

# GENERELLE EMPFEHLUNG FÜR ROHRE UND ROHRBOGEN

GENERAL RECOMMENDATION FOR TUBES AND TUBE BENDS



EDELSTAHL / STAINLESS STEEL  
VERBINDUNGSTECHNIK  
FLUID CONNECTORS

## 1. Material-Typen, mechanische Eigenschaften und Ausführungsarten von Edelstahl-Rohren

Stahlsorte	Zugfestigkeit Rm	1 % Dehngrenze	Bruchdehnung A5 (längs)	Ausführungsart
Werkstoff Nr. 1.4571 X6CrNiMoTi17122	500 N/mm <sup>2</sup> min.	245 N/mm <sup>2</sup> min.	35 % min.	Nahtlos kaltgezogen, zunderfrei, wärmebehandelt, entspricht DIN EN 10216-5, Tab. 6, Härte max. HRB 90
Werkstoff Nr. 1.4541 X6CrNiTi1810	500 N/mm <sup>2</sup> min.	235 N/mm <sup>2</sup> min.	35 % min.	

## 2. Prüfungen und Bescheinigungen

Alle Rohre werden einer zerstörungsfreien Dichtigkeitsprüfung unterzogen und zum Nachweis entsprechend gekennzeichnet. Die Kennzeichnung ersetzt ein Werkszeugnis DIN EN 10204-2.2. Für Rohre aus 1.4571 und 1.4541 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 x Rohraußendurchmesser empfohlen.

## 4. Schweißbeignung und Schweißbarkeit

Rohre aus Werkstoff 1.4571 und 1.4541 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 Schweißverfahren auszuwählen.

## 5. Näherungsweise Berechnung des Durchflußwiderstandes gerader Rohrleitungen

Der Durchflußwiderstand und damit der Rohrleitungswirkungsgrad wird durch den Rohrinne Durchmesser, den Volumenstrom (gemessen oder berechnet), sowie durch die Eigenschaften des Mediums beeinflusst. Um möglichst geringe Verluste im Rohrleitungssystem zu haben, ist weitgehende 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 Rohrinnefläche 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:

$$w_{crit.} = \frac{2,32 \cdot v}{d_i} \quad [\text{m/s}]$$

$$\dot{v}_{crit.} = 0,109 \cdot d_i \cdot v \quad [\text{l/min}]$$

$d_i$  = Innen - Ø in mm

$v$  = kinematische Viskosität in mm<sup>2</sup>/s

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

1. Laminarer Bereich:

$$\rho_V = \frac{0,32 \cdot w \cdot v \cdot \rho}{d_i^2 \cdot 10^3} = \frac{6,79 \cdot \dot{v} \cdot v \cdot \rho}{d_i^4 \cdot 10^3} \quad [\text{bar/1 m}]$$

2. Turbulenter Bereich:

$$\rho_V = \frac{0,281 \cdot w^{1,75} \cdot v^{0,25} \cdot \rho}{d_i^{1,25} \cdot 10^3}$$
$$= \frac{59 \cdot \dot{v}^{1,75} \cdot v^{0,25} \cdot \rho}{d_i^{4,75} \cdot 10^3} \quad [\text{bar/1 m}]$$

$w$  = Strömungsgeschwindigkeit in m/s;  $v$  = kinematische Viskosität in mm<sup>2</sup>/s;  $\dot{v}$  = Volumenstrom in l/min;  $\rho$  = Dichte des Mediums in kg/m<sup>3</sup>;  $d_i$  = Rohrinne Durchmesser in mm.

Detaillierte Berechnungen des Durchflußwiderstandes setzen eine genaue Kenntnis des Rohrleitungssystems und der Betriebsbedingungen voraus. Weitergehende Berechnungsmethoden sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen.

### 1. Material types, mechanical properties and conditions of stainless steel tubes

Steel Type	Tensile Strength	Yield Point (1% proof stress)	Ductile Yield A5 (longit.)	Condition
Abbreviation 1.4571 X6CrNiMoTi17122	500 N/mm <sup>2</sup> min. 72,500 lb/in <sup>2</sup>	245 N/mm <sup>2</sup> min. 35,500 lb/in <sup>2</sup>	35 % min.	Seamless, cold drawn, free of scale, heat treated in accordance with DIN EN 10216-5, tab. 6, hardness max. HRB 90
Abbreviation 1.4541 X6CrNiTi1810	500 N/mm <sup>2</sup> min. 72,500 lb/in <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup> min. 35,500 lb/in <sup>2</sup>	35 % min.	

### 2. Tests and certifications

All tubes are subjected to a non-destructive leak test and marked accordingly as proof. This marking replaces a works certificate DIN EN 10204-2.2. Test class 1 DIN EN 10216-5, tab. 7 applies for tubes made of 1.4571 and 1.4541.

### 3. Recommended bend radius

A bend radius of 3 x the external tube diameter is recommended for cold bending of tubes with tube benders or by hand.

### 4. Welding suitability and weld ability

Types made of 1.4571 and 1.4541 (stainless) are suitable for arc welding. The welding filler should be selected in accordance with DIN EN 1600 and DIN EN 12072 part 1 taking into account the type of application and the welding technique.

### 5. Approximate calculation of the flow resistance in straight tube lines

The flow resistance and thus the tube line efficiency is influenced by the tube inside diameter, the volume flow (measured or calculated) and the properties of the medium. Laminar flow should be considered in order to keep losses in the system down to a minimum. The transition from laminar to turbulent flow, which brings an increase in the flow resistance, is generally defined by the Reynolds number  $Re \geq 2320$ . Since the transition can not be pinpointed exactly the transition range can only be determined by measuring. If for simplified calculation transition at  $Re \geq 2320$  and a "technically smooth" tube inner surface are assumed, the limit speeds  $w_{crit}$ . And the laminar to turbulent flow volume flow  $\dot{v}_{crit}$ . When transition takes place, can be estimated according to the following formulas:

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

$$\dot{v}_{crit.} = 0.109 \cdot d_i \cdot \nu \text{ [l/min]}$$

$d_i$  = tube bore - Ø in mm

$\nu$  = kinematic viscosity in mm<sup>2</sup>/s

For approximate calculation of the pressure drop in bar/1 m tube length, the following formulas can be used:

1. Laminar range:

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

2. Turbulent range:

$$\rho_V = \frac{0.281 \cdot w^{1.75} \cdot \nu^{0.25} \cdot \rho}{d_i^{1.25} \cdot 10^3}$$

$$= \frac{59 \cdot \dot{v}^{1.75} \cdot \nu^{0.25} \cdot \rho}{d_i^{4.75} \cdot 10^3} \text{ [bar/1 m]}$$

$w$  = flow speed in m/s;  $\nu$  = kinetic viscosity in mm<sup>2</sup>/s;  $\dot{v}$  = volume flow in l/min;  $\rho$  = density of the medium in kg/m<sup>3</sup>;  
 $d_i$  = pipe internal diameter in mm.

Detailed calculations of the flow resistance require an exact knowledge of the tube line system and the operating conditions. Refer to the relevant literature for other methods of calculations.

# GENERELLE EMPFEHLUNG FÜR ROHRE UND ROHRBOGEN

GENERAL RECOMMENDATION FOR TUBES AND TUBE BENDS



EDELSTAHL / STAINLESS STEEL  
VERBINDUNGSTECHNIK  
FLUID CONNECTORS

Rohr A.D. Tube O.D. D = mm	Toleranzen Tolerances ø mm	Wanddicke Wall Thickness W = mm	Rohr I.D. Tube I.D. mm	Berechnungsdruck Design Pressure DIN 2413-1 / bar	Berstdruck Burst Pressure bar	Gewicht Weight kg/m
4	+/- 0,08	1	2	600	3850	0,075
6	+/- 0,08	1	4	426	2340	0,125
8	+/- 0,08	1	6	368	1660	0,175
8	+/- 0,08	1,5	5	472	2800	0,244
10	+/- 0,08	1	8	294	1290	0,225
10	+/- 0,08	1,5	7	389	1930	0,319
10	+/- 0,08	2	6	498	3100	0,401
12	+/- 0,08	1	10	245	1220	0,275
12	+/- 0,08	1,5	9	368	1580	0,394
12	+/- 0,08	2	8	426	2380	0,501
14	+/- 0,08	2	10	420	2180	0,601
15	+/- 0,08	1	13	196	860	0,351
15	+/- 0,08	1,5	12	294	1140	0,507
15	+/- 0,08	2	11	392	1750	0,651
16	+/- 0,08	2	12	368	1800	0,701
16	+/- 0,08	2,5	11	403	2120	0,845
16	+/- 0,08	3	10	472	2800	0,977
18	+/- 0,08	1,5	15	245	1050	0,620
18	+/- 0,08	2	14	327	1520	0,801
20	+/- 0,08	2	16	294	1250	0,901
20	+/- 0,08	2,5	15	368	1550	1,095
20	+/- 0,08	3	14	389	1960	1,277
22	+/- 0,08	2	18	267	1020	1,002
22	+/- 0,08	3	16			
25	+/- 0,08	2,5	20	294	1190	1,408
25	+/- 0,08	3	19	353	1520	1,653
28	+/- 0,08	2	24	210	880	1,302
28	+/- 0,08	3	22			
30	+/- 0,08	3	24	294	1140	2,028
30	+/- 0,08	4	22	392	1650	2,605
35	+/- 0,15	2	31	168	670	1,653
35	+/- 0,15	5	25			
38	+/- 0,15	4	30	309	1240	3,405
38	+/- 0,15	5	28			
42	+/- 0,2	2	38	140	520	2,003
42	+/- 0,2	3	36	210	860	2,930
50	+/- 0,2	5	40			

## Nahtlose Rohre

Toleranzen nach DIN EN 10305-1

1.4571 = AISI 316 ti

Zulässiger Temperaturbereich und werkstoffbedingte Druckabschläge gegenüber den Berechnungsdrücken bei erhöhten Temperaturen entsprechen dem Abfall der 1% Dehngrenze (DIN EN 10216-5)

## Seamless Tubes

Tolerances DIN EN 10305-1

1.4571 = AISI 316 ti

Permissible temperature range and required pressure reductions compared to calculation pressures for higher temperatures correspond to the decrease of 1% proof stress (DIN EN 10216-5).

Temperatur Temperature Druckabschlag Pressure Reduction	Erforderliche Druckabschläge Required Pressure Reductions					
	-60°C bis/ up to +20°C	50°C	100°C	200°C	300°C	400°C
	-	5,5%	11,5%	21,5%	29,5%	34%

Zwischenwerte sind zu interpolieren.

Intermediate values are to be interpolated.