

Angaben zu EO-Rohren

1. Stahlsorten, mechanische Eigenschaften, Ausführungsart

EO-Stahlrohre

Stahlsorte	Zugfestigkeit Rm	Streckgrenze ReH	Bruchdehnung A5 (längs)	Ausführungsart
Feinkorn Güte E235N nach EN 10305-4 (St. 37.4 gemäß DIN 1630/DIN 2391, alte Bezeichnung)	340 N/mm ² min. 49.000 lb/in ²	235 N/mm ² min. 34.000 lb/in ²	25% min.	Nahtlos kaltgezogen, blank gegläht, DIN EN 10305-1 und 4

EO-Rohre aus nichtrostenden Stählen

Stahlsorte	Zugfestigkeit Rm	1% Dehngrenze	Bruchdehnung A5 (längs)	Ausführungsart
Werkstoff Nr. 1.4571 X6CrNiMoTi17122	500 N/mm ² min. 72.500 lb/in ²	245 N/mm ² min. 35.500 lb/in ²	35% min.	Nahtlos kaltgezogen, zunderfrei, wärmebehandelt, entspr. DIN EN 10216-5 Tab. 6

2. Prüfungen und Bescheinigungen

Alle Rohre werden einer zerstörungsfreien Dichtigkeitsprüfung unterzogen und zum Nachweis entsprechend gekennzeichnet. Die Kennzeichnung ersetzt ein Werkzeugeignis DIN EN 10204-2.2. Für Rohre aus 1.4571 gilt Prüfklasse 1 DIN EN 10216-5 Tabelle 7.

3. Empfohlene Biegeradien

Für das Kaltbiegen von Rohren mit Biegevorrichtungen oder von Hand wird ein Biegeradius von 3× Rohraußendurchmesser empfohlen.

4. Schweißignung und Schweißbarkeit

Rohre aus E235N sind nach den bekannten Verfahren gut schweißbar. Rohre aus Werkstoff 1.4571 sind für die Lichtbogenschweißung geeignet. Der erforderliche Schweißzusatz ist nach DIN EN 1600 und DIN EN 12072 Teil 1 unter Berücksichtigung des Verwendungszwecks und des Schweißverfahrens auszuwählen.

5. Näherungsweise Berechnung des Durchflusswiderstandes gerader Rohrleitungen

Der Durchflusswiderstand und damit der Rohrleitungswirkungsgrad wird durch den Rohrrinnendurchmesser, den Volumenstrom (gemessen oder berechnet) sowie durch die Eigenschaften des Mediums beeinflusst. Um möglichst geringe Verluste im Rohrleitungssystem zu haben, ist weitgehendst laminare Strömung anzustreben.

Der Übergang von der laminaren zur turbulenten Strömung, die einen erhöhten Durchflusswiderstand bringt, wird allgemein durch die Reynolds-Zahl Re 2320 definiert. Da der Übergang nicht scharf abgegrenzt ist, kann der Übergangsbereich praktisch nur messtechnisch erfasst werden. Setzt man für eine vereinfachte Berechnung den Übergang bei Re 2320 und die Rohrrinnenfläche als „technisch glatt“ voraus, so lassen sich die Grenzgeschwindigkeiten w_{krit} bzw. die Grenzvolumenströme \dot{V}_{krit} , bei denen der Übergang von der

laminaren zur turbulenten Strömung erfolgt, nach den folgenden Formeln abschätzen:

$$w_{crit} = \frac{2.32 \cdot \nu}{d_i} \quad [\text{m/s}]$$

$$q_{v, crit} = 0.109 \cdot d_i \cdot \nu \quad [\text{l/min}]$$

$$d_i = \text{Innen-}\varnothing \text{ in mm}$$

$$\nu = \text{kinematische Viskosität in mm}^2/\text{s}$$

Zur näherungsweisen Berechnung des Druckabfalls in bar/1 m Rohrlänge können die nachfolgenden Formeln herangezogen werden:

1. Laminarer Bereich:

$$p_v = \frac{0.32 \cdot w \cdot \nu \cdot \rho}{d_i^2 \cdot 10^3} = \frac{6.79 \cdot q_v \cdot \nu \cdot \rho}{d_i^4 \cdot 10^3} \quad [\text{bar/1 m}]$$

2. Turbulenter Bereich:

$$p_v = \frac{0.281 \cdot w^{1.75} \cdot \nu^{0.25} \cdot \rho}{d_i^{1.25} \cdot 10^3} = \frac{59 \cdot q_v^{1.75} \cdot \nu^{0.25} \cdot \rho}{d_i^{4.75} \cdot 10^3} \quad [\text{bar/1 m}]$$

w = Strömungsgeschwindigkeit in m/s; ν = kinemat. Viskosität in mm²/s; q_v = Volumenstrom in l/min.; ρ = Dichte des Mediums in kg/m³; d_i = Rohrrinnendurchmesser in mm. Detailliertere Berechnungen des Durchflusswiderstands setzen eine genaue Kenntnis des Rohrleitungssystems und der Betriebsbedingungen voraus. Weitergehende Berechnungsmethoden sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen.

S

Rohre/Rohrbogen

Rohr- und Leitungsspezifikationen

Empfohlene Stahlrohre und Leitungen

Parker empfiehlt den Einsatz von nahtlos kaltgezogenen und normalgeglühten (Abkürzung +N) Hydraulikleitungsrohren und Leitungen, entsprechend: DIN-EN 10305 (alt DIN 2391) und ISO 3304
 Für die Montage von Stahlverschraubungen werden Stahlrohre aus den Werkstoffen E235 (ST37.4 +N) und E355 (ST52.4 +N) empfohlen.

- | | |
|----------------------------|---|
| + Präzisionsabmessung/Form | + Innen sauber;
(keine Klassifikation) |
| + Hochdruck geeignet | + Ausgezeichnet glatte
Oberfläche nach der
Rollierbördelung |

Empfohlene Edelstahlrohre und Leitungen

Parker empfiehlt den Einsatz von nahtlos gezogenen EO-Präzisionsedelstahlrohr, entsprechend: DIN EN 10216-5, ASTM A269/A213, ASTM A312.

EO-Präzisionsedelstahlrohr erfüllt und übertrifft diese Normen. Die Toleranzen der Rohraußendurchmesser und Wanddicken sind noch enger um ein sicheres Zusammenspiel mit unseren Verbindungssystemen zu gewährleisten.

Für die Montage von Edelstahlverschraubungen werden EO-Präzisionsedelstahlrohre aus den Werkstoffen 316 Ti und 316L empfohlen.

- | | |
|----------------------------|---|
| + Präzisionsabmessung/Form | + Ausgezeichnet glatte
Oberfläche nach der
Rollierbördelung |
| + Hochdruck geeignet | |

Geschweißte Rohre und Leitungen

Rohre und Leitungen, entsprechend den unten aufgeführten Spezifikationen, aber geschweißt und kalt nachgezogen anstelle von nahtlos gezogenen, sind in der Regel geeignet. Die Druckleistung könnte auf Grund der Schweißnahtbereiche verringert sein. Zu dem könnte die Schweißnahtqualität die Qualität der gerollten Bördelungsoberfläche beeinflussen.

Warm gewalzte Rohre

Warm gewalzte Rohre werden aus folgenden Gründen nicht empfohlen:
 Warm gewalzte Rohre weisen keine Präzisionsabmessungen auf und können in Bearbeitungsmaschinenwerkzeugen rutschen. Die Rohre weisen innen und außen Zunder auf. Der Zunder im Inneren reduziert den Reinheitsgrad der Flüssigkeit. Beim Bördelungsvorgang verunreinigt der Zunder die Bördelwerkzeuge (hoher Reinigungsaufwand) und verursacht eine schlechte Qualität der Bördelungsoberfläche.

Der erforderliche maximale Arbeitsdruck wird entsprechend DIN oder DNV kalkuliert.

Werkstoffkennwerte

E235+N / St.37.4 (1.0308) nach DIN EN 10305-4

Zugfestigkeit	min 340 N/mm ²
Streckgrenze	min 235 N/mm ²
Schwellfestigkeit	225 N/mm ² ¹⁾
Bruchdehnung	min. 25%

E355+N / St.52.4 (1.0580) nach DIN EN 10305-4

Zugfestigkeit	min 490 N/mm ²
Streckgrenze	min 355 N/mm ²
Schwellfestigkeit	265 N/mm ² ²⁾
Bruchdehnung	min. 22 %

316Ti (1.4571) kaltgezogen (CFA) nach DIN EN 10216-5

Zugfestigkeit	min 500 N/mm ²
0.2 % Dehngrenze	min 210 N/mm ²
1 % Dehngrenze	min 245 N/mm ²
Schwellfestigkeit	220 N/mm ² ²⁾
Bruchdehnung	min. 35 %

316L (1.4404) kaltgezogen (CFA)³⁾ nach DIN EN 10216-5

Zugfestigkeit	min 500 N/mm ²
0.2 % Dehngrenze	min 210 N/mm ²
1 % Dehngrenze	min 245 N/mm ²
Bruchdehnung	min. 35 %

316L (1.4404) nach ASTM A269 / A213

Zugfestigkeit	min 530 N/mm ²
Streckgrenze	min 276 N/mm ²
0.2 % Dehngrenze / 1.6 ⁴⁾	172.5 N/mm ²

316L (1.4404) nach ASTM A312 / A530

Zugfestigkeit	min 515 N/mm ²
Streckgrenze	min 234 N/mm ²
0.2 % Dehngrenze / 1.6 ⁴⁾	146 N/mm ²

¹⁾ DIN 2413, 6.331

²⁾ Keine Normvorgabe, Erfahrungswert

³⁾ Kaltverfestigungserhöhung in Anlehnung an 1.4571

⁴⁾ Nennndruck-Berechnung, basierend auf diesen mechanischen Eigenschaften, erfordern eine Zertifizierung gemäß 3.1 - EN 10204, die die mechanischen Eigenschaften bestätigt.

Rohrkalkulation für Industrie- und Mobil-Anwendungen nach DIN Richtlinien

DIN 2413 I, nur für statische Belastung

Kalkulation des Arbeitsdrucks für Stahlrohre mit statischer Beanspruchung bis 120°C. Korrosion - zusätzliche Beanspruchungen wurden zur Berechnung des Druckes nicht berücksichtigt. Rohre mit einem Durchmesser von AD/ID >2 sind mit einer dynamischen Beanspruchung nach DIN 2413 III kalkuliert, aber mit K = Streckfestigkeit.

$$P = \frac{20 * K * s * c}{S * D}$$

- P = zulässiger Betriebsdruck [bar]
 K = Streckgrenze [N/mm²]
 s = Rohrwanddicke [mm]
 c = Zuschlag für Wanddickenunterschreitung
 = 0.8 für Rohr-AD 4-5
 = 0.85 für Rohr-AD 6-8
 = 0.9 ab Rohr-AD 10
 = 0.9 für alle Edelstahlrohre
 S = Sicherheitsfaktor = 1,5
 D = Rohraußendurchmesser [mm]

DIN 2413 III, für dynamische Belastung

Kalkulation des Arbeitsdrucks von Stahlrohren mit dynamischer Beanspruchung bis 120°C. Korrosion - zusätzliche Beanspruchungen wurden zur Berechnung des Druckes nicht berücksichtigt.

$$P = \frac{20 * K * s * c}{S * (D + s * c)}$$

- P = zulässiger Betriebsdruck [bar]
 K = Schwellfestigkeit [N/mm²]
 s = Rohrwanddicke [mm]
 c = Zuschlag für Wanddickenunterschreitung
 = 0.8 für Rohr-AD 4-5
 = 0.85 für Rohr-AD 6-8
 = 0.9 für Rohr-AD 10-80
 = 0.9 für alle Edelstahlrohre
 S = Sicherheitsfaktor / Safety factor = 1.5
 D = Rohraußendurchmesser [mm]

Berstdruckkalkulation

Kalkulation statischer Berstdrücke für nahtlose Rohre nach Faupel-von-Mises.

$$BP = R_{p0.2} * 10 \frac{2}{\sqrt{3}} \ln \frac{D}{d} * \left(2 - \frac{R_{p0.2}}{R_m}\right)$$

- BP = Min. statischer Berstdruck [bar]
 R_m = Zugfestigkeit [N/mm²]
 R_{p0.2} = 0.2 Dehngrenze, Streckgrenze [N/mm²]
 D = Rohraußendurchmesser [mm]
 d = Rohrinne Durchmesser [mm]

Rohrkalkulation für Marine und Offshore nach DNV Richtlinien

Kalkulation des Arbeitsdrucks von Stahl und Edelstahlrohren für den Schiffbau nach DNV Teil 4, Kapitel 6, Teil 6.

$$P = \frac{20 * \sigma_t * e * t_0}{D - t_0}$$

Berechnung des Berstdruckes

$$BP = \frac{20 * R_m * t_n * a}{D - t_n * a}$$

- P = zulässiger Betriebsdruck [bar]
 BP = Annähernder Berstdruck [bar]
 σ_t = zulässige Beanspruchung [N/mm²]
 kalkuliert vom niedrigeren Wert des:

- Edelstahl: Stahl:
 σ_t = $\frac{R_m}{2.7}$ oder $\frac{K}{1.6}$ σ_t = $\frac{R_m}{2.7}$ oder $\frac{K}{1.8}$

t₀ = Rohrwandstärke ohne Aufmaße [mm]

$$t_0 = t_n * a - c - b$$

- t_n = Nominale Rohrwandstärke [mm]
 a = Zuschlag für Wanddickenunterschreitung
 = 0,8 für Rohr-AD 4-5, 0,85 für Rohr-AD 6-8, 0,9 für Rohr-AD >=10
 = 0.875 für Schedule Pipes
 = 0.9 für alle Edelstahlrohre
 b = Biegeaufmaß

$$b = \frac{1}{2.5} * \frac{D}{R} * t_0$$

$$b = 0.1333 * t_0 \text{ (bei } R/D=3) \rightarrow t_0 = \frac{t_n * a - c}{1.1333}$$

- c = Korrosionszuschlag, c = 0.3 mm für Hydraulikstahlrohr, c = 0 mm für Edelstahlrohr
 e = Stärkequotient: Für nahtlose Rohre e = 1
 D = Rohr-Außendurchmesser [mm]
 R_m = min. Zugfestigkeit [N/mm²]
 K = min. Streckgrenze oder min 0.2% Dehngrenze [N/mm²]

S




Rohre/Rohrbogen

Druckabschläge und Temperaturen

Werkstoffbedingte Druckabschläge gegenüber den Katalogangaben, sind bei erhöhten Temperaturen erforderlich. Verschraubungswerkstoff und Dichtungsmaterial müssen entsprechend der Betriebstemperatur ausgewählt werden.

Der DNV kann je nach Anwendung abweichende Druckabschläge vorschreiben.

Werkstoff	Druckabschläge der zulässigen Betriebstemperaturen in °C														
	-60	-54	-40	-35	-25	+20	+50	+100	+120	+150	+175	+200	+250	+300	+400
Stahl Komponenten			10%			0%			11%		19%				
Stahlrohre			10%			0%			19%		27%				
Edelstahl Komponenten	0%					5%	15%	23%		29%		33%	37%	42%	
Edelstahlrohre	0%					5.5%	11.5%	21.5%		29%		34%			
Dichtungswerkstoff NBR (z. B. Perbunan)															
Dichtungswerkstoff FKM															
Dichtungswerkstoff Polyurethan (P5008)															

	Zulässige Betriebstemperatur
	Zulässige Umgebungstemperatur bei hydraulischer und pneumatischer Anwendung
	Temperatur nicht zulässig

Berechnungsbeispiel:
 Temperatur = 200°C
 Material = Nichtrostender Stahl
 Druckabschlag = 29 %
 Druckabschlag Rohre = 21.5 %
 PN Rohr 16x2.5/71. DIN2413 III = 362 bar

Formel:

$$PN_{200^{\circ}\text{C}} = \frac{400 \text{ bar}}{100\%} \times (100\% - 29\%) = 284 \text{ bar}$$

$$PN_{\text{Rohr } 200^{\circ}\text{C}} = \frac{362 \text{ bar}}{100\%} \times (100\% - 21,5\%) = 284 \text{ bar}$$

Strömungsdurchmesser von Rohrleitungen

Bestimmung der Rohre für Hydraulik-Systeme

Die richtige Rohrauswahl und Verschraubungsart ist entscheidend für einen effizienten und störungsfreien Betrieb eines Hydraulik-Systems. Zur Rohrauswahl gehört die Festlegung des richtigen Werkstoffs und der richtigen Abmessung (Außendurchmesser und Wanddicke).

Die richtige Rohrbestimmung für verschiedene Teile eines Hydrauliksystems führt zu wirtschaftlicher und kostengünstiger Ausführung.

Ein zu kleines Rohr verursacht hohe Strömungsgeschwindigkeiten mit vielen nachteiligen Folgen. In Druckleitungen führt es zu hohen Reibungsverlusten und Turbulenzen, wodurch es zu hohen Druckverlusten und Hitzeentwicklung kommt. Hohe Wärme führt zu höherem Verschleiß in bewegten Teilen und zum schnellen Altern von Dichtungen, also zu verkürzter Lebensdauer. Hohe Wärmeentwicklung bedeutet ebenso Energieverschwendung und folglich geringe Wirtschaftlichkeit. Zu große Rohre führen zu hohen Systemkosten. Folglich ist eine optimale Rohrauswahl sehr wichtig. Nachfolgend ist eine einfache Vorgehensweise zur Rohrbestimmung dargestellt.

Bestimmung des erforderlichen Durchflussquerschnitts
 Nach der Tabelle kann der empfohlene Innendurchmesser für die erforderliche Durchflussmenge des Leitungstyps bestimmt werden.

Die Tabelle basiert auf empfohlenen Durchflussgeschwindigkeiten, die im Schiffbau und der Offshorekonstruktion einheitlich sind.

Druckleitung	- 3	→ 7.2	$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
Rücklaufleitung	- 2	→ 4.5	$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
Saugleitung	- 1	→ 1.8	$\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

Vermeiden von Durchflussgeschwindigkeiten > 8 m/s! Die entstehenden Kräfte sind hoch und können die Rohrleitungen zerstören.

Wenn eine andere Durchflussgeschwindigkeit gewünscht wird, kann der erforderliche Innendurchmesser nach folgender Formel berechnet werden.

$$\text{Rohr - I.D. [mm]} = 4,61 \times \sqrt{\frac{\text{Durchflussmenge} \left[\frac{\text{ltr.}}{\text{min}} \right]}{\text{Durchflussgeschwindigkeit} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}}$$

Bestimmung der erforderlichen Wanddicke

Zur Bestimmung der empfohlenen Rohrwanddicke für den gewünschten Arbeitsdruck und Rohrinne Durchmesser Tabellen im Rohrkapitel beachten. Dazu den max. Arbeitsdruck auswählen, der gleich oder höher ist als der gewünschte Arbeitsdruck.

Durchflusseigenschaften

Hydraulikanlagen werden meist nur mit einer durch Erfahrungen vorgegebenen Strömungsgeschwindigkeit ausgelegt. Die Druckverluste in den Leitungen werden nicht berücksichtigt oder später in den Probeläufen der Anlage gemessen. Da die Druckverluste überproportional zu den Strömungswiderständen ansteigen, ist es für die optimale Auslegung einer Anlage wichtig, sie schon bei der Planung zu berücksichtigen. Die Berechnung ist nicht so schwierig, wie häufig angenommen wird. Dieser Beitrag soll eine Anleitung dazu geben. Außerdem werden Hinweise dazu gegeben, wie zu hohe Druckverluste vermieden werden können. Denn: Druckverluste bedeuten Leistungsverluste, das Öl erwärmt sich sehr stark, es treten Geräusche auf und evtl. Kavitation in Saugleitungen.

Medium

Alle Angaben zu den Durchflusswiderständen und dem Verhalten der Strömungen beziehen sich ausschließlich auf Flüssigkeiten. Für gasförmige Medien muss zusätzlich noch die variable Dichte des Gases berücksichtigt werden.

Einheiten

$$c = \text{Strömungsgeschwindigkeit} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$d = \text{Rohrinnendurchmesser} [\text{m}]$$

$$L = \text{Rohrlänge} [\text{m}]$$

$$p = \text{Druck} [\text{Pa}], 1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$$

$$\dot{V} = \text{Volumenstrom} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right], 1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 60000 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$\lambda = \text{Rohrreibungszahl}$$

$$\nu(T) = \text{Kinematische Viskosität des Mediums in Abhängigkeit zur Temperatur} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

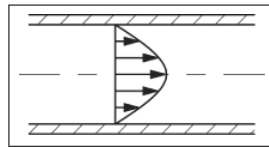
$$\rho(T) = \text{Dichte des Mediums in Abhängigkeit zur Temperatur} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\zeta = \text{Einzelwiderstandsbeiwert}$$

Es wurden nur Grundeinheiten verwendet. Das hat den Vorteil, dass die Formeln keine Korrekturfaktoren enthalten. Es besteht keine Verwechslungsgefahr, dass Werte in der falschen Einheit eingesetzt werden. Wenn Angaben in anderen Einheiten vorliegen, z. B. wird der Volumenstrom häufig in l/min angegeben, ist es ratsam, sie vor Beginn der Rechnung in die Grundeinheiten umzusetzen.

Druckverluste in Rohrleitungen

Um Druckverluste in Rohrleitungen zu berechnen, muss zuerst abgeschätzt werden, ob laminare oder turbulente Strömung vorhanden ist. Laminare Strömung ist gleichförmig und ohne Verwirbelungen. Bei turbulenter Strömung steigen die Verluste sprunghaft an.



Strömungsprofil bei laminarer Strömung



Strömungsprofil bei turbulenter Strömung

Die Art der Strömung wird durch die Reynoldszahl gekennzeichnet. Bei einer Reynoldszahl größer als 2320 schlägt die Strömung ins Turbulente um. Die Reynoldszahl wird berechnet aus der Formel:

$$Re = \frac{c \cdot d}{\nu(T)}$$

Die Reynoldszahl ist eine dimensionslose Zahl. Die kritische Strömungsgeschwindigkeit, bei der die Strömung umschlagen kann, wird danach errechnet aus:

$$c_{cr} = 2320 \cdot \frac{\nu(T)}{d} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Bei vorgegebenem Volumenstrom kann die Strömungsgeschwindigkeit errechnet werden aus:

$$c = \frac{\dot{V} \cdot 4}{d^2 \cdot \pi} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Anschließend kann die Rohrreibungszahl λ errechnet werden. Die Rohrreibungszahl λ ist eine Funktion der Reynoldszahl und ist außerdem von der Rauigkeit der Rohre abhängig. Da in der Hydraulik im allgemeinen von hydraulisch glatten Rohren ausgegangen werden kann, wird die Rohrreibungszahl λ nach folgender Formel errechnet:

$$\text{laminare Strömung, } (Re < 2320): \lambda = \frac{64}{Re}$$

$$\text{turbulente Strömung, } (Re > 2320): \lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

Abschließend, wenn alle Faktoren bekannt sind, kann der Druckverlust in einer bestimmten Rohrleitung berechnet werden nach der Formel:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho(T) \cdot c^2}{2} [\text{Pa}]$$

Berechnung von Einzelwiderständen

In einer Hydraulikanlage gibt es nicht nur Rohrleitungen, sondern auch Ventile, Rohrverschraubungen, Rohrbögen usw., die Strömungsverluste verursachen. Diese Einzelverluste sind oft sehr viel größer als die Rohrverluste und errechnen sich nach folgender Formel:

$$\Delta p = \zeta \cdot \rho(T) \cdot \frac{c^2}{2} [\text{Pa}]$$

Rohre/Rohrbogen
Nahtlose EO-Rohre aus Stahl | Material E235+N / St. 37.4 (1.0308)

Nach DIN EN 10305-4

- DIN 2413 I: Rohre mit einem Durchmesser Verhältnis von AD/ID>2 wurden nach DIN 2413 III berechnet, jedoch wurde beim Festigkeitskennwert K die Streckgrenze eingesetzt.
- Ermittelt auf Parker Laborprüfständen. () = Berstdruckkalkulation (B.D.) nach Faupel-von-Mises

Material E235+N / St.37.4 (1.0308)		d _a Außen-Ø (mm)	Außen-Ø Toleranz (mm)	s Wanddicke (mm)	d _i Innen-Ø (mm)	Berechnungsdruck		2 Berstdruck bar	Gewicht kg/m
Phosphatiert und geölt	Cr(VI)- frei					1 DIN 2413 I ruhend PN bar	DIN 2413 III schwellend PN bar		
Bestellzeichen									
R04X0.5	R04X0.5CF	04		0.50	3.0	313	273	1160	0.047
	R04X0.75CF	04	±0.08	0.75	2.5	470	391	1820	0.063
R04X1	R04X1CF	04		1.00	2.0	627	500	2700	0.074
	R05X1CF	05	±0.08	1.00	3.0	501	414	2120	0.099
R06X1	R06X0.75CF	06		0.75	4.5	333	288	1150	0.103
	R06X1CF	06		1.00	4.0	444	372	1650	0.123
R06X1.5	R06X1.5CF	06	±0.08	1.50	3.0	666	526	2550	0.166
	R06X2CF	06		2.00	2.0	692	662	>3500	0.197
R06X2.25	R06X2.25CF	06		2.25	1.5	757	725	>3500	0.208
R08X1	R08X1CF	08		1.00	6.0	333	288	1175	0.173
R08X1.5	R08X1.5CF	08	±0.08	1.50	5.0	499	412	1925	0.240
R08X2	R08X2CF	08		2.00	4.0	666	526	2500	0.296
	R08X2.5CF	08		2.50	3.0	658	630	2650	0.339
R10X1	R10X1CF	10		1.00	8.0	282	248	900	0.222
R10X1.5	R10X1.5CF	10		1.50	7.0	423	357	1450	0.314
R10X2	R10X2CF	10	±0.08	2.00	6.0	564	458	2025	0.395
R10X2.5	R10X2.5CF	10		2.50	5.0	705	551	2675	0.462
	R10X3CF	10		3.00	4.0	666	638	>3500	0.518
R12X1	R12X1CF	12		1.00	10.0	235	209	750	0.271
R12X1.5	R12X1.5CF	12		1.50	9.0	353	303	1150	0.388
R12X2	R12X2CF	12	±0.08	2.00	8.0	470	391	1600	0.493
	R12X2.5CF	12		2.50	7.0	588	474	2025	0.586
	R12X3CF	12		3.00	6.0	705	551	2600	0.666
	R12X3.5CF	12		3.50	5.0	651	624	(3109)	0.734
R14X2	R14X1.5CF	14		1.50	11.0	302	264	975	0.462
	R14X2CF	14	±0.08	2.00	10.0	403	342	1325	0.592
R14X2.5	R14X2.5CF	14		2.50	9.0	504	415	1650	0.709
	R14X3CF	14		3.00	8.0	604	485	2200	0.814
R15X1	R15X1CF	15		1.00	13.0	188	170	575	0.345
R15X1.5	R15X1.5CF	15	±0.08	1.50	12.0	282	248	950	0.499
R15X2	R15X2CF	15		2.00	11.0	376	321	1275	0.641
R16X1.5	R16X1.5CF	16		1.50	13.0	264	233	850	0.536
R16X2	R16X2CF	16	±0.08	2.00	12.0	353	303	1175	0.691
R16X2.5	R16X2.5CF	16		2.50	11.0	441	370	1500	0.832
R16X3	R16X3CF	16		3.00	10.0	529	433	1850	0.962
R18X1	R18X1CF	18		1.00	16.0	157	143	450	0.419
R18X1.5	R18X1.5CF	18		1.50	15.0	235	209	700	0.610
R18X2	R18X2CF	18	±0.08	2.00	14.0	313	273	975	0.789
R18X2.5	R18X2.5CF	18		2.50	13.0	392	333	1300	0.956
	R18X3CF	18		3.00	12.0	470	391	1575	1.111

Oberflächenschutz:

- Rohre mit Innendurchmesser 1,5–5 mm: außen und innen geölt.
- Rohre ab 6 mm Innendurchmesser: außen und innen phosphatiert und geölt.

• Cr(VI)-frei:

Diese Abmessungen sind außen Dickschicht passiviert (Schichtdicke 8–12 µm), innen geölt.


Nahtlose EO-Rohre aus Stahl (Fortsetzung) | Material E235+N / St. 37.4 (1.0308)

Nach DIN EN 10305-4

1. DIN 2413 I: Rohre mit einem Durchmesser Verhältnis von AD/ID>2 wurden nach DIN 2413 III berechnet, jedoch wurde beim Festigkeitskennwert K die Streckgrenze eingesetzt.
2. Ermittelt auf Parker Laborprüfständen.

Material E235+N / St.37.4 (1.0308)		d _a Außen-Ø (mm)	Außen-Ø Toleranz (mm)	s Wanddicke (mm)	d _i Innen-Ø (mm)	Berechnungsdruck		2 Berstdruck bar	Gewicht kg/m
Phosphatiert und geölt	Cr(VI)- frei					1 DIN 2413 I ruhend PN bar	DIN 2413 III schwellend PN bar		
Bestellzeichen									
R20X2 R20X2.5 R20X3	R20X1.5CF	20	±0.08	1.50	17.0	212	190	675	0.684
	R20X2CF	20		2.00	16.0	282	248	900	0.888
	R20X2.5CF	20		2.50	15.0	353	303	1100	1.079
	R20X3CF	20		3.00	14.0	423	357	1400	1.258
	R20X3.5CF	20		3.50	13.0	494	408	1650	1.424
	R20X4CF	20	4.00	12.0	564	458	2000	1.578	
R22X1.5 R22X2 R22X2.5	R22X1.5CF	22	±0.08	1.50	19.0	192	173	550	0.758
	R22X2CF	22		2.00	18.0	256	227	775	0.986
	R22X2.5CF	22		2.50	17.0	320	278	1025	1.202
	R22X3CF	22		3.00	16.0	385	328	1175	1.406
R25X2 R25X2.5 R25X3 R25X4	R25X2CF	25	±0.08	2.00	21.0	226	201	725	1.134
	R25X2.5CF	25		2.50	20.0	282	248	850	1.387
	R25X3CF	25		3.00	19.0	338	292	1025	1.628
	R25X4CF	25		4.00	17.0	451	378	1500	2.072
	R25X4.5CF	25		4.50	16.0	508	418	1625	2.275
R28X1.5 R28X2 R28X2.5 R28X3	R28X1.5CF	28	±0.08	1.50	25.0	151	138	425	0.980
	R28X2CF	28		2.00	24.0	201	181	600	1.282
	R28X2.5CF	28		2.50	23.0	252	223	750	1.572
	R28X3CF	28		3.00	22.0	302	264	900	1.850
R30X2.5 R30X3 R30X4 R30X5	R30X2CF	30	±0.08	2.00	26.0	188	170	575	1.381
	R30X2.5CF	30		2.50	25.0	235	209	725	1.695
	R30X3CF	30		3.00	24.0	282	248	850	1.998
	R30X4CF	30		4.00	22.0	376	321	1175	2.565
	R30X5CF	30		5.00	20.0	470	391	1600	3.083
R35X2 R35X2.5 R35X3	R35X2CF	35	±0.15	2.00	31.0	161	147	450	1.628
	R35X2.5CF	35		2.50	30.0	201	181	600	2.004
	R35X3CF	35		3.00	29.0	242	215	700	2.367
	R35X4CF	35		4.00	27.0	322	280	960	3.058
R38X3 R38X4 R38X5	R38X2.5CF	38	±0.15	2.50	33.0	186	168	550	2.189
	R38X3CF	38		3.00	32.0	223	199	675	2.589
	R38X4CF	38		4.00	30.0	297	260	900	3.354
	R38X5CF	38		5.00	28.0	371	318	1150	4.069
	R38X6CF	38		6.00	26.0	445	373	1425	4.735
	R38X7CF	38		7.00	24.0	519	427	1700	5.352
R42X2 R42X3 R42X4	R42X2CF	42	±0.20	2.00	38.0	134	123	375	1.973
	R42X3CF	42		3.00	36.0	201	181	575	2.885
	R42X4CF	42		4.00	34.0	269	237	850	3.749

S
Weitere Abmessungen auf Anfrage!

Rohre/Rohrbogen
Nahtlose EO-Rohre aus Stahl | Material E355+N / St. 52.4 (1.0580)

Nach DIN EN 10305-4

- DIN 2413 I: Rohre mit einem Durchmesser Verhältnis von AD/ID>2 wurden nach DIN 2413 III berechnet, jedoch wurde beim Festigkeitskennwert K die Streckgrenze eingesetzt.
- Berstdruckkalkulation (B.D.) nach Faupel-von-Mises

Material E355+N / St.52.4 (1.0580)		d _a Außen-Ø (mm)	Außen-Ø Toleranz (mm)	s Wanddicke (mm)	d _i Innen-Ø (mm)	Berechnungsdruck		2 Berstdruck bar	Gewicht kg/m
Phosphatiert und geölt	Cr(VI)- frei					1 DIN 2413 I ruhend PN bar	DIN 2413 III schwellend PN bar		
Bestellzeichen									
	R10X2ST52CF	10	±0.08	2.00	6.0	852	539	2671	0.395
	R12X1.5ST52CF	12		1.50	9.0	533	357	1504	0.388
	R12X2ST52CF	12	±0.08	2.00	8.0	710	461	2120	0.493
	R15X1.5ST52CF	15		1.50	12.0	426	292	1167	0.499
	R15X2ST52CF	15	±0.08	2.00	11.0	568	379	1622	0.641
R16X2ST52	R16X1.5ST52CF	16		1.50	13.0	399	275	1086	0.536
	R16X2ST52CF	16	±0.08	2.00	12.0	533	357	1504	0.691
	R16X2.5ST52CF	16		2.50	11.0	666	436	1959	0.832
	R18X1.5ST52CF	18		1.50	15.0	355	247	953	0.610
	R18X2ST52CF	18	±0.08	2.00	14.0	473	321	1314	0.789
	R20X2ST52CF	20		2.00	16.0	426	292	1167	0.888
	R20X2.5ST52CF	20	±0.08	2.50	15.0	533	357	1504	1.079
	R20X3ST52CF	20		3.00	14.0	639	420	1865	1.258
	R22X1.5ST52CF	22		1.50	19.0	290	204	767	0.758
	R22X2ST52CF	22	±0.08	2.00	18.0	387	267	1049	0.986
	R25X2.5ST52CF	25		2.50	20.0	426	292	1167	1.387
R25X3ST52	R25X3ST52CF	25	±0.08	3.00	19.0	511	344	1435	1.628
	R25X4ST52CF	25		4.00	17.0	682	445	2016	2.072
	R28X2ST52CF	28	±0.08	2.00	24.0	304	213	806	1.282
R30X3ST52	R30X3ST52CF	30		3.00	24.0	426	292	1167	1.998
	R30X4ST52CF	30	±0.08	4.00	22.0	568	379	1622	2.565
	R30X5ST52CF	30		5.00	20.0	710	461	2120	3.083
	R35X3ST52CF	35	±0.15	3.00	29.0	365	253	983	2.367
R38X4ST52	R38X3ST52CF	38		3.00	32.0	336	234	899	2.589
	R38X4ST52CF	38	±0.15	4.00	30.0	448	306	1236	3.354
	R38X5ST52CF	38		5.00	28.0	561	374	1597	4.069
	R38X6ST52CF	38		6.00	26.0	673	440	1984	4.735
	R42X3ST52CF	42		3.00	36.0	304	213	806	2.885
	R42X4ST52CF	42	±0.20	4.00	34.0	406	279	1105	3.748
	R42X5ST52CF	42		5.00	32.0	507	342	1422	4.562

Oberflächenschutz:

- Rohre mit Innendurchmesser 1,5–5 mm: außen und innen geölt.
- Rohre ab 6 mm Innendurchmesser: außen und innen phosphatiert und geölt.

• Cr(VI)-frei:

Diese Abmessungen sind außen Dickschicht passiviert (Schichtdicke 8–12 µm), innen geölt.

Weitere Abmessungen auf Anfrage!