

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 ² min.	245 N/mm ² min.	35 % min.	Nahtlos kaltgezogen, zunderfrei, wärmebehandelt, entspricht DIN EN 10216-5, Tab. 6
Werkstoff Nr. 1.4541 X6CrNiTi1810	500 N/mm ² min.	235 N/mm ² 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 ISO 14343 unter Berücksichtigung des Verwendungszwecks und des Schweißverfahren 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 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 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:

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

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

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

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

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

1. Laminarer Bereich:

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

2. Turbulenter Bereich:

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

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

w = Strömungsgeschwindigkeit in m/s; v = kinematische Viskosität in mm²/s; \dot{v} = Volumenstrom in l/min; ρ = Dichte des Mediums in kg/m³; d_i = Rohrrinnendurchmesser 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 ² min. 72,500 lb/in ²	245 N/mm ² min. 35,500 lb/in ²	35 % min.	Seamless, cold drawn, free of scale, heat treated in accordance with DIN EN 10216-5, tab. 6
Abbreviation 1.4541 X6CrNiTi1810	500 N/mm ² min. 72,500 lb/in ²	235 N/mm ² min. 35,500 lb/in ²	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 ISO 14343 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

ν = kinematic viscosity in mm²/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; ν = kinetic viscosity in mm²/s; \dot{v} = volume flow in l/min; ρ = density of the medium in kg/m³;
 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