welche höchstens 4 % erreichen dürfen. Die hierzu gehörenden Mindest-Ringsteifigkeiten sind in beiden Versionen der EN 545 enthalten, und zwar in Abhängigkeit von der Druckklasse in EN 545:2011 [5.1] sowie in Abhängigkeit von der Wanddickenklasse in EN 545:2007 [5.4]. Tabelle 5.4 enthält die zusammengefassten Werte. Wie zu erwarten, liegen die höheren Bereiche der Ringsteifigkeit wiederum bei den höheren Wanddicken. Auch hier wird oft die Wanddicke gegenüber der Druckklasse maßgeblich.

### 4.2 Druckklasse

Entsprechend 3.21 wird die Druckklasse eines Bauteils durch eine Kombination der konstruktionsbezogenen Funktionsfähigkeit und der Funktionsfähigkeit der längskraftfreien beweglichen Verbindung festgelegt.

Längskraftschlüssige Verbindungen können den PFA verringern; in diesem Fall ist der PFA vom Hersteller anzugeben.

#### Bild 5.7:

Zitat aus der EN 545 [5.1]

## 5.6 Duktile Gussrohre mit beweglichen längskraftschlüssigen Verbindungen

### 5.6.1 Kennzeichnung des zulässigen Bauteilbetriebsdruckes

Die EN 545 [5.1] gibt unter Abschnitt 4.2 (Bild 5.5) einen Hinweis, dass sich bei längskraftschlüssigen Verbindungen der zulässige Bauteilbetriebsdruck PFA verringern kann.

### 4.7.1 Rohre und Formstücke

Alle Rohre und Formstücke müssen leserlich und dauerhaft gekennzeichnet und mindestens mit folgenden Angaben versehen sein:

- Name oder Kennzeichen des Herstellers
- Kennzeichen des Herstellungsjahres
- Kennzeichen für duktilen Gusseisen
- DN
- Nenndruck PN bei Flanschen für Flanschbauteile
- Verweisung auf diese Europäische Norm, d.h. EN 545
- Druckklasse von Schleudergussrohren

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

#### Bild 5.8:

Zitat aus der EN 545 [5.1]

Gemäß Bild 5.1 erzeugen längskraftübertragende Rohrverbindungen einen mehrachsigen Spannungszustand in der Rohrwand, womit der zulässige Bauteilbetriebsdruck PFA im Vergleich zum längskraftfreien Rohr kleiner, die Druckklasse also niedriger wird.

Der mehrachsige Spannungszustand in einer Rohrwand, die neben der Tangentialspannung  $\sigma_t$  aus Innendruck zusätzliche Axialspannungen  $\sigma_a$  aufnehmen muss, hat eine deutliche Absenkung des zulässigen Bauteilbetriebsdruckes PFA gegenüber der längskraftfreien Ausführung zur Folge. Die Angabe der Druckklasse C als Synonym für den zulässigen Bauteilbetriebsdruck PFA reicht also bei längskraftschlüssig gebauten Rohrleitungen nicht mehr aus. Dies hat Konsequenzen für die Kennzeichnung der Rohre. Bild 5.8 zeigt die Kennzeichnungsforderungen der EN 545 [5.1], Abschnitt 4.7.1.

Laut EN 545 [5.1], Abschnitt 4.2, müssen die Hersteller für ihre längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen den niedrigeren Wert für den PFA angeben. Eine eindeutige und unmissverständ-

liche Festlegung zur Kennzeichnung von Rohren mit längskraftschlüssiger Verbindung gibt es in der EN 545 [5.1] jedoch nicht. Die EADIPS®/FGR® hat diesem Umstand dadurch Rechnung getragen, dass sie eine eigene Kennzeichnungsnorm, die EADIPS®/FGR®-NORM 75 [5.5], veröffentlicht hat (Kapitel 3, Bilder 3.35 und 3.36).

### 5.6.2 Formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Eine weitere Anforderung schob sich im letzten Jahrzehnt mehr und mehr in den Vordergrund: Die zunehmende Anwendungshäufigkeit längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen bei den grabenlosen Einbauverfahren und die damit verbundene Anforderung an die maximal zulässige Zugkraft in den Technischen Regeln des DVGW-Arbeitsblattes GW 320-1 [5.6] und Folgende (siehe auch Kapitel 22 zu den grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren). In diesen Regelwerken spielt die zulässige Zugkraft, vor allem formschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen mit Schweißraupe auf den Einsteckenden (Bild 9.5), eine entscheidende Rolle für die Ein-

zielänge eines Rohrstrangs. Sie entscheidet damit über die Baugrubenabstände und so über die Wirtschaftlichkeit eines Rohrwerkstoffes bei einem gewählten grabenlosen Verfahren. Die grabenlosen Einbauverfahren werden überwiegend mit formschlüssigen zugfesten Steckmuffen-Verbindungen angewendet. Diese Verbindungen benötigen eine Schweißraupe auf dem Einsteckende. Eine Mindestwanddicke von etwa 5 mm für einen qualitativ hochwertigen Einbrand gilt als Voraussetzung für die Einhaltung der geforderten zulässigen Zugkraft. Auch bei den grabenlosen Einschubverfahren ist zur Übertragung der Druckkräfte eine Mindestwanddicke erforderlich, damit die zulässigen Druckspannungen in der Verbindungsfuge nicht überschritten werden.

Je nach Anwendungsfall müssen also mehrere Belastungsarten aus Innendruck, Vertikallast und Biegebeanspruchung sowie aus höchstzulässiger Zug- bzw. Druckkraft bei grabenlosen Einbauverfahren durchgerechnet und das optimale Rohr bestimmt

werden. Auswirkungen auf die Planungspraxis enthalten die Beiträge aus den EADIPS®/FGR®-Jahresheften 45 [5.7] und 46 [5.8].

## 5.7 Literatur

- [5.1] EN 545:2011  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörtteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2011
- [5.2] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen [Ductile iron pipes and fittings – Push-in joints – Survey, sockets and gaskets]  
2002-05
- [5.3] EN 14801  
Conditions for pressure classification of products for water and wastewater pipelines [Bedingungen für die Klassifizierung von Produkten für Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nach auftretenden Drücken]  
2006
- [5.4] EN 545:2007  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for water pipelines – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörtteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren]  
2006

- [5.5] EADIPS®/FGR®-NORM 75  
Rohre aus duktilem Gusseisen –  
Kennzeichnung des  
zulässigen Bauteilbetriebsdrucks  
(PFA) längskraftschlüssiger  
beweglicher Steckmuffen-  
Verbindungen von Rohren –  
Ergänzung zur EN 545:2010  
[EADIPS®/FGR® STANDARD 75  
Ductile iron pipes –  
Marking of the allowable  
operating pressure PFA of  
restrained flexible push-in  
socket joins of pipes –  
Supplement to EN 545:2010]  
2013-06
- [5.6] DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1  
Erneuerung von Gas- und Was-  
serrohrleitungen durch Rohrein-  
zug oder Rohreinschub mit  
Ringraum  
[DVGW worksheet GW 320-1  
Replacement of gas and water  
pipelines by pipe pulling or pipe  
pushing with annular gap]  
2009-02
- [5.7] Rammelsberg, J.:  
Wanddickenklassen und Druck-  
klassen in der EN 545 –  
Vergleich zwischen den  
Versionen von 2007 und 2010  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 45 (2011), S. 23 ff  
[Wall-thickness classes and  
pressure classes in EN 545 –  
Comparison between the 2007  
and 2010 versions  
DUCTILE IRON PIPE  
SYSTEMS,  
Issue 45 (2011), p. 19 ff]
- [5.8] Rammelsberg, J.:  
Auswirkungen der neuen  
EN 545 auf die Planungspraxis  
für Trinkwasserleitungen aus  
duktilen Gusseisen.  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 46 (2012), S. 35 ff  
[The impact of the new EN 545  
on practical planning and  
design for ductile iron drinking  
water pipelines,  
DUCTILE IRON PIPE  
SYSTEMS,  
Issue 46 (2012), p. 33 ff]
- [5.9] EN 1092-2  
Flanges and their joints –  
Circular flanges for pipes,  
valves, fittings and accessories,  
PN designated –  
Part 2: Cast iron flanges  
[Flansche und ihre  
Verbindungen –  
Runde Flansche für  
Rohre, Armaturen, Formstücke  
und Zubehörteile,  
nach PN bezeichnet –  
Teil 2: Gusseisenflansche]  
1997

