

**Vorisolierte Rohre für erdverlegte
wasserführende Fernwärmenetze
System ZPU MIĘDZYRZECZ Sp. z o. o.**

**RICHTLINIEN ZUR PLANUNG
VON VORISOLIERTEN ROHREN
MIT ZWEI MEDIENROHREN**

Zakład Produkcyjno Usługowy
Międzyrzecz
POLSKIE RURY PREIZOLOWANE Sp. z o. o.,
66-300 Międzyrzecz, ul. Zakaszewskiego 4
Telefon +48 95 741 25 26, 742 33 00, 742 00 93
Fax. +48 9 742 33 01, 742 33 02
Version: February 2016

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	3
1.1.	Gegenstand der Richtlinien.....	3
1.2.	Anwendungsbereich	3
1.3.	Bauprojekt	3
2.	Grundsätzliche Kennzeichnung.....	3
2.1.	Geometrische Merkmale	3
2.2.	Belastung, Schnittreaktion, Tragkraft.....	4
2.3.	Spannung und Festigkeit	4
2.4.	Materialkonstanten, Koeffizienten und andere Kennzeichnungen	4
3.	Materialien und Produkte	5
3.1.	Medienrohre	5
3.2.	Mantelrohre.....	5
3.3.	Hartschaum	5
3.4.	Rohrbaugruppe mit zwei Medienrohren.....	6
4.	Ausgangsdaten für die Planung	7
5.	Planungsgrundlagen für vorisolierte Rohre mit zwei Medienrohren.....	8
5.1.	Methode zur Dimensionierung.....	8
5.2.	Belastung.....	8
5.2.1	Druckkraft des Erdreichs auf das Rohr	8
5.2.2	Reibungskraft an den Seitenflächen von Mantelrohren.....	9
5.2.3	Von Reibungskräften in Medienrohren ausgehende Normalkraft [N].....	9
5.3.	Vom Innendruck in Medienrohren ausgehende Kräfte	9
5.4.	Von der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklaufrohr ausgehende axiale Spannungen.....	10
5.5.	Berechnete Tragfähigkeit des Medienrohrquerschnitts	10
6	Planung eines Fernwärmenetzes im System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.	12
6.1.	Methode I - natürliche Methode	12
6.1.1	Maximale Montagelänge [L_{max}] eines geraden Rohrleitungsabschnitts.....	12
6.1.2	Ausdehnung der Rohrleitung	16
6.1.3.	Dehnungsausgleich.....	18
6.1.4.	„L“- förmiges System.....	19
6.1.5.	„Z“- förmiges System.....	23
6.1.6.	„U“- förmiges System	24
6.1.7.	Kompensationszone.....	27
6.2.	Methode II - Vorspannungen	27
7	Richtungsänderung der Rohrleitungstrasse	29
7.1	Richtungsänderung der Netztrasse durch den Einsatz vorgefertigter vorisolierter Knie	29
7.2	Richtungsänderung der Netztrasse durch flexible Rohrbiegungen	29
8	Vorisolierter Fixpunkt - effektiv	31
8.1	Berechnung der auf den Fixpunkt wirkenden Kräfte.....	31
8.1.1	Fixpunkt - entlastet	31
9	Rohrleitungsabzweigung, Gebäudeeingang und „Y“- förmige Übergangsstücke.	35
10	Verbindung von Doppelrohren mit einer herkömmlichen Rohrleitung (Kanalnetz)	37
11	Stahlaraturen.....	38
12	Technische Informationen	38
13	Kaufmännische Informationen	39



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



1. Einführung

1.1. Gegenstand der Richtlinien

Gegenstand der Richtlinie sind die Grundlagen zur Berechnung und Planung von direkt im Erdreich verlegten vorisolierten Rohrleitungsstrukturen mit zwei Medienrohren.

1.2. Anwendungsbereich

Diese Grundlagen für die Berechnung und Planung sind bei der Ausarbeitung der technischen Dokumentation für Rohrleitungsstrukturen aus vorisolierten Rohren und Fittings mit zwei Medienrohren für eine maximale Temperaturdifferenz von 90°C zwischen dem Heizmedium im Vorlaufrohr und dem Heizmedium im Rücklaufrohr anwendbar.

HINWEIS: Beim Kauf von vorisolierten Produkten mit zwei Medienrohren, die für den Betrieb mit einer Temperaturdifferenz von 90°C (zwischen dem Heizmedium im Vorlaufrohr und dem Heizmedium im Rücklaufrohr) vorgesehen sind, bitten wir Sie um einen entsprechenden Vermerk in Ihrer Materialbestellung.

1.3. Bauprojekt

Das Bauprojekt sollte nach dem Baurecht, der Norm PN-EN13941 und den in diesen Richtlinien bestimmten Grundsätzen erstellt werden.

2. Grundsätzliche Kennzeichnung

2.1. Geometrische Merkmale

A	Querschnittsfeld eines vorisolierten Rohres - festigkeitsmäßig aktiv
DN	Nenndurchmesser von Medienrohren
D_Z	Außendurchmesser von Medienrohren
D_{ZP}	Außendurchmesser von Mantelrohren
g	Wandstärke von Medienrohren
g_p	Wandstärke von Mantelrohren
H	Verlegungstiefe der Rohrleitungsachse
L, C, D	Länge des Kompensationsarms
L	Länge des Rohrleitungsabschnitts
L_{max}	Montagelänge der Rohrleitung
ε	Ausdehnungseinheit der Rohrleitung
ΔL	Rohrleitungsausdehnung um die Länge L, erdvergraben
ΔL_n	Ausdehnung einer nicht erdvergrabenen Rohrleitung, um die Länge L _n , erwärmt auf die Temperatur [T _w], freie Ausdehnung
ΔL_Z	Ausdehnung einer erdvergrabenen und auf die Temperatur [T _{max}] erwärmten Rohrleitung
L_n	Länge eines nicht erdvergrabenen Rohrleitungsabschnitts
l_g	Bogenlänge eines vorisolierten Rohrs
r	Biegeradien von gebogenen vorisolierten Rohren
β	Biegewinkel von vorisolierten Rohren



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



2.2. Belastung, Schnittreaktion, Tragkraft

V	Einheitsdruck des Bodens auf das Mantelrohr
F_T	Seitliche Reibungskraft des Mantelrohrs
N	Normalkraft
N_T	Normalkraft von thermischen Belastungen in der vorisolierten Rohrleitung
N_z	Normalkraft von thermischen Belastungen im Vorlaufrohr
N_p	Normalkraft von thermischen Belastungen im Rücklaufrohr
N_{PS}	Auf den Fixpunkt wirkende Normalkraft
N_{RC}	Berechnete Tragkraft beider Medienrohre
p	Innendruck im Medienrohr

2.3. Spannung und Festigkeit

σ	Normalspannung
τ	Spitzenspannung
R_e	die vom Hersteller spezifizierte (normierte) Streckgrenze
R_m	die vom Hersteller spezifizierte Zugfestigkeit
R_r	Reißfestigkeit
R_s	Druckfestigkeit
σ_H	Umfangsspannung
σ_x	Axialspannung
f_d	reduzierte berechnete Festigkeit von Stahl
f_d'	berechnete Festigkeit von Stahl

2.4. Materialkonstanten, Koeffizienten und andere Kennzeichnungen

E	Elastizitätsmodul - YOUNG Modul
E_T	Elastizitätsmodul unter Berücksichtigung der Temperatureinwirkung
ν	Poissonzahl
α	linearer Wärmeausdehnungskoeffizient
λ	Wärmeleitfähigkeitskoeffizient
γ	Belastungskoeffizient
μ	Reibungskoeffizient zwischen Mantelrohr und Boden
ρ	Dichte des verfüllten verdichteten Bodens
T_z	Betriebstemperatur der Vorlaufrohrleitung
T_p	Betriebstemperatur der Rücklaufrohrleitung
T_o	Montagetemperatur
T_w	Vorwärmtemperatur
ΔT	Temperaturdifferenz zwischen dem Heizmedium in der Vorlaufleitung und dem Heizmedium in der Rücklaufleitung
ρ_s	Dichte des Stahls
ρ_{PE}	Dichte des Polyethylen-Mantelrohrs
ψ	Reduktionsfaktor der berechneten Querschnittstragkraft
k	Koeffizient zur Berücksichtigung der zwischen dem Mantelrohr und dem Boden für eine nicht erdvergrabene Rohrleitung wirkenden Reibungskräfte
K_o	Druckkoeffizient für das auf dem vorisolierten Rohr ruhende Erdreich



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



3. Materialien und Produkte

3.1. Medienrohre

Die Medienrohre sind zugelassene **nahtlose Stahlrohre** aus P235GH Stahl nach PN-EN 10216-2 oder nach PN-EN 10216-1/A1 aus P235TR1/P235TR2 Stahl, oder zugelassene **Stahlrohre mit Naht** nach PN-EN 10217-2/A1 und PN-EN 10217-5/A2 aus P235GH Stahl oder nach PN-EN 10217-1/A1 aus P235TR1/P235TR2 Stahl.

Mechanische Eigenschaften nach PN-90/B-03200, PN-EN 10216-1/A1, PN-EN 10216-2, PN-EN 10217-1/A1, PN-EN 10217-2/A1 und PE-EN 10217-5/A1

Produkttyp	Stahlsorte	Mechanische Eigenschaften			
		R _e	R _m	A ₅	f _d '
		MPa	MPa	%	MPa
Rohre mit Spiral- oder Längsnaht	St 37.0 P235GH	235	350	25	210
Gewalzte nahtlose Rohre	St 37.0 P235GH	235	345	25	210

Materialkonstanten von Stahl:

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$\nu = 0,3$$

$$\alpha_t = 1,22 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

$$\rho_s = 7850 \text{ kg/m}^3$$

3.2. Mantelrohre

Das Mantelrohr ist im Einklang mit den Anforderungen der Norm **PN-EN 253** aus hochdichtem Polyethylen (PEHD) ausgeführt:

Produkttyp	Zeichen	Mechanische Eigenschaften		
		σ_H	R _r	R _s
		MPa	MPa	MPa
Mantelrohr	PEHD	4,0	24,0	37,0

Materialkonstanten von PEHD:

$$E = 1,0 \text{ GPa}$$

$$\lambda = 0,43 \text{ W/mK}$$

$$\alpha_t = 0,2 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{PE} = 950 \text{ kg/m}^3$$

Reibungskoeffizient zwischen
Mantelrohr und Boden:

$$\mu = 0,3 \div 0,5$$

3.3. Hartschaum

Der Polyurethan-Hartschaum entspricht den Anforderungen der Norm PN-EN 253.

Dichte an jeder Stelle: min. 60 kg/m³

Druckfestigkeit in radialer Richtung:

bei relativer Verformung von 10%

min. 0,3 MPa

MDI-Index

min. 130

Wärmeleitkoeffizient für λ_{50} :

- für ein mit Cyclopentan geschäumtes System

max. 0,029 W/mK



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



3.4. Rohrbaugruppe mit zwei Medienrohren

Die vorisolierten Rohre und Fittings des Systems **ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.** sind aus zwei in einem Mantelrohr aus hochdichtem Hart-Polyethylen (PEHD) angeordneten Medienrohren aus Stahl bestehende Rohrbaugruppen, deren Zwischenräume gleichmäßig mit Polyurethan (PUR) Hartschaum ausgefüllt sind. Die vorisolierten Rohre und Fittings des Systems **ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.** mit zwei Medienrohren sind mit „Standard“ und „Plus“ Wärmeisolierung ausgeführt.

Die Stahlmedienrohre werden vor dem Aufbringen der Polyurethan-Schaumisolierung mittels Stahlverbindern dauerhaft miteinander verschweißt. Daher müssen die blanken Enden der von der ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o. erzeugten vorisolierten Rohre mit zwei Medienrohren in einem Mantelrohr nicht durch Anschweißen von Flachstahl oder Ankern auf der Baustelle verbunden werden. Da auch alle von der ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o. erzeugten Fittings mit zwei Medienrohren in einem Mantelrohr innen mit Verbindern versehen sind, entfällt die Notwendigkeit, dass die Stahlrohre auf der Baustelle durch Anschweißen von Flachstahl oder Ankern verbunden werden müssen.

Die Rohrbaugruppe aus vorisoliertem entspricht den Anforderungen der Normen PN-EN 253+A2 / EN253:2009+A2:2015.

Wärmeleitfähigkeit bei einer voraussichtlichen Haltbarkeit von:	max. 0,029 W/mK min. 30 Jahren
Scherfestigkeit in Richtung:	
axial (Temp. 20°C)	min. 0,12 MPa
(Temp. 140°C)	min. 0,08 MPa
radial (Temp. 20°C)	min. 0,20 MPa

Vorisolierte Rohre mit zwei Medienrohren im System **ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.** werden erzeugt im Durchmesserbereich von 2×DN20 bis 2×DN 200. Die Tabelle 1 zeigt die geometrischen Abmessungen der vorisolierten Rohre.

Dimensionen der vorisolierten Rohre mit zwei Medienrohren

Tabelle 1

Medienrohr aus Stahl		Mantelrohr aus PEHD		Mantelrohr aus PEHD			
2×DN	Dz	Mit Naht	Nahtlos	Standard Isolierung		Plus Isolierung	
		min[g]	min[g]	Dzp	gp	Dzp	gp
mm	mm	mm	mm	mm	mm	Mm	mm
2x20	26,9	2,6	2,9	125	3,0	140	3,0
2x25	33,7	2,6	2,9	140	3,0	160	3,0
2x32	42,4	2,6	2,9	160	3,0	180	3,0
2x40	48,3	2,6	2,9	160	3,0	180	3,0
2x50	60,3	2,9	3,2	200	3,2	225	3,4
2x65	76,1	2,9	3,2	225	3,4	250	3,6
2x80	88,9	3,2	3,6	250	3,6	280	3,9
2x100	114,3	3,6	4,0	315	4,1	355	4,5
2x125	139,7	3,6	4,0	400	4,8	450	5,2
2x150	168,3	4,0	4,5	450	5,2	500	5,6
2x200	219,1	4,5	6,3	560	6,0	630	6,6

DN - Nenndurchmesser der Stahlrohre, Dz - Außendurchmesser der Stahlrohre, gp - Wandstärke der Stahlrohre



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



4. Ausgangsdaten für die Planung

Für die Berechnungen der Reibkräfte $[F]$ zwischen der Sandunter/-deckschicht und dem Mantelrohr, Schnittkräfte $[N]$ der Medienrohre, der maximalen Montagelängen $[L_{max}]$ und Ausdehnungen $[\Delta L]$ der Rohrleitungen des Systems **ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.**, sind die folgenden Belastungswerte und Materialkonstanten anzunehmen:

Verlegungstiefe der Rohrleitungsachse	$H = 1\text{m}$
Dichte des verfüllten verdichteten Bodens	$\rho = 1800\text{ kg/m}^3$
Reibungskoeffizient zwischen Mantelrohr und Erdreich	$\mu = 0,35$
Druckkoeffizient des auf dem vorisolierten Rohr ruhenden Erdreichs	$K_o = 0,6$
Betriebsdruck in der Rohrleitung	$p = 1,6\text{ MPa}$
Reduzierte berechnete Festigkeit von Stahl	$f_d = 190\text{ MPa}$
Betriebstemperatur	
Vorlauf (hoher Parameter)	$T_z = 135^\circ\text{C}$
Rücklauf (hoher Parameter)	$T_p = 70^\circ\text{C}$
Vorlauf (hoher Parameter)	$T_z = 100^\circ\text{C}$
Rücklauf (hoher Parameter)	$T_p = 70^\circ\text{C}$
Vorlauf (niedriger Parameter)	$T_z = 95^\circ\text{C}$
Rücklauf (niedriger Parameter)	$T_p = 70^\circ\text{C}$
Vorlauf (niedriger Parameter)	$T_z = 95^\circ\text{C}$
Rücklauf (niedriger Parameter)	$T_p = 65^\circ\text{C}$
Montagetemperatur	$T_0 = 8^\circ\text{C}$
Elastizitätsmodul unter Berücksichtigung der Temperatureinwirkung - YOUNG Modul	$E_T = 210\text{ GPa}$
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	
für den Bereich $0\div 100^\circ\text{C}$	$a_T = 1,2 \cdot 10^{-5}/^\circ\text{C}$
für den Bereich $0\div 150^\circ\text{C}$	$a_T = 1,22 \cdot 10^{-5}/^\circ\text{C}$
Belastungskoeffizienten:	
Tragfähigkeitsgrenze	$\gamma = 1,1$
Benutzbarkeitsgrenze	$\gamma = 1,0$
Poissonzahl	$\nu = 0,3$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



5. Planungsgrundlagen für vorisolierte Rohre mit zwei Medienrohren

5.1. Methode zur Dimensionierung

Um sicherzustellen, dass die Tragkraft der Rohrleitung in der Betriebsphase gegeben ist, muss die Rohrleitungsstruktur nach der Methode der Tragfähigkeits- und Benutzbarkeitsgrenzen gemäß PN-76/B-03001, PN-EN 13941 dimensioniert werden.

5.2. Belastung

Eine direkt im Erdreich verlegte Rohrleitung ist folgenden Belastungen ausgesetzt:

- seitliche Reibungskräfte auf das Mantelrohr,
- Druckkräfte des Erdreichs auf das Mantelrohr,
- druckbedingte Kräfte im Medienrohr,
- thermische Spannungenkräfte.

Die dauerhafte Verbindung des Medientvorlaufrohres und des Medienrücklaufrohres führt zu einer gleichzeitigen Ausdehnung beider Rohre (geometrisch kontinuierliche Verformungen).

Als Folge der Temperaturdifferenzen zwischen dem Heizmedium im Vorlauf- und Rücklaufrohr und wegen der dauerhaften Verbindung beider Rohre entstehen gegenläufige Spannungen: Druckspannung im Vorlauf und Zugspannung im Rücklauf.

Somit haben wir es hier mit einem statischen System mit einem begrenzten freien Ausdehnungsgrad zu tun, in dem bei einem Temperaturanstieg oder Temperaturabfall Kräfte entstehen, welche von den Reibungskräften, vom Innendruck im Medienrohr und von der Temperaturdifferenz des Mediums im Vor- und Rücklaufrohr abhängen.

5.2.1 Druckkraft des Erdreichs auf das Rohr

Der einheitliche Ruhedruck des Erdreichs auf der Rohrleitung ist gemäß PN-83/B-03010 nach folgender Formel zu berechnen:

- | | | |
|--------------------------|---|---------------------|
| - vertikale Komponente | $V_z = \gamma \cdot H \cdot \rho \cdot g_z$ | [N/m ²] |
| - horizontale Komponente | $V_x = \gamma \cdot H \cdot \rho \cdot g_z \cdot K_0$ | [N/m ²] |

wobei:

γ - Belastungskoeffizient

H - Verlegungstiefe der Rohrleitungsachse [m]

ρ - Dichte des verfüllten Erdreichs [kg/m³]

g_z - Erdbeschleunigung [m/s²]

K_0 - Ruhedruckkoeffizient

Zur Berechnung des am Umfang gleichmäßig verteilt auf der Rohrleitung anliegenden Druck des Erdreichs ist ein Mittelwert anzunehmen und folgende Formel anzuwenden:

$$V = 0,5 \cdot (V_z + V_x)$$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



5.2.2 Reibungskraft an den Seitenflächen von Mantelrohren

Die Reibungskraft je Längeneinheit des Rohres [F_T] errechnet sich nach der Formel:

$$F_T = \mu \cdot V \cdot \pi \cdot D_{zp} \quad [\text{N/m}]$$

wobei:

μ - Reibungskoeffizient zwischen Mantelrohr und Erdreich

V - Einheitlicher Bodendruck auf das Mantelrohr [N/m²]

D_{zp} - Außendurchmesser des Mantelrohrs [m]

5.2.3 Von Reibungskräften in Medienrohren ausgehende Normalkraft [N]

Die von Reibungskräften ausgehende Normalkraft [N] in Medienrohren der Länge [L] errechnet sich nach der Formel:

$$N = F_T \cdot L \quad [\text{N}]$$

wobei:

F_T - Reibungskraft pro Einheitslänge der Rohrleitung [N/m]

L - Länge des Rohrleitungsabschnitts [m]

5.3. Vom Innendruck in Medienrohren ausgehende Kräfte

Es wird angenommen, dass die durch den Druck des Heizmediums hervorgerufene Belastung vom Medienrohr aufgenommen wird und dabei Spannungen entstehen:

- radiale
$$\sigma_H = \frac{p \cdot (D_z - g)}{2 \cdot g} \quad [\text{N/m}^2]$$

- axiale
$$\sigma_x = \frac{p \cdot (D_z - g)}{4 \cdot g} \quad [\text{N/m}^2]$$

wobei:

p - Innendruck im Medienrohr [N/m²]

D_z - Außendurchmesser des Medienrohrs [m]

g - Wandstärke des Medienrohrs [m]

Normalkraft des Innendrucks in einem Medienrohr - ausgehend von der axialen Spannung σ_x

$$N_x = \sigma_x \cdot A \quad [\text{N}]$$

wobei:

A - Querschnittsfeld eines Medienrohres [m²]

Daher beträgt die vom Innendruck in Medienrohren ausgehende Normalkraft:

$$2 \times N_x = 2 \times \sigma_x \cdot A \quad [\text{N}]$$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



5.4. Von der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklaufrohr ausgehende axiale Spannungen

Als Folge der Temperaturdifferenzen des Heizmediums in den Medienrohren und der geometrischen Verformungen bzw. Ausdehnung beider Rohre entstehen:

- Druckspannungen im Vorlauf

$$\sigma_z = \frac{N_z}{A} \quad [\text{N/m}^2]$$

- Zugspannungen im Rücklauf

$$\sigma_p = \frac{N_p}{A} \quad [\text{N/m}^2]$$

,wobei

N_z – Normalkraft von thermischen Spannungen in der Vorlaufleitung

$$N_z = \alpha_T \times (T_z - T_o) \times A \times E_T$$

N_p – Normalkraft von thermischen Spannungen in der Rücklaufleitung

$$N_p = \alpha_T \times (T_p - T_o) \times A \times E_T$$

Daher beträgt die Normalkraft von thermischen Spannungen in vorisolierten Doppelrohrleitungen:

$$N_T = \alpha_T \times 2 \times A \times E_T \times \frac{(T_z - T_p)}{2}$$

wobei:

A - Querschnittsfeld eines Medienrohres [m²]

σ_T - Von der Temperaturdifferenz in Vor- und Rücklaufleitungen in den Medienrohren hervorgerufene axiale Spannung [N/m²]

N_T - Normalkraft von thermischen Spannungen in der vorisolierten Rohrleitung [N]

α_T - Linearer Ausdehnungskoeffizient [1/°C]

T_z - Auslegungstemperatur der Vorlaufleitung [°C]

T_p - Auslegungstemperatur der Rücklaufleitung [°C]

T_o - Montagetemperatur [°C]

E_T - Elastizitätsmodul - YOUNG Modul [N/m²]

5.5. Berechnete Tragfähigkeit des Medienrohrquerschnitts

Da die Bedingung der Tragfähigkeit erfüllt werden muss, darf die Normalkraft in Medienrohren nicht über ihrer berechneten Tragfähigkeit liegen, das bedeutet:

$$N - 2N_x + N_p - N_z \leq N_{RC} \quad [\text{N}]$$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



Nach dem Einsetzen für

- Durch Reibung erzeugte Normalkraft im isolierten Rohr $N = F_T \times L$,
- Vom Innendruck erzeugte Normalkraft $2 \times N_x = 2 \times \sigma_x \times A$,
- Von thermischen Spannungen erzeugte Normalkraft in vorisolierten Rohr

$$N_T = \alpha_T \times 2 \times A \times E_T \times \frac{(T_z - T_p)}{2}$$

- Berechnete Tragfähigkeit des Querschnitts zweier Medienrohre $N_{RC} = \psi \cdot 2A \cdot f_d$

resultiert:

$$F_T \times L - \sigma_x \times 2A + A \times E_T \times \alpha_T \times (T_z - T_p) \leq \psi \times 2A \times f_d \quad [N]$$

wobei:

F_T - einheitliche Reibungskraft	[N/m]
L - Länge des Rohrleitungsabschnitts	[m]
ψ - Reduktionsfaktor der berechneten Querschnittstragkraft	
A - Querschnittsfeld des Medienrohrs	[mm ²]
f_d - reduzierte berechnete Festigkeit von Stahl	[MPa]
σ_x - axiale Spannung	[N/m ²]
α_t - linearer Ausdehnungskoeffizient	[1/°C]
T_z - Auslegungstemperatur der Vorlaufleitung	[°C]
T_p - Auslegungstemperatur der Rücklaufleitung	[°C]
T_o - Montagetemperatur	[°C]
E_T - Elastizitätsmodul - YOUNG Modul	[N/m ²]



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



6 Planung eines Fernwärmenetzes im System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.

Die Planung besteht in der Festlegung:

- der Montagelänge der Rohrleitung [L_{max}], bei der die maximale Normalkraft in den Medienrohren [N_{max}] nicht die für Medienrohre berechnete Tragfähigkeit [NRC] übersteigt,
- der Ausdehnungen von Rohrleitungen [ΔL] und ihre Kompensation auf natürliche Weise durch die Nutzung von Richtungsänderungen der Rohrleitungstrasse (kompensierende Systeme).

6.1. Methode I - natürliche Methode

Die Rohrleitung wird nach der Montage und Durchführung von Tests mit Erdreich verdeckt.

6.1.1 Maximale Montagelänge [L_{max}] eines geraden Rohrleitungsabschnitts

Gemäß Punkt 5.5 errechnet sich die berechnete Tragkraft des Medienrohrquerschnitts mit der Formel:

$$F_T \times L - \sigma_x \times 2A + A \times E_T \times \alpha_T \times (T_z - T_p) \leq \psi \times 2A \times f_d$$

wobei:

F_T - einheitliche Reibungskraft	[N/m]
L - Länge des Rohrleitungsabschnitts	[m]
ψ - Reduktionsfaktor der berechneten Querschnittstragkraft	
A - Querschnittsfeld des Medienrohrs	[mm ²]
f_d - reduzierte berechnete Festigkeit von Stahl	[MPa]
σ_x - axiale Spannung	[N/m ²]
α_T - linearer Ausdehnungskoeffizient	[1/°C]
T_z - Auslegungstemperatur der Vorlaufleitung	[°C]
T_p - Auslegungstemperatur der Rücklaufleitung	[°C]
E_T - Elastizitätsmodul - YOUNG Modul	[N/m ²]

Wenn $L = L_{max}$ und der Annahme $\psi = 1$ (Klasse 1 Querschnitt), beträgt die maximale Montagelänge [L_{max}]:

$$L_{max} = \frac{2A \times \left[f_d + \sigma_x - E_T \times \alpha_T \times \left(\frac{T_z - T_p}{2} \right) \right]}{F_T} \quad [m]$$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



In den Tabellen 2, 3, 4, 5, 6 und 7 sind die maximalen Montagelängen $[L_{max}]$ von vorisolierten Rohrleitungen mit zwei Medienrohren für eine angenommene Verlegungstiefe der Rohrleitungsachse $H = 1.0 \text{ m}$ und nach den in Pkt. 4. angegebenen Ausgangsdaten zur Planung angegeben.

Hoher Parameter $\Delta T = (135-70) = 65^\circ\text{C}$ $H = 1,0\text{m}$

Tabelle 2

Nahtlose Medienrohre			Mantelrohr	Reibungskraft	Montagelänge
$2 \times Dz$	g	$2 \times A$	Dzp	F_T	L_{max}
mm	mm	mm ²	Mm	N/m	m
2×26,9	2,9	437	125	2 135	22,5
2×33,7	2,9	561	140	2 391	26,0
2×42,4	2,9	719	160	2 732	29,5
2×48,3	2,9	827	160	2 732	34,2
2×60,3	3,2	1 147	200	3 415	38,2
2×76,1	3,2	1 465	225	3 842	44,2
2×88,9	3,6	1 928	250	4 269	52,5
2×114,3	4,0	2 771	315	5 379	60,7
2×139,7	4,0	3 409	400	6 831	60,0
2×168,3	4,5	4 629	450	7 685	73,1
2×219,1	6,3	8 419	560	9 563	105,9

Hoher Parameter $\Delta T = (100-70) = 30^\circ\text{C}$ und niedriger Parameter $\Delta T = (95-65) = 30^\circ\text{C}$

$H = 1,0\text{m}$

Tabelle 3

Nahtlose Medienrohre			Mantelrohr	Reibungskraft	Montagelänge
$2 \times Dz$	g	$2 \times A$	Dzp	F_T	L_{max}
mm	mm	mm ²	Mm	N/m	m
2×26,9	2,9	437	125	2 135	31,8
2×33,7	2,9	561	140	2 391	36,7
2×42,4	2,9	719	160	2 732	41,5
2×48,3	2,9	827	160	2 732	48,0
2×60,3	3,2	1 147	200	3 415	53,5
2×76,1	3,2	1 465	225	3 842	61,5
2×88,9	3,6	1 928	250	4 269	73,0
2×114,3	4,0	2 771	315	5 379	84,1
2×139,7	4,0	3 409	400	6 831	82,7
2×168,3	4,5	4 629	450	7 685	100,4
2×219,1	6,3	8 419	560	9 563	145,9



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



Niedriger Parameter $\Delta T=(95-70)=25^{\circ}\text{C}$

H=1,0m

Tabelle 4

Nahtlose Medienrohre			Mantelrohr	Reibungskraft	Montagelänge
$2 \times Dz$	g	$2 \times A$	Dzp	F_T	L_{max}
mm	mm	mm ²	Mm	N/m	m
2×26,9	2,9	437	125	2 135	33,1
2×33,7	2,9	561	140	2 391	38,2
2×42,4	2,9	719	160	2 732	43,1
2×48,3	2,9	827	160	2 732	49,9
2×60,3	3,2	1 147	200	3 415	55,6
2×76,1	3,2	1 465	225	3 842	63,9
2×88,9	3,6	1 928	250	4 269	75,9
2×114,3	4,0	2 771	315	5 379	87,3
2×139,7	4,0	3 409	400	6 831	85,9
2×168,3	4,5	4 629	450	7 685	104,2
2×219,1	6,3	8 419	560	9 563	151,4

Hoher Parameter $\Delta T=(135-70)=65^{\circ}\text{C}$ H=1,0m

Tabelle 5

Medienrohre mit Naht			Mantelrohr	Reibungskraft	Montagelänge
$2 \times Dz$	g	$2 \times A$	Dzp	F_T	L_{max}
mm	mm	mm ²	Mm	N/m	m
2×26,9	2,6	397	125	2 135	20,5
2×33,7	2,6	508	140	2 391	23,7
2×42,4	2,6	650	160	2 732	26,9
2×48,3	2,6	746	160	2 732	31,1
2×60,3	2,9	1 045	200	3 415	35,1
2×76,1	2,9	1 333	225	3 842	40,5
2×88,9	3,2	1 722	250	4 269	47,4
2×114,3	3,6	2 503	315	5 379	55,4
2×139,7	3,6	3 077	400	6 831	54,9
2×168,3	4,0	4 127	450	7 685	66,1
2×219,1	4,5	6 065	560	9 563	79,8



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



Hoher Parameter $\Delta T=(100-70)=30^{\circ}\text{C}$ und niedriger Parameter $\Delta T=(95-65)=30^{\circ}\text{C}$ $H=1,0\text{m}$

Tabelle 6

Medienrohre mit Naht			Mantelrohr	Reibungskraft	Montagelänge
$2 \times D_z$	g	$2 \times A$	Dzp	F_T	L_{\max}
mm	mm	mm ²	Mm	N/m	m
2×26,9	2,6	397	125	2 135	29,0
2×33,7	2,6	508	140	2 391	33,4
2×42,4	2,6	650	160	2 732	37,7
2×48,3	2,6	746	160	2 732	43,5
2×60,3	2,9	1 045	200	3 415	49,0
2×76,1	2,9	1 333	225	3 842	56,3
2×88,9	3,2	1 722	250	4 269	65,7
2×114,3	3,6	2 503	315	5 379	76,5
2×139,7	3,6	3 077	400	6 831	75,4
2×168,3	4,0	4 127	450	7 685	90,6
2×219,1	4,5	6 065	560	9 563	108,6

Niedriger Parameter $\Delta T=(95-70)=25^{\circ}\text{C}$ $H=1,0\text{m}$

Tabelle 7

Medienrohre mit Naht			Mantelrohr	Reibungskraft	Montagelänge
$2 \times D_z$	g	$2 \times A$	Dzp	F_T	L_{\max}
mm	mm	mm ²	Mm	N/m	m
2×26,9	2,6	397	125	2 135	30,2
2×33,7	2,6	508	140	2 391	34,7
2×42,4	2,6	650	160	2 732	39,2
2×48,3	2,6	746	160	2 732	45,2
2×60,3	2,9	1 045	200	3 415	50,9
2×76,1	2,9	1 333	225	3 842	58,5
2×88,9	3,2	1 722	250	4 269	68,3
2×114,3	3,6	2 503	315	5 379	79,5
2×139,7	3,6	3 077	400	6 831	78,2
2×168,3	4,0	4 127	450	7 685	93,9
2×219,1	4,5	6 065	560	9 563	112,6

Montagelänge $L_{\max}^{H_i}$ und einheitliche Reibungskraft $F_T^{H_i}$ für eine in der Tiefe H_i verlegte Rohrleitung, können mit folgenden Formeln errechnet werden:

$$L_{\max}^{H_i} = \frac{L_{\max}}{H_i} \qquad F_T^{H_i} = F_T \cdot H_i$$

z.B. für: $2 \times D_z = 2 \times 26,9 \text{ mm}$ $g = 2,9 \text{ mm (mit Naht)}$ für $\Delta T = (135 - 70) 9$
 $L_{\max} = 20,5 \text{ m}$ $F_T = 2 135 \text{ N/m}$ -lt. Tabelle 5 für $H=1,0\text{m}$

für $H_i = 0,6 \text{ m}$ $L_{\max}^{0.6} = \frac{20,5}{0.6} = 34,17 \text{ m}$ $F_T^{0.6} = 2135 \cdot 0,6 = 1281 \text{ N/m}$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



Wird ein Stahlmedienrohr mit einem anderen als in den Tabellen 2, 3, 4, 5, 6 und 7 angegebenen Querschnittsfeld (A) verwendet, muss L_{max} proportional geändert werden.

6.1.2 Ausdehnung der Rohrleitung

Die Ausdehnung $[\Delta L]$ einer erdverlegten vorisolierten Rohrleitung mit der Montagelänge $[L]$ wird definiert als die Differenz der vom Temperaturanstieg freien Ausdehnung und der den Reibungskräften entsprechenden Ausdehnung, gemäß der Formel:

$$\Delta L = \alpha_t \left(\frac{T_z + T_p}{2} - T_0 \right) \cdot L - \frac{F_T^{Hi} \cdot L^2}{2 \cdot E_T \cdot 2A}$$

wobei:

α_t - linearer Ausdehnungskoeffizient	[1/°C]
T_z - Auslegungstemperatur der Vorlaufleitung	[°C]
T_p - Auslegungstemperatur der Rücklaufleitung	[°C]
T_0 - Montagetemperatur	[°C]
L - Länge des Rohrleitungsabschnitts	[m]
F_T^{Hi} - einheitliche Reibungskraft der in Tiefe H_i verlegten Rohrleitung	[N/m]
E_T - Elastizitätsmodul- YOUNG Modul	[N/m ²]
A - Querschnittsfeld eines Medienrohrs	[m ²]

Nach Einsetzen der Angenommenen Ausgangsdaten (aus Punkt 4) erhalten wir eine vereinfachte Form der Formel für die Ausdehnung $[\Delta L]$ ausgedrückt in $[mm]$:

$$\text{für } \Delta T = \left(\frac{135 + 70}{2} - 8 \right) ^\circ\text{C} \quad \Delta L = 1,1529 \times L - W \times H \times L^2 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{für } \Delta T = \left(\frac{100 + 70}{2} - 8 \right) ^\circ\text{C} \quad \Delta L = 0,9240 \times L - W \times H \times L^2 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{für } \Delta T = \left(\frac{95 + 70}{2} - 8 \right) ^\circ\text{C} \quad \Delta L = 0,8940 \times L - W \times H \times L^2 \quad [\text{mm}]$$

wobei:

1,1529; 0,9240 und 0,8940 - konstant	[mm/m]
W - der vom Querschnitt des Medienrohrs abhängige Koeffizient ist in den Tabellen 8 und 9 angegeben.	[mm/m ³]
H - Verlegungstiefe der Rohrleitung	[m]
L - Länge des Rohrleitungsabschnitts	[m]



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



Koeffizient "W" zur Bestimmung der Rohrleitungsdehnung

Tabelle 8

Nahtloses Medienrohr			Koeffizient	
			STANDARD Isolierung	PLUS Isolierung
Dz	g	A	W	W
mm	mm	mm ²	mm/m ³	mm/m ³
2×26,9	2,9	437	0,0116	0,0130
2×33,7	2,9	561	0,0101	0,0116
2×42,4	2,9	719	0,0090	0,0102
2×48,3	2,9	827	0,0079	0,0089
2×60,3	3,2	1 147	0,0071	0,0080
2×76,1	3,2	1 465	0,0062	0,0069
2×88,9	3,6	1 928	0,0053	0,0059
2×114,3	4,0	2 771	0,0046	0,0052
2×139,7	4,0	3 409	0,0048	0,0054
2×168,3	4,5	4 629	0,0040	0,0044
2×219,1	6,3	8 419	0,0027	0,0030

Tabelle 9

Medienrohr mit Naht			Koeffizient	
			STANDARD Isolierung	PLUS Isolierung
Dz	g	A	W	W
mm	mm	mm ²	mm/m ³	mm/m ³
2×26,9	2,6	397	0,0128	0,0143
2×33,7	2,6	508	0,0112	0,0128
2×42,4	2,6	650	0,0100	0,0113
2×48,3	2,6	746	0,0087	0,0098
2×60,3	2,9	1 045	0,0078	0,0088
2×76,1	2,9	1 333	0,0069	0,0076
2×88,9	3,2	1 722	0,0059	0,0066
2×114,3	3,6	2 503	0,0051	0,0058
2×139,7	3,6	3 077	0,0053	0,0059
2×168,3	4,0	4 127	0,0044	0,0049
2×219,1	4,5	6 065	0,0038	0,0042

z.B. für: $2 \times D_z = 2 \times 88,9 \text{ mm}$ $g = 3,2 \text{ mm}$ (mit Naht) für $\Delta T = (135^\circ - 70^\circ)$ und Standard
Isolierung $W = 0,0059 \text{ mm/m}^3$ -nach Tabelle 9

ΔL für $L = 40 \text{ m}$ und $H = 0,6 \text{ m}$

beträgt

$$\Delta L = 1,1529 \times L - W \times H \times L^2 = 1,1529 \times 40 - 0,0059 \times 0,6 \times 40^2 = 40,452 \text{ mm}$$



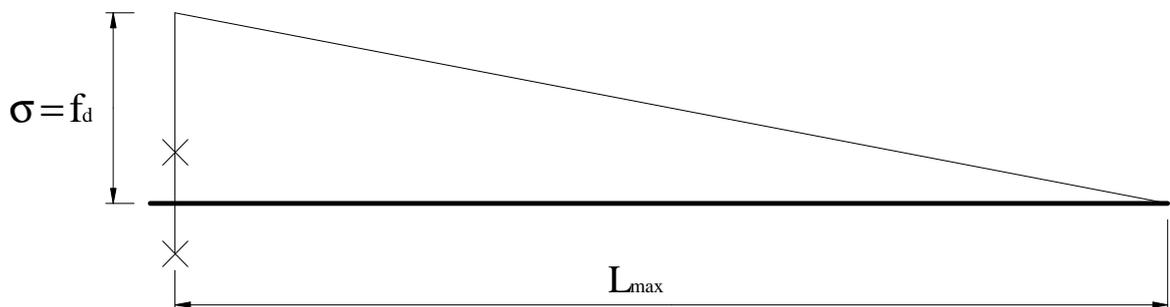
Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02

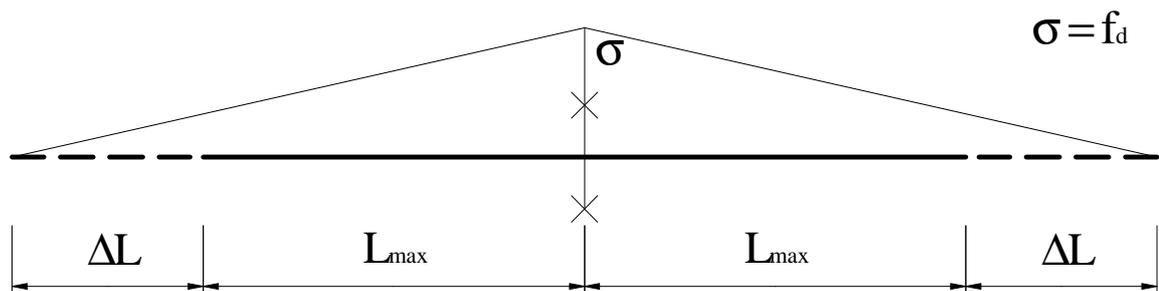


6.1.3. Dehnungsausgleich

Die Grafik zeigt den Zustand der Normalspannungen $[\sigma]$ und Dehnung $[\Delta L]$ einer erdverlegten Rohrleitung (bei Montagetemperatur ohne Vorheizen) und dann bei maximaler Auslegungstemperatur ($T_{max} = \frac{T_{z,max} + T_{p,max}}{2}$) mit Montagelänge $[L_{max}]$, bei der keine Überschreitung der reduzierten berechneten Festigkeit von Stahl $[f_d]$ am Medienrohrquerschnitt auftritt:



Also sollte die Länge gerader Rohrleitungsanschnitte nicht über $2 \times L_{max}$ liegen, wobei die Rohrleitung in der Mitte der Dehnspannung $\Delta L = 0$ und virtuell (konventionell) bestimmten Fixpunkten „fixiert“ wird, während an freien Rohrleitungsenden eine Dehnung $[\Delta L]$ auftritt.



Die in Rohrleitungen auftretenden Dehnungen werden durch Richtungsänderungen der Trasse kompensiert (natürliche Kompensation).

Die je nach der geometrischen Form der Trassen verwendeten natürlichen Kompensationen sind:

- "L" - förmiges System,
- "Z" - förmiges System,
- "U" - förmiges System.



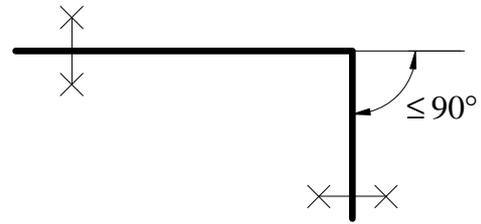
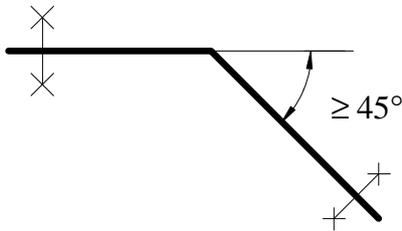
Richtlinien zur Planung von vorisolierten Röhren mit zwei Medienröhren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



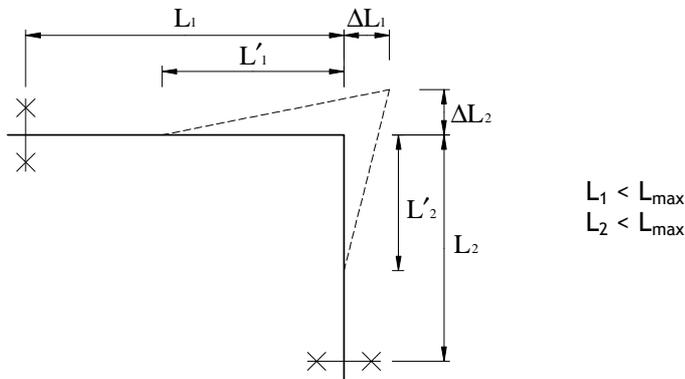
6.1.4. „L”- förmiges System

Zum "L" - förmigen Kompensationssystem gehören Richtungsänderungen der Trasse mit einem Winkel im Bereich von 45° bis 90°.



Berechnung von Dehnungen und Längen von Kompensationsarmen

Kompensationssystem L90 - Richtungsänderung um einen Winkel von 90°



Die Länge des Kompensationsarms [L'] errechnet sich nach der Formel:

$$L'_1 = \sqrt{\frac{1,5 \times E_T}{f_d}} \times \sqrt{D_z \times \Delta L_2}$$

$$L'_2 = \sqrt{\frac{1,5 \times E_T}{f_d}} \times \sqrt{D_z \times \Delta L_1}$$

wobei:

D_z - Außendurchmesser des Medienrohrs	[m]
f_d - reduzierte berechnete Festigkeit von Stahl	[MPa]
E_T - Elastizitätskoeffizient	[MPa]
ΔL_1 - Dehnung Abschnitt L_1 (berechnen nach Pkt. 6.1.2)	[m]
ΔL_2 - Dehnung Abschnitt L_2 (berechnen nach Pkt. 6.1.2)	[m]

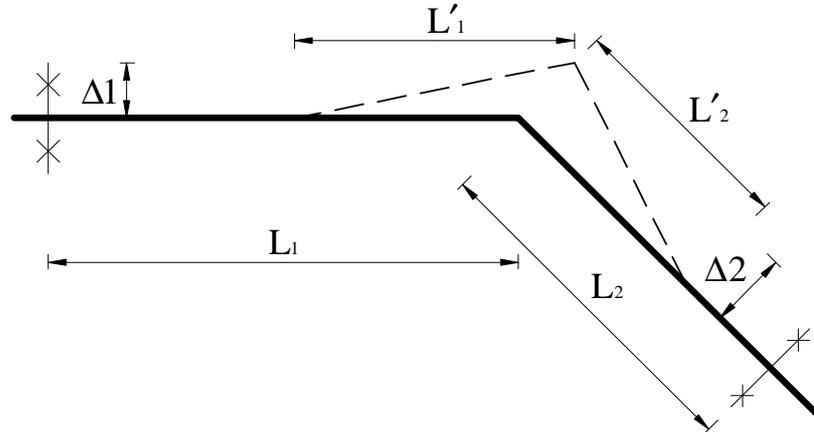


Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



Kompensationssystem $L \geq 45^\circ$ - Richtungsänderung um einen Winkel von $\geq 45^\circ$



Die Länge der Kompensationsarme $[L'1]$ und $[L'2]$ berechnet sich mit Berücksichtigung der reduzierten Dehnungen $\Delta L1$ und $\Delta L2$ nach der Formel:

$$L'_1 = \sqrt{\frac{1,5 \times E_T}{f_d}} \times \sqrt{D_z \times \Delta L1}$$

$$L'_2 = \sqrt{\frac{1,5 \times E_T}{f_d}} \times \sqrt{D_z \times \Delta L2}$$

wobei:

D_z - Außendurchmesser des Medienrohrs	[m]
f_d - reduzierte berechnete Festigkeit von Stahl	[MPa]
E_T - Elastizitätskoeffizient	[MPa]
$\Delta L1$ - Dehnung Abschnitt L_1	[m]
$\Delta L2$ - Dehnung Abschnitt L_2	[m]

Der reduzierte Dehnungswert berechnet sich nach der Formel:

$$\Delta L = \frac{\Delta L_2}{\text{tg } \alpha} + \frac{\Delta L_1}{\sin \alpha} \quad [\text{mm}]$$

$$\Delta L = \frac{\Delta L_2}{\sin \alpha} + \frac{\Delta L_1}{\text{tg } \alpha} \quad [\text{mm}]$$

wobei:

α - Öffnungswinkel	
$\Delta L1$ - Dehnung Abschnitt $L1$ (berechnen nach Pkt. 6.1.2)	[m]
$\Delta L2$ - Dehnung Abschnitt $L2$ (berechnen nach Pkt. 6.1.2)	[m]



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

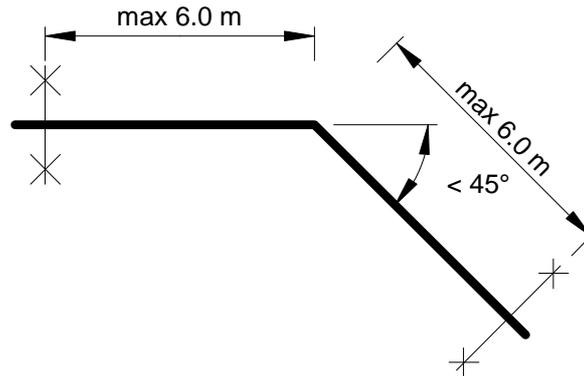
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



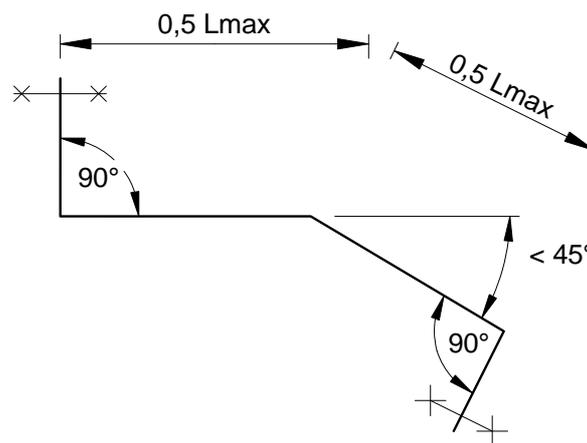
Besondere Anforderungen

Wird die Richtung der Trasse mit einem Winkel im Bereich von $80^\circ < \alpha < 45^\circ$ geändert, ist das System nicht aufnahmefähig. Ein solches System sollte durch einen Fixpunkt in einem Abstand von **max. L = 6,0 m** oder durch ein Kompensationssystem L 90 in einem Abstand von nicht mehr als $0,5 \cdot L_{\max}$ gegen Überlastung geschützt werden. Ein Rohrbogen, der eine Richtungsänderung der Trasse um einen Winkel von $\leq 7^\circ$ bildet, ist wie ein gerader Rohrleitungsabschnitt zu betrachten..

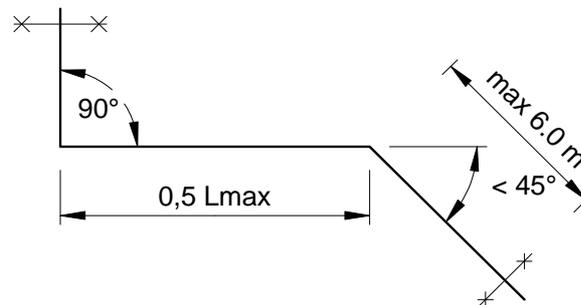
a)



b)



c)





Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



“L”-förmiges System

In der Tabelle 12 ist die Mindestlänge [L'] des Kompensationsarms eines L-förmigen Systems zur Aufnahme der thermischen Dehnungen [ΔL] eines erdverlegten Rohrleitungsabschnitts L_{\max} angegeben, dessen Rohrleitungsachse in einer Tiefe von $H=1,0\text{m}$ liegt.

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_d = 190 \text{ MPa}$$

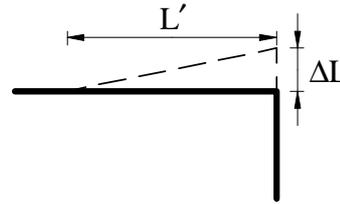


Tabelle 12

Medienrohre mit Naht		Mantelrohr	$\Delta T = \left(\frac{135+70}{2} - 8 \right) ^\circ\text{C}$			$\Delta T = \left(\frac{100+70}{2} - 8 \right) ^\circ\text{C}$			$\Delta T = \left(\frac{95+70}{2} - 8 \right) ^\circ\text{C}$		
			Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms	Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms	Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms
$2 \times Dz$ <i>mm</i>	<i>g</i> <i>mm</i>	<i>Dzp</i> <i>Mm</i>	L_{\max} <i>m</i>	ΔL <i>mm</i>	L' <i>m</i>	L_{\max}	ΔL	L'	L_{\max}	ΔL	L'
2×26,9	2,6	125	20,5	18,25	1,08	29,0	16,03	1,01	30,2	15,32	0,99
2×33,7	2,6	140	23,7	21,03	1,30	33,4	18,36	1,22	34,7	17,53	1,19
2×42,4	2,6	160	26,9	23,77	1,55	37,7	20,61	1,44	39,2	19,67	1,41
2×48,3	2,6	160	31,1	27,42	1,78	43,5	23,69	1,65	45,2	22,59	1,61
2×60,3	2,9	200	35,1	30,88	2,11	49,0	26,59	1,96	50,9	25,35	1,91
2×76,1	2,9	225	40,5	35,44	2,54	56,3	30,27	2,35	58,5	28,81	2,29
2×88,9	3,2	250	47,4	41,39	2,96	65,7	35,23	2,73	68,3	33,53	2,67
2×114,3	3,6	315	55,4	48,17	3,63	76,5	40,74	3,33	79,5	38,73	3,25
2×139,7	3,6	400	54,9	47,36	3,97	75,4	39,62	3,64	78,2	37,59	3,54
2×168,3	4,0	450	66,1	56,84	4,78	90,6	47,32	4,36	93,9	44,85	4,25
2×219,1	4,5	560	79,8	68,09	5,97	108,6	56,07	5,42	112,6	53,07	5,27



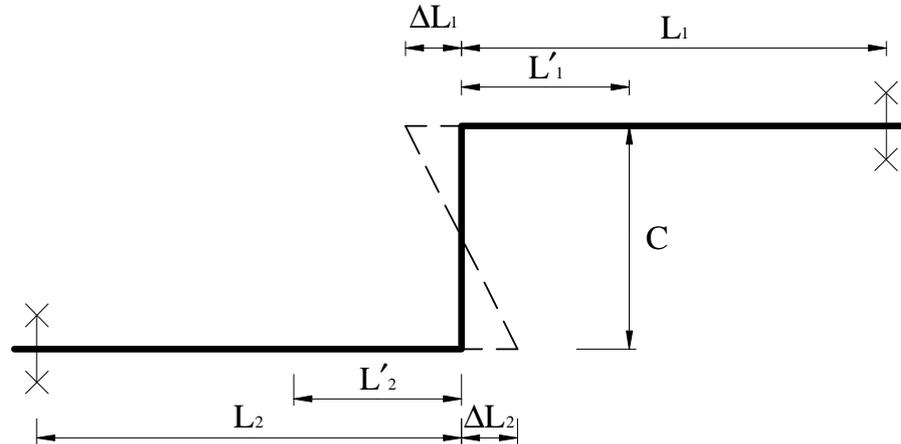
Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



6.1.5. "Z" - förmiges System

Die Länge eines Kompensationsarms [C] eines Z-förmigen Systems errechnet sich aus der Formel:



$$C = \sqrt{\frac{1.5 \cdot E_T}{f_d}} \cdot \sqrt{D_z \cdot \Delta L} \quad [\text{m}]$$

wobei:

D_z - Außendurchmesser des Medienrohrs [m]

f_d - reduzierte berechnete Festigkeit von Stahl [MPa]

E_T - Elastizitätskoeffizient [MPa]

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

ΔL_1 - Dehnung Abschnitt L_1 (berechnen nach Pkt. 6.1.2) [m]

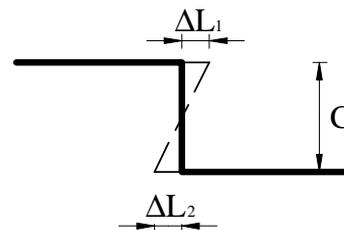
ΔL_2 - Dehnung Abschnitt L_2 (berechnen nach Pkt. 6.1.2) [m]

"Z" - förmiges System

In der Tabelle 13 ist die Mindestlänge des Kompensationsarms [C] eines Z-förmigen Systems zur Aufnahme der thermischen Dehnungen $[\Delta L]$ eines erdverlegten Rohrleitungsabschnitts L_{max} angegeben, dessen Rohrleitungsachse in einer Tiefe von $H=1,0\text{m}$ liegt. Die Länge des Kompensationsarmes [C] hängt von der Dehnung $[\Delta L]$ ab.

$E = 210 \text{ GPa}$

$f_d = 190 \text{ MPa}$





Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



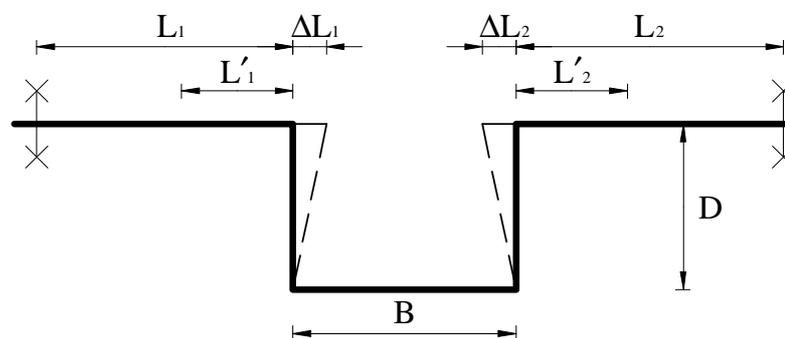
Tabelle 13

Medienrohre mit Naht		Mantelrohr	$\Delta T = \left(\frac{135+70}{2} - 8\right)^{\circ}\text{C}$			$\Delta T = \left(\frac{100+70}{2} - 8\right)^{\circ}\text{C}$			$\Delta T = \left(\frac{95+70}{2} - 8\right)^{\circ}\text{C}$		
			Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms	Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms	Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms
2×Dz	g	Dzp	L _{max}	2×ΔL	C	L _{max}	2×ΔL	C	L _{max}	2×ΔL	C
mm	mm	Mm	m	mm	m						
2×26,9	2,6	125	20,5	36,50	1,28	29,0	32,06	1,20	30,2	30,64	1,17
2×33,7	2,6	140	23,7	42,06	1,53	33,4	36,72	1,43	34,7	35,06	1,40
2×42,4	2,6	160	26,9	47,54	1,83	37,7	41,22	1,70	39,2	39,34	1,66
2×48,3	2,6	160	31,1	54,84	2,10	43,5	47,38	1,95	45,2	45,18	1,90
2×60,3	2,9	200	35,1	61,76	2,48	49,0	53,18	2,31	50,9	50,70	2,25
2×76,1	2,9	225	40,5	70,88	2,99	56,3	60,54	2,76	58,5	57,62	2,70
2×88,9	3,2	250	47,4	82,78	3,49	65,7	70,46	3,22	68,3	67,06	3,14
2×114,3	3,6	315	55,4	96,34	4,27	76,5	81,48	3,93	79,5	77,46	3,83
2×139,7	3,6	400	54,9	94,72	4,68	75,4	79,24	4,28	78,2	75,18	4,17
2×168,3	4,0	450	66,1	113,68	5,63	90,6	94,64	5,14	93,9	89,70	5,00
2×219,1	4,5	560	79,8	136,18	7,03	108,6	112,14	6,38	112,6	106,14	6,21

6.1.6. "U" - förmiges System

Als "U"- förmiges System wird ein System behandelt, dessen Armlänge [D] innerhalb der Grenzen liegt:

$$B \leq D \leq 2 * B$$



Die Länge des Kompensationsarms [D] eines "U"- förmigen Systems errechnet sich aus der Formel:

$$D = 0.7 \cdot \sqrt{\frac{1.5 \cdot E_T}{f_d}} \cdot \sqrt{D_z \cdot \Delta L} \quad [\text{m}]$$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



wobei:

D_z - Außendurchmesser des Medienrohrs	[m]
f_d - reduzierte berechnete Festigkeit von Stahl	[MPa]
E_T - Elastizitätskoeffizient	[MPa]

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

ΔL_1 - Dehnung Abschnitt L_1 (berechnen nach Pkt. 6.1.2) [m]

ΔL_2 - Dehnung Abschnitt L_2 (berechnen nach Pkt. 6.1.2) [m]

"U" - förmiges System

In der Tabelle 13 ist die Mindestlänge des Kompensationsarms [D] eines U-förmigen Systems zur Aufnahme der thermischen Dehnungen [ΔL] eines erdverlegten Rohrleitungsabschnitts L_{\max} angegeben, dessen Rohrleitungsachse in einer Tiefe von $H=1,0m$ liegt. Die Länge des Kompensationsarmes [D] hängt von der Dehnung [ΔL] ab.

$E = 210 \text{ GPa}$
 $f_d = 190 \text{ MPa}$

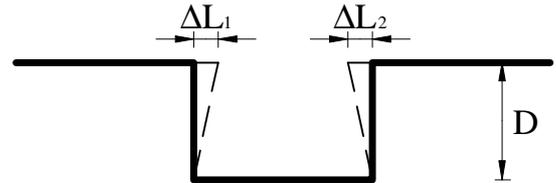


Tabelle 14

Medienrohre mit Naht		Mantelrohr	$\Delta T = \left(\frac{135+70}{2} - 8\right)^{\circ}\text{C}$			$\Delta T = \left(\frac{100+70}{2} - 8\right)^{\circ}\text{C}$			$\Delta T = \left(\frac{95+70}{2} - 8\right)^{\circ}\text{C}$		
			Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms	Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms	Montagelänge	Thermische Dehnung der Rohrleitung	Mindestlänge des Kompensationsarms
$2 \times D_z$	g	Dzp	L_{\max}	ΔL	L'	L_{\max}	ΔL	L'	L_{\max}	ΔL	L'
mm	mm	Mm	m	mm	m						
2×26,9	2,6	125	20,5	36,50	0,89	29,0	32,06	0,84	30,2	30,64	0,82
2×33,7	2,6	140	23,7	42,06	1,07	33,4	36,72	1,00	34,7	35,06	0,98
2×42,4	2,6	160	26,9	47,54	1,28	37,7	41,22	1,19	39,2	39,34	1,16
2×48,3	2,6	160	31,1	54,84	1,47	43,5	47,38	1,36	45,2	45,18	1,33
2×60,3	2,9	200	35,1	61,76	1,74	49,0	53,18	1,61	50,9	50,70	1,58
2×76,1	2,9	225	40,5	70,88	2,09	56,3	60,54	1,93	58,5	57,62	1,89
2×88,9	3,2	250	47,4	82,78	2,45	65,7	70,46	2,26	68,3	67,06	2,20
2×114,3	3,6	315	55,4	96,34	2,99	76,5	81,48	2,75	79,5	77,46	2,68
2×139,7	3,6	400	54,9	94,72	3,28	75,4	79,24	3,00	78,2	75,18	2,92
2×168,3	4,0	450	66,1	113,68	3,94	90,6	94,64	3,60	93,9	89,70	3,50
2×219,1	4,5	560	79,8	136,18	4,92	108,6	112,14	4,47	112,6	106,14	4,35



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



Beispiel

Daten:

- Außendurchmesser der Medienrohre $2 \times D_z = 2 \times 88,9 \text{ mm}$,
- Wandstärke der Medienrohre (mit Naht) $g = 3,2 \text{ mm}$,
- Maximaltemperatur in der Vorlaufleitung $+135 \text{ }^\circ\text{C}$,
- Maximaltemperatur in der Rücklaufleitung $+70 \text{ }^\circ\text{C}$,
- Montagetemperatur $+8 \text{ }^\circ\text{C}$,
- Durchmesser des HDPE-Mantelrohrs $D_{zp} = 250 \text{ mm}$,
- Länge eines geraden Rohrleitungsabschnitts vom virtuellen oder reellen Fixpunkt zum Kompensationsknie $L = 40 \text{ m}$,
- Verlegungstiefe der Rohrleitung von der Bodenoberfläche zur Achse der vorisolierten Rohrleitung $H = 0,6 \text{ m}$;

für: $2 \times D_z = 2 \times 88,9 \text{ mm}$ mit einer Wandstärke $g = 3,2 \text{ mm}$ (Rohre mit Naht) für $\Delta T = (135 - 70 \text{ }^\circ)$ und Standardisolierung, Koeffizient $W = 0,0059 \text{ mm/m}^3$ aus der Tabelle 9 entnommen

für $L = 40 \text{ m}$ und $H = 0,6 \text{ m}$, berechnen Sie die Rohrleitungslänge mit der vereinfachten Version der Formel nach Pkt. 6.1.2

$$\Delta L = 1,1529 \times L - W \times H \times L^2 = 1,1529 \times 40 - 0,0059 \times 0,6 \times 40^2 = 40,452 \text{ mm}$$

Zur Berechnung des Kompensationsarms einer Doppelrohrleitung muss für „L“ „Z“ und „U“-förmige Systeme der Durchmesser eines Medienrohres wie für eine Biegung einzelner Stahlrohre berücksichtigt werden,

- Daher beträgt die Länge L' eines Kompensationsarmes für ein „L“-förmiges System unter Anwendung der Formel nach Pkt. 6.1.4:

$$L' = \sqrt{\frac{1,5 \times 10^3 \times 210}{190}} \times \sqrt{0,0889 \times 0,040452} = 2,44 \text{ m}$$

- für ein „Z“-förmiges System nach Pkt. 6.1.5, wenn $L_1 = L_2 = 40 \text{ m}$
 $\Delta L = 40,452 \text{ mm} + 40,452 \text{ mm} = 80,904 \text{ mm}$ - beträgt die Länge C_{\min} des Kompensationsarmes:

$$C_{\min} = \sqrt{\frac{1,5 \times 10^3 \times 210}{190}} \times \sqrt{0,0889 \times 0,080904} = 3,45 \text{ m}$$

- für ein „U“-förmiges System nach Pkt. 6.1.6, wenn $L_1 = L_2 = 40 \text{ m}$
 $\Delta L = 40,452 \text{ mm} + 40,452 \text{ mm} = 80,904 \text{ mm}$ - beträgt die Länge C_{\min} des Kompensationsarmes:

$$D_{\min} = 0,7 \times \sqrt{\frac{1,5 \times 10^3 \times 210}{190}} \times \sqrt{0,0889 \times 0,080904} = 2,415 \text{ m}$$



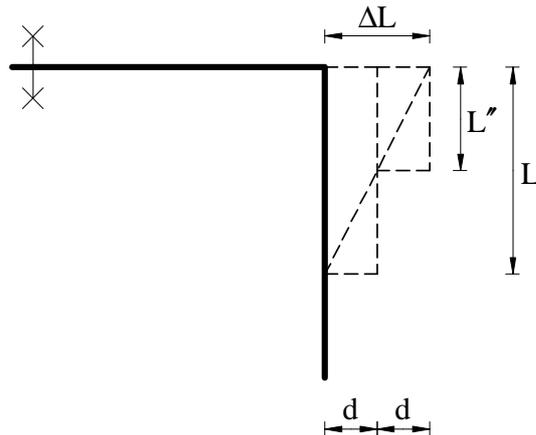
Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



6.1.7. Kompensationszone

Unter Kompensationszone ist der durch die Länge des Kompensationsarms $[L']$ beschränkte und die durch die Entlastung eines Rohrleitungsabschnitts oder eines Knies vom Bodendruck auftretenden Dehnungen $[\Delta L]$ Raum im Boden zu verstehen. Es wird empfohlen, dass die Kompensationszone im Abschnitt $L = 2/3L'$ auftritt.



Wir empfehlen:

Für eine ordnungsgemäße Ausfüllung einer Kompensationszone z.B. mit Mineralwollmatten oder geschäumten Platten sollten die einzelnen Sichten unter der Annahme versetzt verlegt werden, dass, wenn eine Schicht von Matten von der Stärke $[d]$ einen Teil der Dehnung $[\Delta L]$ auf einer Länge $[L']$ aufnimmt, die zweite Matte die Länge $[L'']$ haben sollte:

$$L'' = \frac{\Delta L - d}{\Delta L} \cdot L' \quad [m]$$

6.2. Methode II - Vorspannungen

Wenn die Rohrleitung montiert ist und die Dichtheitsprüfungen und zerstörungsfreien Schweißnahtprüfungen abgeschlossen sind, wird sie vor dem Vergraben vorgewärmt. Die Rohrleitung wird erst nach dem Erreichen der erforderlichen Dehnung vergraben.

Die Höhe der Vorwärmtemperatur $[T_w]$ für die Rohrleitung ist so zu wählen, dass nach dem Abkühlen der vergrabenen Rohrleitung auf die Montagetemperatur $[T_o]$ und nach dem erneuten Erwärmen auf die maximale Betriebstemperatur $[\frac{T_{z \max} + T_{p \max}}{2}]$ die axialen Spannungen $[\sigma]$ nicht über der berechneten Zug- und Druckfestigkeit $[f_d]$ der Stahlrohre liegen.



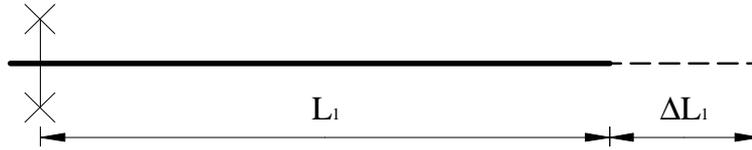
Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



Dehnung $[\Delta L_n]$ einer nicht vergrabenen Rohrleitung

Nicht vergrabene Rohrleitung vorgewärmt auf eine Temperatur $[T_w]$ von:



Die Dehnung $[\Delta L_n]$ einer nicht mit Erdreich vergrabenen und auf eine Temperatur $[T_w]$ vorgewärmten Rohrleitung der Länge $[L_n]$ - d.h. die freie Dehnung - errechnet sich nach der Formel:

$$\Delta L_n = k \cdot \alpha_t \cdot (T_w - T_o) \cdot L_n \quad [\text{m}]$$

wobei:

$$T_w = 0,5 \times \left(\frac{T_{z \max} + T_{p \max}}{2} - T_o \right)$$

k - Koeffizient zur Berücksichtigung der zwischen dem Mantelrohr und dem Boden auftretenden Reibungskräfte für eine nicht mit Erdreich vergrabene Rohrleitung

$$k = 0,7 \div 0,8$$

α_t - linearer Ausdehnungskoeffizient

$$[1/^\circ\text{C}]$$

T_w - Vorwärmtemperatur

$$[^\circ\text{C}]$$

$T_{z \max}$ - maximale Auslegungstemperatur der Vorlaufleitung

$$[^\circ\text{C}]$$

$T_{p \max}$ - maximale Auslegungstemperatur der Rücklaufleitung

$$[^\circ\text{C}]$$

T_o - tatsächliche Montagetemperatur

$$[^\circ\text{C}]$$

L_n - Länge des nicht vergrabenen Rohrleitungsabschnitts

$$[\text{m}]$$

Die freie Dehnung einer vorgewärmten Rohrleitung kann als Produkt der einheitlichen Dehnung $[\varepsilon]$ und der Rohrleitungslänge $[L_n]$ definiert werden:

$$\Delta L_n = \varepsilon \cdot L_n \quad [\text{mm}]$$

Einheitliche Rohrleitungsdehnung:

$$\varepsilon = \alpha_t \cdot (T_w - T_o) \quad [\text{mm/m}]$$

Nach Erreichen der vorgegebenen Dehnungen wird die Rohrleitung vergrabene und dann auf die Montagetemperatur abgekühlt. Nach erneutem Erwärmen der Rohrleitung auf die maximale Betriebstemperatur $[T_{\max} = \frac{T_{z \max} + T_{p \max}}{2}]$ entstehen an ihren Freien Enden Dehnungen auf einer Länge von $1 \times L_{\max}$, die sich nach der Formel errechnen lassen:

$$\Delta L_z = \alpha_t \cdot \left(\frac{T_{z \max} + T_{p \max}}{2} - T_w \right) \cdot L_{\max} - \frac{F^{Hi} \cdot L_{\max}^2}{2 \cdot E_T \cdot 2A}$$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



7 Richtungsänderung der Rohrleitungstrasse

Richtungsänderungen der Rohrleitung können erfolgen durch:

- vorgefertigte vorisolierte Knie,
- auf der Baustelle zurechtgebogene flexible Rohrleitung.

Eine Abänderung der Richtung der Rohrleitungstrasse $\alpha < 10^\circ$ ist als gerader Rohrleitungsabschnitt zu behandeln.

7.1 Richtungsänderung der Netztrasse durch den Einsatz vorgefertigter vorisolierter Knie

Richtungsänderung der Rohrleitungstrasse mittels Knien mit Winkeln von: 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° werden für den gesamten Bereich der Durchmesser ausgeführt

Tabelle 10

Durchmesser	Stahlsorte	Biegeradius (r)
2×DN20 bis 2×DN40	R - 35 oder P235GH	3 × Dz
2×DN50 bis 2×DN200	St 37.0 oder P235GH	2,5 × Dz

Dz - Außendurchmesser der Stahlrohre.

7.2 Richtungsänderung der Netztrasse durch flexible Rohrbiegungen

Ein über dem Aushub montierte Leitung aus vorisolierten Rohren in der Länge von $l = 6,00$ oder $12,00$ m wird in den Aushub abgesenkt und flexibel gebogen. Die vom Rohrlängendurchmesser abhängigen minimalen Biegeradien und die jeweiligen Rohrbiegewinkel (β) sind in der Tabelle angegeben.

Tabelle 11

Vorisoliertes Stahlrohr		Mantelrohr	Biegeradius	Biegewinkel	
Durchmesser				Rohrlänge	
Nennweite	außen			6,00 m	12,00 m
DN	Dz	Dzp	r	β	β
mm	mm	mm	m	Grad	Grad
2×26,9	26,9	125	34,38	10,0	20,0
2×33,7	33,7	140	41,92	8,0	16,4
2×42,4	42,4	160	49,11	7,0	14,0
2×48,3	48,3	160	49,11	7,0	14,0
2×60,3	60,3	200	64,86	5,3	10,6
2×76,1	76,1	225	76,39	—	9,0
2×88,9	88,9	250	96,84	—	7,1
2×114,3	114,3	315	122,78	—	5,6
2×139,7	139,7	400	152,79	—	4,5
2×168,3	168,3	450	180,93	—	3,8
2×219,1	219,1	560	221,79	—	3,1



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



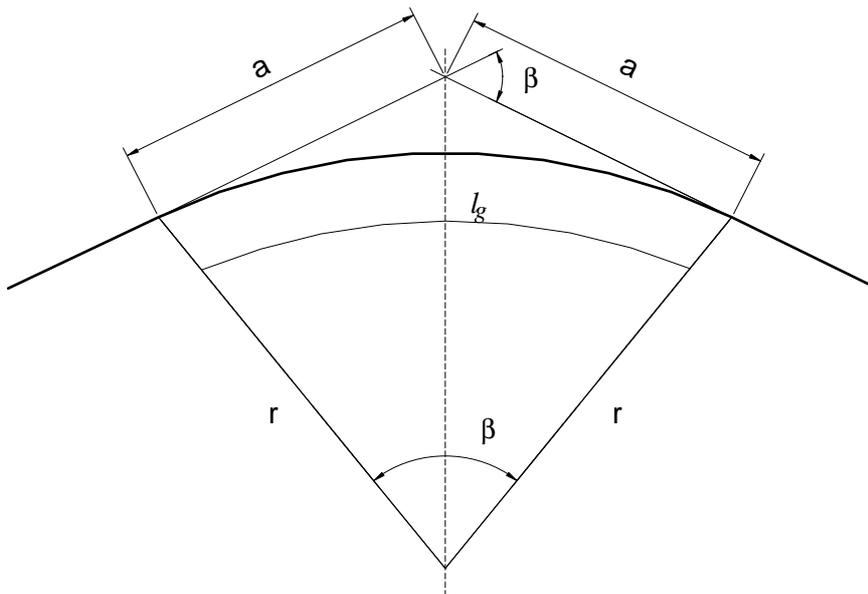
Nützliche Formeln und Richtlinien zur Festlegung des Verlaufes einer Rohrleitungstrasse bei Verwendung von flexiblen Biegungen.

Die Winkel (β) der Richtungsänderungen der Rohrleitungstrasse sind gemäß Projekt festzulegen.

Tangentenlänge:
$$a = r \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad [\text{m}]$$

Biegeradius:
$$r = \frac{360 \cdot l_g}{2 \cdot \pi \cdot \beta} \quad [\text{m}]$$

Die Rohrleitungslänge (l_g) ist im Bogenabschnitt jeweils als ein Vielfaches von Abschnitten von vorisolierten Rohren der Längen $l = 6,00 \text{ m}$ und $l = 12,00 \text{ m}$ anzunehmen. Im Fall von flexiblen Biegungen wird die Rohrleitungslänge im Bogen (l_g) nach der Bestimmung des Winkels der Richtungsänderungen der Trasse bestimmt.





8 Vorisolierter Fixpunkt - effektiv

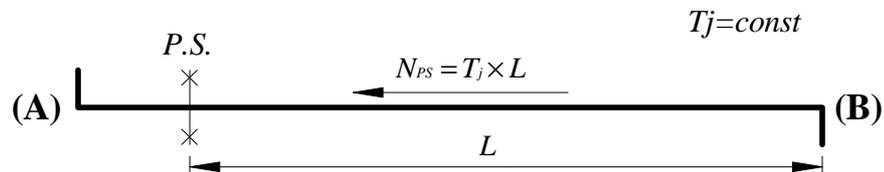
Vorisolierte Fixpunkte in doppelten vorisolierten Wärmenetzen werden verwendet, um:

- andere vorisolierte Bauteile zu entlasten, die nicht zur Übertragung von Belastungen ausgelegt sind, wie beispielsweise vorisolierte T-Stücke, Y-Übergangsstücke, Rohrleitungseingänge in Gebäude, Änderung in Wärmenetzen von herkömmlicher auf vorisolierte Rohrleitungstechnik;
- die gewünschten Dehnungen im Wärmenetz zu gestalten, z.B. wenn ein vorisoliertes Knie eines Kompensationsarm die auf der Basis der tatsächlichen Dehnung berechnete Dehnung aufgrund von Gegebenheiten im Gelände nicht überträgt.

8.1 Berechnung der auf den Fixpunkt wirkenden Kräfte

8.1.1 Fixpunkt - entlastet

Ein einseitig völlig entlasteter Fixpunkt ist ein Punkt, auf den einseitig eine axiale Kraft wirkt. Der Fall eines einseitig belasteten Fixpunktes ist dann gegeben, wenn auf einer Seite des Fixpunktes ein gerader Abschnitt der Länge L_{max} verläuft, während auf der anderen Seite des Fixpunktes z.B. durch ein 90° Knie ein Richtungswechsel der Wärmeleitung erfolgt. Dabei ist wichtig, dass der gerade Abschnitt zwischen dem Kompensationsknie 90° (A) und dem Fixpunkt vernachlässigbar kurz ist. Diese Situation ist auf der folgenden Zeichnung dargestellt.



Die auf den Fixpunkt wirkende Axialkraft $[N_{PS}]$ wird mit dieser Formel ausgedrückt:

$$N_{PS} = T_j \times L_{max} \quad [N]$$

wobei:

T_j - die auf ein vorisoliertes Doppelrohr wirkende einheitliche Reibungskraft $[N/m]$

L_{max} - maximale Rohrleitungslänge vom FP zum Kompensationsknie (B) $[m]$



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



8.1.2 Fixpunkt - teilweise entlastet

Ein teilweise entlasteter Fixpunkt ist ein solcher Fixpunkt, auf dem die von der Reibung zwischen einem vorisolierten Doppelrohr und der Sandbettung der Rohrleitung verursachte Axialkraft lastet:

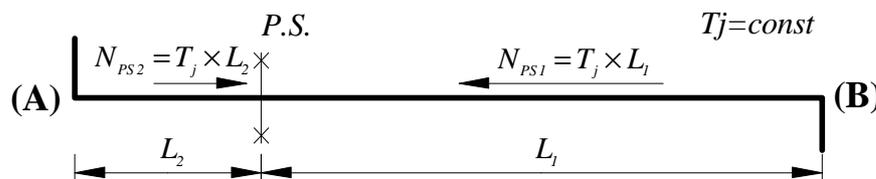
$$N_{PS1} = T_j \times L_1 \quad [N]$$

mit der Länge L_j zwischen dem Fixpunkt und dem Kompensationsknie im Punkt (B) zusammengefasst, ist die teilweise reduzierte Axialkraft der Bodenreibung entgegenwirkend auf den Fixpunkt gerichtet:

$$N_{PS2} = T_j \times L_2 \quad [N]$$

mit der Länge L_2 zwischen dem Fixpunkt und dem Kompensationsknie im Punkt (A) zusammengefasst.

Diese Situation ist auf der folgenden Zeichnung dargestellt:



Die gesamte auf den Fixpunkt wirkende Axialkraft $[N_{PS}]$ wird durch die Formel ausgedrückt:

$$N_{PS} = N_{PS1} - N_{PS2} \quad [N]$$

$$N_{PS} = T_j \times (L_1 - L_2) \quad [N]$$

(Bezeichnungen wie auf der vorherigen Zeichnung)

In der Tabelle 15 sind die maximalen Abmessungen der Betonblöcke der Fixpunkte angegeben. Die auf den Fixpunkt wirkenden Axialkräfte errechnen sich unter folgenden Annahmen:

- Lage der Rohrleitungsachse unter dem Bodenniveau $H=1,0$ m;
- Fixpunkt einseitig völlig entlastet;
- Die Länge des Abschnitts, aus dem die auf den Fixpunkt wirkende Axialkraft zusammengefasst wird beträgt L_{max} , Stahlsorte P235GH; Standardisolierung;
- einheitlicher Widerstand des Bodens bei einer nach PN-81/B-03020 mit 150 kPa angenommenen Dimensionierung des Betonblocks.

Die Fundamentblöcke der Fixpunkte müssen aus Beton von zumindest der Klasse C16/20 (Druckfestigkeitsklasse des Betons), armiert mit geschweißtem Bewehrungsstahl der Sorte B500SP oder BSt500S (gerippter Stahl).

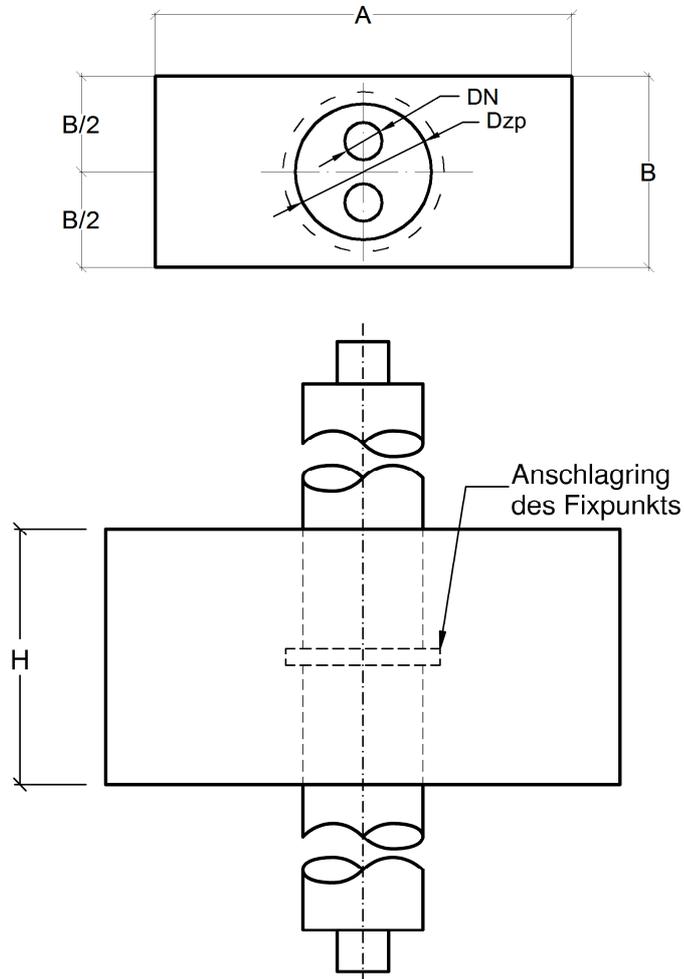


Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

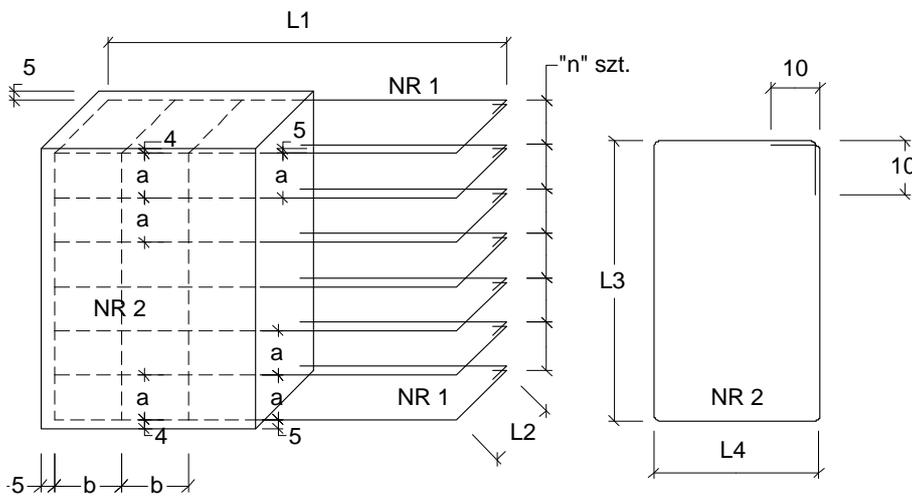
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



ABMESSUNGEN EINES BETONBLOCKS EINES FIXPUNKTS



ARMIERUNG EINES BETONBLOCKS



Maße der
Armierung in [cm]



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



MAXIMALE ABMESSUNGEN DER BETONBLÖCKE DER FIXPUNKTE

Tabelle 15

Durchmesser		Vom Betonblock max. übertragene Kraft	Abmessungen d. Blocks d. Fixpunkts			Armierung d. Betonblocks d. Fixpunkts						
Stahlrohr	Mantel- rohr		A	B	H	Nr. Stab	Durch- messer Ø	Zahl n	L1	L2	L3	L4
Außen		[NPS] für Lmax für nahtl. Rohre ΔT=25°C H=1,0m										
Dz/g	Dzp		dN	cm	cm	cm		mm	Stk.	cm	cm	cm
2x26,9/2,6	125	7067	110	50	30	1	8	4	100	20		
						2	6	5			42	22
2x33,7/2,6	140	9134	120	60	30	1	8	4	110	20		
						2	6	6			52	22
2x42,4/2,6	160	11775	130	70	30	1	8	4	120	20		
						2	6	5			62	22
2x48,3/2,6	160	13633	150	70	30	1	8	4	140	20		
						2	6	5			62	22
2x60,3/2,9	200	18987	180	80	40	1	10	5	170	30		
						2	6	6			72	32
2x76,1/2,9	225	24550	180	100	40	1	10	6	170	30		
						2	6	7			92	32
2x88,9/3,2	250	32402	200	120	50	1	10	8	190	40		
						2	6	7			112	42
2x114,3/3,6	315	46959	250	140	70	1	10	10	240	60		
						2	6	8			132	62
2x139,7/3,6	400	58678	320	140	100	1	12	10	310	90		
						2	8	11			132	92
2x168,3/4	450	80078	400	150	100	1	12	12	390	90		
						2	8	15			142	92
2x219,1/4,5	560	144784	680	170	120	1	1	12	670	110		
						2	8	15			162	112

HINWEIS: Die Abmessungen der Fundamente sollten nach Bedarf unter Berücksichtigung des tatsächlichen Werts der Normalkräfte in den Rohleitungen und durch Prüfung der Grenzwerte der Tragkraft des Bodens sowie der Stabilität des Fundamentuntergrunds nach PN-81/B-03020 festgelegt werden.



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02

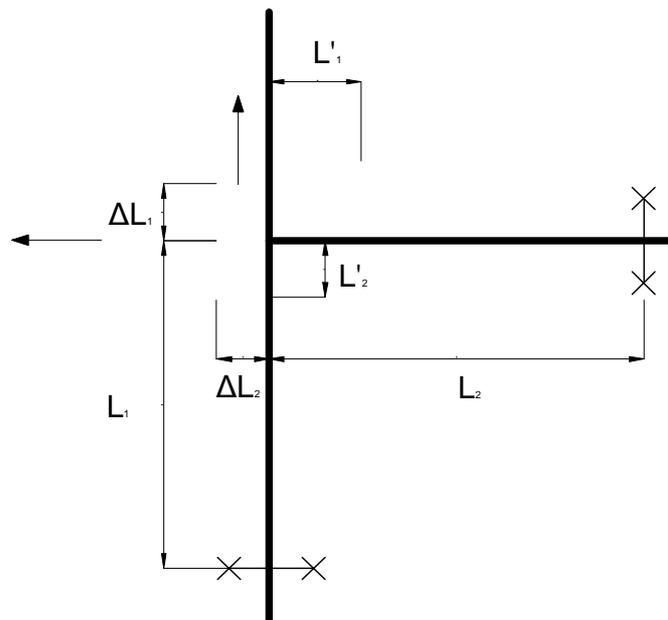


9 Rohrleitungsabzweigung, Gebäudeeingang und „Y“-förmige Übergangsstücke.

Die Abzweigungen in einem Doppelrohrsystem *ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.* sollten mittels flacher oder ansteigender T-Stücke ausgeführt werden.

Auf die Hauptleitung wird sich die Dehnungen der Hauptrohrleitung ΔL_1 (wie auf der folgenden Zeichnung dargestellt) auswirken, während sich die auf die Hauptleitung wirkende Wärmedehnung ΔL_2 ferner auch auf die Abzweigung (Nebenleitung) auswirken wird.

Auf der Abzweigung ist eine Kompensationszone $[L_1']$ für die Dehnung der Hauptrohrleitung $[\Delta L_1]$ vorzusehen, welche sich wie für das Kompensationssystem L90 mittels der Formel nach Pkt. 6.1.4. errechnet. Zur Berechnung des Kompensationsarms $[L_1']$ müssen die Dehnung der Hauptrohrleitung $[\Delta L_1]$ und der Durchmesser der Abzweigung in die Formel einbezogen werden - für ein Kompensationssystem L90 (Knie 90°). Während auf der Hauptleitung eine Kompensationszone $[L_2']$ entsteht, welche sich ebenfalls aus der Formel nach Pkt. 6.1.4. unter Einbeziehung der Dehnung der Nebenleitung $[\Delta L_2]$ und des Durchmessers der Hauptrohrleitung errechnet.



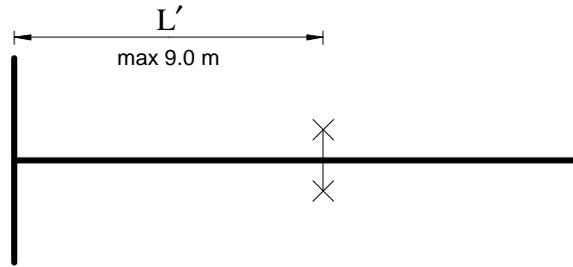
Im Fall von T-Stücken können die Folgen der Wärmedehnung der Abzweigung für die Hauptrohrleitung folgendermaßen ausgeglichen werden:

- Durch Einbau eines T-Stücks in die Abzweigung in einem Abstand von max. 9.0 m von der Achse der Hauptrohrleitung:

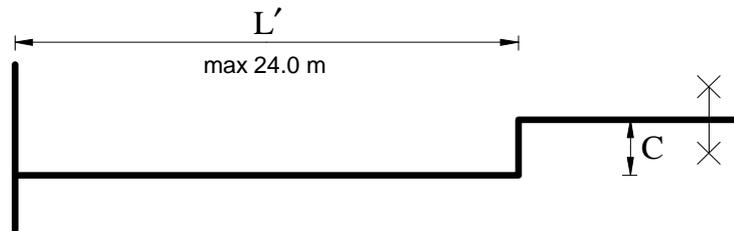


Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

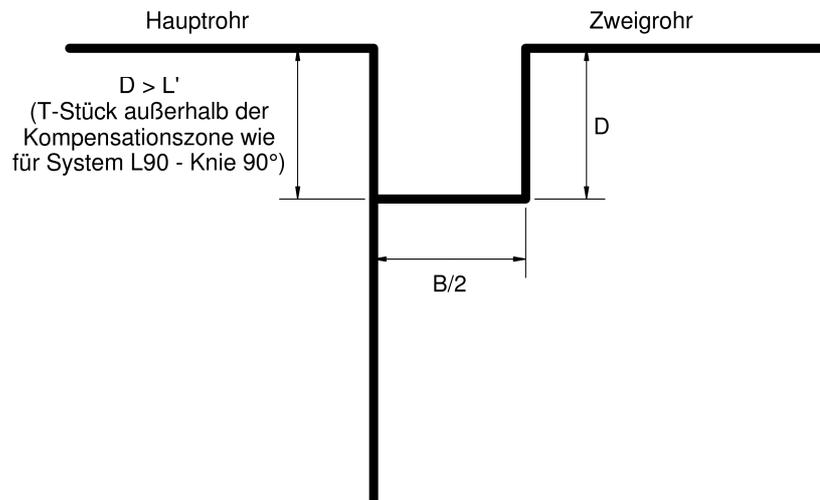
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



- Durch Verwendung einer "Z" - förmigen Kompensation im Abstand von max. 24.0 m:



Wenn die Abzweigung eine Verlängerung des Hauptrohrs bildet, ist ein halbes "U" - förmiges Kompensationssystem vorzusehen.

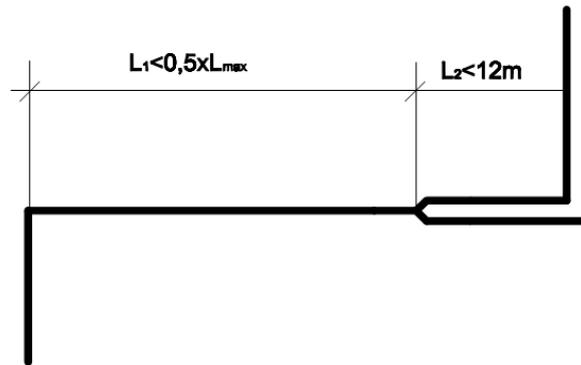


In Kompensationszonen dürfen weder vorisolierte Absperr-, Entlüftungs- und Entleerungsarmaturen noch vorisolierte Abzweigungen montiert werden.



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02

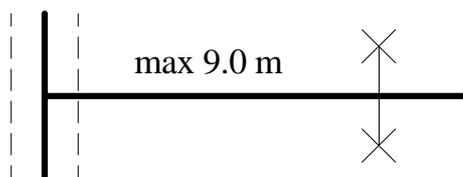


Die an den Verbindungen von Doppelrohren mit Einzelrohrleitungen verwendeten „Y“-Übergangsstücke sollten vom Kompensationsknie in Doppelrohrleitungen in nicht weniger als $0,5xL_{max}$ angeordnet, und in einem Abstand von nicht weniger als 12m vom Kompensationsknie in Einzelrohrleitungen angeordnet werden.

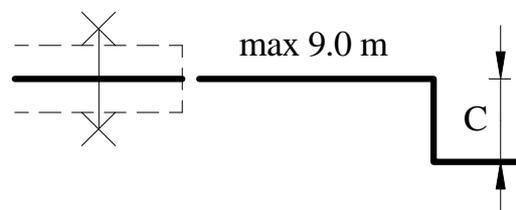
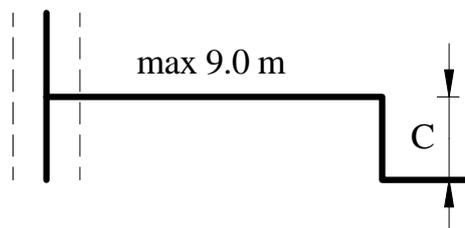
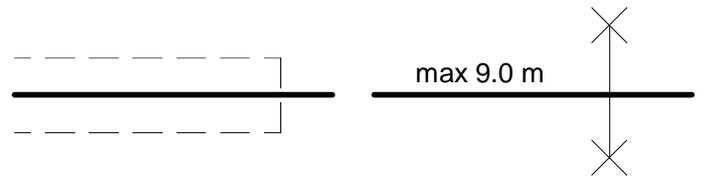
10 Verbindung von Doppelrohren mit einer herkömmlichen Rohrleitung (Kanalnetz)

Die Folgen der Dehnung einer vorisolierten Rohrleitung werden durch den Einbau eines Fixpunktes oder eines "Z"-förmigen Systems in einem Abstand von max. 9.0 m von der Achse einer herkömmlichen Rohrleitung oder Verbindung nivelliert.

a)



b)





Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



11 Stahlaraturen

Achten Sie bei der Planung von Stahlaraturen - Absperrarmaturen, Absperrarmaturen mit Entlüftungs-/Entwässerungsventil, Absperrventile mit Entlüftungs-/Entwässerungsventil - auf Folgendes:

- Armaturen nicht in (L-,Z-,U-förmigen) Kompensationsbereichen anordnen,
- Zugang zum Schaft eines Absperrventil durch einen Straßenkasten und Mantelrohr oder durch einen Schacht aus Betonringen mit min. 600 mm Durchmesser sicherstellen,
- Einen im Boden abgeordneten Schaft eines Absperrventils durch Kompensationsmatten mit den Maßen 1000x250x40mm schützen,
- Absperrventile mit Entlüftungs- und Entwässerungsventil in Schächten aus Betonringen mit mindestens 1000 mm Durchmesser oder in Betonkammern anordnen.

Absperrarmaturen aus Stahl werden für die Trennung des Mediendurchflusses in einzelnen Abschnitten und Einrichtungen von Fernwärmenetzen verwendet. Entwässerungsventile sind an den niedrigsten Stellen, Entlüftungsventile an den höchsten Stellen eines Fernwärmenetzes, bzw. bei Absperrventilen jeweils entsprechend zum Ablassen von Wasser und zum Be- und Entlüften vorgesehen werden.

12 Technische Informationen

Sonstige Kataloge und Anleitungen zum System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.:

1. Katalog Produktkatalog - Vorisolierte Rohre mit zwei Medienrohren
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
2. Anleitung Detektion von Leckagen in Rohrleitungen. Anschluss von Signal -
Impulsanlagen (Anlagenbeschreibung, Montage- und Bedienungsregeln)
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
3. Anleitung Ausführung und Abnahme
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
4. Anleitung Isolierung und Verkapselung von Rohrverbindungen
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
5. Anleitung Schweißen von Stahlrohren [IS/01/06]
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
6. Anleitung Kontrolle der Qualität der Schweißverbindung von Stahlrohren [IK/01/06]
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
7. Anleitung Schweißlöt-Technologie für verzinkte Rohre
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
8. Anleitung Elektroschweißmuffe DX
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
9. Anleitung Elektrisch geschweißte Thermo-Schrumpfmuffe Typ DT
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
10. Anleitung Radial vernetzte Muffe Typ NTX
System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.



Richtlinien zur Planung von vorisolierten Rohren mit zwei Medienrohren

System ZPU Międzyrzecz Sp. z o. o.
Telefon. +48 95 741-25-26, 742-33-00, 742-00-93,
Fax. +48 95 742-33-01, 742-33-02



13 Kaufmännische Informationen

Hersteller und Verkäufer:

Zakład Produkcyjno Usługowy
Międzyrzecz
POLSKIE RURY PREIZOLOWANE Sp. z o. o.,
Ul. Zakaszewskiego 4
66-300 Międzyrzecz

Telefonnummern:

Fax. +48 95 742 33 01, 742 33 02

Sekretariat: +48 95 741 25 26, 742 00 93, 742 33 00

Vertriebsbüro: +48 95 742 33 43, 742 33 31

Einkauf: +48 95 742 33 46, 742 33 56

E-Mail: zpu@zpum.pl <http://www.zpum.pl>