

Nichtrostende Edelstahlrohre zum Transport von Heizungswasser und Brauchwarmwasser



Rohrstähle gelten als nichtrostend, wenn sie aufgrund ihrer Legierungsbestandteile eine bestimmte Beständigkeit gegen chemisch einwirkende Stoffe erzielen. Der Chromanteil dieser Stähle beträgt mindestens 10,5 % Chrom (Cr).

Kapitel

- 1. Einteilung der korrosionsbeständigen Stähle**
- 2. Eigenschaften der CrNi- Edelstähle**
- 3. Austenitische CrNi- Stähle**
- 4. Korrosionsbeständigkeit hochlegierter CrNi-Stähle**
- 5. Schweisseignung der CrNi- Stähle**
- 6. Flexible Rohrsysteme aus Edelstahl**
- 7. Rohrleitungsbau mit CrNi- Stahlrohren**
- 8. Richtbohren (HDD) mit flexiblen CrNi- Stahlmantelrohren**

1.

Einteilung der rostfreien korrosionsbeständigen Stähle

Die nichtrostenden Stähle gliedern sich in vier Hauptgruppen: *ferritische-, martensitische-, austenitisch-ferritische- und austenitische CrNi- Stähle.*

Stahlbezeichnung mit dem EN- Kurznamen und der Werkstoff-Nr.

z.B.: EN- **X5CrNi18-10** ↔ **Werkstoff-Nr. 1.4301**

- a) **X = Kennbuchstaben für legierte Stähle**
- b) **einer Zahl die dem 100 fachen des mittleren Massenanteils an Kohlenstoff entspricht**
- c) **den chemischen Symbolen der Legierungselemente**
- d) **Zahlen, die in der Reihenfolge der Legierungselemente deren mittlere Massenanteile angeben.**

Einfluss der Legierungsbestandteile

- Chrom** - Korrosionsbeständigkeit (min. 10,5 %)
- Nickel** - Korrosionsbeständigkeit (min. 8,0 %)
- Molybdän** - verbessert Säure- und Korrosionsbeständigkeit
- Kohlenstoff (C)** - absenken von C reduziert die interkristalline Korrosion, verbessert die Schweisseignung

- Wolfram - hoher Schmelzpunkt, hohe Härte, Festigkeit u. Zähigkeit
- Tantal / Niob - Korrosionsbeständigkeit, Wärmebeständigkeit
- Niob - Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion
- Mangan - verbessert mechanische Eigenschaften, Festigkeit
- Titan - hohe Festigkeit, Hitze- und Korrosionsbeständigkeit
- Vanadium - verbessert Festigkeit und Verschleissverhalten
- Cobalt - verbessert die Zähigkeit, Härte u. Korrosionsbeständigkeit
- Silicium - Korrosions- und Wärmebeständigkeit
- Stickstoff - Erhöhung der Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit
- Schwefel - bessere Spanbarkeit

Austenitischer Chrom-Nickelstahl (nach William C.R. Austen)

Chromgehalt (Cr) von 17,5 – 26 %

Nickelgehalt (Ni) von 8,0 – 26 %

Kohlenstoffgehalt (C) von 0,02 – 0,1 %

Zusätzliche Legierungselemente entsprechend den Anforderungen.

Eigenschaften: korrosionsbeständig, antimagnetisch, hohe Zähigkeitswerte im Minusbereich, gut verformbar, unempfindlich gegen Kornwachstum, sehr gut schweisbar.

Martensitischer Chromstahl

Chromstahl mit Chromgehalt (Cr) von 11,5 – 17,5 %, Kohlenstoffgehalt (C) von 0,08 – 0,55 %.

Dieser Stahl ist magnetisch und wird meist für mechanisch hochbeanspruchte Konstruktionsteile verwendet.

Stahl mit C-Element $\geq 0,3\%$ ist härtbar. Wegen seiner Härte aber schwierig zu schweißen.

Ferritischer Chromstahl

Chromstahl mit Chromgehalt von 10,5 – 20 % und einem C – Gehalt unter 0,08 %. Dieser Stahl ist magnetisch, aufgrund von Kornwachstum nicht einfach schweisbar, nicht härtbar.

Anwendung meist für Haushaltswaren und in der Automobilindustrie.

2.

Eigenschaften der CrNi-Stähle mit austenitischem Gefüge

- gute Korrosionsbeständigkeit
- gute Schweissbarkeit
- nicht magnetisierbar
- nicht härtbar
- hohes Dehnungsvermögen
- hoher Wärmeausdehnungskoeffizient, niedrige Wärmeleitfähigkeit



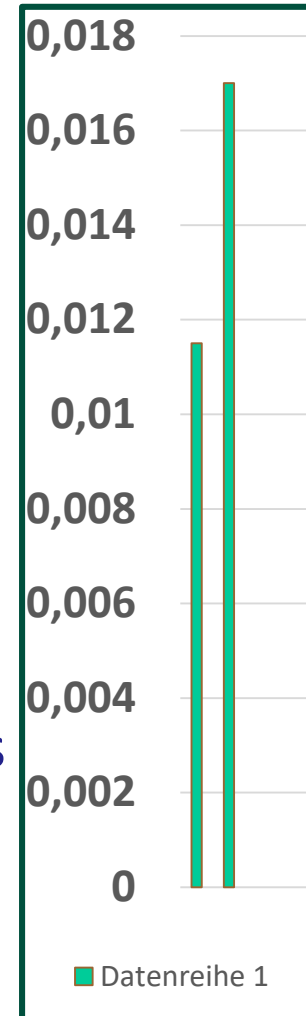
CrNi-Stähle - Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnung

- Die Wärmeleitfähigkeit beträgt nur ca. 1/3 bis 1/2 verglichen mit anderen Stählen/Eisen.
- Die Wärmeausdehnung von CrNi-Stahl ist ca. 50% höher als bei gering legiert. Stahl.

Ein Stahlstab mit 1 m Länge dehnt sich bei 1 Grad Celsius Temperaturerhöhung um $11,5 \cdot 10^{-6}$ m

= 11,5 mikroMeter = **0,0115 mm**

Ein CrNi-Stab mit 1 m Länge dehnt sich bei 1 Grad Celsius Temperaturerhöhung um ca. **0,017 mm**



Austenitische korrosionsbeständige Stähle

Stahlsorte EN Kurzname	Werkstoff- Nr.	Chemische Zusammensetzung in Masse-%				
		C	Cr	Mo	Ni	Andere
X5CrNi18-10	1.4301	≤ 0,07	17,5/19,5		8,0/10,5	N ≤ 0,11
X4CrNi18-12	1.4303	≤ 0,06	17,0/19,0		11,0/13,0	N ≤ 0,11
X8CrNiS18-9	1.4305	≤ 0,10	17,0/19,0		8,0/10,0	S 0,15/0,35; Cu ≤ 1,00
X2CrNi19-11	1.4306	≤ 0,030	18,0/20,0		10,0/12,0	N ≤ 0,11
X2CrNi18-9	1.4307	≤ 0,030	17,5/19,5		8,0/10,5	N ≤ 0,11
X2CrNi18-10	1.4311	≤ 0,030	17,5/19,5		8,5/11,5	N 0,12/0,22
X6CrNiTi18-10	1.4550	≤ 0,08	17,0/19,0		9,0/12,0	Nb 10xC bis1,00
X3CrNiCu18-9-4	1.4567	≤ 0,04	17,0/19,0		8,5/10,5	Cu 3,0/4,0
X10CrNi18-8	1.4310	0,05/0,15	16,0/19,0	≤ 0,80	6,0/9,5	
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	≤ 0,07	16,5/18,5	2,00/2,50	10,0/13,0	N ≤ 0,10
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	≤ 0,03	16,5/18,5	2,00/2,5	10,0/13,0	N ≤ 0,10
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	≤ 0,08	16,5/18,5	2,00/2,5	10,5/13,5	Ti 5xC bis 0,70
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	≤ 0,030	16,5/18,5	2,5/3,0	11,0/14,0	N 0,12/0,22
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	≤ 0,030	17,0/19,0	2,5/3,0	12,5/15,0	N ≤ 0,10
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	≤ 0,05	16,5/18,5	2,5/3,0	10,5/13,0	N ≤ 0,10
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	≤ 0,030	16,5/18,5	4,0/5,0	12,5/14,5	N 0,12/0,22
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	≤ 0,020	19,0/21,0	4,0/5,0	24,0/26,0	Cu 1,20/2,00; N ≤ 0,15
X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	1.4565	≤ 0,030	24,0/26,0	4,0/5,0	16,0/19,0	Mn 5,0/7,0; N 0,30/0,60; Nb ≤ 0,15
X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	≤ 0,020	19,0/21,0	6,0/7,0	24,0/26,0	Cu 0,50/1,50; N 0,15/0,25
X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	≤ 0,020	19,5/20,5	6,0/7,0	17,5/18,5	Cu 0,50/1,00; N 0,18/0,25
X1CrNiMoCuN24-22-8	1.4652	≤ 0,020	23,0/25,0	7,0/8,0	21,0/23,0	Mn 2,0/4,0; N 0,45/0,55

Tabelle : Auswahl für genormte nichtrostende korrosionsbeständige Stähle anhand von Angaben in EN 10088-1

Austenitische CrNi-Stähle erklärt in 3 Widerstandsklassen

Korrosionwiderstandsklasse II (2 Beispiele)

z.B. **St 1.4301 und 1.4541** sind in normaler Aussenatmosphäre beständig. Für Konstruktionen ohne nennenswerte Gehalte an Chloriden (Cl) und Schwefeldioxid (SO₂). Keine Industrielatmosphäre.

Korrosionwiderstandsklasse III (2 Beispiele)

z. B. **St 1.4401 und 1.4571** sind bis zu einem gewissen Grade in chlorid- bzw. schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre bei Raumtemperatur weitgehend beständig und somit für den Einsatz in Industrielatmosphäre und Küstennähe geeignet. Geeignet für Konstruktionen mit mässiger Chlorid- und Schwefeldioxidbelastung.

Korrosionswiderstandsklasse IV (2 Beispiele)

z.B. **St 1.4529 und 1.4547** haben hohe Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion. Geeignet für Konstruktionen mit hoher Korrosionsbelastung durch Chlor oder Chloride (HCl = Salzsäure) und Schwefeldioxid.

4.

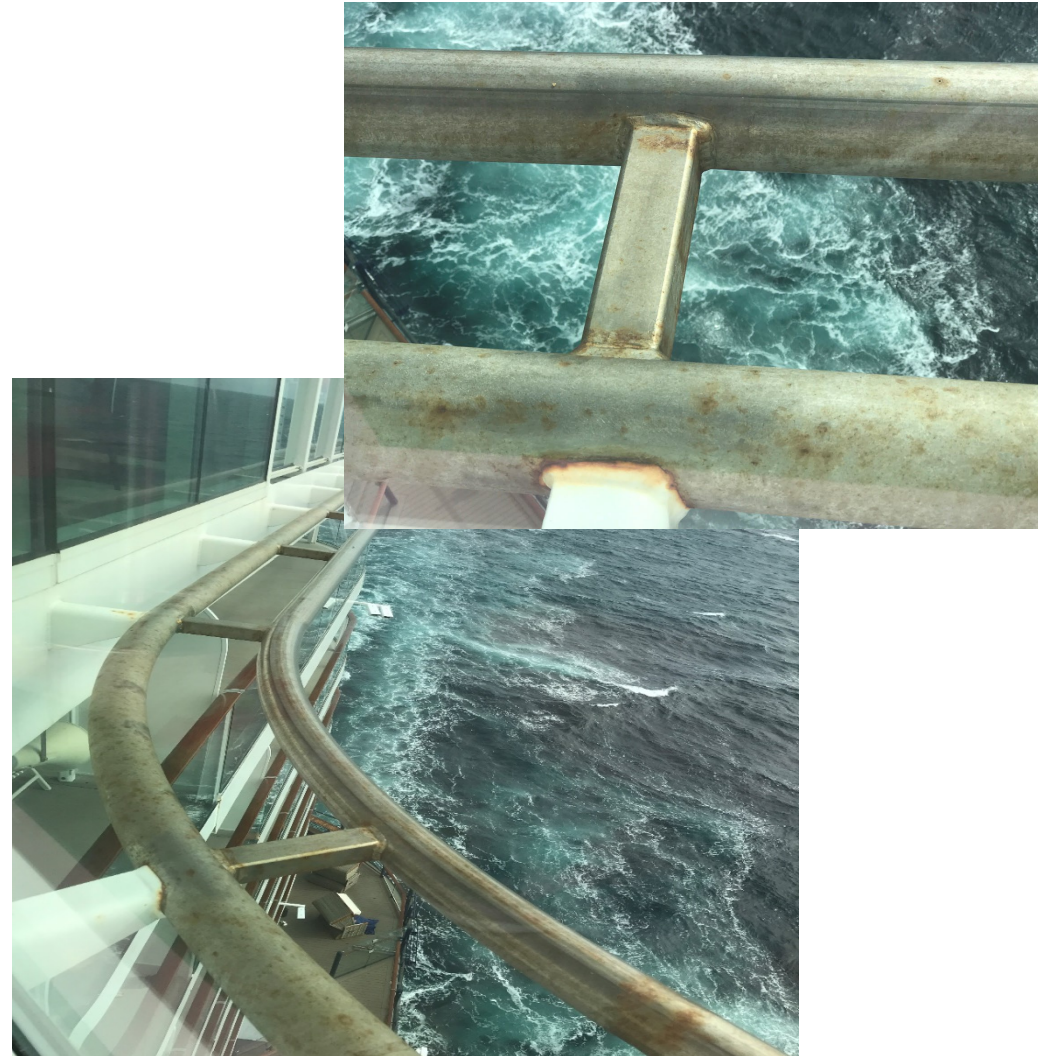
Faktoren zur Vermeidung der Material-Korrosion

Auswahl der geeigneten
CrNi-Stahl Legierung

Zusammensetzung des Mediums
berücksichtigen
z. B. Salze, Chloridgehalt

Zusammensetzung der
Atmosphäre berücksichtigen

Materialbearbeitung mit
geeigneten Werkzeugen



Schweisseignung der CrNi-Stähle

CrNi-Stahl lässt sich beinahe mit allen üblichen Verfahren Schmelz- und Widerstandsschweissen, ausser mit dem Sauerstoff-Azetylen- Gasschweissen. Der Schweisszusatzwerkstoff entspricht in modifizierter Form dem Grundwerkstoff.

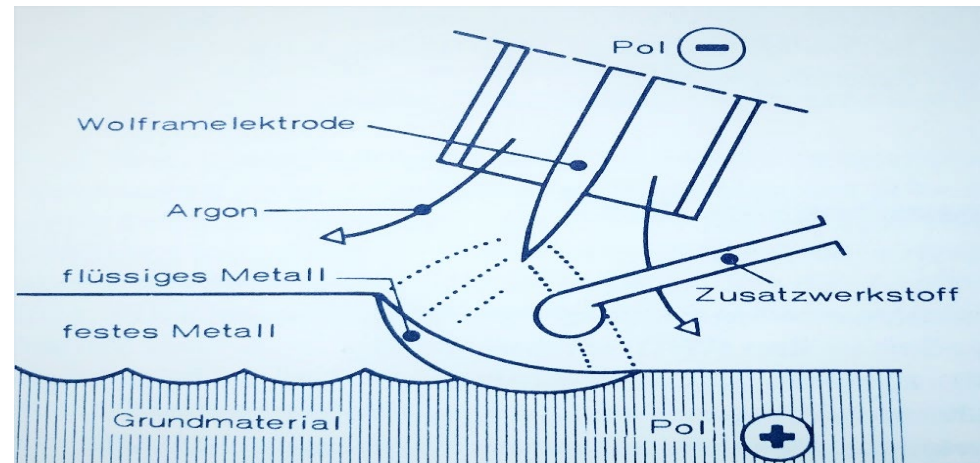
Beim Schweissen von CrNi-Stahl ist zu beachten:

- ° **Der Wärmeausdehnungskoeffizient ist ca. 50 % grösser**
- ° **Die Wärmeleitfähigkeit ist ca. 50 % geringer**
- ° **Der elektrische Widerstand ist ca. sechsmal grösser**

Dies wirkt sich auf die Wahl des Schweissverfahrens aus und erfordert Schweissungen mit deutlich geringerer Stromstärke und optimierter Schweissgeschwindigkeit.

Schweissen von CrNi-Stahl im WIG-Verfahren

- ° Geringes Wärmeeinbringen = geringer Verzug, Verzunderung, Oxidation
- ° Dünne Bleche mit genügend Heftstellen (25-50 mm Abstand)
- ° Dicke Bleche mit starken Heftstellen aufgrund Werkstückverzug
- ° Metallisch blanke, fettfreie, saubere, oxid- und zunderfreie Nahtkanten
- ° Als Schutzgas vorzugsweise Schweissargon (99,95 %)
- ° Wurzelschutz mit Argon oder Argon-Wasserstoff-Mischgas
- ° Genormter Schweisszusatz
- ° Schweissnähte von Oxiden befreien
- ° Anlauffarben entfernen



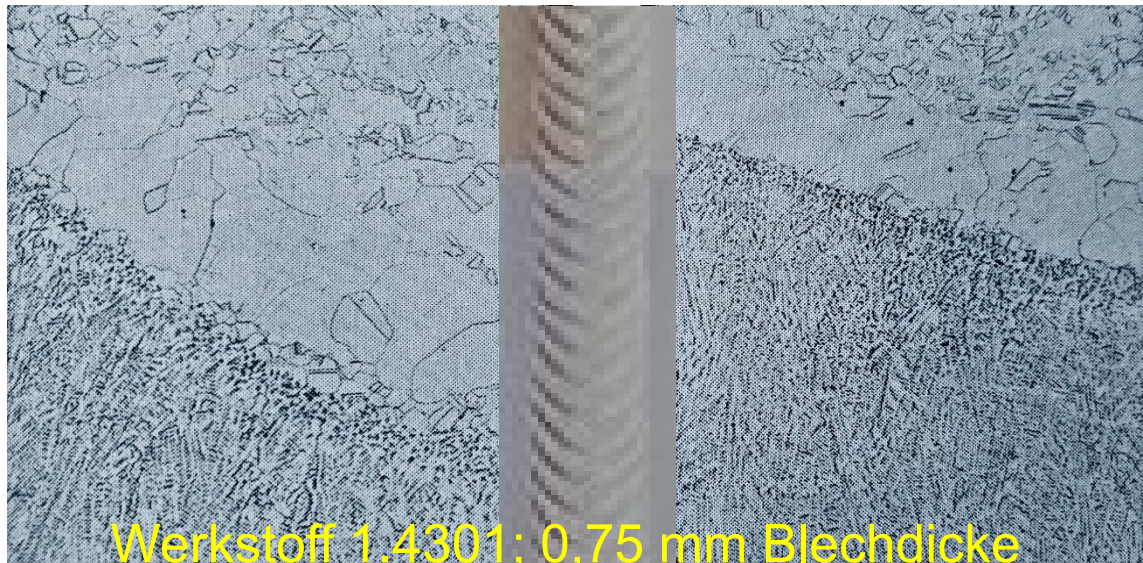
Schweißen von CrNi-Stahl mittels WIG-Verfahren

Einfluss der Schweissgeschwindigkeit auf die Gefügeausbildung beim WIG-Schweißen



Schweissgeschwindigkeit:

$V_s = 0,5\text{m/min}$



Schweissgeschwindigkeit:

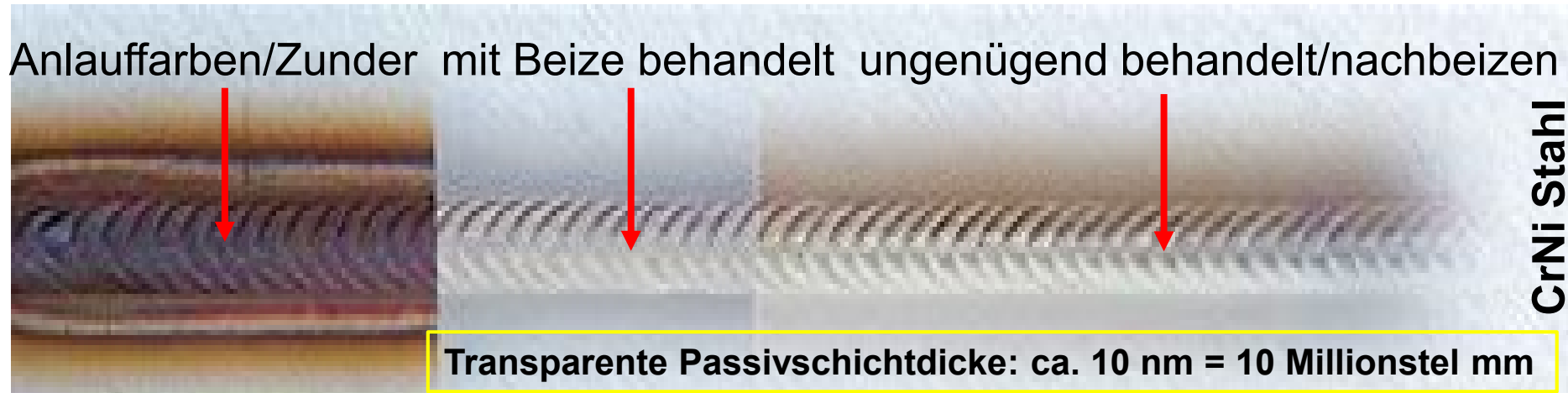
$V_s = 0,75\text{m/min}$

Werkstoff 1.4301; 0,75 mm Blechdicke



Schweissvorgaben – Beizen und passivieren

WIG – geschweisste Edelstahlnaht



Merke: Beizen ist die chemische Abtragung der oxidierten Oberfläche. Die Beizen, meist Pasten, basieren auf Fluss- und Salpetersäure. Der beim Beizen mit Säuren entstehende gasförmige Wasserstoff löst die vorhandene Zunder- bzw. Anlaufschicht auf.

Nach dem Beizen wird die Schweissnaht gebürstet und mit viel kaltem Wasser müssen alle Beizrückstände komplett entfernt werden!

Die neu entstehende Passivschicht schützt das Metall vor Korrosion.

6.

Flexible Rohrsysteme aus Edelstahl

Das flexible Stahlmantel-Rohrsystem

Spiralgewelltes CrNi-Stahlmediumrohr

Spiralgewelltes Chromstahl-Mantelrohr

Doppelter Korrosionsschutzmantel

Mediumrohr CrNi-Stahl (z. B.):

DIN EN 10088-3 X2CrNiMo17-12-2

W.-Nr.: 1.4404

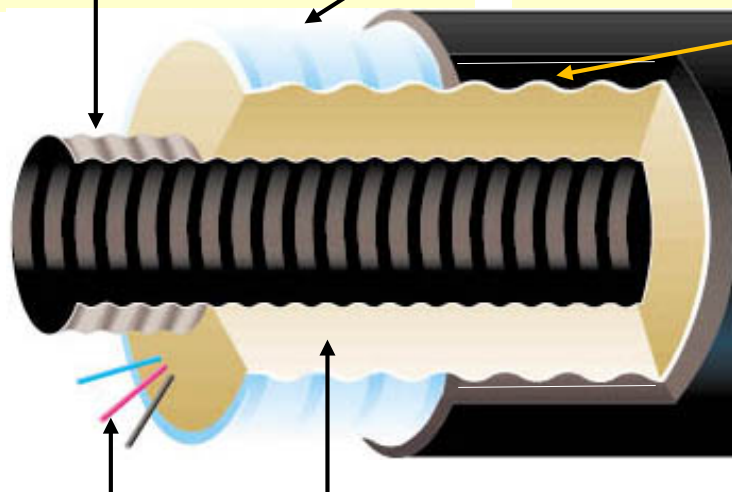
Stahlmantelrohr gewellt

EN X2CrTi12

W.-Nr.: 1.4512

Polymentschicht
dauerelastisch

PE-LD Mantel



3 Überwachungsadern

1 x CrNi, 2 x Cu

Isolier- Hartschaum flexibel

Schaumsystem PUR bis 150° C / System PIR bis 180° C *gleitend*

BRUGG
Pipes

FLEXWELL
Fernheizkabel® PN 25

Die flexible Stahl-Hausanschlussleitung

Spiralgewelltes CrNi-Stahlmediumrohr

Doppelter Schutzmantel aus Streckmetall und PE-LD

Mediumrohr CrNi-Stahl (z. B.:

DIN EN 10088-3 X2CrNiMo17-12-2

W.-Nr.: 1.4404

Mechanischen
Armierung mit
Streckmetallgitter

Schutzmantel bestehend aus
-Mehrschichtverbundfolie
-PE-LD nahtlos extrudiert



BRUGG
Pipes

CASAFLEX®
Fernwärmeleitung PN 25

3 Überwachungsadern

1 x CrNi, 2 x Cu

Isolier- Hartschaum flexibel

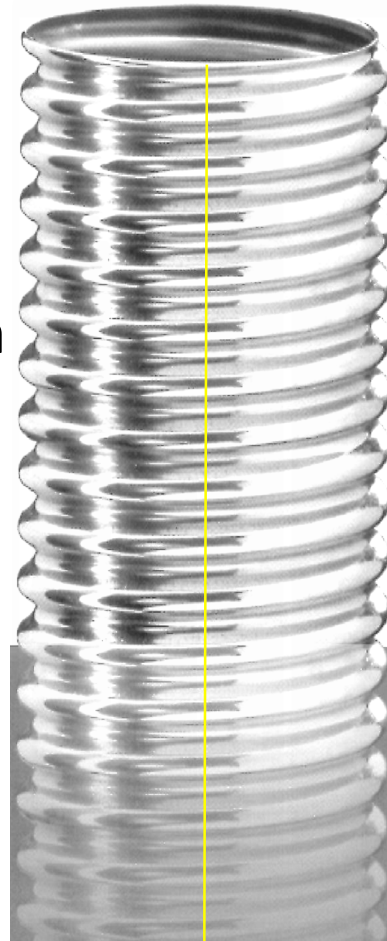
Schaumsystem PIR bis 180° C / PUR bis 150° C *gleitend*

PIR= Polyisocyanurat

Herstellung und Eigenschaften spiralgewellter CrNi-Stahlrohre

Prüfverfahren

- ° Wirbelstromprüfung (*)
- ° Dichtheitsprüfung mit Helium
- ° Zeitstandsprüfung mit Druckluft
- ° Berstdruckprobe ca. 200 bar
- ° Metallographische Prüfung der Schweissnaht



Berstdruck-Kammer

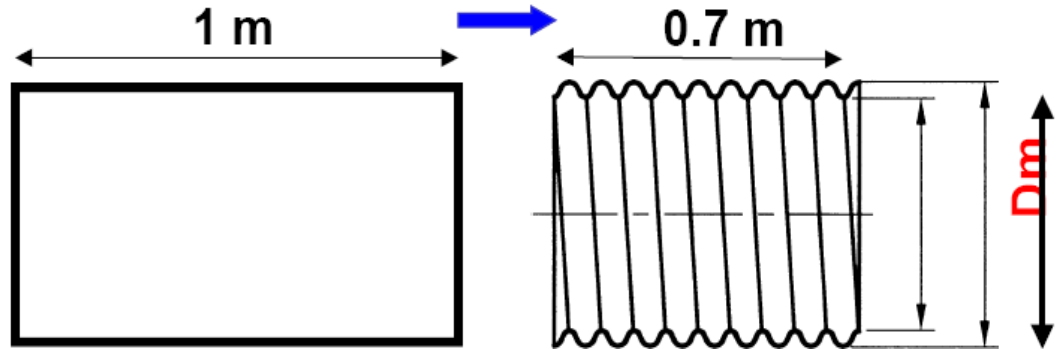


Helium Prüfkammer

(*Magnetische Induktion durch eine mit Wechselstrom führende Spule)

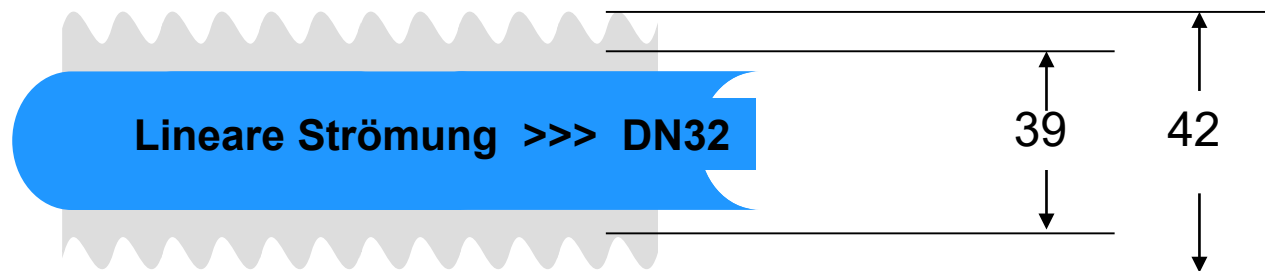
Eigenschaften spiralgewellter CrNi-Edelstahlrohre

Aus einem glattwandigen Rohr wird das spiralgewellte Rohr geformt.



Beispiel Rohr-Typ 39/42 entspricht DN32 (FLEXWELL Typ 39)

Warum?



Eigenschaften flexibler CrNi-Stahlrohre „spiralgewellt“ mit Cr-Stahl - Wellmantel

Die besondere Eignung von flexiblen Wellrohrsystemen mit metallischen Wellmantelrohren liegt unter anderem in:

- der besonderen Eignung für das grabenlose Richtbohren (HDD)
- der besonderen Eignung für das Pflug- und Fräsverfahren
- der Eignung für das Rohr-Relining-Verfahren
- der Flexibilität
- der belastbaren stabilen Gesamtkonstruktion bei geringer Überdeckung
- Einsatz in Wasserschutzgebieten, Flüssen usw. (diffusionsdicht)

**Flexible Stahlmantelrohrsysteme
mit spiralgewellten
Medium- und Mantelrohren sind:**

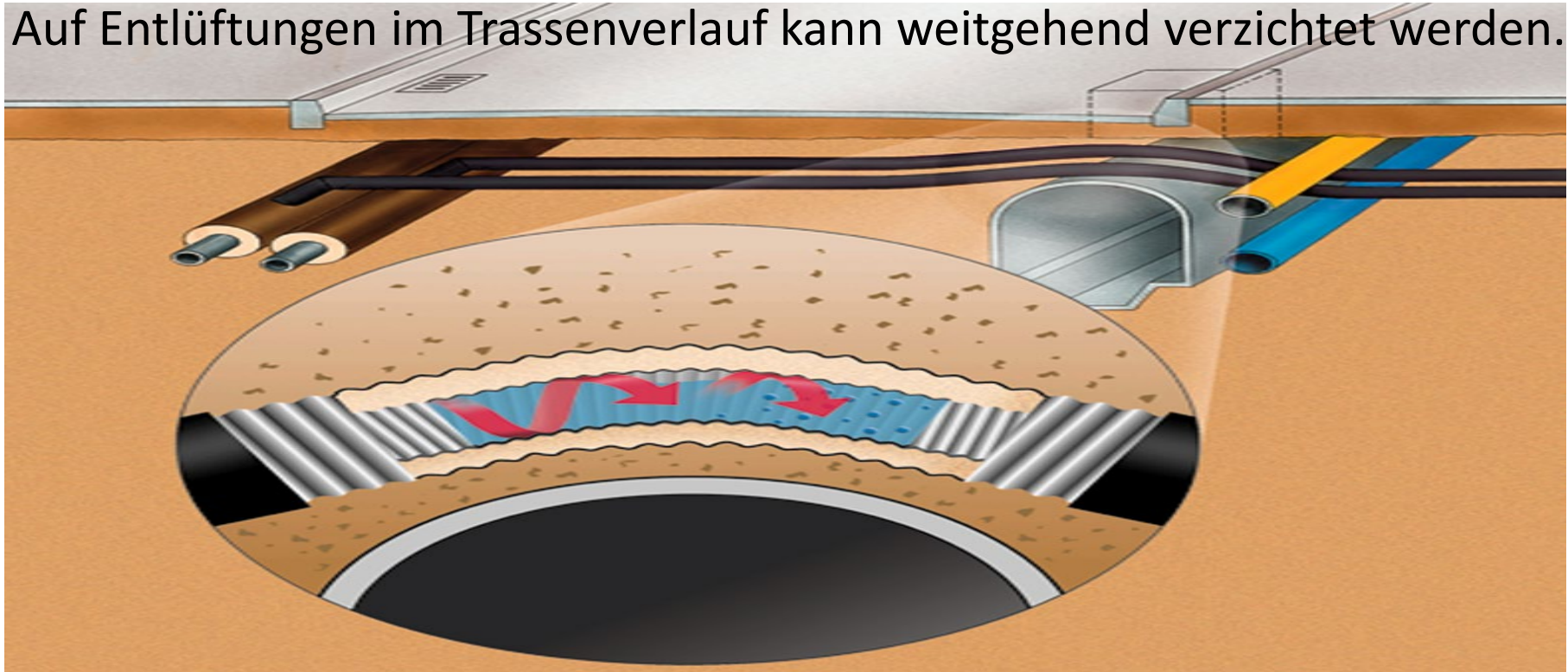
- **selbstentlüftend**
- **selbstkompensierend**
- **diffusionsdicht**
- **hoch belastbar**

Eigenschaften von spiralgewellten metallischen Rohren

Selbstentlüftend

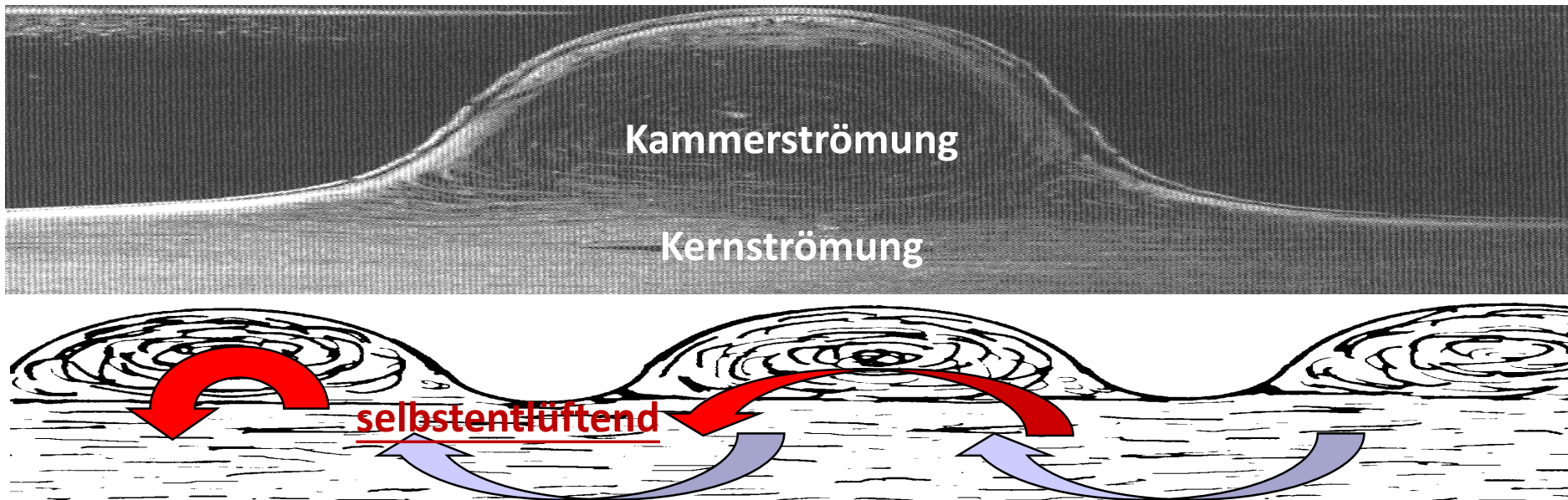
Aufgrund des spiralgewellten Rohrprofils wird die eingeschlossene Luft auch aus den Leitungshochpunkten ausgetragen.

Auf Entlüftungen im Trassenverlauf kann weitgehend verzichtet werden.



Entlüftung innerhalb spiralgewellter metallischer Rohre

- ° Das Strömungsprofil besteht aus Kernströmung und beinahe ortsfester Kammerströmung.
- ° Ein Primärwirbel füllt nahezu die gesamte Wellkammer aus, übrig bleiben nur geringe Zonen von der Rückströmung in Wandnähe.
- ° Hier lösen sich kleine Strömungsballen aus der Kammerströmung und treten in die Kernströmung ein.
- ° Damit findet ein stetiger geringfügiger Austausch innerhalb der Wellkammerströmung statt.



Eigenschaften von spiralgewellten metallischen Rohren

Selbstkompensierend



1927



Heute

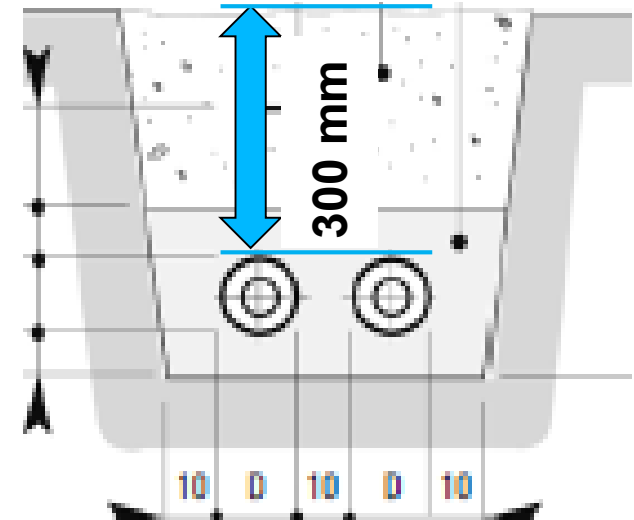


Eigenschaften von spiralgewellten Stahlmantel-Rohren

Hoch belastbar

Auf Rohrscheitel belastbar nach SLW 60 (max. Verkehrsbelastung)

Geringe Überdeckungshöhen von ca. 300 mm sind möglich.

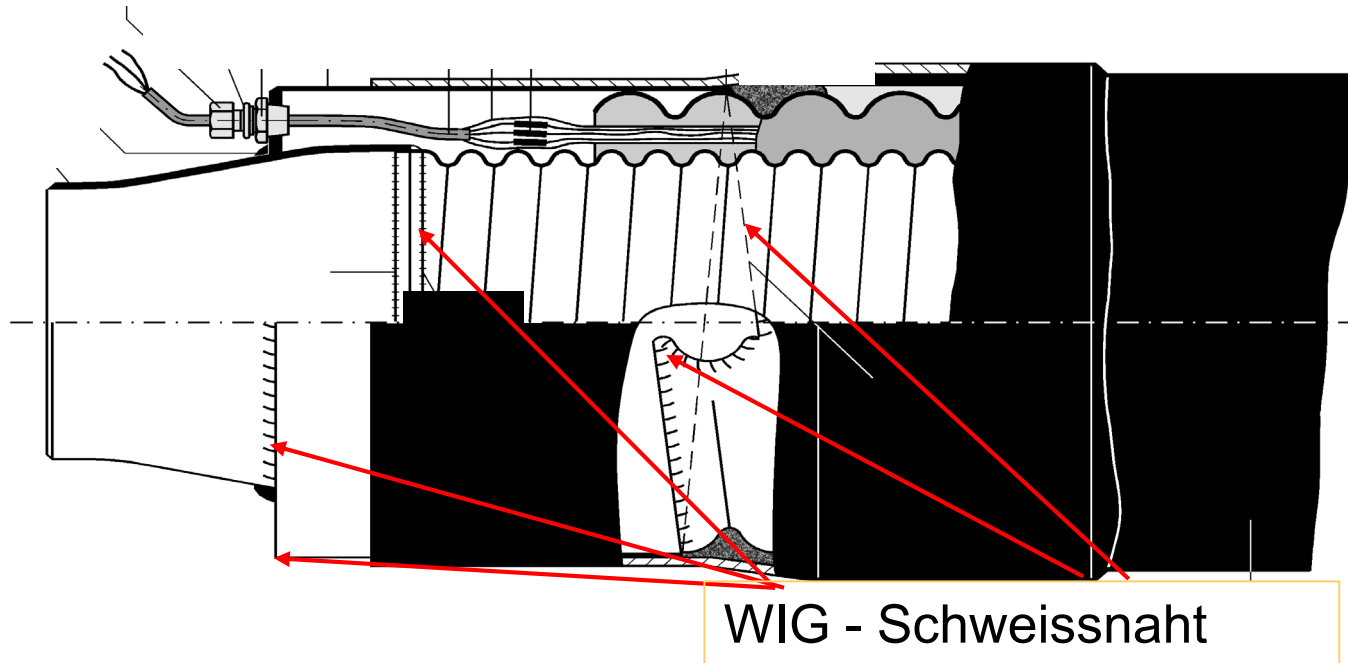


Eigenschaften von spiralgewellten Stahlmantel-Rohren

Diffusionsdicht

Das Mediumrohr und das Mantelrohr sind zu 100 % diffusionsdicht

Aufgrund der Diffusionsdichtigkeit in besonders sensiblen Bereichen einsetzbar.



7.

Rohrleitungsbau mit Edelstahlrohren

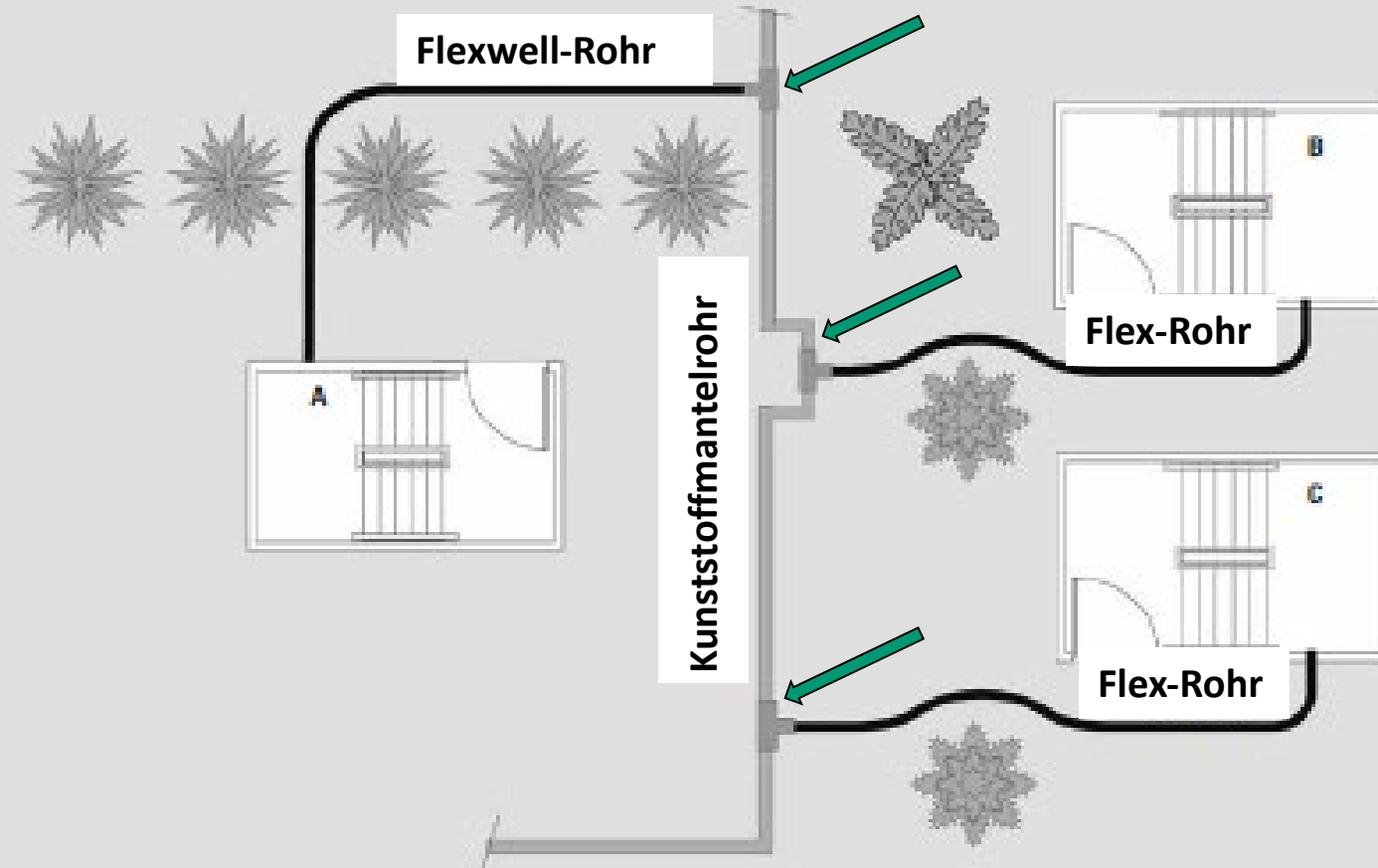


f
l
e
x
i
b
e
l
”
e
n
d
l
o
s
“



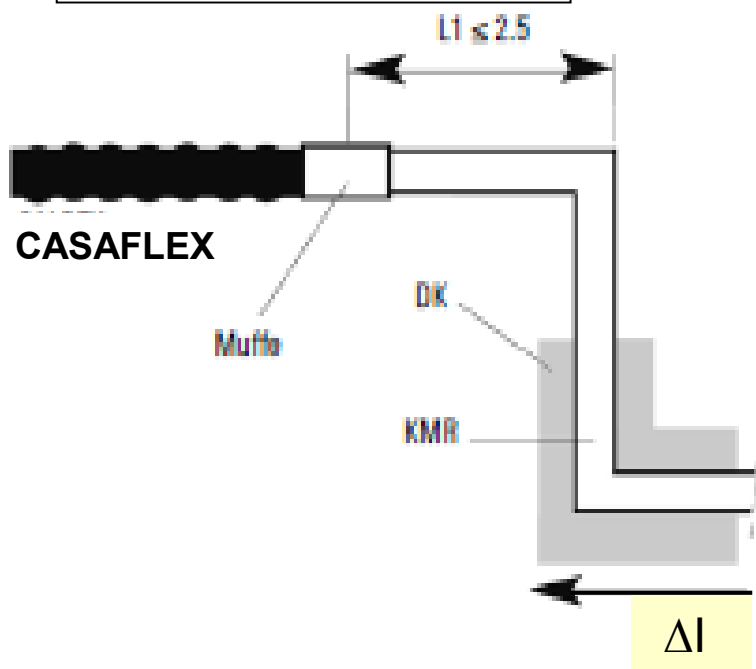
Verlegehinweise

Anbindung flexibles Edelstahlrohr an Kunststoffmantelrohr

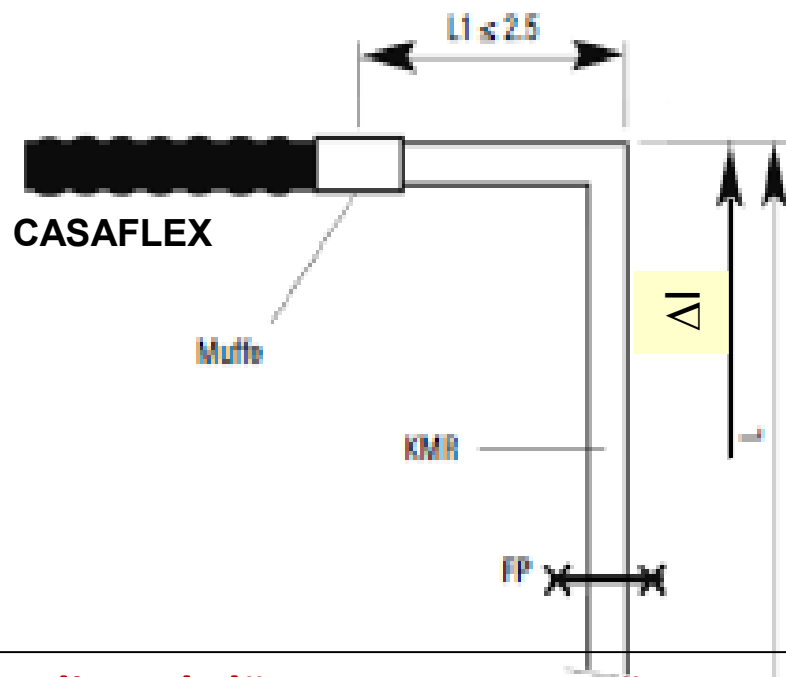


Verlegehinweise für den Übergang flexible Rohrleitung auf Kunststoffmantelrohr

Übergang mit Z-Bogen



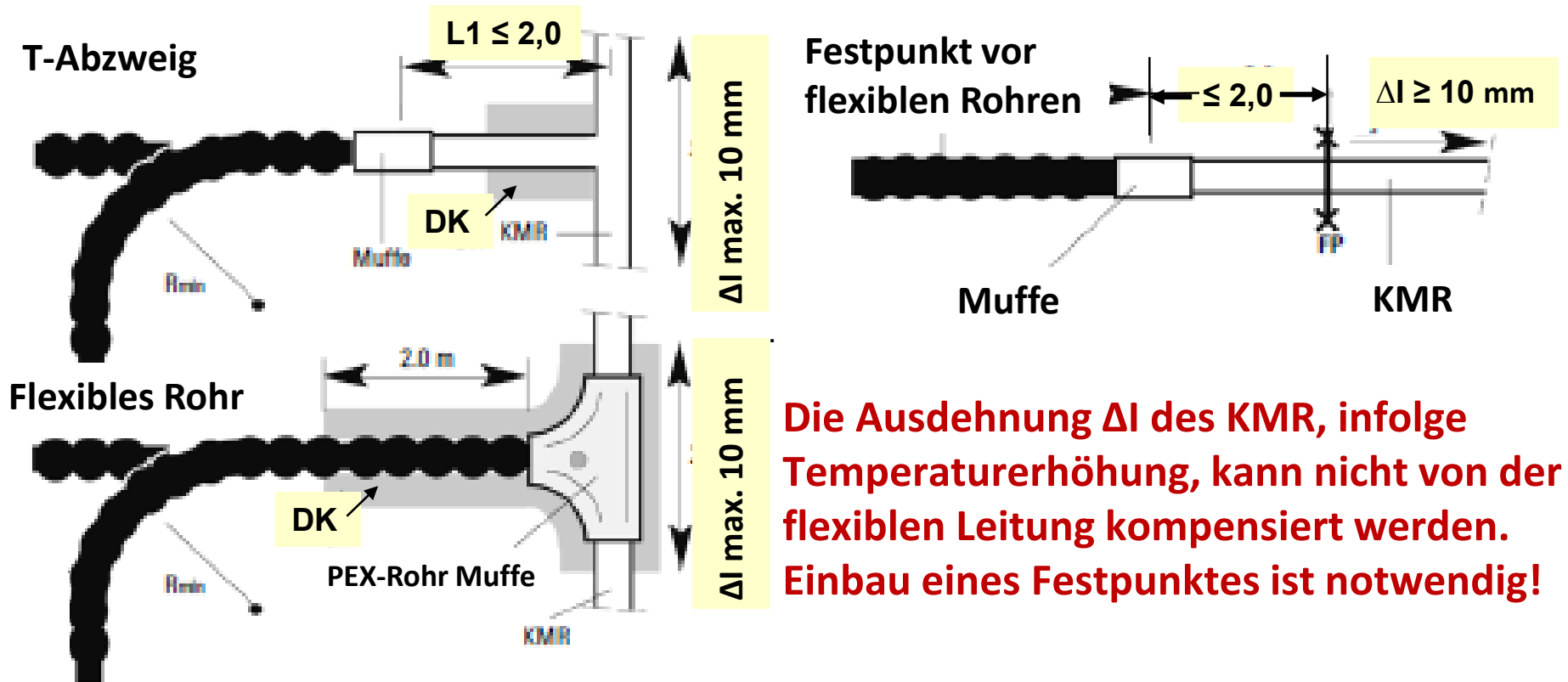
Übergang mit Festpunkt



Statische Auslegung des Z-Bogens nach Ausdehnungsgrösse Δl

Ist die Rohrlänge L resp. Δl grösser als für L zulässig, muss ein Festpunkt eingebaut werden!

Verlegehinweise für den Übergang flexible Rohrleitung auf Kunststoffmantelrohr



Die Ausdehnung Δl des KMR, infolge Temperaturerhöhung, kann nicht von der flexiblen Leitung kompensiert werden. Einbau eines Festpunktes ist notwendig!

Die Querdehnung Δl darf nur soviel betragen, dass die Dehnung durch den Abgang $L1$ und der flexiblen Leitung aufgenommen werden kann!

Verlegehinweise



Flexible Stahlmantelrohre
Verlegung in alte ungenutzte
Dampfleitungen (215 m Länge)

Verlegehinweise

Flexible Stahlmantelrohre DN 150/315

Verlegelänge 220 m ohne Dehnungsausgleich

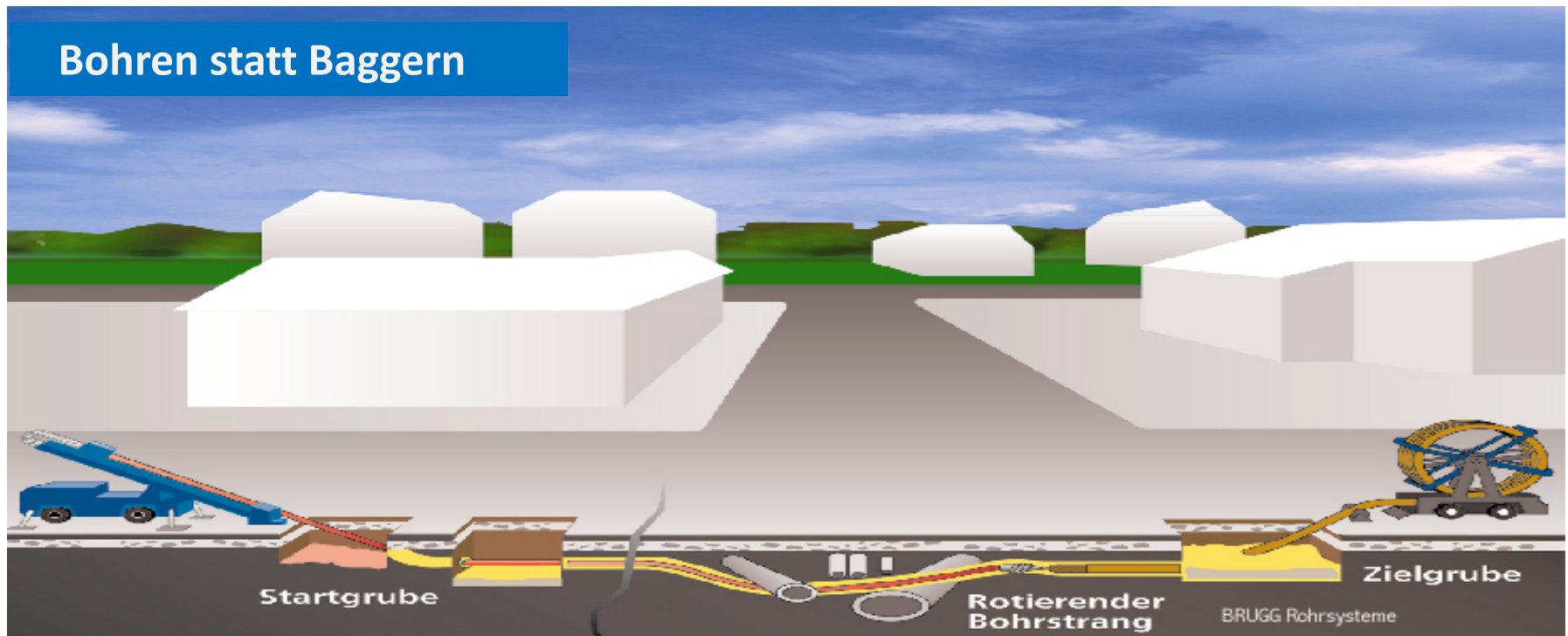


**Verlegung innerhalb
eines abgedeckten
Kanals (800 x 500)**

8.

Grabenlose Verlegung mit flexiblen Rohrleitungen

Eine bevorzugte Lösung für die grabenlose Rohrverlegung bietet die bewährte Horizontal-Spülbohrtechnik (HDD oder Richtbohren)



Flexible Stahlwellmantelrohre werden ohne zusätzliche Schutzrohre direkt in die Bohrung gezogen

Rohrverlegung mittels Horizontal-Spülbohren (Richtbohren)

Die Anforderungen an das Rohrsystem sind gegenüber einer herkömmlichen Grabenverlegung höher einzustufen.



Das flexible Stahlmantelrohr
Ø 320 mm, Länge 230 m,
Mediumrohr aus CrNi-Stahl, wird in
den vorbereiteten Bohrkanal
gezogen.

Horizontal-Spülbohren mit dem flexiblen Stahlmantelrohr

Rohrlänge 230 m , Rohr- Ø 320 mm, Bohrlänge 225 m, Bohrung- Ø 500 mm



Bohranlage während des Ziehvorganges an der Startgrube



Ziehkopf
Räumer

Nichtrostende Edelstahlrohre zum Transport von Heizungswasser und Brauch

Einteilung der CrNi-Stähle
Eigenschaften der CrNi-Stähle
Austenitische CrNi-Stahl
Korrosionsbeständigkeit CrNi-Stahl
Bearbeitung von CrNi-Stahl
Schweißen von CrNi-Stahl
Flexibles CrNi-Stahlrohr
Eigenschaften flexibler CrNi-Stahlrohre
Rohrleitungsbau mit CrNi-Stahl
Horizontalbohren mit FLEXWELL-CrNi-Stahlrohr



Für Fragen und Diskussion stehe ich Ihnen gern zur Verfügung