

# LOGSTOR Projektierung Einzelrohre





### Einleitung

Dieser Abschnitt beschreibt, wie man:

- Rohrsysteme optimal auslegt
- Dehnungsprobleme löst
- Rohrsysteme verlegt

Wärmeverlustberechnungen, Rohrdimensionierung und Druckverlustberechnungen werden in den Abschnitten Wärmeverlust und Rohrdimensionierung gesondert behandelt.

Die Projektierungsrichtlinien sind ausgearbeitet worden, um anhand dieses Manuals die Projektierung eines Verteilungsnetzes zu erleichtern und gleichzeitig den technischen Forderungen in der europäischen Norm für Auslegung und Installation von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für die Fernwärme, EN 13941 nachzukommen.

---

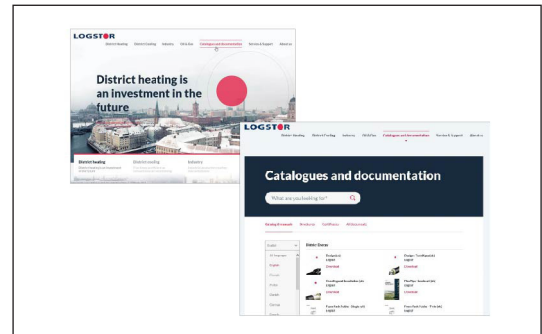
### Inhalt

Das Manual  
Einhaltung der Projektierungsforderungen  
Projektierungshilfe  
Voraussetzungen  
Projektklassen  
Einheiten und Symbole  
Systemdefinitionen  
Spannungsniveau und Dehnungsberechnung  
Beispiele für Spannungsniveau und Dehnungsberechnung  
Festlegung des zulässigen Spannungsniveaus  
Vor- und Nachteile des axialen Spannungsniveaus

---

**Manuale**

Auf unserer Website [www.logstor.com](http://www.logstor.com) finden Sie eine Übersicht über Produktkataloge, Handbücher und spezifische Anweisungen.

**Anwendung  
des Manuals**

Das Manual oder Teile von ihm dürfen nicht ohne die ausdrückliche schriftliche Erlaubnis von LOGSTOR Denmark Holding ApS für externe Anwendung reproduziert werden.

Die Informationen/Anweisungen sind allgemein und unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse anzuwenden und zu befolgen.

Unsere Techniker stellen zusätzliche/spezifische Informationen bereit.

Alle Rechte vorbehalten. Die englische Ausgabe des Manuals ist das Original, während die anderen Ausgaben Übersetzungen sind, die nach bestem Wissen und Gewissen der Übersetzer ausgefertigt worden sind.

Die Informationen in diesem Dokument können ohne besondere Ankündigung geändert werden.

LOGSTOR behält sich das Recht vor, ihre Produkte zu ändern oder verbessern und Änderungen des Inhalts vorzunehmen ohne dazu verpflichtet zu sein, Personen oder Organisationen von solchen Änderungen zu unterrichten.

LOGSTOR ist ein Warenzeichen von LOGSTOR Denmark Holding ApS und darf nicht ohne die ausdrückliche schriftliche Zulassung von LOGSTOR Denmark Holding ApS verwendet werden.

## Einhaltung der Projektierungsforderungen

---

### Der Projektierungsansatz von LOGSTOR

Die Projektierung von LOGSTOR basiert auf der Optimierung technischer und wirtschaftlicher/finanzieller Aspekte.

Das heißt, dass LOGSTOR bestrebt ist, das Potenzial der Materialien auszunutzen und zugleich die Grenzen ihrer sicheren Anwendung einzuhalten und den Forderungen in europäischen Normen nachzukommen.

---

### Gültigkeit

Durch das Befolgen dieses Projektierungsmanuals und die Beachtung der örtlichen Verhältnisse ist gewährleistet, dass allen statischen Forderungen in der europäischen Norm EN 13941 nachgekommen ist.

#### **Allgemeine Dokumentation**

Diese Befolgung bedeutet, dass Dimensionen bis zu und einschl. DN 300 mit diesem Projektierungsmanuals als Dokumentation projektiert werden können, vorausgesetzt die Daten des betreffenden Projektes liegen innerhalb der angegebenen Werte und die Projektierung wie spezifiziert ausgeführt wird.

#### **Spezifische Dokumentation**

Die Norm fordert eine detaillierte Analyse des Rohrsystems, und deshalb sind die Spezifikationen in diesem Manual für Dimensionen > DN 300 und bis zu und einschl. DN 600 nur richtungsweisend, obwohl sie den Forderungen in EN 13941 nachkommen.

---

**Wie?** Projektierungshilfe wird von LOGSTORs örtlichen Händlern oder unseren Produktionsgesellschaften geleistet.

Siehe auch unsere Berechnungsprogramme auf dem Internet.

---

**Technischer Service**

Unsere technischen Berater stehen Ihnen zur Beantwortung aller Fragen, die in Verbindung mit der Gestaltung eines Projekts und der Ausnutzung des Systems entstehen, zur Verfügung.

---

**Projektbewertung**

Um ein Projekt zu bewerten, ist von Vorteil, dass die folgenden allgemeinen Informationen vorliegen:

- Berechnungstemperatur
- Betriebstemperatur
- Montagetemperatur
- Berechnungsdruck
- Dimension und Dämmserie
- Bodenverhältnisse
- Scheitelüberdeckung
- Andere Leitungen oder Hindernisse im Boden

Aufgrund obenstehender Informationen kann das System nach den untenstehenden Kriterien bewertet werden:

Gerade Rohre:

- Akzeptables axiales Spannungsniveau
- Die einzelnen Teilstrecken lassen sich individuell bewerten

Richtungsänderungen:

- Bewegungen an Bogen
- Bogen - besonders andere Winkel als 90°
- Elastische Bogen und werkmäßig hergestellte Bogenrohre

Abzweige:

- Bewegung des Hauptrohres bei Abzweigen
- Spannungsniveau des Hauptrohres bei Abzweigen
- Länge des Abzweiges

Reduzierungen:

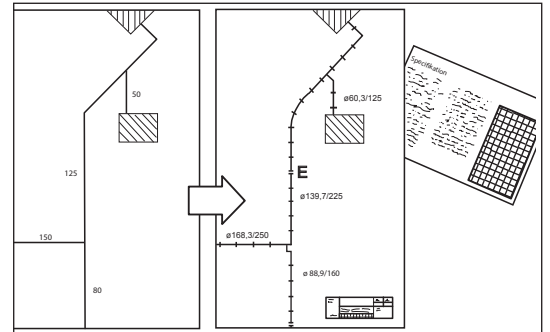
- 1 oder mehr Dimensionssprünge
-

**Angebot**

Unsere "Customer Service"-Abteilung bietet Ihnen die Ausarbeitung eines optimalen Lösungsvorschlages anhand eines Planes über die Rohrführung mit Angabe der gewünschten Trasse und der Rohrdimensionen an.

Aufgrund des Vorschlages lässt sich eine komplette Stückliste zur Anwendung bei der Angebotsabgabe erstellen.

Für Rohrsysteme mit Überwachung können ebenfalls komplette System- und Montagezeichnungen angefertigt werden.

**Wärmeverlust-  
berechnung  
und andere  
Berechnungen**

LOGSTOR hat eingehende Kenntnisse über die Berechnung von Wärmeverlusten auf Grundlage spezifischer Verhältnisse und beteiligt sich gern an einem Dialog über spezifische Projekte.

Probieren Sie auch unser Programm zur Berechnung des Wärmeverlustes. Der Wärmeverlust von einem LOGSTOR vorgedämmten Rohrsystem lässt sich mit dem webbasierten Programm "LOGSTOR Calculator" berechnen.

Mit LOGSTOR Calculator kann die Energieeffizienz berechnet und bewertet werden, was die folgenden Punkte betrifft:

- Energieverlust
- Kosten des Energieverlustes
- CO<sub>2</sub>-Emission

Mit LOGSTOR Calculator können Sie auch:

- Das Mediumrohr dimensionieren
- Den Druckverlust berechnen

Das Berechnungsprogramm ist frei zugänglich auf <http://calc.logstor.com>.



## Allgemein

# Voraussetzungen

### Anwendung

Dieser Abschnitt enthält die Voraussetzungen für Verbundrohrsysteme gemäß EN 13941.

Bitte kontaktieren Sie LOGSTORs Techniker, wenn die tatsächlichen Bedingungen mit den Voraussetzungen, die diesem Projektierungsmanual zugrunde liegen, nicht übereinstimmen.

Was andere Rohrsysteme betrifft, sehen Sie bitte die relevanten Abschnitte in diesem Manual.

### Voraussetzungen für das Stahlmediumrohr

Das Rohrsystem kommt den Forderungen in EN 253 sowie EN 13941 an kontinuierlichen Betrieb mit Warmwasser bei unterschiedlichen Temperaturen bis zu 120°C und in unterschiedlichen Zeitabständen mit einer Spitzenlasttemperatur von bis zu 140°C. Die Summe der unterschiedlichen Zeitabständen dürfen im Durchschnitt nicht 300 Stunden pro Jahr übersteigen. Test und Dokumentation gemäß EN 253 sind verfügbar.

Stahlrohrqualität gemäß EN 13941-1.

Die Berechnung aller Dimensionen in diesem Manual gründet auf Durchmesser und Wanddicken gemäß EN 253.

Eine Druckprobe des Rohrsystems kann mit kaltem Wasser von ca. 20°C bei max. 1,5 x Betriebsdruck ausgeführt werden.

Das Projektierungsmanual ist für Stahlrohrdimensionen bis zu und einschl. DN 600 gültig.

Bei größeren Dimensionen kontaktieren Sie bitte LOGSTOR. Gemeinsam finden wir die optimale Lösung.

### Empfohlene Wasserqualität

Um Korrosion im Stahlmediumrohr zu vermeiden, ist behandeltes Wasser anzuwenden. Die Wasserbehandlung hängt von den örtlichen Verhältnissen ab, aber muss folgenden Forderungen nachkommen:

Zirkulationswasser	
pH-Wert	9,5-10
Aussehen	rein und lehmfrei
Ölgehalt	ölfrei
Sauerstoffgehalt	< 0,02 mg/l
Wärmeleitfähigkeit	< 1500 µS/cm

### Voraussetzungen für andere Mediumrohren (FlexPipes)

Siehe den für den Rohrtyp relevanten Abschnitt in diesem Projektierungsmanual.

Mediumrohr	Max. kontinuierliche Betriebstemperatur °C	Max. Betriebsdruck bar
SteelFlex	120	25
CuFlex	120	16
AluFlextra	80	10
PexFlextra	80	6



**Angewandte  
Normen**

LOGSTOR Projektierungsregeln basieren auf folgenden relevanten und gültigen europäischen Normen.

- EN 13941 Auslegung und Installation von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für Fernwärme
- EN 253 Fernwärmerohre
- EN 14419 Überwachungssysteme

Andere europäische Normen, die für LOGSTOR Produkte gelten:

- EN 448 Verbundformstücke
  - EN 488 Vorgeämmte Absperrarmaturen
  - EN 489 Rohrverbindungen
  - EN 15698-1 Verbund-Doppelrohrsysteme (TwinPipes)
  - EN 15632 Flexible Rohrsysteme
-

**Definition von  
Projektklassen**

Die europäische Norm EN 13941 teilt Rohrsysteme hauptsächlich nach dem axialen Spannungsniveau des Mediumrohres und der Wanddicke des Rohres im Verhältnis zum Durchmesser in Projektklassen ein.

**Projektklasse A:** Rohre kleinen oder mittleren Durchmessers mit niedrigen Axialspannungen.

**Projektklasse B:** Große Axialspannungen, Rohre kleinen oder mittleren Durchmessers.

**Projektklasse C:** Rohre großen Durchmessers und/oder mit hohem Innenüberdruck. Eine ausführlichere Beschreibung finden Sie in EN 13941.

**Lastwechsel**

Die Berechnungen werden mindestens mit folgenden Anzahl voller Lastwechsel, d.h. Anzahl Temperaturschwankungen, ausgeführt:

Beschreibung des Rohres	Anzahl voller Wechsel
Größere Rohrleitung (Transportleitung)	100
Hauptleitung (Verteilungsleitung)	250
Hausanschluss*	1000

\* In diesem Manual werden Hausanschlüsse als höchstens DN 32 ( $\varnothing$  42,4 mm) definiert.

Die angewandte Anzahl der Lastwechsel entspricht den normalen Betriebsverhältnissen.

Wenn die Anzahl der Lastwechsel höher ist, ist eine besondere statische Berechnung der Komponenten auszuführen.

**Sicherheits-  
beiwert**

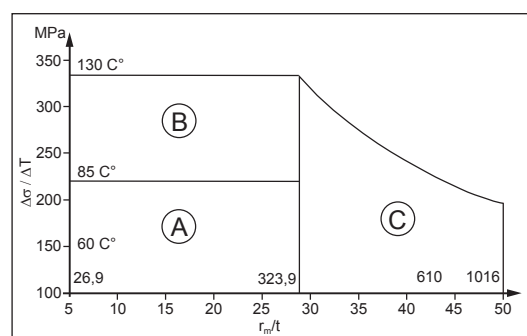
Jeder Projektklasse wird ein Sicherheitsbeiwert für Ermüdung zugeteilt.

Der Sicherheitsbeiwert ist in den Projektierungsanweisungen enthalten.

Da der Unterschied zwischen zulässigen Ermüdungsspannungen in den Projektklassen A und B nur ca. 7% ist, sind beide Klassen für den höchsten Sicherheitsbeiwert berechnet.

Das sichert, dass die Projektierung der Projektklasse A ganz sicher ist.

Alle statischen Berechnungen basieren folglich auf Projektklasse B bis zu und einschl. DN 300 oder auf Projektklasse C für Dimensionen > DN 300.



## Allgemein

# Einheiten und Symbole

<b>Einleitung</b>	Folgende Einheiten und ihre entsprechende Symbole basieren auf: - EN253 - EN13941 - LOGSTOR Symbole	
<b>Einheiten</b>	Länge	m (Meter) mm (Millimeter)
	Masse	kg (kilogram)
	Kraft	N (Newton)
	Spannung	MPa (Newton durch Quadratmillimeter)
	Druck	Bar (Pascal = Newton durch Quadratmeter) (1 bar = $10^5$ Pa = 0,1 MPa = 0,1 N/mm <sup>2</sup> )
	Temperatur	°C (Grad Celsius)
<b>Symbole</b>	$A_s$	Querschnitt des Mediumrohres
	D	Manteldurchmesser
	d	Durchmesser des Mediumrohres
	E	Elastizitätsmodul
	F	Reibungskraft
	G	Eigengewicht
	I	Flächenmoment 2. Grades
	$L_{190}$	Montagelänge für ein spezifisches Spannungsniveau (hier 190 MPa)
	$L_F$	Reibungslänge (für das aktuelle max. Spannungsniveau)
	$L_L$	Haftbereich
	$L_E$	Abstand zwischen E-Comps
	$L_B$	Abstand zwischen einem E-Comp und einem Bogen
	$\sigma_{all}$	Zulässiges axiales Spannungsniveau
	L	Länge
	$\Delta L$	Dehnung der Länge L
	H	Rohrüberdeckung vom Scheitel der Ummantelung zum Scheitel der Oberfläche
	Z	Abstand von der Rohrmittellinie zum Scheitel der Oberfläche ( $Z=H+\frac{1}{2}D$ )
	$R_e$	Streckspannung
	T	Temperatur in °C
	$\alpha$	Längenausdehnungskoeffizient
	$\gamma$	Spezifische Dichte
	$\rho$	Dichte
	$\nu$	Poisson-Zahl
	$\varphi$	Bodenreibungswinkel
<b>Indizes</b>	ins	Installation
	min	Minimum
	max	Maximum
	pre	Vorspannung

## Allgemein

### Einheiten und Symbole

#### Charakteristische Werte

Charakteristische Werte für das Stahlmediumrohr gemäß EN 13941.

In diesem Manual sind untenstehende allgemeine Werte angewandt worden:

$$E = 210,000 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 1,2\text{E-}05$$

Das bedeutet, dass

$$E \cdot \alpha = 2,52 \text{ MPa/}^\circ\text{C}$$

Ist eine ausführlichere Analyse gefragt, können die Tabellenwerte im Verhältnis zu Temperaturen angewandt werden.

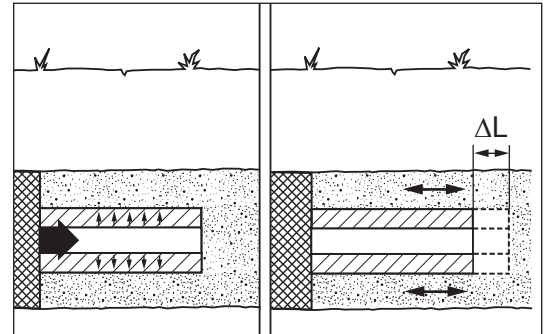
Temperatur T	E-Modul E <sup>T</sup> MPa	Längenausdehnungskoeffizient $\alpha^T$	Streckspannung Re MPa
20 °C	212,857	1,16E-05	235
50 °C	211,143	1,18E-05	221
70 °C	210,000	1,19E-05	212
90 °C	208,857	1,21E-05	203
100 °C	208,286	1,22E-05	198
110 °C	207,714	1,23E-05	196
120 °C	207,143	1,23E-05	194
130 °C	206,571	1,24E-05	191
140 °C	206,000	1,25E-05	189

**Verbundrohr-  
system**

Unser Rohrsystem ist ein Verbundrohrsystem, in dem das Mediumrohr, die Dämmschicht und die Ummantelung in einer Sandwich-Konstruktion fest miteinander verbunden sind. Das bedeutet, dass Dehnungen und Kontraktionen im Stahlrohr infolge Temperaturschwankungen durch die Dämmung auf die Ummantelung übertragen werden, so dass die Bewegung zwischen der Ummantelung und dem Reibungsmaterial erfolgt. Die Reibung zwischen der Ummantelung und dem Reibungsmaterial hemmt die Bewegungen. Folglich sind die Bewegungen in einem erdverlegten Verbundrohrsystem kleiner als die Bewegungen in einem sich frei ausdehnenden Rohrsystem.

Die Reibung entlang der Ummantelung führt zu Druckspannungen beim Aufwärmen des Stahlrohres und Zugspannungen im Stahlrohr bei Abkühlung des Mediumrohres.

Die Temperaturschwankungen im Wasser in Kombination mit der Reibungskraft an der Ummantelung verleihen dem Verbundrohrsystem ihre grundlegende Funktionsweise, die die Dehnung bei den freien Enden reduziert, und die Spannungen im Stahlmediumrohr in den Haftbereichen ändert.

**Festpunkte**

Ein Festpunkt kann in 2 Weisen definiert werden:

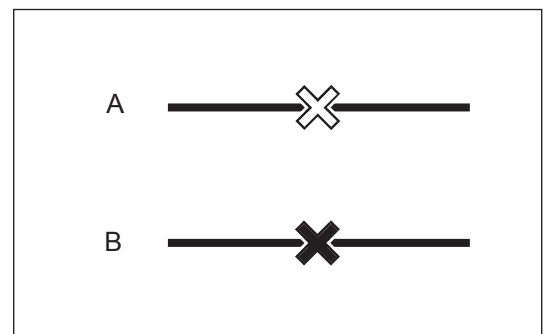
**A: Natürlicher Festpunkt**

Wo die Bewegungen des Rohres von der Reibung des Reibungsmaterialies an der Ummantelung kontrolliert werden, liegt die Leitung fest und wir haben einen natürlichen Festpunkt. In diesem Projektierungsmanual illustriert ein natürlicher Festpunkt das Zentrum zwischen zwei freien Dehnungsenden.

Es kann notwendig sein, betonierte Festpunkte zu verwenden, um die Bewegung zu reduzieren.

**B: Betonierter Festpunkt**

Generell werden betonierte Festpunkte vermieden, da die Reibung die Bewegung in erdverlegten Systemen kontrolliert.



## Spannungsniveau und Dehnungsberechnung

---

### Einleitung

Dieser Abschnitt enthält die Grundformeln zur Berechnung von Spannungen und Bewegungen in erdverlegten Verbundrohrsystemen.

Die Formeln bilden die Grundlage für die Ausführung der notwendigen Berechnungen für ein System, das gemäß EN13941 in Projektklasse A und B mit allgemeiner Dokumentation aus einem Lieferantenhandbuch projiziert werden kann.

Ein Teil der Formeln im Projektierungsmanual sind in Tabellen eingearbeitet, die unter den angegebenen Voraussetzungen statt der Formeln verwendet werden können, um ein Rohrsystem einfacher projektieren zu können.

---

### Inhalt

Axiales Spannungsniveau  
Dehnung an Bogen  
Dehnung an Abzweigen  
Reibungskraft

---

## Allgemein

### Axiales Spannungsniveau

#### Max. Axialspannung $L > 2 \cdot L_F$

Die maximale Axialspannung in einem gegebenen Rohrabschnitt festgelegt wird, hängt von folgenden Parametern ab:

- Die Reibungskraft
- Der Temperaturunterschied
- Die Länge

Für eine gerade Rohrstrecke, die länger als  $2 \cdot L_F$  ist, lässt das axiale Spannungsniveau sich nach folgender Formel berechnen:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot E \cdot \alpha \text{ [MPa]}$$

Der Temperaturunterschied  $\Delta T$  beruht auf dem Unterschied zwischen der Temperatur, bei der die Rohre zugedeckt werden und der Höchst- oder Mindesttemperatur. Die Axialspannungen sind normalerweise Druckspannungen, wenn  $T_{\max}$  angewandt wird, und Zugspannungen, wenn  $T_{\min}$  angewandt wird.

Die vereinfachte Formel bei der Anwendung der Werte für  $\alpha$  und  $E$  aus dem Abschnitt "Allgemein: Einheiten und Symbole" ist somit:

$$\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

Die Formel umfasst nicht den Einfluss des Innenüberdruckes. Der Innenüberdruck hat nur begrenzten Einfluss auf das axiale Spannungsniveau für Dimensionen, die zu Projektklasse A und B gehören.

#### Reibungslänge

Auf Grund des festgestellten maximalen axialen Spannungsniveaus kann der Abstand vom freien Ende eines Rohrabschnittes zum Punkt, wo die maximalen Spannungen auftreten berechnet werden.

$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F}$$

Dabei ist:

$L_F$  = Gleitbereich – der Abstand vom Dehnungsbogen zum Punkt, wo sich die maximale Axialspannung einstellt.

$\sigma_{\max}$  = Max. axiales Spannungsniveau

$A_s$  = Querschnittsfläche des Stahlrohres wie aus den Tabellen im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" ersichtlich.

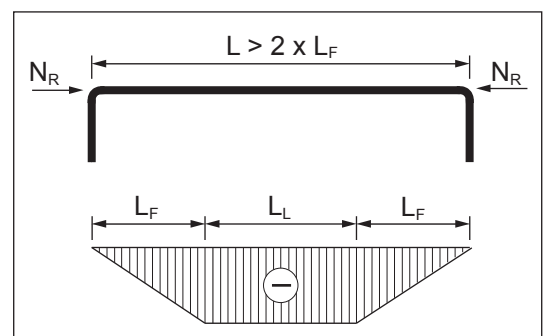
$F$  = Reibungskraft im Boden, d.h. der Widerstand gegen Bewegungen, die der Boden auf das vorgedämmte Rohr überträgt ist aus den Tabellen im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" ersichtlich oder kann gemäß Abschnitt "Allgemein: Reibungskraft" berechnet werden.

Der Abstand vom freien Ende (Bogen) zur maximalen Axialspannung wird auch teilweiser Gleitbereich benannt.

$N_R$  = Kraft der lateralen Bodenreaktion gegen Dehnung.  
Bei der üblichen LOGSTOR Projektierung, bei der die Dehnung in einem Bogen mit Schaumkissen erfolgt, kann  $N_R$  zu 0 angesetzt werden.

$L_F$  = Teilweiser Gleitbereich

$L_L$  = Haftbereich

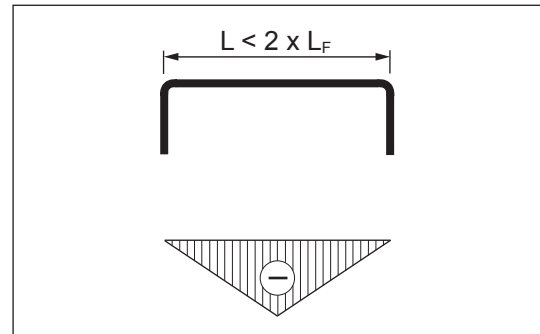


## Allgemein Axiales Spannungsniveau

**Max.  
Axialspannung**  
 $L < 2 \cdot L_F$

Ist der Abstand zwischen 2 Dehnungsbogen kürzer als  $2 \cdot L_F$  ist die Reibungskraft für das Spannungsniveau entscheidend. Das axiale Spannungsniveau lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\sigma_{\max} = \frac{\frac{1}{2} \cdot L \cdot F}{A_s}$$



**Axialspannung  
an einem  
willkürlichen  
Punkt**

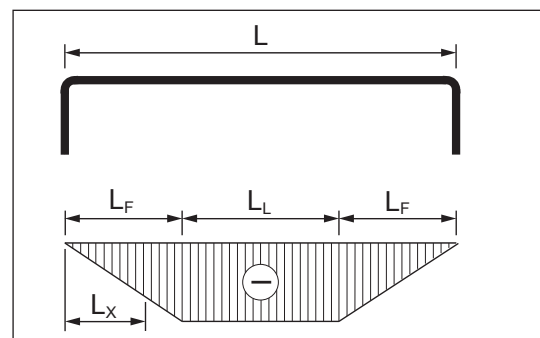
Die Axialspannung an einem willkürlichen Punkt in einer Rohrstrecke kann nach folgenden 2 Formeln berechnet werden:

$$L_x < L_F$$

$$\sigma_x = \frac{L_x \cdot F}{A_s}$$

$$L_x > L_F$$

$$\sigma_x = \Delta T \cdot E \cdot \alpha$$





## Allgemein Dehnung an Bogen

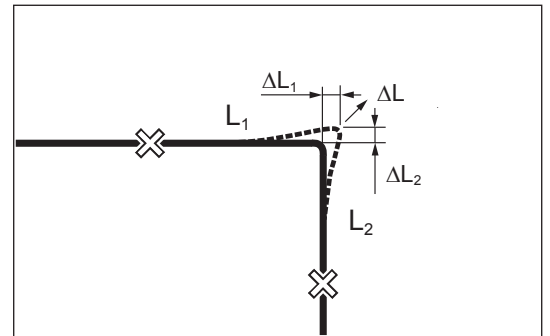
### Dehnung am freiem Rohrende

Die Dehnung an einem Bogen lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\Delta L_x = L_x \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L_x^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

$L_x$  in der Formel ist der Abstand vom freien Ende zum natürlichen Festpunkt und ist der maximale Gleitbereich  $L_F$ .

Für Rohre der Projektclassen A und B ist die Bedeutung des Innendruckes wegen der Rohrgröße verschwindend gering, so ist die obenstehende vereinfachte Formel anwendbar.



### Radialbewegung

An einem Bogen kommt die axiale Dehnung von beiden Seiten, was zu Radialbewegung am Bogen führt. Die Radialbewegung eines 90° Bogen lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2}$$

Um den Bogen vor zu hohen Spannungen von horizontalen Bodenreaktionen zu schützen ist es wichtig den Bogen durch Dehnungspolster zu schützen.

Wie die Bewegung zu handhaben ist, siehe Abschnitt "Richtungsänderungen".

## Allgemein Dehnung an Abzweigen

### Dehnung an Abzweigen

Ein Abzweigrohr folgt den Bewegungen des Hauptrohres an der Abzweigstelle.

Es ist wichtig die axiale Dehnung im Hauptrohr zu beachten. Sie wird am Abzweigrohr zu horizontalen Bewegungen der gleichen Größenordnung führen.

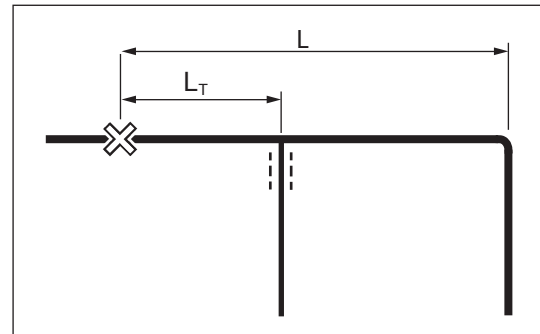
Die Dehnung im Hauptrohr beim Abzweig lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T - \frac{F (2 \cdot L - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

L ist der Abstand vom Bogen zum natürlichen Festpunkt, aber wird maximal der Gleitbereich  $L_f$  sein.

Um den T-Abzweig gegen zu hohe Spannungen von horizontalen Bodenreaktionen zu schützen, ist es wichtig das Abzweigrohr mit Dehnungspolster zu sichern.

Wie das auszuführen ist und wie zu ermitteln ist, welcher Typ Abzweig zu verwenden ist (senkrecht oder parallel), siehe Abschnitt "Abzweige".



**Reibungskraft**

Die Reibungskraft lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$F = \mu \cdot \left( \frac{1 + K_0}{2} \cdot \sigma_v \cdot \pi \cdot D + G - \gamma_s \cdot \pi \cdot \left( \frac{D}{2} \right)^2 \right)$$

Dabei ist:

- $\mu$  Normalerweise als Reibungskoeffizient zwischen Reibungsmaterial und Ummantelung zu 0,4 angesetzt
- $K_0$  Koeffizient des Bodenruhedrucks (0,46 kann angewandt werden)
- $\sigma_v$  Die effektive Spannung im Boden an der Rohrmittellinie =  $\gamma_s \cdot Z$
- $\gamma_s$  Dichte des Bodens (kN/m<sup>3</sup>)
- $Z$  Abstand vom Scheitel der Oberfläche zur Rohrmittellinie ( $Z = H + \frac{1}{2}D_c$ )
- $H$  Überdeckung über das Rohr vom Scheitel der Ummantelung zum Scheitel der Oberfläche
- $D$  Durchmesser der Ummantelung
- $G$  Gewicht des mit Wasser gefüllten Rohres

Statt obenstehender Formel ist die Reibungskraft für alle Dimensionen aus den Tabellen im Abschnitt " Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" als Funktion der Überdeckung und Dämmserie ersichtlich.

Liegt die Rohrleitung in oder unter dem Grundwasserspiegel, ist das in der Berechnung zu berücksichtigen. Aus EN 13941 geht hervor, wie diese Berechnung zu tätigen ist.

## Beispiele für Spannungsniveau und Dehnungsberechnung

---

### Einleitung

Folgende Beispiele sind mit 2 verschiedenen Temperatursätzen berechnet. Infolgedessen werden folgende Parameter Unterschiede ausweisen:

- Spannungsniveau
- Reibungslänge
- Dehnungsbewegung

Das wird zur Beurteilung von Untenstehendem verwendet:

- Der Bedarf an Spannungsreduzierung
  - Das Spannungsreduzierungsverfahren
- 

### Inhalt

Axiales Spannungsniveau

Dehnung am Bogen

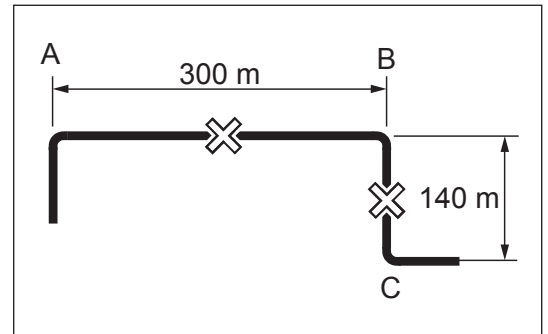
Dehnung an Abzweigen

---

## 1a, Axiales Spannungsniveau

**Voraussetzungen  
für Beispiel 1a**

$\varnothing$  114,3 mm, Serie 2  
 Überdeckung  $H = 0,8$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 120^\circ\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^\circ\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^\circ\text{C}$   
 Tabellenwerte im Abschnitt " Gerade  
 Rohre: Spannungsreduzierung mit  
 Bogen - Tabellen: Montagelängen"  
 gerade Rohre, Spannungsreduzierung  
 mit Bogen:  
 $F = 3,35$  kN/m  
 $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>

**Max.  
Axialspannung**

Berechnung des max. thermischen axialen Spannungsniveaus in einem Rohrsystem:  
 $\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52$  [MPa]  
 $\sigma_{\max} = (120 - 10) \cdot 2,52 = 277$  MPa

**Bereich A-B**

Berechnung der Reibungslänge:

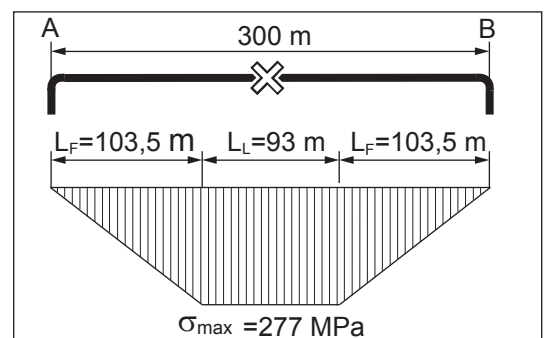
$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F}$$

$$L_F = \frac{277 \cdot 1252}{3,35 \cdot 1000} = 103,5 \text{ m}$$

Der Bereich A-B ist mehr als doppelt so lang als die Reibungslänge. Das bedeutet, dass es 2 teilweise Gleitbereiche von je 103,5 m gibt.

In der Mitte ist ein Haftbereich. Die Länge dieses Bereiches beträgt:

$$L_L = L - (2 \cdot L_F) = 300 - (2 \cdot 103,5) = 93 \text{ m}$$

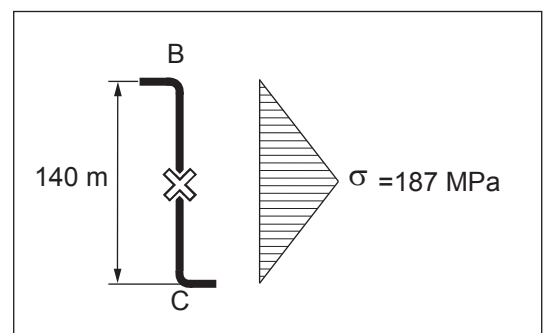
**Bereich B-C**

Der Bereich B-C ist  $< 2 \cdot L_F$ , was bedeutet, dass die Axialspannung  $< \sigma_{\max}$  ist.

Das maximale Spannungsniveau ist:

$$\sigma_{B-C} = \frac{1/2 \cdot L \cdot F}{A_s}$$

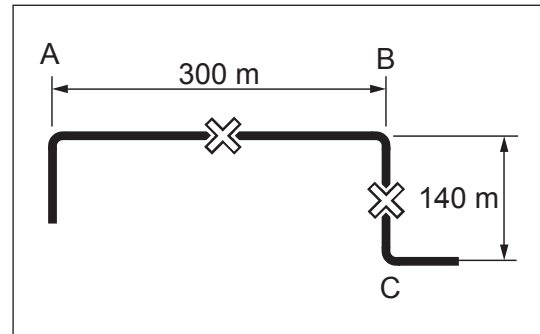
$$\sigma_{B-C} = \frac{0,5 \cdot 140 \cdot 1000 \cdot 3,35}{1252} = 187 \text{ MPa}$$



## 1b, Axiales Spannungsniveau

**Voraussetzungen für Beispiel 1b**

$\varnothing$  114,3 mm, Serie 2  
 Überdeckung  $H = 0,8$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Tabellenwerte im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen":  
 $F = 3,35$  kN/m  
 $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>

**Max. Axialspannung**

Berechnung des max. thermischen axialen Spannungsniveaus in einem Rohrsystem:  
 $\sigma_{\max} = \Delta T \cdot 2,52$  [MPa]  
 $\sigma_{\max} = (80 - 10) \cdot 2,52 = 176$  MPa

**Bereich A-B**

Berechnung der Reibungslänge:

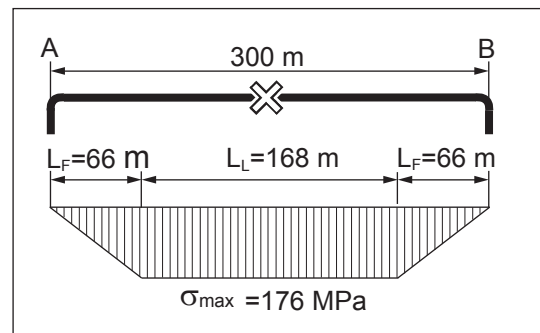
$$L_F = \frac{\sigma_{\max} \cdot A_s}{F}$$

$$L_F = \frac{176 \cdot 1252}{3,35 \cdot 1000} = 66 \text{ m}$$

Der Bereich A-B ist mehr als doppelt so lang als die Reibungslänge. Das bedeutet, dass es 2 teilweise Gleitbereiche von je 66 m gibt.

In der Mitte ist ein Haftbereich. Die Länge dieses Bereiches beträgt:

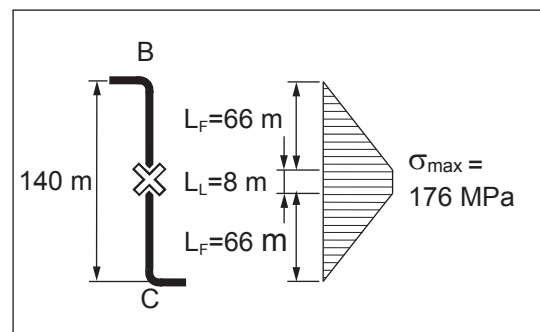
$$L_L = L - (2 \cdot L_F) = 300 - (2 \cdot 66) = 168 \text{ m}$$

**Bereich B-C**

Der Bereich B-C ist mehr als doppelt so lang als die Reibungslänge  $L_F$  was bedeutet, dass es 2 teilweise Gleitbereiche von je 66 m gibt.

In der Mitte ist ein Haftbereich. Die Länge dieses Bereiches beträgt:

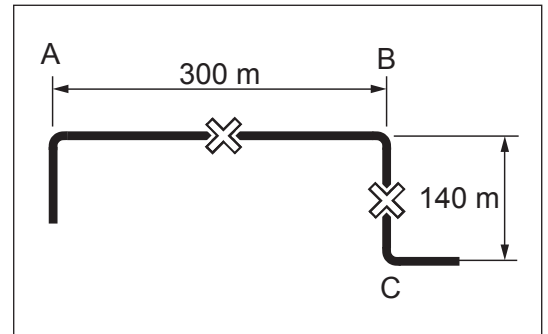
$$L_L = L - (2 \cdot L_F) = 140 - (2 \cdot 66) = 8 \text{ m}$$



## Allgemein 2a, Dehnung am Bogen

### Voraussetzungen für Beispiel 2a

$\varnothing$  114,3 mm, Serie 2  
 Überdeckung  $H = 0,8$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 120^\circ\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^\circ\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^\circ\text{C}$   
 Tabellenwerte im Abschnitt "Gerade  
 Röhre: Spannungsreduzierung mit  
 Bogen - Tabellen: Montagelängen":  
 $F = 3,35$  kN/m  
 $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>

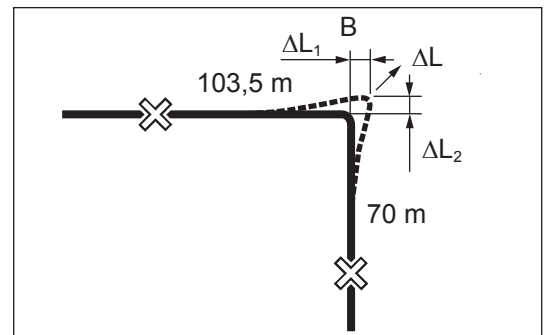


### Berechnung der Bewegung im Punkt B

Die Berechnung der Dehnung am Ende eines Rohrabschnittes im Punkt B wird in 3 Teile aufgeteilt:

1. Berechnung der Dehnung vom Rohrabschnitt A-B,  $\Delta L_1$
2. Berechnung der Dehnung vom Rohrabschnitt B-C,  $\Delta L_2$
3. Die gesamte Radialbewegung des Dehnungsbogens B,  $\Delta L$

Der Abstand  $L$  ist der Abstand vom natürlichen Festpunkt zum Bogen und kann maximal die Reibungslänge  $L_F$  sein.



#### Von A-B:

Der Abstand vom Bogen zum natürlichen Festpunkt ist  $\frac{1}{2} \cdot 300 = 150$  m.

$L_F$  ist 103,5 m (im Beispiel 1a berechnet).

$L = 103,5$  m ( $< 150$  m) wird im Beispiel für  $L_1$  angewandt.

$$\Delta L_1 = L_1 \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L_1^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

Berechnung von  $\Delta L_1$ :

$$\Delta L_1 = 103500 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (120 - 10) - \frac{3,35 \cdot 103500^2}{2 \cdot 1252 \cdot 210000} = 68 \text{ mm}$$

#### Von B-C:

Der Abstand vom Bogen zum natürlichen Festpunkt ist  $\frac{1}{2} \cdot 140 = 70$  m.

$L_F$  ist 103,5 m (im Beispiel 1a berechnet).

$L = 70$  m ( $< 103,5$  m) wird im Beispiel für  $L_2$  angewandt.

Berechnung von  $\Delta L_2$ :

$$\Delta L_2 = 70000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (120 - 10) - \frac{3,35 \cdot 70000^2}{2 \cdot 1252 \cdot 210000} = 61 \text{ mm}$$

#### Radialbewegung im Punkt B:

Radialverschiebungen bei B sind:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2}$$

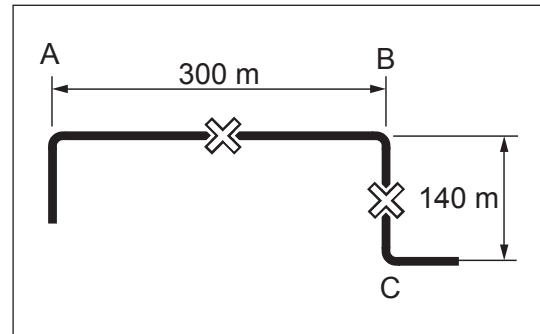
$$\Delta L = \sqrt{68^2 + 61^2} = 91 \text{ mm}$$

Wie diese Dehnung zu handhaben ist, siehe Abschnitt "Richtungsänderungen".

## Allgemein 2b, Dehnung am Bogen

### Voraussetzungen für Beispiel 2b

$\varnothing$  114,3 mm, Serie 2  
 Überdeckung  $H = 0,8$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 80^\circ\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^\circ\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^\circ\text{C}$   
 Tabellenwerte im Abschnitt "Gerade  
 Rohre: Spannungsreduzierung mit  
 Bogen - Tabellen: Montagelängen":  
 $F = 3,35$  kN/m  
 $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>



### Berechnung der Bewegung im Punkt B

#### Von A-B:

Der Abstand vom Bogen zum natürlichen Festpunkt ist:  
 $\frac{1}{2} \cdot 300 = 150$  m.  
 $L_F$  er 66 m (im Beispiel 1b berechnet).  
 $L = 66$  m ( $< 150$  m) wird im Beispiel für  $L_1$   
 angewandt.

$$\Delta L_1 = L_1 \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L_1^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

Berechnung von  $\Delta L_1$ :

$$\Delta L_1 = 66000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (80 - 10) - \frac{3,35 \cdot 66000^2}{2 \cdot 1252 \cdot 210000} = 28 \text{ mm}$$

#### Von B-C:

Der Abstand vom Bogen zum natürlichen Festpunkt ist  $\frac{1}{2} \cdot 140 = 70$  m.  
 $L_F$  er 66 m (im Beispiel 1b berechnet).  
 $L = 66$  m ( $< 70$  m) wird im Beispiel für  $L_2$  angewandt.

Berechnung von  $\Delta L_2$ :

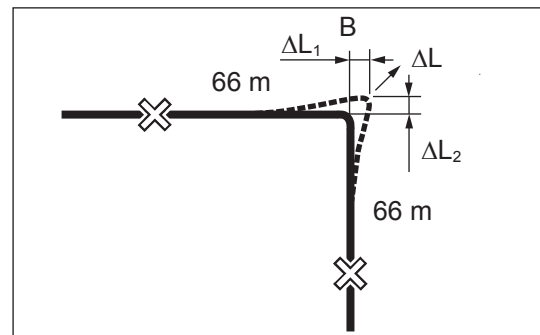
$$\Delta L_2 = 66000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (80 - 10) - \frac{3,35 \cdot 66000^2}{2 \cdot 1252 \cdot 210000} = 28 \text{ mm}$$

#### Radialbewegung im Punkt B

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2}$$

$$\Delta L = \sqrt{28^2 + 28^2} = 40 \text{ mm}$$

Wie diese Dehnung zu handhaben ist, siehe Abschnitt "Richtungsänderungen".





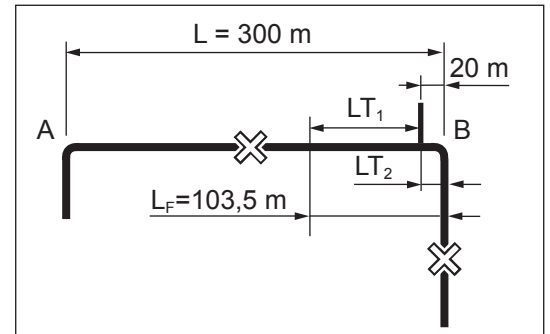
## Allgemein 3a, Dehnung an Abzweigen

### Voraussetzungen für Beispiel 3a

$\varnothing$  114,3 mm, Serie 2  
 Überdeckung  $H = 0,8$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 120^{\circ}\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

Tabellenwerte im Abschnitt "Gerade  
 Rohre: Spannungsreduzierung mit  
 Bogen - Tabellen: Montagelängen":

$F = 3,35$  kN/m  
 $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>



### Berechnung der Bewegung im Abzweigpunkt D

Um die Bewegung im Hauptrohr beim Abzweig zu finden, müssen folgende Werte zuerst gefunden werden:

Der Abstand vom Bogen zum natürlichen Festpunkt für Bereich A-B ist  $\frac{1}{2} \cdot 300 = 150$  m.

$L_F$  ist 103,5 m (im Beispiel 1a berechnet).

$L = 103,5$  m ( $< 150$  m) ist im Beispiel angewandt worden.

$L_{T1} = L - L_{T2} = 103,5 - 20 = 83,5$  m

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{T1} - \frac{F(2 \cdot L - L_{T1}) \cdot L_{T1}}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (120-10) \cdot 83500 - \frac{3,35(2 \cdot 103500 - 83500) \cdot 83500}{2 \cdot 210000 \cdot 1252} = 45 \text{ mm}$$

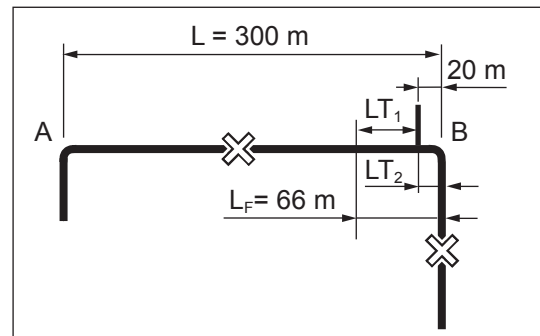
Wie diese Bewegung zu handhaben ist, siehe Abschnitt "Abzweige".

## Allgemein

### 3b, Dehnung an Abzweigen

#### Voraussetzungen für Beispiel 3b

$\varnothing$  114,3 mm, Serie 2  
 Überdeckung H = 0,8 m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 80^{\circ}\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Tabellenwerte im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen":  
 $F = 3,35 \text{ kN/m}$   
 $A_c = 1252 \text{ mm}^2$



#### Berechnung der Bewegung im Abzweigpunkt B

Um die Bewegung im Hauptrohr beim Abzweig zu finden, müssen folgende Werte zuerst gefunden werden:

Der Abstand vom Bogen zum natürlichen Festpunkt für Bereich A-B ist  $0,5 \cdot 300 = 150 \text{ m}$ .

$L_F$  ist 66 m (im Beispiel 1b berechnet).

$L = 66 \text{ m}$  ( $< 150 \text{ m}$ ) ist im Beispiel angewandt worden.

$$L_{T1} = L - L_{T2} = 66 - 20 = 46 \text{ m}$$

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_{T1} - \frac{F \cdot (2 \cdot L - L_{T1}) \cdot L_{T1}}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (80-10) \cdot 46000 - \frac{3,35 \cdot (2 \cdot 66000 - 46000) \cdot 46000}{2 \cdot 210000 \cdot 1252} = 13 \text{ mm}$$

Wie diese Bewegung zu handhaben ist, siehe Abschnitt "Abzweige".

#### Verweise

LOGSTOR Design Tool:

<https://designtool.logstor.com/Tool/Form.aspx?ApplicationId=18749619-698b-47c3-8dbe-c54c42282ccb>

## Festlegung des zulässigen Spannungsniveaus

---

**Einleitung**

Dieser Abschnitt beschreibt die Verhältnisse, die vor der Festlegung des zulässigen Spannungsniveaus zu untersuchen sind.

Er beschreibt auch, wie das zulässige Spannungsniveau festzulegen ist und wie es eventuell reduziert werden kann.

Er enthält auch typische Spannungsdiagramme für verschiedene Systeme mit und ohne Spannungsreduzierung.

---

**Inhalt**

Festlegung des zulässigen axialen Spannungsniveaus

Axialspannungen ohne Spannungsreduzierung

Reduzierung von Axialspannungen mit Bogen

Reduzierung von Axialspannungen durch Vorspannung

Reduzierung von Axialspannungen mit E-Comp

---

## Festlegung des zulässigen axialen Spannungsniveaus

### Zulässiges axiales Spannungsniveau

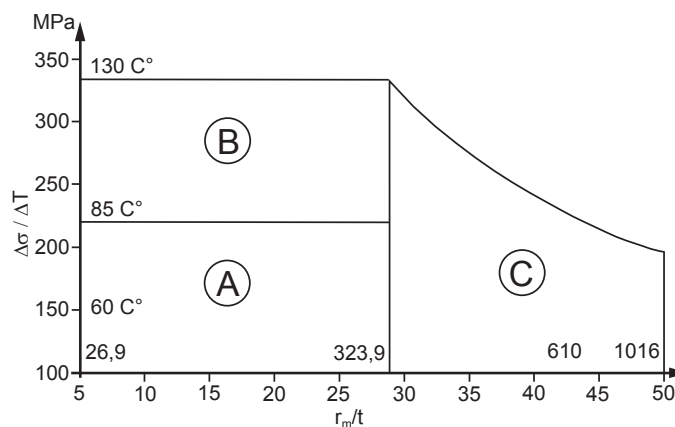
Die Festlegung des maximalen axialen Spannungsniveaus für gerade Rohrstrecken ist mit angemessener Rücksichtnahme auf die Stabilität des Rohres selbst (örtliche Stabilität) sowie die Stabilität der Rohrstrecke im Verhältnis zur Umgebung (globale Stabilität) vorzunehmen.

#### Örtliche Stabilität

Unter der Stabilität des Rohres selbst ist der Schutz gegen lokales Ausknicken oder Beulen zu verstehen.

Es besteht Gefahr für lokales Ausknicken oder Beulen bei hohen Axialspannungen und verhältnismäßig großem Durchmesser im Verhältnis zur Wanddicke.

Die Gefahr besteht jedoch nicht, wenn das axiale Spannungsniveau unter der Grenzkurve (Grenz Zustand C1 gemäß EN 13941) in untenstehender Abbildung liegt.



Siehe ausführliche Werte für die Grenzkurve unter Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierung".

#### Globale Stabilität

Zur Sicherung der Stabilität der geraden Rohrstrecken, sind mehrere Parameter zu beurteilen, die das maximale Spannungsniveau beeinflussen. Das kann durch Bedingungen bestimmt sein, die bei der Projektierung vorliegen oder Bedingungen, die im Zusammenhang mit künftigen Maßnahmen die Rohre beeinflussen.

- Aushub entlang oder quer über die Rohrleitung
- Abstand zu existierenden und künftigen Rohrsystemen
- Parallelaushub existierender und künftiger Rohrsysteme
- Stabilität von Bogenrohren bei kleiner Überdeckung
- Ausknickgefahr für Rohre mit hohen Axialspannungen
- Ausknickgefahr an Gehrungsschnitten
- Komplexität der Rohrleitung und des Rohrgrabens
- Mögliche Hindernisse im Rohrgraben im Zusammenhang mit der Bauarbeit
- Reduzierungen in geraden Rohrstrecken
- Anzahl der Abzweige und sonstige Komponente
- Platzierung der Kugelhähne
- Umfang der Dehnung an Bogen

## Festlegung des zulässigen axialen Spannungsniveaus

---

### Zulässiges axiales Spannungsniveau, fortgesetzt

EN 13941 ermöglicht die Anwendung eines axialen Spannungsniveaus mit einer Grenze gemäß der Kurve auf der vorherigen Seite.

Jeder Leitungsbetreiber muss dann auf Grund des Obenstehenden das faktische Spannungsniveau festlegen.

Das Spannungsniveau muss nicht in allen Teilen eines Rohrsystems genau gleich beurteilt werden, sondern kann aufgrund örtlicher Verhältnisse festgelegt werden.

LOGSTOR's Projektierungsmanual gibt die Möglichkeit, den ganzen Spannungsbereich in der Projektklasse-Kurve für Stabilität anzuwenden. Die einzelnen Verhältnisse sind jedoch zu überprüfen und im Vergleich zu den angeführten Begrenzungen für das Nachkommen der in der Norm angeführten Forderungen abzusichern.

Das bedeutet, dass gewisse Teilbereiche in einem Rohrsystem ohne spannungsreduzierende Maßnahmen etabliert werden können, und wieder andere Bereiche den Forderungen nach globaler Stabilität durch spannungsreduzierende Maßnahmen nachkommen müssen.

Neben der Möglichkeit das ganze Spannungsniveau in der Norm anzuwenden hat LOGSTOR in diesem Manual Forderungen an spannungsreduzierende Maßnahmen für ein Spannungsniveau von 190 MPa spezifiziert.

So kann jeder Leitungsbetreiber ergänzend zur Stabilitätsforderung selbst das einzuhaltende Spannungsniveau festlegen.

Ein axiales Spannungsniveau von 190 MPa ist seit vielen Jahren verwendet worden und gibt eine Sicherheit von 1,1 gegen ein Erreichen der Streckspannung des Stahles. Die globale Stabilität ist jedoch immer noch nach den Spezifikationen in den folgenden Abschnitten zu sichern.

System ohne spannungsreduzierende Maßnahmen, siehe Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierung".

Falls erwünscht oder erforderlich kann die Axialspannungen durch folgende Maßnahmen reduziert werden:

- Bogen
- Thermische Vorspannung im offenen Rohrgraben
- E-Comp

Diese Maßnahmen sind auf den nachfolgenden Seiten und ausführlich in den Abschnitten "Gerade Rohre": "Spannungsreduzierung mit Bogen", "Spannungsreduzierung durch Vorspannung im offenen Rohrgraben" und "Spannungsreduzierung mit E-Comps beschrieben.

Für ein optimal projektiertes System bedeutet das, dass lokale Verhältnisse berücksichtigt werden können, und falls Spannungsreduzierung in den geraden Rohrstrecken erforderlich ist, dann werden die Vorteile der einzelnen Methoden ausgenutzt und kombiniert, und so ein sowohl technisch als auch wirtschaftlich optimales System erzielt.

---

## Axialspannungen ohne Spannungsreduzierung

### Definition von niedrigen und hohen Axialspannungen

In einer geraden Rohrstrecke ohne Spannungsreduzierung - mit Ausnahme von natürlichen Richtungsänderungen - werden Belastungen infolge Temperaturschwankungen im Haftbereich als Spannungen und im teilweisen Gleitbereich als Dehnungen an Bogen aufgenommen.

#### Niedrige Axialspannung

Niedrige Berechnungstemperaturen - unter 95°C (einen Temperaturunterschied von 85°C bei Montage bei 10°C) - führen zu niedrigen Axialspannungen und sind in Projektklasse A für kleine Rohre definiert.

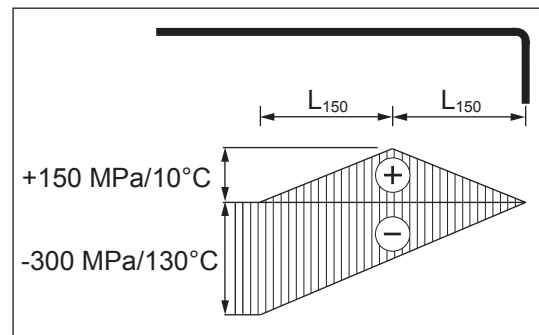
#### Hohe Axialspannung

Bei hohen Berechnungstemperaturen wird die Streckspannung des Stahles ( $R_e$ ) überschritten. Das wird als hohe Axialspannung bezeichnet und ist in Projektklasse B für kleine Rohre definiert.

### Gerade Rohr- strecke ohne Reduzierung

Thermisches axiales Spannungsniveau in einer Rohrstrecke ohne Reduzierung der Axialspannung im Mediumrohr.

In einem Rohrsystem mit hohen Axialspannungen werden die Axialspannungen beim Erwärmen von 10° C auf 130° C nach der Überdeckung höchstens -300 MPa sein.



## Reduzierung von Axialspannungen mit Bogen

### Dehnungsbogen

Axialspannungen in geraden Rohr-  
strecken können durch den Einbau von  
Dehnungsbogen in Abständen reduziert  
werden, die sichern, dass die Axial-  
spannungen nicht das faktisch zulässige  
Spannungsniveau übersteigen.

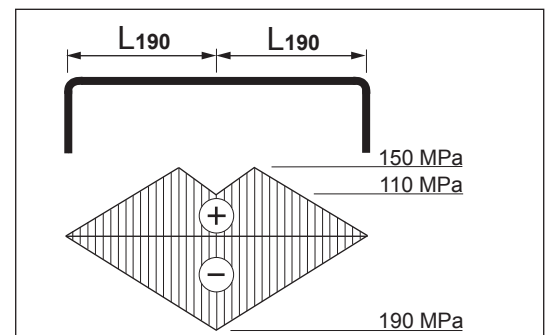
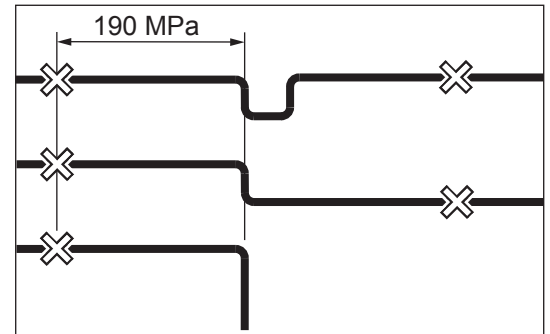
Jeder Bogen an natürlichen Richtungs-  
änderungen kann Dehnung aufne-  
hmen. Da Dehnungsbogen viel Platz er-  
fordern und verhältnismäßig teuer sind,  
werden zusätzliche Dehnungsbogen in  
der Regel nur vorgesehen, wenn keine  
andere Lösung möglich ist.

In einigen traditionellen Systemen  
werden U-Bogen durch Axialkompens-  
atore ersetzt. Gegebenenfalls kontak-  
tieren Sie bitte LOGSTOR.

Axialspannungen in einer Leitung  
werden durch Aufteilung des  
Rohrsystems in Abschnitte zwischen  
den Dehnungsbogen reduziert. Diese  
Abschnitte werden als Montagelängen  
bezeichnet, und der Index gibt das  
maximale Spannungsniveau an.

In einem Rohrsystem mit einer max.  
Betriebstemperatur von 130°C und einer  
min. Temperatur von 10°C, wird die  
Höchstspannung wie aus der Abbildung  
ersichtlich sein.

Um Näheres zu erfahren, siehe Abschnitt  
" Gerade Rohre: Spannungsreduzierung  
mit Bogen".



## Reduzierung von Axialspannungen durch Vorspannung

### Thermische Vorspannung

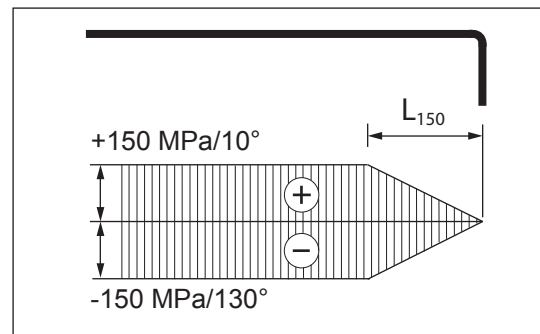
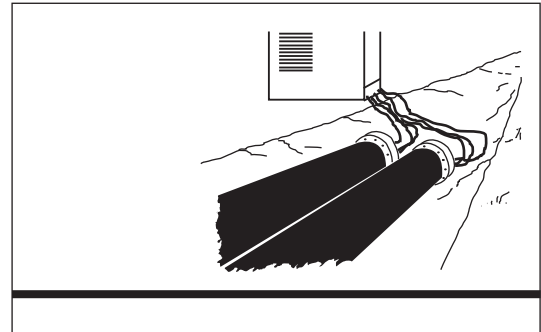
Das Erwärmen (Vorspannen) der Leitung im offenen Graben führt dazu, dass die Leitung bei Vorspannungstemperatur spannungslos ist.

Nach vollständiger Überdeckung im warmen Zustand wird die Leitung gestreckt liegen. Temperaturänderungen zur Vorspannungstemperatur führen zu kleineren maximalen Spannungen, da in Zug- und Druckspannungen aufgeteilt. Die Dehnung am Leitungsende ist ebenfalls entsprechend reduziert.

Vorspannung lässt sich mit Wasser, Dampf oder Elektrizität ausführen.

In einem Rohrsystem mit einer max. Betriebstemperatur von 130°C und einer min. Temperatur nach Überdeckung von 10°C wird die maximale Axialspannung  $\pm 150$  MPa betragen, wenn die thermische Vorspannung bei 70°C - einen Temperaturunterschied von 60°C - ausgeführt worden ist.

Um Näheres zu erfahren, siehe Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung durch Vorspannen im offenen Rohrgraben".





## Reduzierung von Axialspannungen mit E-Comp

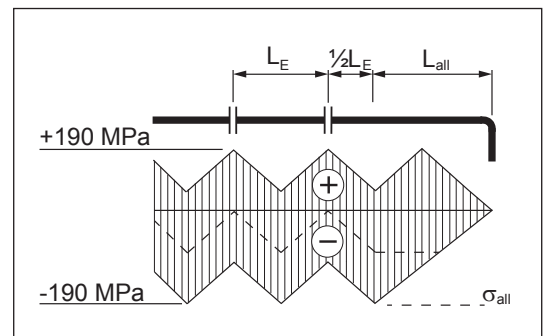
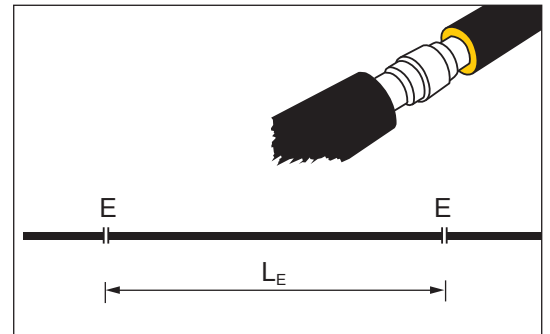
### E-Comp

Das E-System ist eine vereinfachte Montagetechnik, bei der die Temperaturänderungen in Zug- und Druckspannungen im Stahlrohr umgewandelt werden, und bei der E-Comps eingebaut werden, um einen Teil der ersten Bewegung aufzunehmen.

E-Comp ist ein Einmalkompensator zur Aufnahme von Dehnungen.

Nach dem ersten Erwärmen und Verschweißen der E-Comp wird das System lange Haftbereiche ohne Bewegungen haben.

In einem Rohrsystem mit einer max. Betriebstemperatur von 130°C und einer min. Temperatur von 10°C werden sich die Spannungen wie in der Abbildung ersichtlich einstellen, aber das zulässige Spannungsniveau von 190 MPa nicht überschreiten.



## Vor- und Nachteile des axialen Spannungsniveaus

### Vor- und Nachteile

System	Vorteile	Nachteile
<b>Ohne Spannungsreduzierung</b> Typische Anwendung: - Transportleitungen - Hauptleitungen	Einfache Montage Der Rohrgraben kann laufend verfüllt werden Keine Kosten für Vorwärmen oder zusätzliche Kompensationskomponenten Lange Haftbereiche, in denen die Rohre sich nicht bewegen können	<b>Niedrige Axialspannungen</b> Keine <b>Hohe Axialspannungen</b> Hohe Axialspannungen Die erste Dehnung ist groß Nicht möglich bei großen Dimensionen bei hohen Temperaturen Besondere Sorgfalt bei Frei- oder Parallelgrabung
<b>Spannungsreduzierung mit Bogen</b> Typische Anwendung: - Hauptleitungen - Verteilerleitungen	Reduzierte Axialspannungen Der Rohrgraben kann laufend verfüllt werden Weniger Begrenzungen bei späterer Frei- und Parallelgrabung	Zusätzliche Kosten für Bogen Das ganze Rohrsystem bewegt sich im Boden Erhöhter Druckverlust
<b>Spannungsreduzierung mit thermischer Vorspannung</b> Typische Anwendung: - Große Transportleitungen ausserhalb städtischer Bebauung	Reduzierte Axialspannungen Keine zusätzlichen Kosten für Kompensationskomponenten Lange Haftbereiche, in denen die Rohre sich nicht bewegen können Weniger Begrenzungen bei späterer Frei- und Parallelgrabung	Der ganze Rohrgraben muss während des Vorwärmens offen sein Zusätzliche Kosten für Wärmequelle Wärmequelle muss zur Verfügung stehen, ehe der Rohrgraben verfüllt wird
<b>Spannungsreduzierung mit E-Comp</b> Typische Anwendung: Große Transportleitungen in städtischer Bebauung	Der Rohrgraben kann vor Aufwärmen teilweise verfüllt werden Oft nicht notwendig Spannungen in der Rücklaufleitung zu reduzieren Lange Haftbereiche, in denen die Rohre sich nach dem Aufwärmen nicht bewegen können Weniger Begrenzungen bei späterer Frei- und Parallelgrabung	Wiederherstellung des Loches um den E-Comp erst nach Aufwärmen möglich Zusätzliche Kosten für E-Comps Die Anzahl von E-Comps steigt mit der Verlegetiefe

Es kann vorteilhaft sein, die verschiedenen Methoden zu kombinieren, um die beste technische und wirtschaftliche Lösung für das System zu erreichen.

## Der Rohrgraben

# Übersicht

---

**Einleitung**

Dieser Abschnitt enthält die Projektierungsregeln für den Rohrgraben, Abstände zwischen Rohren und dem Verfüllmaterial um Rohrpaare herum.

---

**Inhalt**

Dimensionen des Rohrgrabens  
Verfüllmaterial  
Überdeckung  
Freilegung von Rohren

---

## Der Rohrgraben

### Dimensionen des Rohrgrabens

#### Grundlage

Um eine gute Reibung zwischen Boden und Mantelrohr zu erreichen, ist der Rohrgraben so zu gestalten, dass mindestens 100 mm steinfreies Reibmaterial die Rohre umgibt. Das Reibmaterial schützt das Mantelrohr vor scharfen Steinen und ermöglicht eine gleichmäßige Reibung zwischen Mantelrohr und Verfüllmaterial.

#### Querschnitt

Der Querschnitt des Rohrgrabens ist im Ausgangspunkt gemäß den Forderungen in EN 13941 sowie örtlichen Richtlinien für die Sicherheit und die Arbeitsumwelt zu gestalten.

Um ausreichendes Reibmaterial um die Rohre zu sichern, sind die Maße des abgebildeten Querschnittes einzuhalten

Zwei Markierungsbänder oder ein Markierungsnetz zur Markierung der Position der Rohre min. 100 mm über die Rohre platzieren.

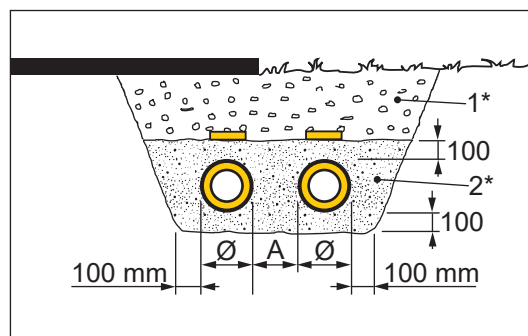
1\*) Verfüllzone

2\*) Rohrleitungszone (Reibmaterial)

LOGSTOR empfiehlt den Rohrabstand A nach der Tabelle.

Schon existierende Kabel und Rohre im Boden und die eventuelle Notwendigkeit, den Rohrgraben zu drainieren, sind zu berücksichtigen.

In Bereichen mit schlechter Bodenqualität kann es notwendig sein, eine größere Menge der Erde zu ersetzen, um Setzungen/Verschiebungen vorzubeugen.



Mantelrohr Ø mm	Abstand A zwischen Mantel- rohren mm
90 - 225	150
250 - 560	250
630 - 1400	300

## Der Rohrgraben Verfüllmaterial

### Reimaterial

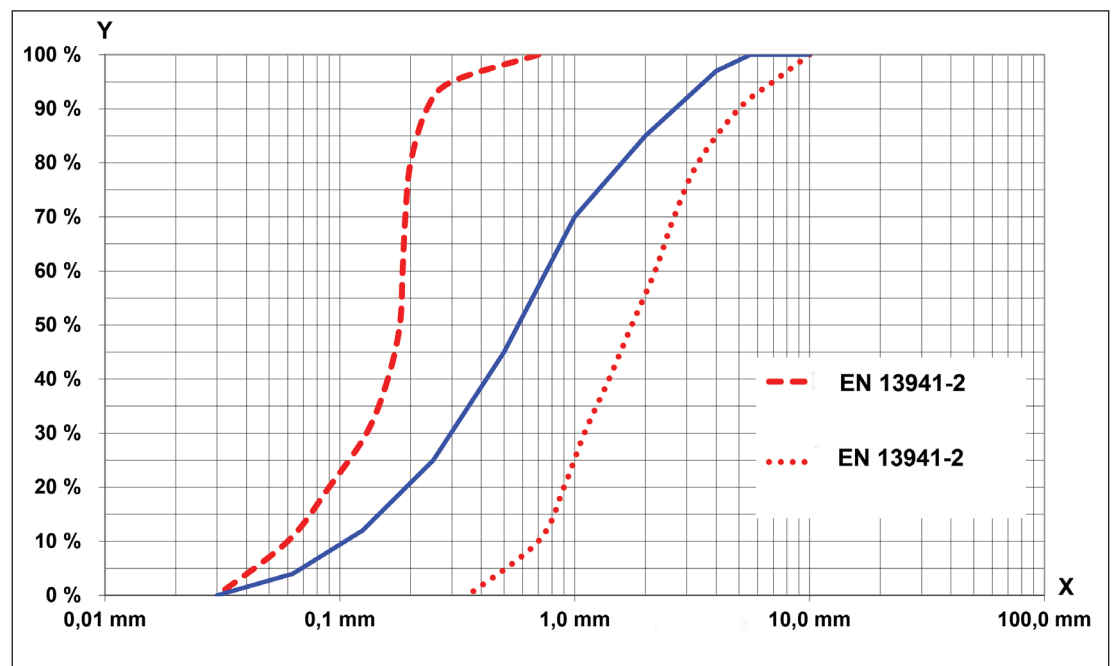
Das Verfüllmaterial in der Rohrleitungszone (Zone 2) muss untenstehenden Forderungen nachkommen, und eine Siebanalyse wie z.B. die blaue Kurve muss nach EN 13941-2 zwischen den 2 roten Grenzkurven liegen:

- Max. Korngröße  $\leq 10 \text{ mm}$
- Regelmäßigkeitskoeffizient  $\frac{d_{60}}{d_{10}} \geq 1,8$

Die Regelmäßigkeitskoeffizient wird bei einem Siebttest ermittelt.

$d_{60}$  ist die Korngröße, bei der 60% durch das Sieb fallen.

$d_{10}$  ist die Korngröße, bei der 10% durch das Sieb fallen.



x-Achse: Körnung in mm

y-Achse: Durchgang in Gewichtsprozent

Das Material sollte keine schädlichen Mengen an Pflanzenresten, Humus, Lehm- oder Schlammklumpen enthalten.

Besonders bei größeren Rohren ist es wichtig auf die Menge von feinkörnigem Material im Verfüllmaterial aufmerksam zu sein, um die Gefahr einer Tunnelwirkung bei Abkühlung der Rohre zu vermeiden.

### Verdichtung

Sicherstellen, dass das Verfüllmaterial den ganzen Weg rund um die Rohre liegt und, dass die Verfüllung gleichmäßig und gut verdichtet wird.

Den Sand an den Seiten und zwischen den Mantelrohren verdichten.

Die Reibung basiert auf einer mittleren Verdichtung von 97% Standardproctor ohne Werte unter 94% Standardproctor.

Bitte beachten, dass Sonderforderungen infolge von z.B. Wegebauarbeit zu berücksichtigen sind.

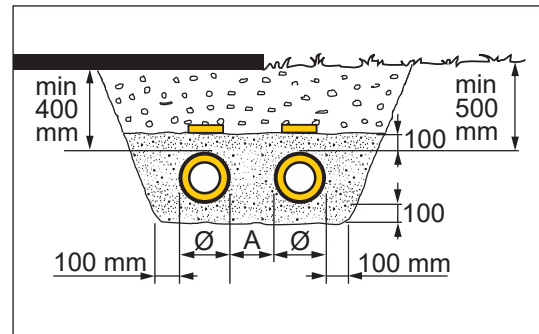
Bitte Sonderforderungen an Dehnungsbereiche beachten, siehe Abschnitt "Dehnungsaufnahme".

## Der Rohrgraben Überdeckung

### Min. Überdeckung

Von der Asphalt-/Betonsohle zum Scheitel des Mantelrohres wird eine min. Überdeckung von 400 mm empfohlen.

Vom Scheitel unbefestigter Flächen zum Scheitel des Mantelrohres wird eine min. Überdeckung von 500 mm empfohlen.

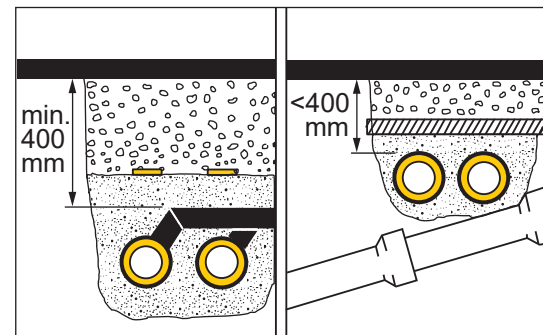


Bei Abzweigen werden die 400 mm vom Scheitel der Abzweigung berechnet.

Wenn die min. Überdeckung nicht erreichbar ist, sind die Rohre z.B. mittels einer armierten Beton- oder Stahlplatte vor Überbelastung zu schützen.

Wenn der Grundwasserspiegel über den Scheitel der Rohre liegt, ist es notwendig, die globale Stabilität bezüglich des angewandten axialen Spannungsniveaus zu überprüfen.

Um weitere Auskünfte zu erhalten, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR.



### Verkehrslast

Kommt die min. Überdeckung den voranstehenden Empfehlungen nach, sind die Rohre vor schweren Verkehrslasten (100 kN Raddruck) bis zu DN 600 sicher.

Ist die Überdeckung geringer, ist es notwendig z.B. eine Stahlplatte oder eine armierte Betonplatte zu verwenden.

## Der Rohrgraben Überdeckung

### Max. Überdeckung

Um die Haftung zwischen dem Stahlmediumrohr und dem PUR-Schaum zu sichern, sollen die Rohre nicht zu tief im Boden verlegt werden.

Wenn die folgenden Höchstwerte beachtet werden, wird die Reibungskraft innerhalb der Grenze für Schubspannungen im Rohr nach EN 13941 liegen.

Unter besonderen Umständen können die Rohre tiefer verlegt werden, besonders wenn sie in den Haftbereichen liegen.

Um weitere Auskünfte zu erhalten, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR.

Stahlrohr Ø mm	Max Überdeckung über Rohre		
	Serie 1 m	Serie 2 m	Serie 3 m
26,9	2,00	1,70	1,50
33,7	2,60	2,10	1,80
42,4	2,60	2,30	2,00
48,3	3,00	2,60	2,30
60,3	3,30	2,90	2,50
76,1	3,70	3,30	2,90
88,9	3,60	3,20	2,90
114,3	3,90	3,40	3,00
139,7	4,10	3,70	3,30
168,3	4,40	3,90	3,50
219,1	4,60	4,10	3,60
273,0	4,50	4,00	3,50
323,9	4,70	4,20	3,70
355,6	4,70	4,20	3,60
406,4	4,70	4,20	3,70
457,0	4,80	4,20	3,70
508,0	4,70	4,10	3,60
610,0	4,90	4,30	3,90

### Wiederverwend- ung ursprüng- lichen Verfüllmaterials

In den Haftbereichen,  $L_L$ , kann das Aushubmaterial wiederverwendet werden, wenn es sandhaltig ist und nach Entfernung von Partikeln  $> 60$  mm.

Das Verfüllmaterial darf nicht mehr als 2% organischen Materials enthalten.

Die Wiederherstellung ist in so einer Weise auszuführen, dass sie den Forderungen örtlicher Behörden nachkommen.

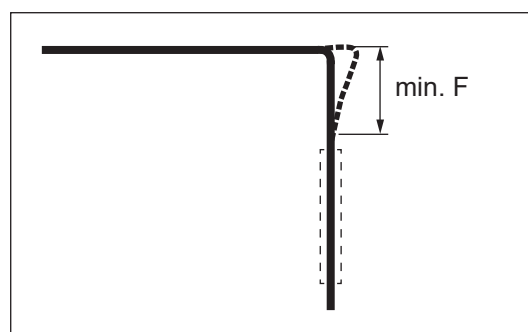
Abzweigverbindungen zu diesen Bereichen sind mit Reibungsmaterial zu verfüllen, siehe Abschnitt "Rohrgraben: Verfüllmaterial".

### Querung im Schutzrohr

Querungen in Schutzrohren sind mit angemessener Rücksichtnahme auf Folgendes zu tätigen:

- Verwendung von Auflagern zur Sicherung von Rohren und Verbindungen
- Der Abstand zwischen den Auflagern ist im Verhältnis zum axialen Spannungsniveau im Stahlrohr festzulegen, siehe globale Stabilität.
- Weniger Reibung im Schutzrohr, was zu größeren Dehnungen bei Bogen führen kann, besonders wenn das Schutzrohr nahe an einem Ende platziert ist.

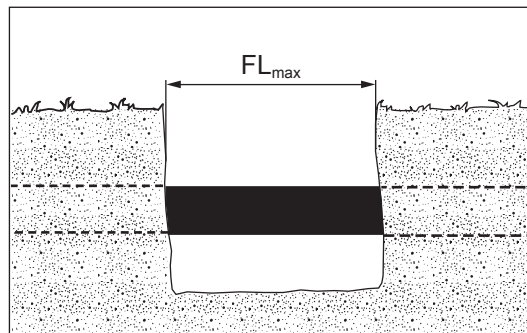
- Wenn das Rohr laterale Bewegungen, z.B. nahe an Bogen und Abzweigen ausgesetzt ist, soll ausreichender Platz vorhanden sein oder es ist zu sichern, dass das Schutzrohr endet, wo die laterale Bewegung gleich null ist. Länge des F-Maßes, siehe Abschnitt "Richtungsänderungen".



## Der Rohrgraben Freilegung von Rohren

### Max. Freilegungslänge

Die zulässige Freilegungslänge für ein Rohr in Betrieb hängt vom aktuellen Spannungsniveau im Mediumrohr an dieser Stelle ab.



Aus der Tabelle gehen die max. Freilegungslängen,  $FL_{190}$ , bei einem axialen Spannungsniveau von 190 MPa hervor.

Übersteigen die Axialspannungen die Streckspannung, ist die dritte Spalte anzuwenden.

Das ist der Fall, wenn die Axialspannung höher als ca. 210 MPa ist oder bei einem Temperaturunterschied von 85°C.

Weicht das tatsächliche Spannungsniveau davon ab, kann folgende Formel zur Berechnung der Länge  $FL_{max}$  verwendet werden:

$$FL_{max} = FL_{190} \cdot \sqrt{\frac{190}{\sigma}}$$

Beispiel

Das tatsächliche Spannungsniveau ist 120 MPa

Rohr:  $\varnothing 219,1$ ;  $FL_{190} = 6,5$  m

$$FL_{max} = 6.5 \cdot \sqrt{\frac{190}{120}} = 8.1 \text{ m}$$

Stahlrohr $\varnothing$ mm	$FL_{190}$ m	$\sigma_{axial} > ReT$ ( $\Delta T > 85^\circ C$ ) m
26,9	0,7	0,5
33,7	0,9	0,7
42,4	1,2	0,8
48,3	1,4	1,0
60,3	1,7	1,2
76,1	2,2	1,5
88,9	2,6	1,8
114,3	3,3	2,3
139,7	4,1	2,8
168,3	4,9	3,4
219,1	6,5	4,4
273,0	8,1	5,5
323,9	9,6	6,5
355,6	10,5	7,1
406,4	12,0	8,1
457,0	13,6	9,1
508,0	15,1	10,2
610,0	18,1	12,2

### Abstand zu anderen Versorgungs- leitungen

Vorgedämmte Rohre sind mit angemessener Abstand zu anderen Versorgungsleitungen zu verlegen.

Offt gibt es örtliche Vorschriften in verschiedenen Ländern und Regionen, die bitte zu beachten sind.

Wenn besondere Forderungen an die Temperatur des Mantelrohres gestellt werden, lässt sich diese mittels LOGSTOR Calculator, das auf <http://calc.logstor.com> kostenlos zur Verfügung steht, berechnen.

### Verweise

Handhabung & Montage Abschnitt: "Allgemein: Graben, Verlegen und Einsanden beim Grabenaushub".



## Gerade Rohre Übersicht

---

**Einleitung** Dieser Abschnitt gibt eine detaillierte Beschreibung von den Verfahren zur Reduzierung von Axialspannungen und vom max. Spannungsniveau für hohe Axialspannungen in geraden Rohrstrecken.

---

**Inhalt** Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen  
Spannungsreduzierung mit Bogen  
Spannungsreduzierung, Vorspannung im offenen Rohrgraben  
Spannungsreduzierung mit E-Comps

---

## Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen

### Definition

Wenn eine gerade Rohrstrecke ohne Spannungsreduzierung - mit Ausnahme natürlicher Richtungsänderungen - etabliert wird, wird der Einfluss von Temperaturänderungen im Haftbereich als Spannungen und im teilweisen Gleitbereich bei Bogen als Dehnungen aufgenommen.

### Niedrige Axialspannung

Niedrige Berechnungstemperaturen - unter 95°C (einen Temperaturunterschied von 85°C zur Montage bei 10°C) - führen zu niedrigen Axialspannungen und sind in Projektklasse A für kleine Rohre definiert.

### Hohe Axialspannung

Bei hohen Berechnungstemperaturen wird die Streckspannung des Stahles (Re) überschritten. Das führt zu hohen Axialspannungen und ist in Projektklasse B für kleine Rohre definiert.

### Spannungsdiagramm

Die maximale Axialspannung im Haftbereich lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

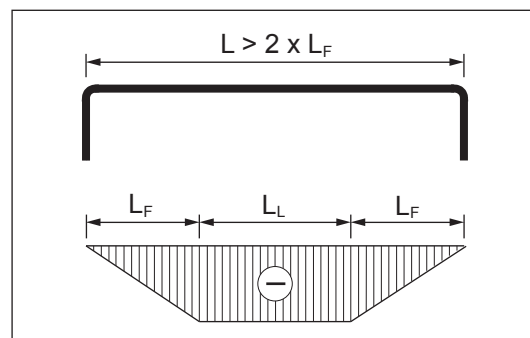
Von den Bogen steigt die Spannung von Null auf  $\sigma_{\max}$ . Der Abstand wird  $L_F$ , Reibungslänge benannt.

Das Diagramm basiert auf einem Abstand zwischen Bogen, der länger als  $2 \cdot L_F$  ist.

Für Einzelheiten siehe Abschnitt "Allgemein: Axiales Spannungsniveau".

$L_L$  = Haftbereich

$L_F$  = Reibungslänge



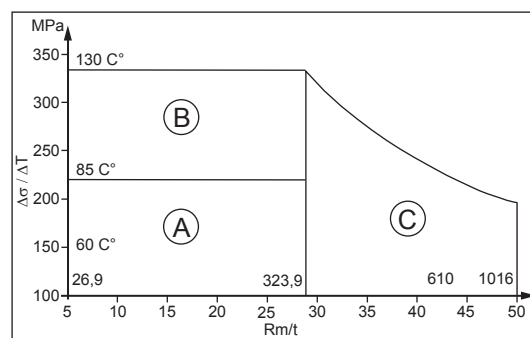
### Max. Temperatur-/ Axialspannungsniveau

Aus der Abbildung geht der max. zulässige Spannungs- oder Temperaturunterschied für Systeme mit hohen Axialspannungen für Stahlqualitäten und Dimensionen nach EN 253 hervor.

Das Diagramm ist in EN 13941 angeführt.

Die horizontale Achse ist das Verhältnis zwischen dem Mittelradius und der Wanddicke des Stahlrohres.

Die senkrechte Achse ist die max. Axialspannungen, und der Temperaturunterschied zwischen der Montage- und der Höchsttemperatur.



## Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen

### Max. Temperatur-/ Axialspannungsniveau, fortgesetzt

Für Dimensionen bis zu und einschl.  $\varnothing$  323,9 mm ist die zulässige Temperaturlast  $\Delta T = 130^\circ\text{C}$ , was einem axialen Spannungsniveau von 334 MPa entspricht.

Bei größeren Dimensionen fällt die zulässige Temperaturlast wegen der Gefahr örtlicher Instabilität.

Sind die Spannungsgrenzen in der Tabelle oder die max. Temperaturunterschiede beachtet, können die Rohre ohne Spannungsreduzierung verlegt werden.

<sup>1)</sup> Der Temperaturunterschied basiert auf  $\alpha$  und E bei  $130^\circ\text{C}$

Für Parameter, die bei der Überprüfung der globalen Stabilität zu beurteilen sind, siehe detaillierte Festlegung von Spannungen im Abschnitt "Allgemein: Projektklassen".

$\varnothing$ mm	Grenzen	
	$\Delta\sigma$ [MPa]	$\Delta T$ [ $^\circ\text{C}$ ] <sup>1)</sup>
355,6	308	120
406,4	279	109
457	249	97
508	225	88
610	212	83
711	205	80
813	198	77
914	200	78
1016	198	77
1219	188	73

### Konklusion

Montage ohne Spannungsreduzierung führt die niedrigsten Anlagekosten mit sich. Für Systeme mit niedrigen Betriebstemperaturen ist dieses Montageverfahren absolut vorzuziehen.

Für Systeme mit hohen Axialspannungen ist das Verfahren vorteilhaft - besonders für kleinere Dimensionen in Gebieten ohne oder mit wenigen erdverlegten Versorgungsleitungen.

Für große Dimensionen kann ein niedrigeres max. Spannungsniveau aus folgenden Gründen geeigneter sein:

- Große Bewegungen bei Abzweigen und Bogen
- Gebiete mit vielen Hindernissen im Boden
- Viele Richtungsänderungen
- Komplexität des Systems
- Globale Stabilität

Für Informationen über Abstände siehe Abschnitt "Der Rohrgraben".

## 1a, Beispiel ohne Spannungsreduzierung

**Voraussetzungen  
für Beispiel 1a**

Gerader Rohrabschnitt:	1800 m
Dimension:	ø139,7 mm, Serie 2
Überdeckung:	H = 0,8 m
Max. Berechnungstemperatur:	$T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$
Min. Berechnungstemperatur:	$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
Montagetemperatur:	$T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

**Max.  
Axialspannung**

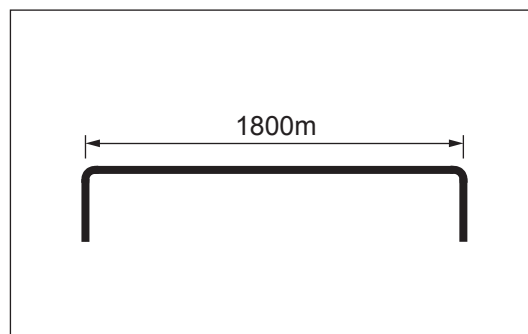
Max. Spannungsniveau im Haftbereich:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (130 - 10) \cdot 2,52 = 302 \text{ MPa}$$

Der gerade Rohrabschnitt kann ohne Spannungsreduzierung verlegt werden, da der Temperaturunterschied kleiner als 334 MPa ist, das die Grenze für ein ø139,7 mm Rohr ist, siehe Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen".

Wie im Abschnitt "Allgemein: Projekt-klassen" angeführt ist das möglich unter Berücksichtigung der globalen Stabilität, Bogen und Abzweigen.



## 1b, Beispiel ohne Spannungsreduzierung

<b>Voraussetzungen für Beispiel 1b</b>	Gerader Rohrabschnitt:	2500 m
	Dimension:	∅ 457 mm, Serie 1
	Überdeckung:	H = 1,0 m
	Max. Berechnungstemperatur:	$T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$
	Min. Berechnungstemperatur:	$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
	Montagetemperatur:	$T_{\text{ins}} = 0^{\circ}\text{C}$

**Max.  
Axialspannung**

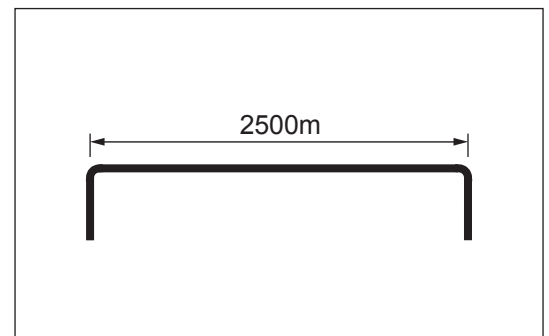
Max. Spannungsniveau im Haftbereich:

$$\sigma_{\max} = (T_{\max} - T_{\text{ins}}) \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\max} = (100 - 0) \cdot 2,52 = 252 \text{ MPa}$$

Der gerade Rohrabschnitt kann ohne Spannungsreduzierung verlegt werden, da der Axialspannungsunterschied kleiner als 270 MPa ist, das die Grenze für ein ∅ 457 mm Rohr ist, siehe Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen".

Wie im Abschnitt "Allgemein: Projektklassen" angeführt ist das möglich unter Berücksichtigung der globalen Stabilität, Bogen und Abzweigen.



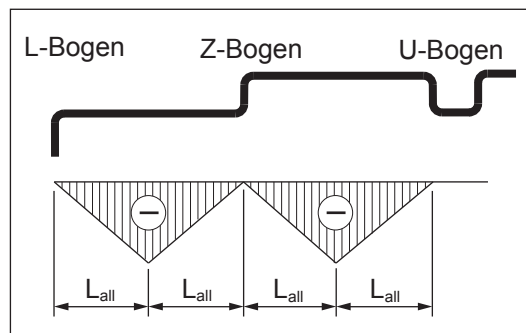
## Gerade Rohre Spannungsreduzierung mit Bogen

### Definition

Bei Spannungsreduzierung mit Bogen werden die Rohre vor dem Aufwärmen des Systems zugedeckt. Der Abstand zwischen den Dehnungsbogen ist angepasst worden, um zu sichern, dass der Abstand zwischen 2 Bogen nur so lang ist, dass die Axialspannungen das festgelegte Spannungsniveau nicht überschreiten. Der Abstand von einem Bogen zum Punkt mit dem erwünschten Spannungsniveau wird die Montagelänge benannt und hat Indizes mit dem faktischen Spannungsniveau.

Beispiel:

$L_{190}$  ist der Abstand, der zu einem Spannungsniveau von 190 MPa führt. Das heißt, dass die Länge zwischen 2 Bogen höchstens  $2 \cdot L_{190}$  sein kann. Ist sie länger, wird das angeführte Spannungsniveau überschritten.



### Montagelänge

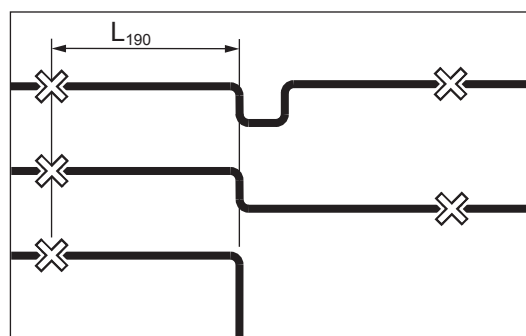
$L_{190}$

Im Prinzip kann die zulässige Spannung frei gewählt werden, vorausgesetzt sie liegt innerhalb der Grenzkurve für örtliche Stabilität, siehe Abschnitt "Allgemein: Festlegung des zulässigen axialen Spannungsniveaus". In den Tabellen im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" ist die Montagelänge  $L_{190}$  für 190 MPa axiales Spannungsniveau als eine Funktion der Überdeckung angeführt. Dieses Niveau lässt sich anhand der Formeln auf der nächsten Seite in ein anderes Niveau umwandeln.

Ein Bereich oder ein Abschnitt mit Spannungsreduzierung mit Bogen kann problemlos mit einem System mit hohen Axialspannungen kombiniert werden, wenn eine Spannungsreduzierung in gewissen Bereichen des Systems aufgrund Stabilität usw. erforderlich ist.

Anwendbare Bogen: L-, Z- oder U-Bogen. Der Winkel muss immer zwischen  $80^\circ$  und  $90^\circ$  sein, sonst können die Bogen nicht als frei ausdehnend betrachtet werden, und besondere Berechnungen sind auszuführen.

Berechnung des Bogens siehe Abschnitt "Richtungsänderungen".



## Gerade Rohre Spannungsreduzierung mit Bogen

### Montagelänge $L_{190}$ , fortgesetzt

Spannungsreduzierung - besonders mit U-Bogen - ist ein kostspieliges Verfahren und soll folglich nur angewandt werden, wenn andere Lösungen nicht verwendbar sind.

Die Verwendung von Axialkompensatoren kann als eine Dehnung angesehen werden, aber sie wurden hauptsächlich früher verwendet. Wenn Axialkompensatoren zu verwenden sind, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR Denmark Holding ApS.

### Montagelängen, andere Spannungsniveaus

Zur Berechnung der Montagelänge für andere Spannungsniveaus lässt folgende Formel sich anwenden:

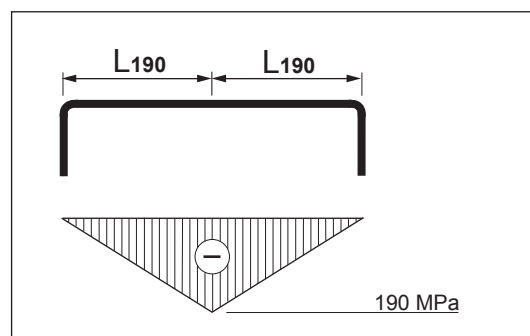
$$L_{\text{all}} = L_{190} \frac{\sigma_{\text{all}}}{190}$$

wo  $L_{190}$  der Tabelle für die faktische Dimension und Überdeckung zu entnehmen ist

oder

$$L_{\text{all}} = \frac{\sigma_{\text{all}} \cdot A_s}{F}$$

wo die Querschnittsfläche  $A_s$  und Reibungskraft  $F$  den Tabellen im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" für die faktische Dimension und Überdeckung entnommen ist.



## Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabelle: Montagelängen

<b>Voraussetzungen für die Tabellen</b>	Zulässiges axiales Spannungsniveau	$\sigma_{\text{all}}$	190 MPa
	Bodenreibungswinkel	$\varphi$	32,5 °
	Bodendichte	$\gamma$	19 kN/m <sup>3</sup>
	Reibungskoeffizient, PE/Boden	$\mu$	0,40

Serie 1, L<sub>190</sub>

d mm	D <sub>C</sub> mm	A <sub>s</sub> mm	Reibungskraft F				Montagelänge L <sub>190</sub>			
			H=0,60 m kN/m	H=0,80 m kN/m	H=1,00 m kN/m	H=1,50 m kN/m	H=0,60 m m	H=0,80 m m	H=1,00 m m	H=1,50 m m
26,9	90	198	0,97	1,28	1,59	2,38	39	29	24	16
33,7	90	254	0,97	1,29	1,6	2,38	50	38	30	20
42,4	110	325	1,2	1,58	1,96	2,91	52	39	32	21
48,3	110	373	1,2	1,58	1,96	2,92	59	45	36	24
60,3	125	523	1,37	1,81	2,24	3,33	72	55	44	30
76,1	140	667	1,55	2,04	2,52	3,74	82	62	50	34
88,9	160	862	1,79	2,35	2,9	4,29	91	70	56	38
114,3	200	1252	2,28	2,97	3,66	5,4	105	80	65	44
139,7	225	1539	2,59	3,38	4,16	6,11	113	87	70	48
168,3	250	2065	2,93	3,8	4,66	6,83	134	103	84	57
219,1	315	3034	3,8	4,89	5,99	8,72	152	118	96	66
273	400	4210	4,98	6,37	7,75	11,22	161	126	103	71
323,9	450	5600	5,75	7,31	8,87	12,78	185	145	120	83
355,6	500	6158	6,49	8,23	9,96	14,3	180	142	117	82
406,4	560	7919	7,47	9,41	11,35	16,21	201	160	133	93
457	630	8920	8,60	10,79	12,97	18,44	197	157	131	92
508	710	9930	9,93	12,39	14,85	21,01	190	152	127	90
610	800	13448	11,70	14,47	17,25	24,18	218	177	148	106



## Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabelle: Montagelängen

Serie 2, L<sub>190</sub>

d mm	D <sub>C</sub> mm	A <sub>s</sub> mm	Reibungskraft F				Montagelänge L <sub>190</sub>			
			H=0,60 m kN/m	H=0,80 m kN/m	H=1,00 m kN/m	H=1,50 m kN/m	H=0,60 m m	H=0,80 m m	H=1,00 m m	H=1,50 m m
26,9	110	198	1,19	1,57	1,95	2,91	32	24	19	13
33,7	110	254	1,19	1,58	1,96	2,91	40	31	25	17
42,4	125	325	1,36	1,8	2,23	3,32	45	34	28	19
48,3	125	373	1,37	1,8	2,23	3,32	52	39	32	21
60,3	140	523	1,54	2,03	2,51	3,73	64	49	40	27
76,1	160	667	1,78	2,33	2,89	4,28	71	54	44	30
88,9	200	862	2,25	2,94	3,64	5,37	73	56	45	30
114,3	225	1252	2,57	3,35	4,13	6,08	93	71	58	39
139,7	250	1539	2,89	3,76	4,63	6,79	101	78	63	43
168,3	280	2065	3,29	4,26	5,23	7,66	119	92	75	51
219,1	355	3034	4,3	5,53	6,76	9,84	134	104	85	59
273	450	4210	5,63	7,19	8,75	12,65	142	111	91	63
323,9	500	5600	6,42	8,15	9,89	14,22	166	131	108	75
355,6	560	6158	7,31	9,25	11,20	16,05	160	126	105	73
406,4	630	7919	8,45	10,63	12,82	18,28	178	141	117	82
457	710	8920	9,76	12,22	14,68	20,84	174	139	115	81
508	800	9930	11,28	14,05	16,82	23,76	167	134	112	79
610	900	13448	13,25	16,37	19,50	27,30	193	156	131	94

Serie 3, L<sub>190</sub>

d mm	D <sub>C</sub> mm	A <sub>s</sub> mm	Reibungskraft F				Montagelänge L <sub>190</sub>			
			H=0,60 m kN/m	H=0,80 m kN/m	H=1,00 m kN/m	H=1,50 m kN/m	H=0,60 m m	H=0,80 m m	H=1,00 m m	H=1,50 m m
26,9	125	198	1,36	1,79	2,22	3,31	28	21	17	11
33,7	125	254	1,36	1,79	2,23	3,31	35	27	22	15
42,4	140	325	1,53	2,02	2,5	3,72	40	31	25	17
48,3	140	373	1,54	2,02	2,51	3,72	46	35	28	19
60,3	160	523	1,77	2,32	2,88	4,27	56	43	35	23
76,1	180	667	2,01	2,63	3,26	4,82	63	48	39	26
88,9	200	862	2,25	2,94	3,64	5,37	73	56	45	30
114,3	250	1252	2,87	3,73	4,6	6,77	83	64	52	35
139,7	280	1539	3,25	4,22	5,19	7,62	90	69	56	38
168,3	315	2065	3,72	4,81	5,9	8,64	105	82	66	45
219,1	400	3034	4,87	6,26	7,65	11,11	118	92	75	52
273	500	4210	6,29	8,03	9,76	14,1	127	100	82	57
323,9	560	5600	7,23	9,18	11,12	15,97	147	116	96	67
355,6	630	6158	8,29	10,48	12,66	18,12	141	112	92	65
406,4	710	7919	9,61	12,07	14,53	20,69	157	125	104	73
457	800	8920	11,11	13,88	16,66	23,59	153	122	102	72
508	900	9930	12,83	15,95	19,07	26,88	147	118	99	70
610	1000	13448	14,87	18,33	21,80	30,47	172	139	117	84

## 2a, Beispiel für Spannungsreduzierung mit Bogen

<b>Voraussetzungen für Beispiel 2a</b>	Gerader Rohrabschnitt:	1800 m
	Dimension:	∅ 139,7 mm, Serie 2
	Überdeckung:	H = 0,8 m
	Max. Berechnungstemperatur:	$T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$
	Min. Berechnungstemperatur:	$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
	Montagetemperatur:	$T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

**Max. Abstand zwischen Bogen**

Nach dem Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen" kann ein gerader Rohrabschnitt mit hohen Axialspannungen ohne Spannungsreduzierung verlegt werden.

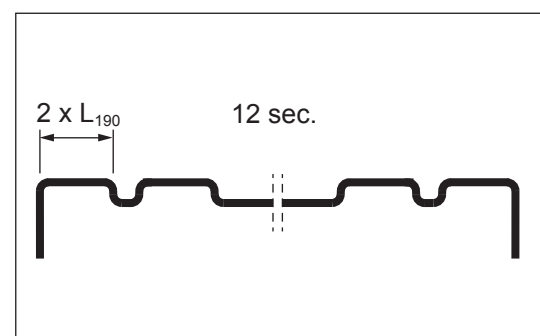
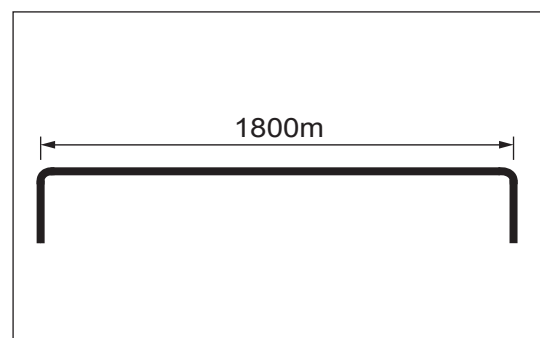
Wenn das axiale Spannungsniveau - aus Rücksicht auf die Stabilität oder auf Wunsch vom Besitzer des Rohrsystems - auf z.B. 190 MPa zu reduzieren ist, ist das wie folgt zu tätigen:

Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" geht hervor, dass  $L_{190} = 78$  m

Die 1800 m sind in Abschnitten aufzuteilen:

$$\begin{aligned} \text{Min Anzahl Abschnitte} &= \frac{L}{2 \cdot L_{\text{all}}} = \frac{1800}{2 \cdot 78} \\ &= 11,5 \approx 12 \text{ Abschnitte max } 2 \cdot L_{190} \text{ lang} \end{aligned}$$

Jeder Abschnitt ist mit einem L-, Z- oder U-Bogen von den anderen Abschnitten zu trennen.



## 2b, Beispiel für Spannungsreduzierung mit Bogen

<b>Voraussetzungen für Beispiel 2b</b>	Gerader Rohrabschnitt:	2500 m
	Dimension:	∅ 457 mm, Serie 1
	Überdeckung:	H = 1,0 m
	Max. Berechnungstemperatur:	$T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$
	Min. Berechnungstemperatur:	$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
	Montagetemperatur:	$T_{\text{ins}} = 0^{\circ}\text{C}$

### Max. Abstand zwischen Bogen

Nach Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen" kann ein gerader Rohrabschnitt mit hohen Axialspannungen ohne Spannungsreduzierung verlegt werden.

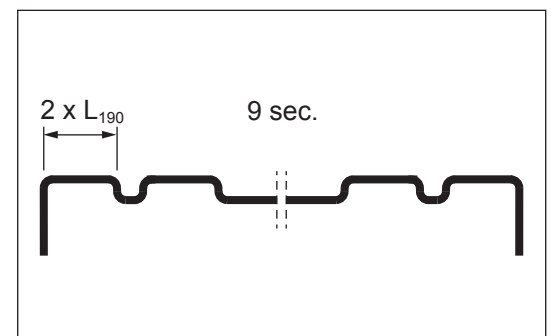
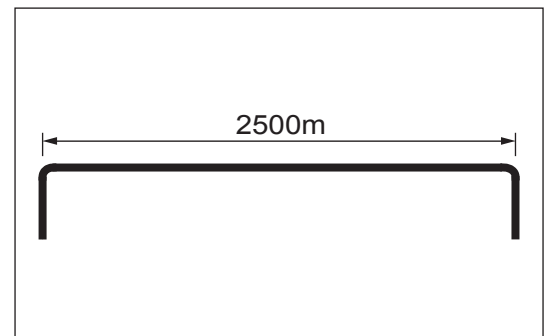
Wenn das axiale Spannungsniveau - aus Rücksicht auf die Stabilität oder auf Wunsch vom Besitzer des Rohrsystems - auf z.B. 190 MPa zu reduzieren ist, ist das wie folgt zu tätigen:

Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" geht hervor, dass  $L_{190} = 147$  m

Die 2500 m sind in Abschnitten aufzuteilen:

$$\begin{aligned} \text{Min. Anzahl Rohrabschnitte} &= \frac{L}{2 \cdot L_{\text{all}}} = \frac{2500}{2 \cdot 147} \\ &= 8,5 \cong 9 \text{ Abschnitte max } 2 \cdot L_{190} \text{ lang} \end{aligned}$$

Jeder Abschnitt ist mit einem L-, Z- oder U-Bogen von den anderen Abschnitten zu trennen.



## 2c, Beispiel für Spannungsreduzierung mit Bogen

### Beispiel 2c

Wie Beispiel 2b, aber mit höherer Maximaltemperatur.

Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$

Das axiale Spannungsniveau muss innerhalb der Grenze für örtliche Stabilität (siehe Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen") liegen.

Das Spannungsniveau ist auf 270 MPa zu reduzieren.

Die Montagelänge  $L_{270}$  lässt sich auf zweierlei Weise berechnen:

1)

$$L_{\text{all}} = L_{190} \frac{\sigma_{\text{all}}}{190}$$

Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" geht hervor, dass  $L_{190} = 147 \text{ m}$

$$L_{270} = 147 \cdot \frac{270}{190} = 209 \text{ m}$$

oder 2)

$$L_{\text{all}} = \frac{\sigma_{\text{all}} \cdot A_s}{F}$$

Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" geht hervor, dass:

$$A_s = 8920 \text{ mm}^2$$

$$F = 11,51 \text{ kN/m}^2$$

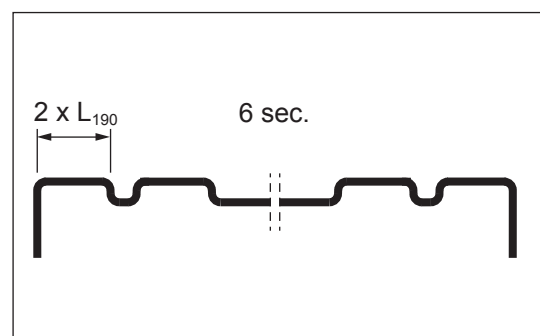
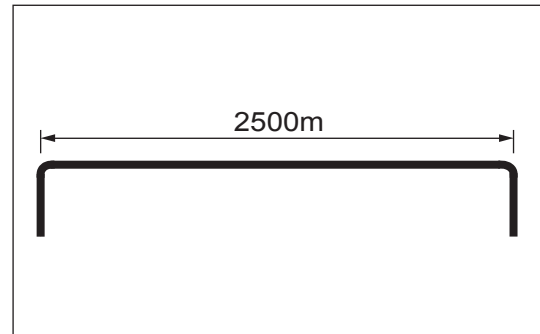
$$L_{270} = \frac{270 \cdot 8920}{11,51 \cdot 1000} = 209 \text{ m}$$

Die 2500 m sind in Abschnitten aufzuteilen:

$$\text{Min. Anzahl Abschnitte} = \frac{L}{2 \cdot L_{\text{all}}} = \frac{2500}{2 \cdot 209}$$

$$= 5,9 \approx 6 \text{ Abschnitte max } 2 \cdot L_{270} \text{ lang}$$

Jeder Abschnitt ist mit einem L-, Z- oder U-Bogen von den anderen Abschnitten zu trennen.



## Spannungsreduzierung, Vorspannung im offenen Rohrgraben

### Definition

Wenn Rohre thermisch vorgespannt werden, werden sie vor dem Zudecken zuerst auf die Durchschnittstemperatur des Systems aufgewärmt.

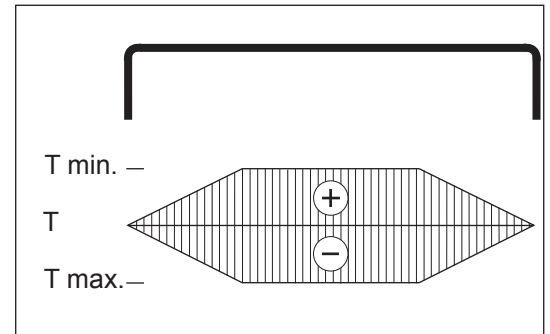
Danach werden alle nachfolgenden Temperaturschwankungen als Änderung der Druck- oder Zugspannungen in die langen Haftbereiche aufgenommen.

Thermische Vorspannung eignet sich sehr gut für größere Transportleitungen, wenn der Rohrgraben eventuell längere Zeit offen stehen soll.

Da der Rohrgraben bei Durchschnittstemperatur verfüllt wird, werden die Bewegungen bei den Bogen verhältnismäßig klein sein, aber in beiden Richtungen.

Bei Höchsttemperatur als Dehnungen und bei Mindesttemperatur als Kontraktionen.

Das bedeutet auch, dass - obwohl ein System thermisch vorgespannt ist - ist die zyklische Ermüdung bei den Bogen die gleiche wie in anderen Systemen.



### Beschreibung

Bei kleineren Rohrdimensionen kann thermische Vorspannung mit Wasser aus dem existierenden System ausgeführt werden. Bei größeren Dimensionen (> DN 300) wird empfohlen, Strom oder Vakuumdampf zum Aufwärmen der Rohre zu verwenden.

Allen Methoden zum Aufwärmen von Rohren ist gemeinsam, dass sie folgende Forderungen stellen:

- Genaue Temperatursteuerung
- Aufwärmen im offenen Rohrgraben
- Kontrolle der Längendehnung
- Sicherung des Rohres in Längs- und Seitenrichtung

Wenn die Vorwärmtemperatur erreicht ist, und die Rohre sich zu der berechneten Länge ausgedehnt haben, kann der Rohrgraben verfüllt werden.

Es ist wichtig, dass die Vorspanntemperatur während des Verfüllens festgehalten wird.

Da das Eigengewicht der Rohre die volle Dehnbewegung verhindern kann, kann es notwendig sein, den Rohren mit dem Dehnen dadurch zu helfen, dass sie gehoben oder in ausreichend kurzen Abschnitten vorgewärmt werden.

Beim Vorwärmen in Abschnitten sind mögliche Kontraktionen und Dehnungen in den schon etablierten, vorgewärmten Abschnitten zu berücksichtigen.

## Spannungsreduzierung, Vorspannung im offenen Rohrgraben

### Vorspanntemperatur und Axialspannung

Bei Vorspannung wird normalerweise die Durchschnittstemperatur des Systems verwendet, was dazu führt, dass die Druck- und Zugspannungen in den Rohren auf demselben Niveau bleiben.

Wird eine andere Vorspanntemperatur gewählt, können die max. Axialspannungen nach folgender Formel berechnet werden:

Zugspannung während der Abkühlung:

$$\sigma = (T_{Pre} - T_{Min}) \cdot \alpha \cdot E$$

Druckspannung während des Aufwärmens:

$$\sigma = (T_{Max} - T_{Pre}) \cdot \alpha \cdot E$$

Für die vereinfachte Berechnung wird 2,52 für  $\alpha \cdot E$  angewandt.

Es ist zu sichern, dass die Axialspannungen die zulässige Spannung  $\sigma_{all}$  nicht übersteigt, und es ist besonders auf die Zugspannung bei der Abkühlung zu achten.

Die Rohre verkräften hohe Druckspannungen besser als hohe Zugspannungen.

### Dehnung

Vor dem Vorwärmen ist die Dehnung bei den Bogen zu berechnen.

$$\Delta L = (T_{Pre} - T_{Ins}) \cdot \alpha \cdot L$$

$T_{Pre} = 0.5 \cdot (T_{max} + T_{min})$  = Thermische Vorspanntemperatur

$T_{max}$  = Max. Berechnungstemperatur

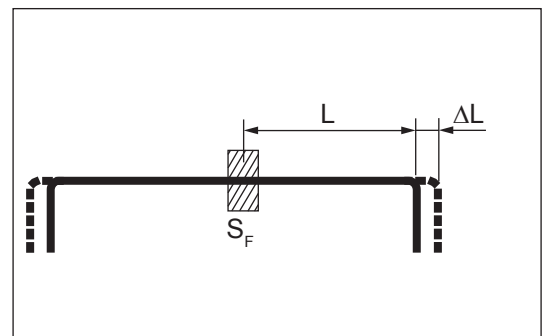
$T_{Ins}$  = Montagetemperatur

$\alpha$  = Wärmeausdehnungskoeffizient des Stahles

Die Länge L ist der Abstand von der Sandfixierung zum Rohrende.

Sandfixierung ( $S_F$ ):

Der Punkt, wo der Graben verfüllt und die Rohre somit fixiert sind.



### 3a, Beispiel für Spannungsreduzierung, therm. Vorspannung

<b>Voraussetzungen für Beispiel 3a</b>	Gerader Rohrabschnitt:	1800 m
	Dimension:	∅ 139,7 mm, Serie 2
	Überdeckung:	H = 0,8 m
	Max. Berechnungstemperatur:	$T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$
	Min. Berechnungstemperatur:	$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
	Montagetemperatur:	$T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

#### Dehnung und Spannungen

Nach Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen" kann ein gerader Rohrabschnitt mit hohen Axialspannungen ohne Spannungsreduzierung verlegt werden.

Wenn das axiale Spannungsniveau - unter Berücksichtigung der Stabilität oder auf Wunsch vom Besitzer des Rohrsystems - zu reduzieren ist, kann der Rohrabschnitt vorgespannt werden:

$$T_{\text{Pre}} = 0,5 \cdot (T_{\max} - T_{\min}) = 0,5 \cdot (130 - 10) = 70^{\circ}\text{C}$$

Eine Sandfixierung wird in der Mitte - 900 m von den Enden - errichtet.

Die erwartete Dehnung an den beiden Enden bei thermischer Vorspannung im offenen Rohrgraben wird somit:

$$\Delta L = (T_{\text{Pre}} - T_{\text{ins}}) \cdot \alpha \cdot L$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_2 = (70 - 10) \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 900 \cdot 1000 = 468 \text{ mm.}$$

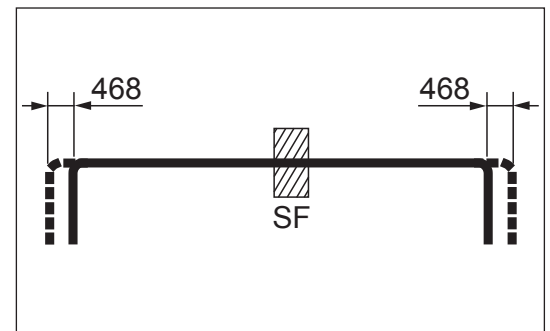
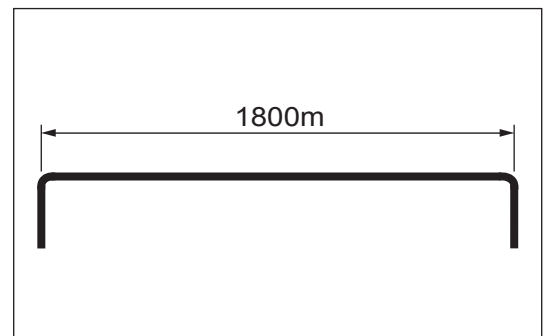
In diesem Beispiel ist die Vorspanntemperatur zum Durchschnitt der Montage- und Höchsttemperatur gesetzt.

Die Axialspannung ist:

$$\sigma_{\text{Max}} = (T_{\text{Max}} - T_{\text{Pre}}) \cdot 2,52$$

$$\sigma_{\text{Max}} = (130 - 70) \cdot 2,52 = 151 \text{ MPa}$$

Als Druckspannungen bei  $T_{\max}$  und als Zugspannung bei  $T_{\min}$ .



### 3b, Beispiel für Spannungsreduzierung, therm. Vorspannung

<b>Voraussetzungen für Beispiel 3b</b>	Gerader Rohrabschnitt:	1800 m
	Dimension:	ø 457 mm, Serie 2
	Überdeckung:	H = 0,8 m
	Max. Berechnungstemperatur:	$T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$
	Min. Berechnungstemperatur:	$T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$
	Montagetemperatur:	$T_{\text{ins}} = 0^{\circ}\text{C}$

#### Dehnung und Spannungen

Normalerweise wird die Vorspanntemperatur zu einem Durchschnitt vom min. und max. Berechnungstemperatur gesetzt.

Wird eine andere Temperatur gewählt, kann es praktischer sein, das Rücklaufwasser im System zu verwenden.

In diesem Beispiel ist die Vorspanntemperatur  $55^{\circ}\text{C}$ .

Das Rohr wird in zwei Teilen von je 1250 m eingeteilt.

Eine Sandfixierung wird 700 m von dem einen Ende der 1250 m etabliert.

Die erwartete Dehnung an den 2 Enden bei thermischer Vorspannung im offenen Rohrgraben ist:

$$\Delta L = (T_{\text{Pre}} - T_{\text{Ins}}) \cdot \alpha \cdot L$$

$$\Delta L_1 = (55 - 0) \cdot 1,2^{-5} \cdot 700 \cdot 1000 = 462 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = (55 - 0) \cdot 1,2^{-5} \cdot 1250 \cdot 1000 = 825 \text{ mm}$$

Die Spannung bei max. Berechnungstemperatur,  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$ :

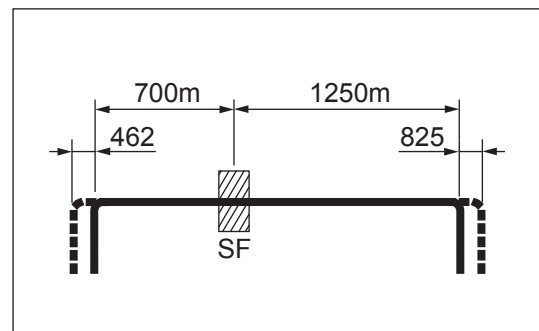
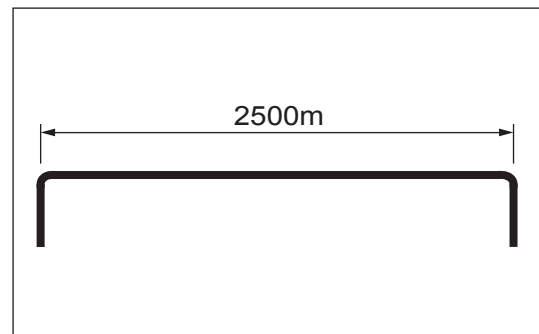
$$\sigma_{\text{Max}} = (T_{\text{Max}} - T_{\text{Pre}}) \cdot 2,52$$

$$\sigma_{\text{Max}} = (130 - 55) \cdot 2,52 = 189 \text{ MPa als Druckspannung.}$$

Die Spannung bei min. Berechnungstemperatur,  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$ :

$$(T_{\text{Pre}} - T_{\text{Min}}) \cdot 2,52$$

$$\sigma_{\text{Min}} = (55 - 10) \cdot 2,52 = 113 \text{ MPa als Zugspannung.}$$





## Spannungsreduzierung mit E-Comps

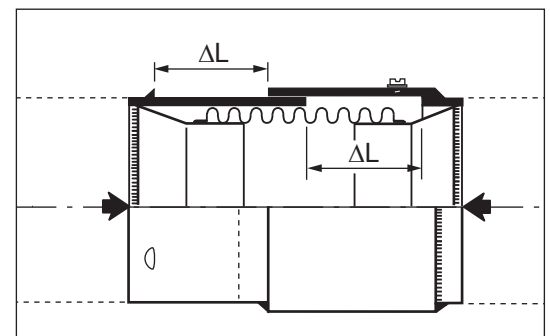
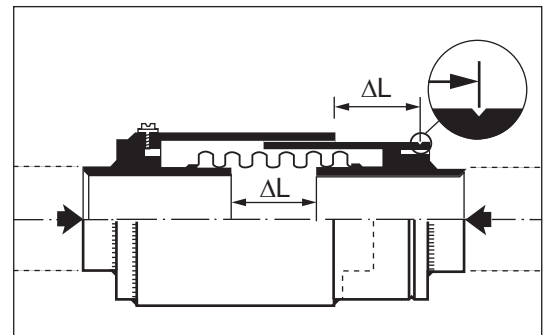
## Definition

Ein Rohr mit E-Comps zu entlasten ist statisch eine Kombination, bei der die Temperaturänderungen in Zug- und Druckspannungen im Stahlmediumrohr umgewandelt werden, und bei der E-Comps installiert werden, um einen Teil der ersten Bewegung aufzunehmen.

Das System kann während der Etablierung laufend zugedeckt werden, außer wenn E-Comps installiert sind, um einen Teil der ersten Bewegung aufzunehmen. Hier ist es notwendig den Rohrgraben offen zu halten, bis die Vorspannung ausgeführt worden ist. Wenn das nicht möglich ist, ist es notwendig die Muffe vorläufig zu sammeln und den Rohrgraben zu verfüllen.

## E-Comp

Der E-Comp ist eine Komponente, die zur Aufnahme der Bewegung, die infolge des Temperaturunterschiedes zwischen Montage- und Vorspanntemperatur entsteht, eingestellt wird. Nach der Aufnahme der Bewegung durch den E-Comp wird der E-Comp verschweißt und funktioniert wie ein gerades Rohr.

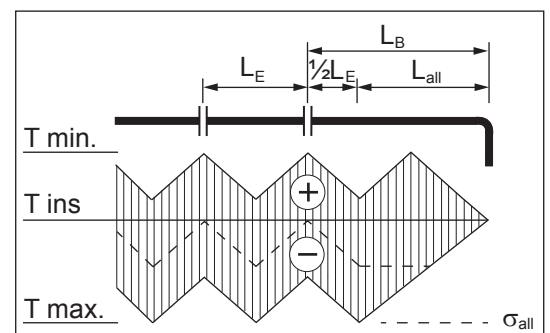


## Spannungsdiagramm

Das Diagramm zeigt eine typische Spannungskurve für ein System, in dem die Spannung mit E-Comps reduziert wird.

Die gestrichelte Linie gibt das Spannungsniveau an, wenn die Vorspanntemperatur erreicht ist, worauf die E-Comps verschweißt werden. Danach werden alle Temperaturänderungen in den von E-Comps bedienten Abschnitten als Änderungen im Spannungsniveau aufgenommen.

- $L_E$  Abstand zwischen E-Comps
- $L_B$  Abstand zwischen E-Comp und Bogen



## Spannungsreduzierung mit E-Comps

## Verfahrensweise

- Den E-Comp zur Aufnahme der berechneten Restbewegung einstellen.
- Den E-Comp zwischen 2 geraden Rohrlängen (min. 6 m) ohne Richtungsänderungen einschweißen.
- Die PE-Folie um die Rohre im Abschnitt, der vom E-Comp bedient wird, wickeln. (Nur, wenn das eine Berechnungsvoraussetzung ist)
- Der Rohrgraben kann verfüllt werden mit Ausnahme der Abschnitte, wo E-Comps installiert sind.
- Wenn die Bauarbeit fertig ist und vor Aufwärmen des Systems, ist die Fixierung des E-Comps zu entfernen.
- Wenn ein E-Comp geschlossen ist, wird er verschweißt und auf Dichtigkeit geprüft, ehe eine Muffe über ihn montiert wird.

Für eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens, siehe Abschnitt "E-Comps: Montage von E-Comps" in Handhabung & Montage.

System-  
verwendung

Die Reibungslänge  $L_{all}$  vom Bogen absetzen.

Danach die erforderliche Anzahl von E-Comps im Abschnitt zwischen den Reibungslängen platzieren.

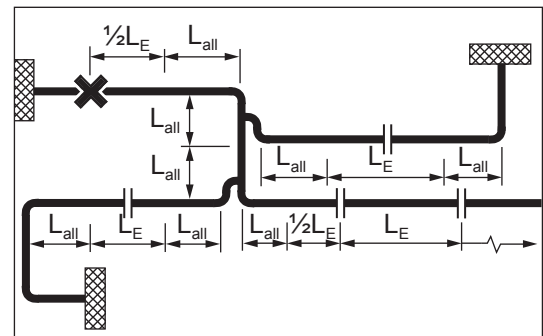
Die erforderliche Anzahl wird aufgrund des gewählten Spannungsniveaus, der Überdeckung und der Temperaturverhältnisse des Systems festgelegt.

Um die Reibung zu reduzieren, kann PE-Folie in den von E-Comps bedienten Abschnitten um die Rohre gewickelt werden.

Das erhöht den Abstand zwischen E-Comps, da die Reibung um 30% reduziert wird.

Das E-System erfordert keine Festpunkte, weil die Reibungskraft so hoch sein wird, dass die Bewegung während der Vorspannung von E-Comps aufgenommen wird.

Festpunkte werden nur zum Schutz von Gebäuden oder Komponenten gegen große Bewegungen verwendet.

Spannungs-  
niveau

Das zulässige Spannungsniveau kann frei gewählt werden, vorausgesetzt es liegt innerhalb der Grenzkurve für örtliche Stabilität, siehe Abschnitt "Allgemein: Projektklassen".

Die nachfolgenden Tabellen umfassen E-Comps für ein max. axiales Spannungsniveau von 190 MPa bei einer Höchsttemperatur von 130°C.

Die erforderliche Temperatur während der Vorspannung ist 85°C, und die Abstände setzen voraus, dass die Rohre bei den E-Comps mit PE-Folie versehen sind.

## Tabellen, Spannungsreduzierung mit E-Comps

<b>Voraussetzungen für die Tabellen</b>	Zulässiges axiales Spannungsniveau	$\sigma_{all}$	190 MPa
	Bodenreibungswinkel	$\varphi$	32,5°
	Dichte des Bodens	$\gamma$	19 kN/m <sup>3</sup>
	Reibungskoeffizient, PE-Mantel/Boden	$\mu$	0,40
	Reibungskoeffizient, PE-Mantel mit Folie/Boden	$\mu$	0,28
	$T_{max}$		130 °C
	$T_{Pre}$ : (erforderliche Temperatur)		85 °C
	$T_{Ins}$ :		10 °C

## Serie 1

d	D <sub>C</sub>	Abstand E-Comp L <sub>190</sub>							
		H = 0,60 m		H = 0,80 m		H = 1,00 m		H = 1,50 m	
		L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m
26,9	90	45	62	34	47	28	37	19	25
33,7	90	58	79	44	59	35	48	24	32
42,4	110	60	82	46	62	37	50	25	34
48,3	110	69	94	52	71	42	57	28	38
60,3	125	84	114	64	87	52	70	35	47
76,1	140	95	129	73	98	59	79	40	54
88,9	160	107	145	81	111	66	89	45	60
114,3	200	122	165	93	127	76	103	51	70
139,7	225	132	178	101	137	82	111	56	76
168,3	250	156	212	121	164	98	133	67	91
219,1	315	177	240	137	187	112	152	77	105
273	400	187	254	147	199	120	163	83	113
323,9	450	216	293	170	230	140	190	97	132
355,6	500	210	285	166	225	137	186	95	130
406,4	560	235	319	187	253	155	210	108	147
457	630	230	312	183	249	152	207	107	146
508	710	222	301	178	241	148	201	105	142
610	800	255	346	206	280	173	235	123	167

## Tabellen, Spannungsreduzierung mit E-Comps

## Serie 2

d mm	D <sub>C</sub> mm	Abstand E-Comp L <sub>190</sub>							
		H = 0,60 m		H = 0,80 m		H = 1,00 m		H = 1,50 m	
		L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m
26,9	110	37	50	28	38	23	31	15	21
33,7	110	47	64	36	49	29	39	19	26
42,4	125	53	72	40	54	32	44	22	30
48,3	125	61	82	46	62	37	50	25	34
60,3	140	75	102	57	78	46	63	31	42
76,1	160	83	113	63	86	51	69	35	47
88,9	200	85	115	65	88	53	71	36	48
114,3	225	108	147	83	112	67	91	46	62
139,7	250	118	160	91	123	74	100	50	68
168,3	280	139	189	107	146	87	119	60	81
219,1	355	156	212	122	165	99	135	68	93
273	450	166	225	130	176	107	145	74	100
323,9	500	194	263	152	207	126	170	87	118
355,6	560	187	253	148	200	122	165	85	115
406,4	630	208	282	165	224	137	186	96	130
457	710	203	275	162	220	135	183	95	129
508	800	195	265	157	213	131	178	93	126
610	900	225	305	182	247	153	208	109	148

## Serie 3

d mm	D <sub>C</sub> mm	Abstand E-Comp L <sub>190</sub>							
		H = 0,60 m		H = 0,80 m		H = 1,00 m		H = 1,50 m	
		L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m	L <sub>E</sub> , m	L <sub>B</sub> , m
26,9	125	32	44	25	33	20	27	13	18
33,7	125	41	56	31	43	25	34	17	23
42,4	140	47	64	36	48	29	39	19	26
48,3	140	54	73	41	56	33	45	22	30
60,3	160	66	89	50	68	40	55	27	37
76,1	180	74	100	56	76	45	62	31	42
88,9	200	85	115	65	88	53	71	36	48
114,3	250	97	131	74	101	60	82	41	56
139,7	280	105	142	81	110	66	89	45	61
168,3	315	123	167	95	129	78	105	53	72
219,1	400	138	187	107	146	88	119	61	82
273	500	148	201	116	158	96	130	66	90
323,9	560	172	233	135	184	112	152	78	105
355,6	630	165	223	130	177	108	146	75	102
406,4	710	183	248	145	197	121	164	85	115
457	800	178	242	142	193	119	161	84	114
508	900	172	233	138	187	115	157	82	111
610	1000	201	272	163	221	137	186	98	133

## Spannungsreduzierung mit E-Comps

**Abstände bei anderen Spannungsniveaus**

Zur Berechnung des Abstandes  $L_E$  bei anderen Spannungsniveaus ist folgende Formel zu verwenden:

$$L_E = 2 \cdot \frac{(2 \cdot \sigma_{\text{all}} - \alpha \cdot E \cdot (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})) \cdot A_s}{F}$$

$L_B$  = Abstand zwischen E-Comp und Bogen

$L_E$  = Abstand zwischen E-Comps

$\sigma_{\text{all}}$  = Zulässiges axiales Spannungsniveau

( $\alpha \cdot E$ ) zu 2,52 setzen

$T_{\text{max}}$  = Max. Berechnungstemperatur

$T_{\text{min}}$  = Min. Berechnungstemperatur

$T_{\text{Pre}}$  = Vorspanntemperatur

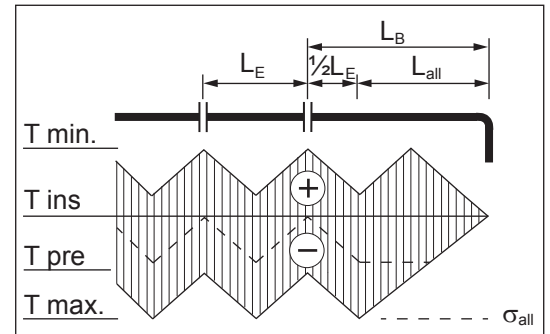
$T_{\text{Ins}}$  = Montagetemperatur

Folgendes geht aus bschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen" hervor:

$A_s$  = Querschnittsfläche des Mediumrohres

$F$  = Reibungskraft bei der aktuellen Überdeckung.

Wird Folie verwendet, ist  $F$  um 30% zu reduzieren.

**Vorspanntemperaturen**

Es ist zu kontrollieren, ob die für das Verschließen der Kompensatoren erforderliche Temperatur erreichbar ist oder nicht.

$$T_{\text{Pre}} = T_{\text{Ins}} + \frac{\sigma_{\text{all}}}{\alpha \cdot E} = T_{\text{Ins}} + \frac{\sigma_{\text{all}}}{2,52}$$

Es ist wichtig, dass die berechnete Vorspanntemperatur während der Vorspannung erreichbar ist. Wenn nicht, muss der Abstand zwischen den E-Comps reduziert werden!

Um Näheres zu erfahren, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR.

**Voreinstellung**

E-Comps zu der richtigen Voreinstellung zusammendrücken. Diese Voreinstellung ist mit der berechneten Spanne  $\Delta L$ , die zur Aufnahme der Dehnung aus der Vorspannung eingebaut ist, identisch.

Bitte beachten, dass Voreinstellung nur ausgeführt werden kann, wenn die faktische Montagetemperatur bekannt ist.

Die Voreinstellwerte für E-Comps sind nach folgenden Formeln für beiderseitige Bewegungen zu berechnen.

Unterscheiden die Abstände sich, müssen sie für beide Seiten berechnet werden. Sind sie die gleichen, sind sie wie hier gezeigt mit 2 zu multiplizieren:

$$\Delta L_E = 2 \cdot (\alpha \cdot (T_{\text{Pre}} - T_{\text{Ins}}) \cdot \frac{1}{2} L_E - \frac{F \cdot \frac{1}{2} L_E^2}{2 \cdot E \cdot A_s})$$

Formel für einen E-Comp neben einen Bogen:

$$\Delta L_B = \alpha \cdot (T_{\text{Pre}} - T_{\text{Ins}}) \cdot \frac{1}{2} L_B - \frac{F \cdot \frac{1}{2} L_B^2}{2 \cdot E \cdot A_s} + \frac{1}{2} \cdot \Delta L_E$$

## 4a, Beispiel für Spannungsreduzierung mit E-Comps

### Voraussetzungen für Beispiel 4a

Dieses Beispiel zeigt, wie Abstände zwischen und Voreinstellungen von E-Comps ausgeführt werden, wenn die tatsächlichen Temperatursätze den Bedingungen in den Tabellen im Abschnitt: "Gerade Rohre: Tabellen, Spannungsreduzierung mit E-Comps" nachkommen, damit sie verwendet werden können.

Gerader Rohrabschnitt: 1225 m

Dimension:  $\varnothing 139,7$  mm Serie 2

Überdeckung:  $H = 0,8$  m

Max. Berechnungstemperatur:  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$

Min. Berechnungstemperatur:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$

Montagetemperatur:  $T_{\text{Ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

PE-Folie zur Reduzierung der Reibung.

Nach dem Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen" kann der gerade Rohrabschnitt mit hohen Axialspannungen ohne Spannungsreduzierung verlegt werden.

Wenn das axiale Spannungsniveau - wegen der Stabilität oder nach Wunsch des Besitzers des Rohrsystems - auf 190 MPa reduziert werden muss, ergibt sich Folgendes:

Tabellenwerte im Abschnitt: "Gerade Rohre: Tabellen, Spannungsreduzierung mit E-Comps"

$s_{\text{all}} = 190$  MPa

$L_E = 91$  m

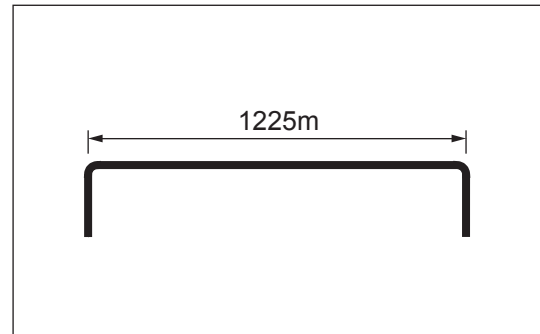
$L_B = 123$  m

Tabellenwerte im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabellen: Montagelängen"

$L_{190} = 78$  m

$A_s = 1539$  mm<sup>2</sup>

$F = 3,76$  kN/m



## 4a, Beispiel für Spannungsreduzierung mit E-Comps

## Berechnung von Abschnitten

$$\begin{aligned} \text{Anzahl Abschnitte} &= \frac{L - (2 \cdot L_{190})}{L_E} \\ &= \frac{1225 - (2 \cdot 78)}{91} \approx 12 \end{aligned}$$

Der Abstand vom Bogen zum ersten E-Comp:

$$L_B = \frac{1}{2} \cdot L_E + L_{190}$$

Das heißt, dass  $2 \cdot \frac{1}{2} L_E$  am Bogen verwendet werden, so die faktische Anzahl Abschnitte  $12 - 1 = 11$  ist.

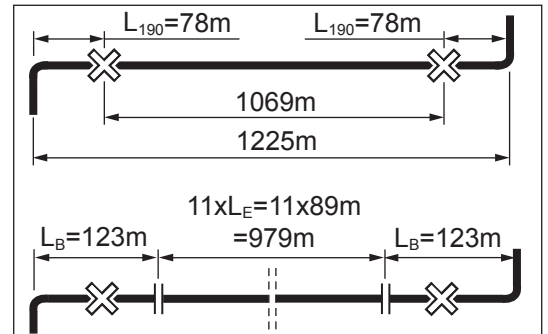
Wird der Abstand zwischen den 12 E-Comps voll ausgenutzt, bleibt Folgendes für  $L_B$  zurück:

$$L_B = 0,5 \cdot (1225 - ((12-1) \cdot 89)) = 123 \text{ m.}$$

In diesem Fall entspricht das dem Tabellenwert für  $L_B$ , aber er kann kürzer sein, wenn die Gesamtlänge nicht erreicht wird.

Die erforderliche Vorspanntemperatur ist wie folgt zu berechnen:

$$T_{\text{Pre}} = T_{\text{Ins}} + \frac{\sigma_{\text{all}}}{2.52} = 10 + \frac{190}{2.52} = 85^\circ\text{C}$$



## Vorspanntemperatur

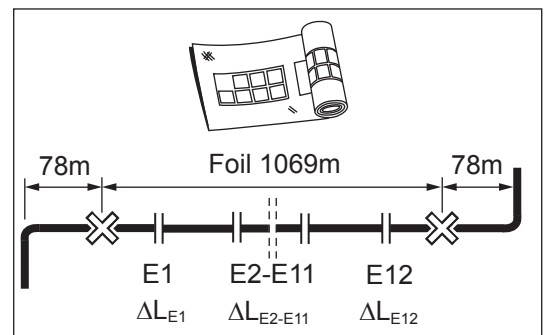
## Voreinstellung

Die voreingestellten Abstände  $\Delta L$  sind wie folgt zu berechnen:

$$\Delta L_E = 2 \cdot (\alpha \cdot (T_{\text{Pre}} - T_{\text{Ins}}) \cdot \frac{1}{2} L_E - \frac{F \cdot \frac{1}{2} L_E^2}{2 \cdot E \cdot A_s})$$

PE-Folie zwischen den E-Comps montieren, um  $F$  um 30% reduzieren zu können.

Die PE-Folie ist in den angeführten Abschnitten zu montieren.



$$\Delta L_E = 2 \cdot (0.000012 \cdot (85 - 10) \cdot (0.5 \cdot 89000) - \frac{3.76 \cdot 0.7 \cdot (0.5 \cdot 89000)^2}{2 \cdot 210000 \cdot 1539}) = 64 \text{ mm}$$

$$\Delta L_B = \alpha \cdot (T_{\text{Pre}} - T_{\text{Ins}}) \cdot \frac{1}{2} L_B - \frac{F \cdot \frac{1}{2} L_B^2}{2 \cdot E \cdot A_s} + \frac{1}{2} \cdot \Delta L_E$$

$$\Delta L_B = (0.000012 \cdot (85 - 10) \cdot (0.5 \cdot 123000) - \frac{3.76 \cdot 0.7 \cdot (0.5 \cdot 123000)^2}{2 \cdot 210000 \cdot 1539}) + 0.5 \cdot 64 = 72 \text{ mm}$$

## 4b, Beispiel für Spannungsreduzierung mit E-Comps

Voraussetzungen  
für Beispiel 4b

Dieses Beispiel zeigt, wie Abstände zwischen und Voreinstellungen von E-Comps ausgeführt werden, wenn die faktischen Temperatursätze sich von den Bedingungen im Abschnitt: "Gerade Rohre: Tabellen, Spannungsreduzierung mit E-Comps" unterscheiden, und alles somit manuell zu berechnen ist

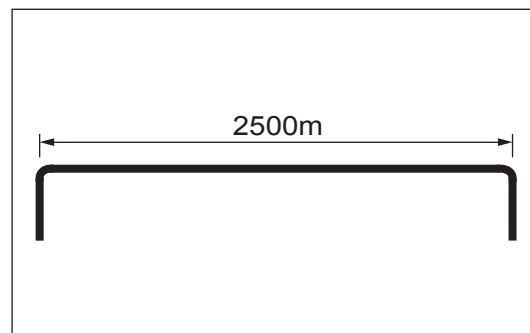
Gerader Rohrabschnitt: 2500 m  
 Dimension:  $\varnothing$  457 mm Serie 1  
 Überdeckung: H = 1,0 m  
 Max. Berechnungstemperatur:  $T_{\max} = 100^{\circ}\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur:  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Montagetemperatur:  $T_{\text{Ins}} = 0^{\circ}\text{C}$   
 PE-Folie zur Reduzierung der Reibung.

Nach dem Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen" kann der gerade Rohrabschnitt mit hohen Axialspannungen ohne Spannungsreduzierung verlegt werden.

Wenn das axiale Spannungsniveau - wegen der Stabilität oder nach Wunsch des Besitzers des Rohrsystems - auf 190 MPa reduziert werden muss, kann der Rohrabschnitt mit E-Comps vorgespannt werden.

Tabellenwerte im Abschnitt: "Gerade Rohre: Tabellen, Spannungsreduzierung mit E-Comps"

$L_{190} = 147$  m  
 $A_s = 8920$  mm<sup>2</sup>  
 $F = 11,51$  kN/m

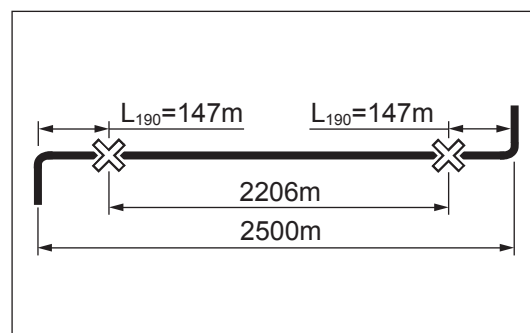
Berechnung von  
 $L_E$ 

Der Abstand  $L_E$  ist für die faktischen Temperaturen und Spannungsniveaus zu berechnen.

PE-Folie zwischen den E-Comps montieren, um F um 30% reduzieren zu können.

$$L_E = 2 \cdot \frac{(2 \cdot \sigma_{\text{all}} - \alpha \cdot E \cdot (T_{\max} - T_{\min})) \cdot A_s}{F}$$

$$L_E = 2 \cdot \frac{(2 \cdot 190 - 2,52 \cdot (100 - 0)) \cdot 8920}{0,7 \cdot 11,51} = 283 \text{ m}$$





## 4b, Beispiel für Spannungsreduzierung mit E-Comps

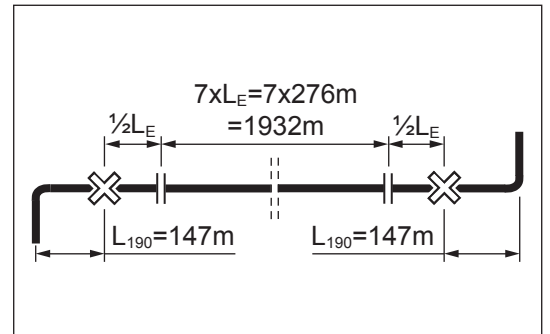
**Berechnung von Abschnitten**

Der Abstand vom Bogen zum ersten E-Comp:

$$L_B = \frac{1}{2} \cdot L_E + L_{190}$$

Von jedem Ende wird  $L_{190}$  abgezogen, was heißt:

$$\begin{aligned} \text{Anzahl Abschnitte} &= \frac{L - (2 \cdot L_{190})}{L_E} \\ &= \frac{2500 - (2 \cdot 147)}{283} \approx 8 \end{aligned}$$



Abstand zwischen E-Comps:

$$L_E = \frac{L - (2 \cdot L_{190})}{\text{No. of } L_E}$$

$$L_E = \frac{2500 - (2 \cdot 147)}{8} = 276 \text{ m}$$

**Vorspanntemperatur**

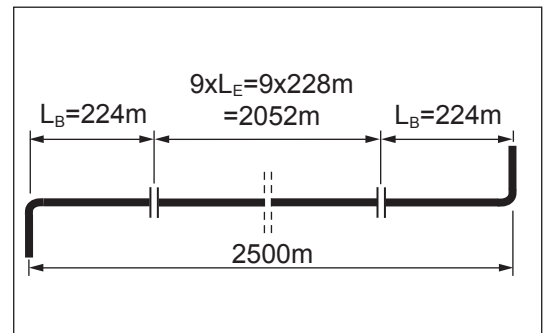
Die erforderliche Vorspanntemperatur ist wie folgt zu berechnen:

$$T_{\text{Pre}} = T_{\text{Ins}} + \frac{\sigma_{\text{all}}}{2.52} = 0 + \frac{190}{2.52} = 75^\circ\text{C}$$

**Voreinstellung**

Die voreingestellten Abstände  $\Delta L$  sind wie folgt zu berechnen:

$$\Delta L_E = 2 \cdot (\alpha \cdot (T_{\text{Pre}} - T_{\text{Ins}}) \cdot \frac{1}{2} L_E - \frac{F \cdot \frac{1}{2} L_E^2}{2 \cdot E \cdot A_s})$$



$$\Delta L_E = 2 \cdot (0.000012 \cdot (85 - 10) \cdot (0.5 \cdot 89000) - \frac{3.76 \cdot 0.7 \cdot (0.5 \cdot 89000)^2}{2 \cdot 210000 \cdot 1539}) = 64 \text{ mm}$$

## 4b, Beispiel für Spannungsreduzierung mit E-Comps

**Voreinstellung,  
fortgesetzt**

Da die Höchstlänge, die ein E-Comp aufnehmen kann 150 mm beträgt (siehe Abschnitt "Dehnung und Verankerung: E-Comps" im Produktkatalog), muss der Abstand  $L_E$  reduziert werden. Das heißt, dass zusätzliche E-Comps anzuwenden sind.

Anzahl Abschnitte: 9 – mit zusätzlich 2 probieren!

Abstand zwischen E-Comps:

$$L_E = \frac{2500 - 2 \cdot 147}{10} = 228 \text{ m}$$

$$L_B = \frac{1}{2} \cdot (2500 - (10-1) \cdot 228) = 224 \text{ m}$$

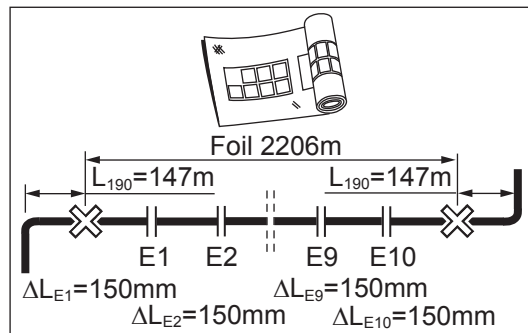
Mit revidierten Abständen ist die Voreinstellung:

$$\Delta L_E = 2 \cdot (\alpha \cdot (T_{Pre} - T_{Ins}) \cdot \frac{1}{2} L_E - \frac{F \cdot \frac{1}{2} L_E^2}{2 \cdot E \cdot A_s})$$

$$\Delta L_E = 2 \cdot (0.000012 \cdot (75 - 0) \cdot (0.5 \cdot 226000) - \frac{11.51 \cdot 0.7 \cdot (0.5 \cdot 226000)^2}{2 \cdot 210000 \cdot 8920}) = 150 \text{ mm}$$

$$\Delta L_B = \alpha \cdot (T_{Pre} - T_{Ins}) \cdot \frac{1}{2} L_B - \frac{F \cdot \frac{1}{2} L_B^2}{2 \cdot E \cdot A_s} + \frac{1}{2} \cdot \Delta L_E$$

$$\Delta L_B = 0.000012 \cdot (75 - 0) \cdot (0.5 \cdot 226000) - \frac{11.51 \cdot 0.7 \cdot (0.5 \cdot 226000)^2}{2 \cdot 210000 \cdot 8920} + 0.5 \cdot 150 = 150 \text{ mm}$$

**Verweise**

Handhabung &amp; Montage

Abschnitt "E-Comps"

## Richtungsänderungen Übersicht

---

### Einleitung

Dieser Abschnitt enthält Richtlinien für die Projektierung von Richtungsänderungen in vorgedämmten Rohrsystemen. Er gibt Anleitungen für den für einen bestimmten Zweck zu wählenden Typ Richtungsänderung, um ein sowohl technisch als auch wirtschaftlich optimales System zu erreichen.

Richtungsänderungen sind in solch einer Weise auszuführen, dass weder der PUR-Dämmschaum noch das Mediumrohr gemäß EN 13941 übermäßig belastet wird. Bei Befolgung nachstehender Projektierungsanweisungen werden die Höchstbelastungen auf Niveau mit den in EN 13941 angeführten Forderungen sein. Bei Richtungsänderungen führen Temperaturänderungen im Medium zu einer Ausdehnung oder Zusammenziehung der vorgedämmten Rohre, was wiederum zur Ermüdung der Stahlrohre oder Verformung des PUR-Schaumes mit Gefahr für unzweckmäßiges Erwärmen des PEHD-Mantelrohres führen kann.

In diesem Abschnitt sind Formeln und Tabellen angeführt, um die Projektierung zu vereinfachen. Ein Teil der Formeln sind in den Tabellen enthalten, somit können sie unter den angeführten Voraussetzungen statt den Formeln verwendet werden, so die Projektierung mit Richtungsänderungen einfacher wird.

---

### Inhalt

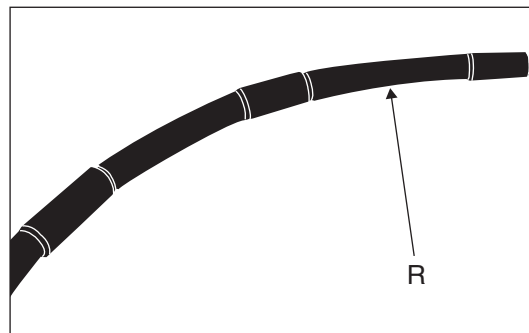
Elastische Bogen  
Vorgedämmte Bogenrohre  
Gehung  
80-90° Bogen mit Dehnungspolster  
5-80° Bogen mit Dehnungspolstern

---

## Richtungsänderungen Elastische Bogen

### Allgemein

Mit dem LOGSTOR Stahlrohrsystem lassen sich kleine Richtungsänderungen durch Ausnutzung der Elastizität der Rohre ausführen. Statisch sind elastische Rohrbogen wie gerade Rohre anzusehen. Das heißt, dass elastische Bogen nicht zu Spannungskonzentrationen wie z.B. kleinen Winkelabweichungen, die beim Gehen der Mediumrohren entstehen, führen. Es wird folglich empfohlen, elastische Bogen anzuwenden, wo es möglich ist. Die Rohre werden in einer geraden Länge verschweißt, die durch weiches Biegen der Rohrlänge in einen krummen Rohrgraben verlegt wird. Die Form des Bogens wird durch elastisches Biegen des Rohres rundum z.B. Sandsäcke gesichert.



### Anwendung

Elastische Bogen können statt traditioneller kleinen Bogen oder kleiner durch Gehen angefertigter Bogen verwendet werden.

Der Mindestbiegeradius ist  $R = 500 \cdot d$ , wobei  $d$  der Außendurchmesser des Mediumrohres ist. Aus der Tabelle gehen der Mindestbiegeradius und die entsprechenden Gehungsschnitte, gemessen über 12 oder 16 m Länge hervor.

Der Mindestbiegeradius gilt für alle Dämmserien.

Der angeführte Mindestbiegeradius entspricht eine Biegespannung des Mediumrohres von 210 MPa.

Elastische Bogen können für horizontale und vertikale Richtungsänderung verwendet werden, vorausgesetzt die globale Stabilität des Rohres ist gesichert.

Zum Beispiel ist bei vertikalen Richtungsänderungen zu sichern, dass Scheitelüberdeckung und Bodendruck zur Sicherung der Stabilität des Rohres ausreichen.

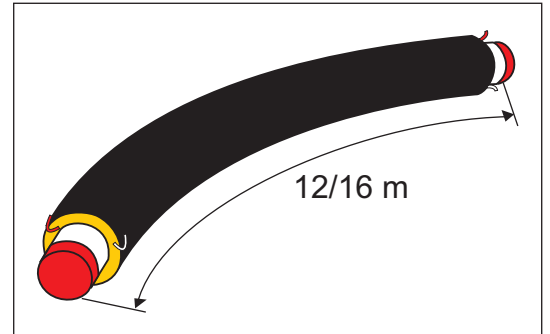
Berechnung der Winkeldrehung und Pfeilhöhe, sehen Sie bitte den Abschnitt "Kurven: Ausnutzung des elastischen Radius" im Handhabung & Montage. Kontaktieren Sie bitte LOGSTOR für zusätzlichen Support.

d	Min. zulässiger Radius	Winkel > 12 m	Winkel > 16 m
mm	m	°	°
26,9	13,5	51	-
33,7	16,9	41	-
42,4	21,2	32	-
48,3	24,2	28	-
60,3	30,2	23	-
76,1	38,1	18	-
88,9	44,5	15	-
114,3	57,2	12	16
139,7	69,9	9,8	13
168,3	84,2	8,2	11
219,1	110	6,3	8,4
273,0	137	5,0	6,7
323,9	162	4,2	5,7
355,6	178	3,9	5,2
406,4	203	3,4	4,5
457,0	229	3,0	4,0
508,0	254	2,7	3,6
610,0	305	2,3	3,0

## Richtungsänderungen Vorgedämmte Bogenrohre

**Allgemein**

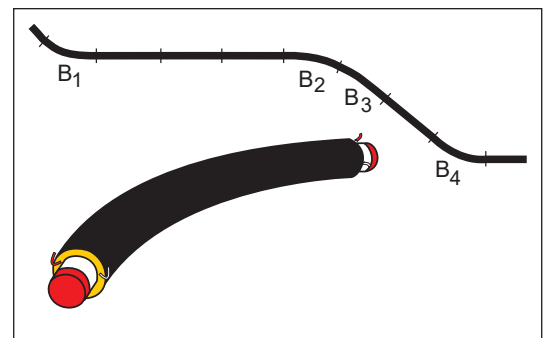
Bogenrohre lassen sich mit Vorteil anwenden, wenn der erwünschte Radius kleiner ist als der zulässige elastische Radius der Rohrdimension.



**Anwendung**

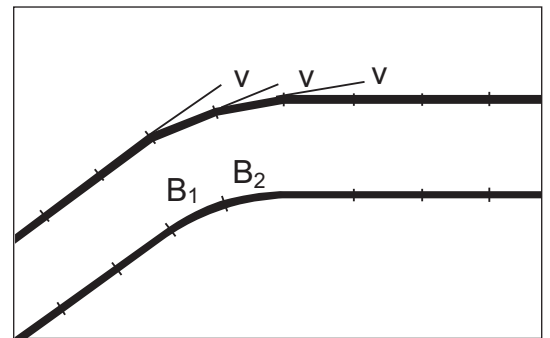
Bogenrohre werden statt traditioneller Bogen verwendet.

Besonders bei anderen Winkeln als 90° ist die Anwendung von Bogenrohren vorteilhaft. Wegen des größeren Radiuses werden Momente und Ermüdungsbeanspruchung erheblich geringer als in Bogen und sie können fast ohne Einschränkung in den Axialspannungen oder Winkeln verwendet werden.

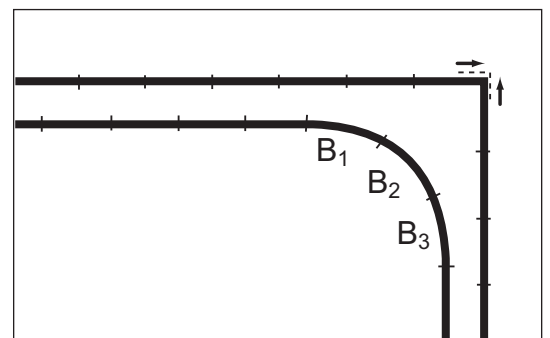


**Lösungsmöglichkeiten mit Bogenrohren**

- Als Ersatz für Segmentrohrbogen



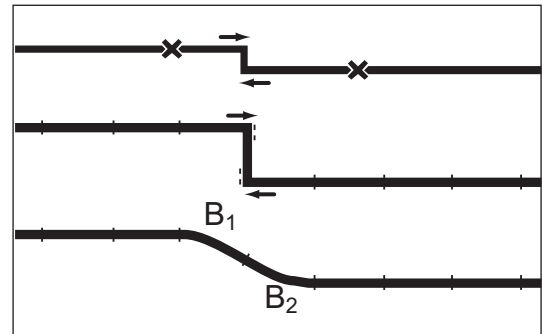
- Für Richtungsänderungen



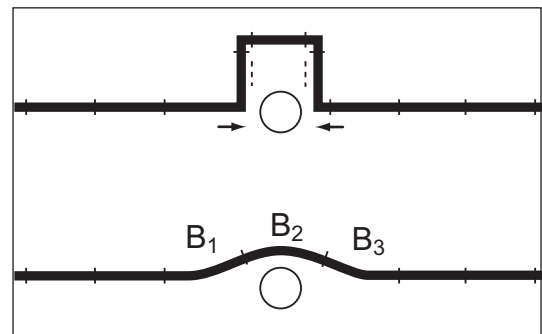
## Richtungsänderungen Vorgedämmte Bogenrohre

### Lösungs- möglichkeiten mit Bogenrohren fortgesetzt

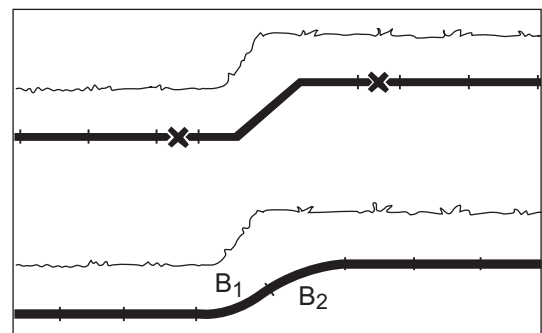
- Als Ersatz für Z-Bogen lassen sich Bogenrohre mit Vorteil verwenden. Bei Verwendung von Z-Bogen gibt es Grenzen dafür, wie kurz der Abstand zwischen den parallelen Rohrstrecken sein kann. Bei Verwendung von Bogenrohren ist der Abstand wahlfrei.



- Zur Umgehung von Hindernissen



- Zur Etablierung von Höhenversprüngen. Es ist jedoch zu sichern, dass die erforderliche Stabilität anwesend ist, damit die Rohrleitung nicht ausbeißt.



## Richtungsänderungen Vorgedämmte Bogenrohre

### Bezeichnungen für Bogenrohre

Ein werkseitig hergestelltes Bogenrohr wird mit einem geraden Rohrstück an beiden Enden ( $L_1$ ) geliefert, das für jede Dimension immer die gleiche Länge hat.  $L_1$  geht aus den Tabellen auf nächster Seite hervor.

Wegen des geraden Rohrstücks wird das Bogenrohr in der Wirklichkeit in einen kleineren Radius als der Projektierungsradius gebogen.

Ein Bogenrohr wird anhand folgender Bezeichnungen definiert:

$V_p$ : Projektierungs-/Biegewinkel

$R_p$ : Projektierungsradius

$R_s$ : Segmentradius (Radius des gebogenen Stücks)

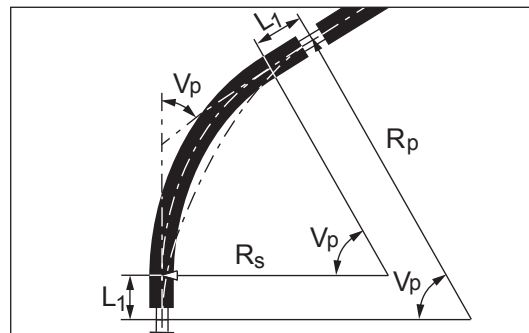
$L_1$ : Länge des geraden Rohrstücks

Tol: Abweichung des Winkels +/-

(bitte siehe den Abschnitt

"Richtungsänderungen: Bogenrohre"

im Produktkatalog)



### Bestellung von Bogenrohren

Bei Bestellung von Bogenrohren sind Winkel und Länge des Bogenrohres (12 oder 16 m) anzuführen. Ist Überwachung in das System einzubauen, ist es wegen der Platzierung der Überwachungsdrähte von Bedeutung, ob das Rohr links, rechts, nach oben oder nach unten gebogen ist, siehe bitte den Abschnitt "Richtungsänderungen: Bogenrohre" im Produktkatalog. Dies ist ebenfalls bei der Bestellung anzugeben.

### Höchstwinkel und Axial- spannungen

Aus den Tabellen auf der folgende Seite gehen der Höchstwinkel, in dem ein Bogenrohr geliefert werden kann sowie das Spannungsniveau, bei dem der Höchstwinkel verwendbar ist, hervor. Die Werte gelten für horizontale Richtungsänderungen und alle Dämmserien mit einer Scheitelüberdeckung von 0,6-1,5 m.

$V_{p,max}$ : Der größte Projektierungswinkel, in dem jede einzelne Dimension gebogen werden kann.

$R_{p,min}$ : Der kleinste Projektierungsradius entsprechend dem größten Projektierungswinkel.

$L_1$ : Länge des geraden Rohrstücks an beiden Enden des Bogenrohres

$\sigma_{max}$ : Max. Axialspannung beim Höchstwinkel. Bei höher Axialspannung wird der Höchstwinkel reduziert, siehe bitte im Nachfolgenden in diesem Abschnitt .

Boden- Der umgebende Boden soll die globale Stabilität des Rohres sichern. Der druck: Wert in der Tabelle gibt den passiven Bodendruck, der vorhanden sein muss, damit der Boden ausreichenden Gegenhalt leistet.

Die Obergrenze für das Spannungsniveau,  $\sigma_{max}$ , sichert, dass:

- der Erdboden ausreichend Gegenhalt zur Sicherung der Stabilität des Rohrsystems leistet. (Bitte beachten! Der Grundwasserspiegel darf nicht über die Rohre liegen).
- die PUR-Dämmung nicht übermäßig belastet wird.

## Richtungsänderungen Vorgedämmte Bogenrohre

### $R_p$ bei anderen Winkeln

Für kleinere Werte von  $V_p$  kann  $R_p$  wie folgt berechnet werden:

$$R_p = \frac{180 \cdot L_b}{\pi \cdot V_p}$$

wo

$L_b$ : die Länge des Bogenrohres (12 oder 16 m).

### 12 m Bogenrohre

d x t mm	$V_p$ , max °	$R_p$ , min m	$L_1$ m	$\sigma_{max}$ MPa	Bodendruck MPa
76,1 x 2,9	25	27,5	0,6	334	0,068
88,9 x 3,2	33	20,8	0,6	270	0,083
114,3 x 3,6	38	18,1	0,56	207	0,086
139,7 x 3,6	43	16,0	0,63	175	0,093
168,3 x 4,0	45	15,3	0,67	148	0,101
219,1 x 5,0	41	16,8	0,89	135	0,104
273,0 x 5,0	36	19,1	1,02	134	0,102
323,9 x 5,6	29	23,7	1,21	139	0,108
355,6 x 5,6	25	27,0	1,16	157	0,107
406,4 x 6,3	18	38,2	1,47	165	0,117
457,0 x 6,3	8	85,9	1,48	270	0,122
508,0 x 6,3	3	229,2	1,38	244	0,109

Zusätzliche Informationen, siehe bitte den Abschnitt "Richtungsänderungen: Bogenrohre" im Produktkatalog.

### 16 m Bogenrohre

d x t mm	$V_p$ , max °	$R_p$ , min m	$L_1$ m	$\sigma_{max}$ MPa	Bodendruck MPa
114,3 x 3,6	13	70,5	2,49	334	0,061
139,7 x 3,6	16	57,3	2,47	334	0,078
168,3 x 4,0	19	48,3	2,45	334	0,101
219,1 x 5,0	19	48,3	2,42	334	0,104
273,0 x 5,0	17	53,9	2,38	334	0,102
323,9 x 5,6	17	53,9	2,36	290	0,108
355,6 x 5,6	18	50,9	2,35	262	0,107
406,4 x 6,3	17	53,9	2,34	250	0,117
457,0 x 6,3	10	91,7	2,38	270	0,109
508,0 x 6,3	4	229,2	2,29	244	0,097
610,0 x 7,1	1,3	705,2	2,26	230	0,078

Zusätzliche Informationen, siehe bitte den Abschnitt "Richtungsänderungen: Bogenrohre" im Produktkatalog.



## Richtungsänderungen Vorgedämmte Bogenrohre

### Max. Projektierungswinkel bei anderen Spannungsniveaus

Der Projektierungswinkel  $V_p$  muss reduziert werden, wenn das aktuelle Spannungsniveau  $\sigma$  höher als der in umstehender Tabelle angeführte Wert ist.

Der reduzierte Projektierungswinkel  $V_p$  wird wie folgt berechnet:

$$V_p = V_{pmax} \cdot \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$$

wo  $\sigma_{max}$  aus umstehender Tabelle hervorgeht, und  $\sigma$  das aktuelle Spannungsniveau an der Stelle ist, wo das Bogenrohr einzubauen ist.

### $\sigma_{max} \leq 190\text{MPa}$

Bei Systemen, in denen das axiale Spannungsniveau nicht 190 MPa übersteigt, können Bogenrohre mit Projektierungswinkeln/-radien, die aus untenstehender Tabelle hervorgehen, verwendet werden.

Die Tabelle gilt für alle Dämmserien mit einer Scheitelüberdeckung von 0,6-1,5 m, wo der Grundwasserspiegel unter den Rohren liegt.

Ist das aktuelle Spannungsniveau  $< 190$  MPa an der Stelle, wo das Bogenrohr einzubauen ist, kann ein Bogenrohr mit größerem Winkel als in der Tabelle angeführt verwendet werden.

Der Winkel lässt sich anhand obiger Formel berechnen.

Bitte beachten! Der Winkel kann nicht die auf der vorigen Seite angeführten Größen für 12 bzw. 16 m Bogenrohre übersteigen.

d x t mm	12 m Bogenrohr		16 m Bogenrohr	
	$V_{pmax}$	$R_{pmin}$ m	$V_{pmax}$	$R_{pmin}$ m
76,1 x 2,9	25	27,5	-	-
88,9 x 3,2	33	22,2	-	-
114,3 x 3,6	38	18,1	13	70,5
139,7 x 3,6	39	17,3	16	57,3
168,3 x 4,0	35	19,6	19	48,3
219,1 x 5,0	29	23,5	19	48,3
273,0 x 5,0	25	27,1	17	53,9
323,9 x 5,6	21	32,4	17	53,9
355,6 x 5,6	20	34,4	18	50,9
406,4 x 6,3	15	45,8	17	53,9
457,0 x 6,3	8	85,9	10	91,7
508,0 x 6,3	3	229,2	4	229,2
610,0 x 7,1	-	-	1,3	705,2

## Richtungsänderungen Vorgedämmte Bogenrohre

### Abstecken von Bogenrohren

Zur Sicherung des korrekten Absteckens von der Trasse des Rohrsystems kann der Schnittpunkt der Tangenten des Bogenrohres in die Systemzeichnung bzw. an der Baustelle eingetragen werden.

In der Praxis bedeutet das, dass die Muffen in der Systemzeichnung im Punkt  $t_p$  platziert werden.

Der Abstand  $A$  vom Schnittpunkt der Tangenten  $s_p$  zum Tangentenpunkt  $t_p$  wird abgesteckt, um die Verbindungen korrekt zu platzieren.

Der Abstand  $A$  wird nach folgender Formel berechnet:

$$A = R_p \cdot \tan\left(\frac{V_p}{2}\right)$$

wo

$R_p$ : Projektierungsradius

$V_p$ : Projektierungs-/Biegewinkel

Normal wird sowohl Vor- als Rücklaufleitung in den selben Winkel gebogen, da die Abweichungen für kleine Dimensionen in der Praxis für die Verlegung belanglos ist.

Bei größeren Dimensionen und Winkeln kann es zweckmäßig sein, eine Verschiebung der Enden der Vor- und Rücklaufleitung abzustecken, damit die Rohrbogen im Bogen einander folgen.

Das Verschiebungsmaß ( $F$ ) wird wie folgt berechnet:

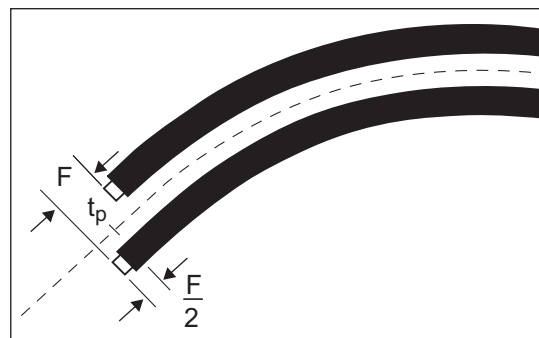
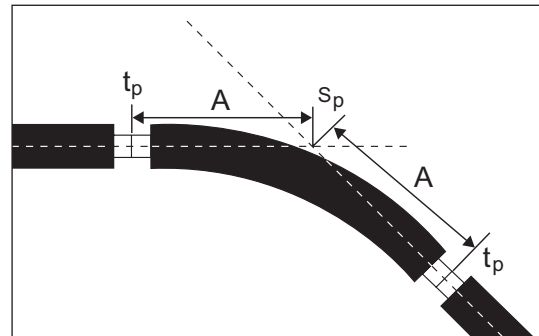
$$F = \frac{(D + A) \cdot V_p}{115}$$

wo

$D$ : Mantelrohrdurchmesser

$A$ : Abstand zwischen den Mantelrohren

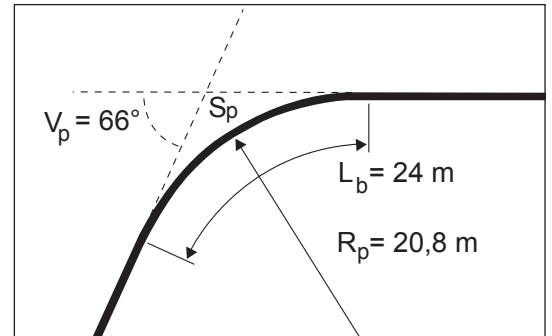
$V_p$ : Projektierungs-/Biegewinkel



## Richtungsänderungen

### Vorgedämmte Bogenrohre - Beispiel

<b>Voraussetzungen</b>	Dimension $\varnothing 168,3/280$ (Serie 2)
	Scheitelüberdeckung $H = 0,8$ m
	Axiales Spannungsniveau: $\sigma = 185$ MPa
	Projektierungswinkel: $V_p = 66^\circ$
	Rohrlänge: $L_b = 24$ m



Aus der Tabelle im Vorherigen in diesem Abschnitt gehen folgende Werte für ein  $\varnothing 168,3$  Bogenrohr hervor:

- $V_{p,max} = 45^\circ$  (Max. Biegewinkel)
- $\sigma_{max} = 148$  MPa (Zulässiges Spannungsniveau)

Da der Projektierungswinkel  $V_p$  ( $66^\circ$ ) größer ist als der zulässige Winkel  $V_{p,max}$  ( $45^\circ$ ), sind 2 Stck. 12 m Bogenrohre mit je einem Winkel von  $33^\circ$  anzuwenden.

Das maximal zulässige Spannungsniveau bei einem Winkel von  $33^\circ$  ist wie folgt zu berechnen:

$$V_p = V_{p,max} \cdot \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$$

$$\sigma = V_{p,max} \cdot \frac{\sigma_{max}}{V_p}$$

$$\sigma = 45 \cdot \frac{148}{33} = 202 \text{ MPa}$$

Da das axiale Spannungsniveau 185 MPa ist, können 2 Stck. Bogenrohre von je  $33^\circ$  verwendet werden.

Der Projektierungsradius ist:

$$R_p = \frac{180 \cdot L_b}{\pi \cdot V_p}$$

$$R_p = \frac{180 \cdot 12}{\pi \cdot 33} = 20,8 \text{ m}$$

Bei der Bestellung von den 2 Bogenrohren ist Länge bzw. Winkel anzugeben.

Wird das Rohrsystem mit Überwachung ausgeführt, ist wegen der Platzierung der Überwachungsdrähte zu definieren, ob das Rohr links, rechts, nach oben oder nach unten gebogen werden soll, siehe evtl. den Abschnitt "Richtungsänderungen: Bogenrohre" im Produktkatalog.

Das (in der Systemzeichnung sowie an der Baustelle angewandte) A-Maß ist wie folgt zu berechnen:

$$A = 20,8 \cdot \tan\left(\frac{66}{2}\right) = 13,5 \text{ m}$$

## Richtungsänderungen

### Gehrung

#### Allgemein

Gehrung kann für kleinere Richtungsänderungen verwendet werden. Die Anwendung von Gehrungen sollte jedoch soweit möglich minimiert werden, da Spannungskonzentrationen im Bereich der Gehrung vorkommen werden, was die Gefahr der Bildung von Schwächen in der Gehrung erhöht.

LOGSTOR empfiehlt folglich, dass kleinere Richtungsänderungen soweit möglich mit elastischen Bogen oder mit Bogenrohren ausgeführt werden.

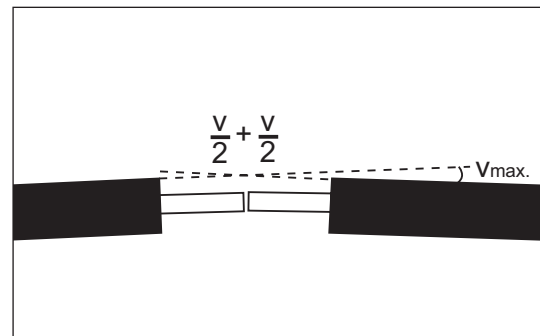
#### Anwendungsmöglichkeiten

Gehrungen können in horizontaler und vertikaler Richtung ausgeführt werden.

Es ist wichtig, dass die Komprimierung rundum die Gehrung mit besonderer Sorgfalt ausgeführt wird, um die Gehrung vor seitlicher und vertikaler Bewegung zu schützen.

Bei der Ausführung von Gehrungen ist zu sichern, dass es ausreichende globale Stabilität gibt.

Serielle Gehrung ist zu vermeiden.



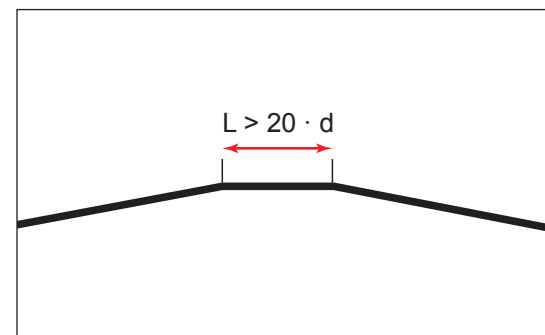
#### Gehrung

Aus der Tabelle geht hervor, welche Höchstwinkel unter Berücksichtigung vom Axialspannungsniveaus ausgeführt werden dürfen.

Max. Axialspannungsniveau MPa	$V_{\max}$ Zulässige Gehrung °
150	4
228	2
252	1
280	0,5
>280	0

#### Mindestabstand zwischen Gehrungsschnitten

Beim Einbau mehrerer Gehrungsschnitten in einer Rohrleitung, muss der Mindestabstand zwischen den Gehrungsschnitten  $20 \cdot d$  sein.  $d$  ist der Durchmesser des einzelnen Mediumrohres.



## Richtungsänderungen Gehrung

### Voraussetzungen für die Gehrung

Beim Gehen ist ein gründliches Komprimieren rundum die Gehrung entscheidend, um die Seitenbewegung, die zum Ermüdungsbruch in der Gehrung führen kann, zu minimieren.

WICHTIG! Dehnungspolster dürfen nicht um Gehrungen verwendet werden!

LOGSTOR gerade Muffen können bei Gehrungen in den untenstehenden Winkeln verwendet werden, vorausgesetzt das Voranstehende ist eingehalten:

°v	Max. Gehrung bei geraden Muffen				
	BXJoint	SX-WPJoint	BS-/B2SJoint	EWJoint	BandJoint
0	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	ø 90-1000 mm	ø 90-1400 mm	ø 90-1400 mm
1	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	ø 90-1000 mm	ø 90-1400 mm	ø 90-1400 mm
2	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	ø 90-1000 mm	ø 90-1400 mm	ø 90-1400 mm
3	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	ø 225-1000 mm	ø 225-1000 mm	ø 90-710 mm
4	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	-	ø 225-500 mm	ø 90-500 mm
5	ø 90-630 mm	ø 90-450 mm	-	-	-

Stahlmediumrohr ist statisch zu kontrollieren.

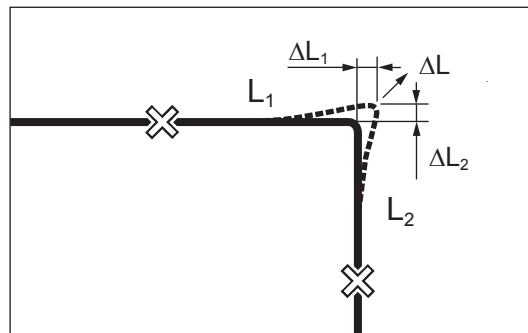
## Richtungsänderungen 80-90° Bogen mit Dehnungspolster

### Allgemein

Die Axialdehnung gerader Rohrstrecken führt zu einer seitlichen Verschiebung bei Bogen.

Um zu sichern, dass der Bogen und der PUR-Schaum nicht größere Einflüsse ausgesetzt werden als sie widerstehen können, muss die Belastung des Bodendruckes reduziert werden. Das kann durch Aufnahme der Dehnung in Dehnungspolstern erfolgen, siehe unten.

Beschreibung von Dehnungspolster, siehe den Abschnitt "Dehnungsaufnahme".



### Ermüdung/ Lastwechsel

Anhand der aktuellen Temperaturen und Verlegeverhältnisse wird die Bewegung am Bogen berechnet. Alle Bogen sind wie im Abschnitt "Allgemein: Projektclassen" beschrieben nach EN 13941 mit den angeführten min. Temperaturvariationen gegen Ermüdung zu sichern.

Alle Bogen in diesem Manual sind wie beschrieben ebenfalls mit Sicherheitsfaktoren für Projektklasse B bzw. C berechnet.

### Länge vom Dehnungsbereich

Zur Festlegung der Länge des Dehnungsbereiches ist es notwendig, die Axialdehnung des Rohrsystems zu berechnen. Die Formeln sind in Einzelheiten im Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Bogen" beschrieben.

### Die aktuelle Dehnung $\Delta L_1$

Für die Strecke  $L_1$  wird die aktuelle Dehnung  $\Delta L_1$  berechnet. Danach lässt die Länge  $F$ , die zur Aufnahme der Dehnung von  $L_1$  erforderlich ist, sich in den nachfolgenden Kurven finden.

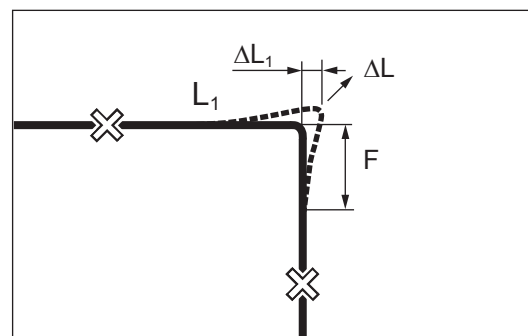
$F$  = Die Länge vom Bogen, die mit Dehnungspolstern zu schützen sind, damit der Bodendruck nicht zu hohen Spannungen im PUR-Schaum führt.

Bei der Berechnung der Axialspannung sind sowohl Scheitelüberdeckung und Dämmserie zu berücksichtigen.

Aus der waagerechten Achse des Diagramms geht die aktuelle  $\Delta L$  hervor.

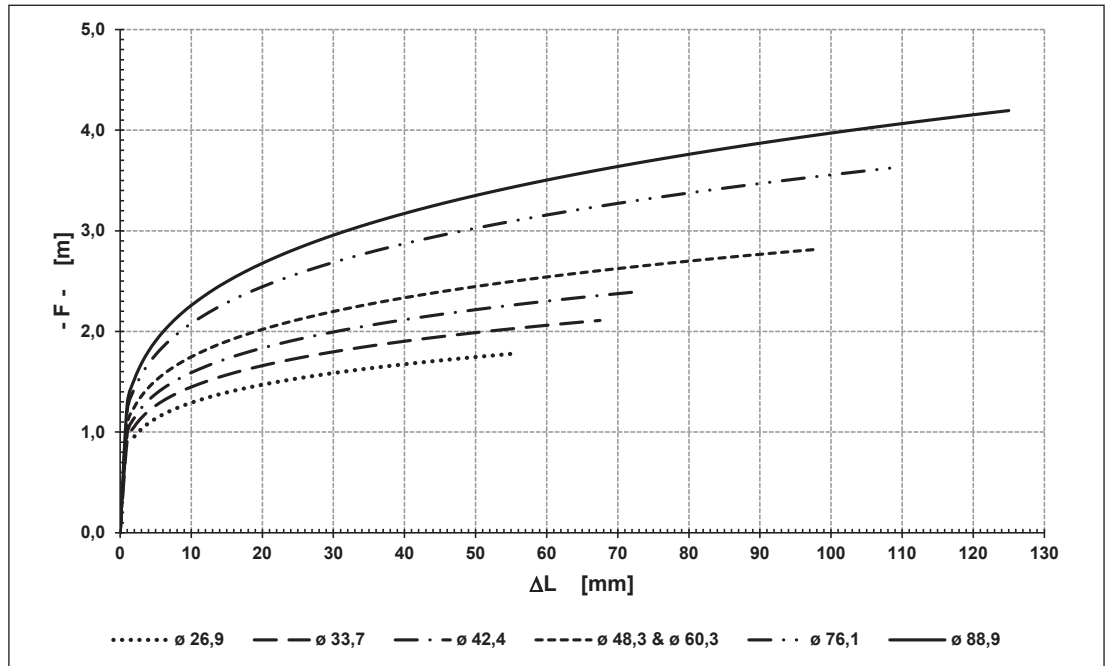
Dieses Maß wird senkrecht bis zur aktuellen Dimensionskurve verschoben, und die  $F$ -Länge geht aus der senkrechten Achse hervor.

Die Kurven gelten für alle Dämmserien.

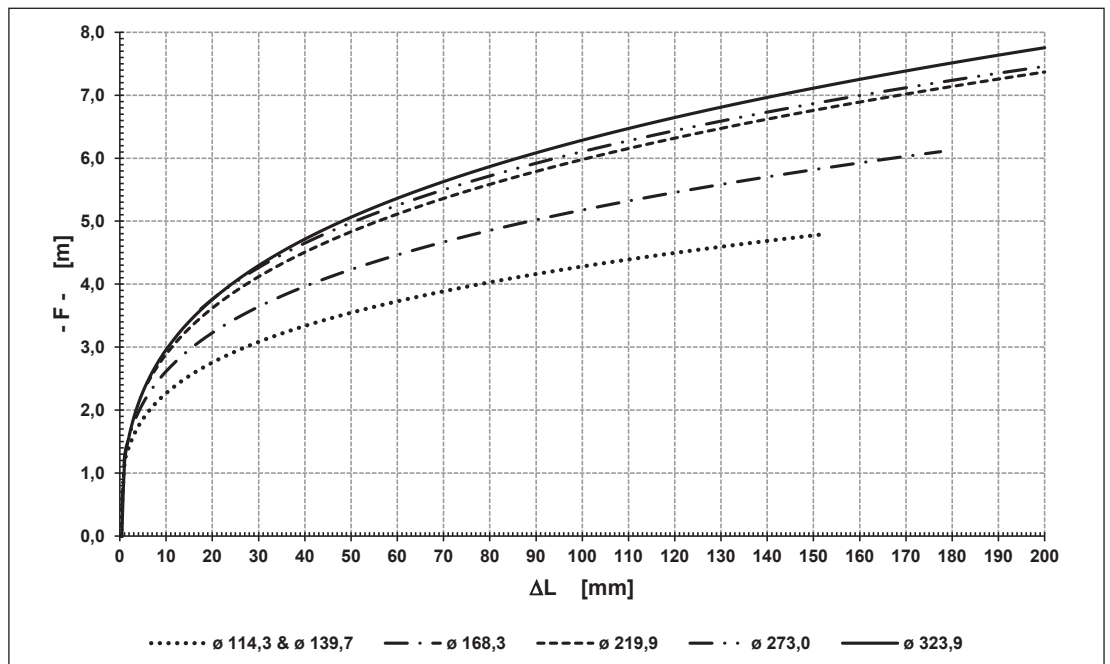


## Richtungsänderungen 80-90° Bogen mit Dehnungspolster

Dehnungsbereich  
F-Länge  
ø 26,9 – ø 114,3  
Serie 1, 2 und 3

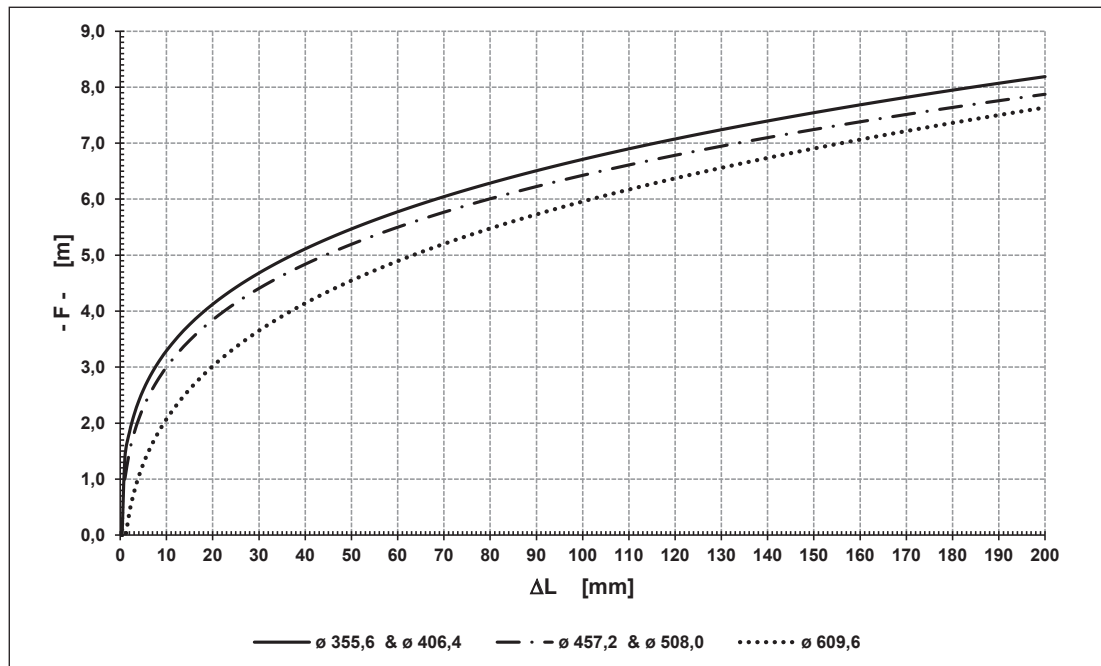


Dehnungsbereich  
F-Länge  
ø 139,7 – ø 323,9  
Serie 1, 2 und 3



## Richtungsänderungen 80-90° Bogen mit Dehnungspolster

Dehnungsbereich  
F-Länge  
ø 355 – ø 610,0  
Serie 1, 2 und 3



### Dehnungspolster

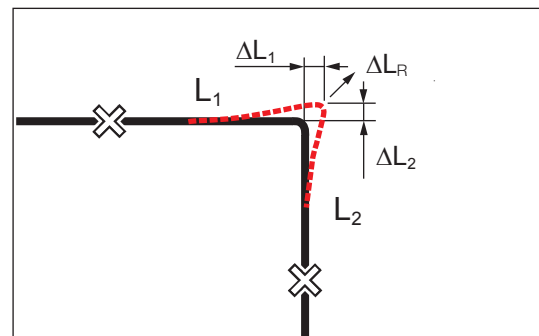
Um die zur Aufnahme der Dehnung am Bogen erforderliche Anzahl und Dicke der Dehnungspolster zu bestimmen, ist die resultierende Dehnung  $\Delta L_R$  zu berechnen.

$$\Delta L_R = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2}$$

Dehnungspolster dürfen max. 70% komprimiert werden, so die erforderliche Dicke der Dehnungspolster wird wie folgt berechnet:

$$t_{\text{Dehnungspolster}} = \frac{\Delta L_R}{0,70}$$

Die Dehnungspolster sind in Dicken von 40 mm erhältlich. Die Dicke kann folglich 40 mm, 80 mm oder 120 mm sein, siehe auch den Abschnitt "Dehnungsaufnahme: Dehnungspolster".





## Richtungsänderungen 80-90° Bogen mit Dehnungspolster

### Länge der Dehnungspolster

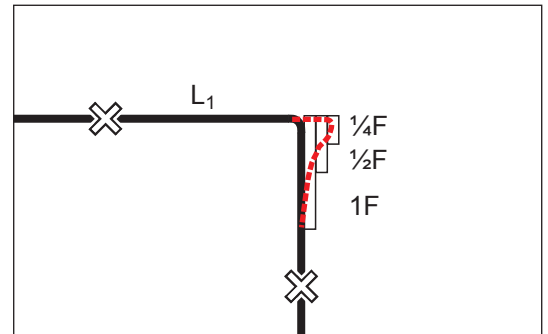
Die Länge des Dehnungspolsters ist mindestens die F-Länge.

Ist von mehreren Schichten Dehnungspolster die Rede, wird die Anzahl der Schichten gemäß der Durchbiegungslinie des Bogens reduziert.

In der Praxis bedeutet das, dass die 1. Schicht Dehnungspolster immer die Mindestlänge  $F$  hat.

Die 2. Schicht Dehnungspolster hat die Mindestlänge  $\frac{1}{2} F$ , und die 3. Schicht hat die Mindestlänge  $\frac{1}{4} F$ .

Die Länge jeder Schicht ist auf ganze oder halbe Meter gerundet.



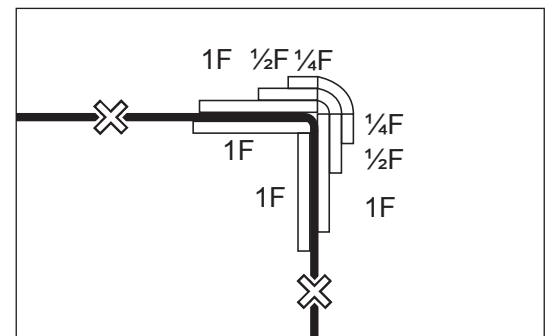
### Platzierung von Dehnungspolstern

Dehnungspolster sind immer an die auswendige Seite des Bogens zu platzieren, um die Dehnung aufzunehmen.

An die inwendige Seite des Bogens können Dehnungspolster in der vollen Länge der F-Länge platziert werden.

Da die Reibung verhindert, dass der Bogen sich voll zurückzieht, ist nur eine Schicht Dehnungspolster erforderlich.

Bei thermisch vorgespannten Systemen sind die gleiche Anzahl Dehnungspolster sowohl in- wie auswendig zu platzieren, wenn die Dehnung im Verhältnis zur Vorspanntemperatur, die gleich die Mitteltemperatur ist, berechnet worden ist.



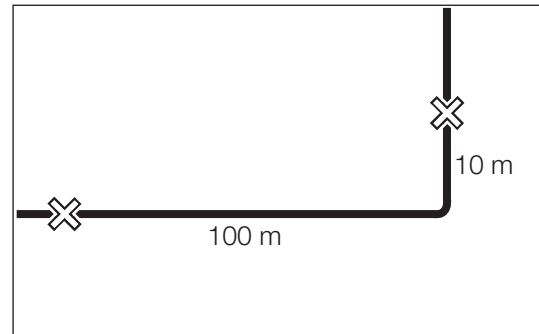
## 80-90° Bogen mit Dehnungspolster - Beispiel

Voraussetzungen  
für das Beispiel

$\varnothing$  60,3, Serie 2  
 Scheitelüberdeckung  $H = 0,8$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 105^{\circ}\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 $L_1 = 100$  m  
 $L_2 = 10$  m

Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade  
 Rohre: Spannungsreduzierung mit  
 Bogen - Tabelle: Montagelängen" für  
 $\varnothing 60,3$  Serie 2.

$F = 2,03$  kN/m  
 $A_s = 523$  mm<sup>2</sup>

Max.  
Spannungs-  
niveau

$\sigma_{\max.} = \Delta T \cdot 2,52$  [MPa]  
 $\sigma_{\max.} = (105 - 10) \cdot 2,52 = 239$  [MPa]  
 Reibungslänge  $L_F$ :

$$L_F = \frac{\sigma_{\max.} \cdot A_s}{F}$$

$$L_F = \frac{239 \cdot 523}{2,03 \cdot 1000} = 61,6 \text{ m}$$

## Dehnung

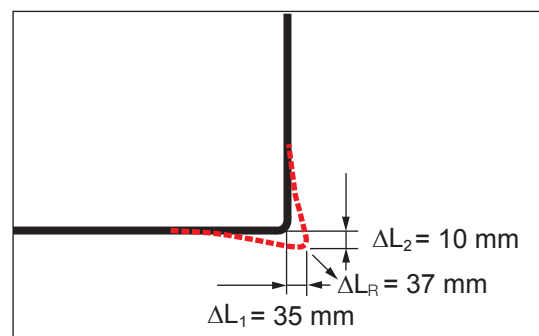
$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

Als  $L_1$  wird  $L_F$  angewandt, da sie kürzer als die tatsächliche Länge ist.

$$\Delta L_1 = 61600 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (105 - 10) - \frac{2,03 \cdot 61600^2}{2 \cdot 523 \cdot 210000} = 35 \text{ mm}$$

Als  $L_2$  wird die tatsächliche Länge = 10 mm angewandt.

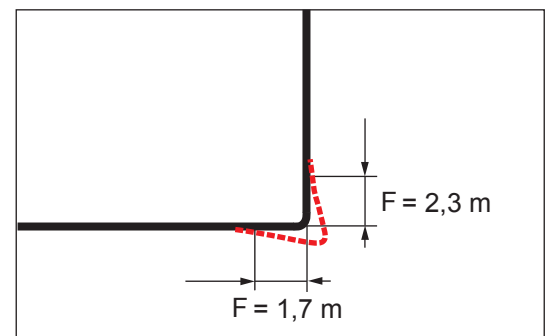
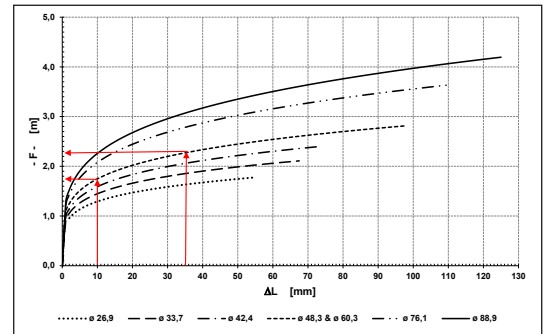
$$\Delta L_2 = 10000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (105 - 10) - \frac{2,03 \cdot 10000^2}{2 \cdot 523 \cdot 210000} = 10 \text{ mm}$$



## Richtungsänderungen 80-90° Bogen mit Dehnungspolster - Beispiel

### F-Länge

Aus der Tabelle im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" ergibt sich:  
 - 35 mm ergibt F= 2,3 m  
 - 10 mm ergibt F = 1,7 m



### Dehnungspolster

Radiale Dehnung im Bogen:

$$\Delta L_R = \sqrt{\Delta L_1^2 + \Delta L_2^2}$$

$$\Delta L_R = \sqrt{35^2 + 10^2} = 37 \text{ mm}$$

Dicke der Dehnungspolster:

- Minstdicke:

$$t = \frac{\Delta L_R}{0,70} = \frac{37}{0,70} = 53 \text{ mm}$$

Anzahl Schichten von je 40 mm:

$$t = \frac{t}{40} = \frac{53}{40} = 2 \text{ Lagen}$$

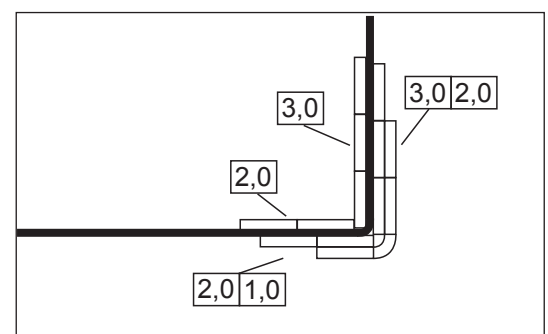
### Platzierung von Dehnungs- polstern

Die Länge der Dehnungspolster ist mindestens die F-Länge.

Es ist auf den nächsten halben oder ganzen Meter zu runden.

Die Länge der Dehnungspolster wird reduziert, indem die innere Schicht immer volle Länge hat, die nächste Schicht halbe Länge und so weiter.

An der inwendigen Seite ist eine Schicht Dehnungspolster zu platzieren.



## 80-90° Bogen mit Dehnungspolster - Z-Bogen

**Allgemein**

Z-Bogen sind erheblich flexibler als L-Bogen. Folglich lässt die erforderliche Z-Länge sich wie folgt berechnen:

$$Z = 0,45 \cdot (F_1 + F_2)$$

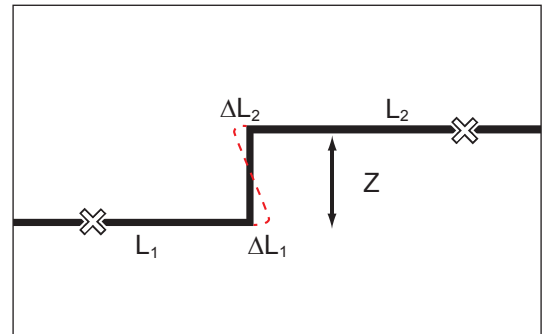
Wo:

$F_1$  = die erforderliche F-Länge von  $L_1$  für einen 90° Bogen

$F_2$  = die erforderliche F-Länge von  $L_2$  für einen 90° Bogen

Die Dehnung der einzelnen Strecken und die entsprechende F-Länge werden wie im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" beschrieben gefunden.

Die Anzahl und Dicke der Dehnungspolster lassen sich ebenfalls wie im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" beschrieben bestimmen. Die resultierende Dehnung kann jedoch gleich der Dehnung von  $L_1$  bzw.  $L_2$  gesetzt werden.

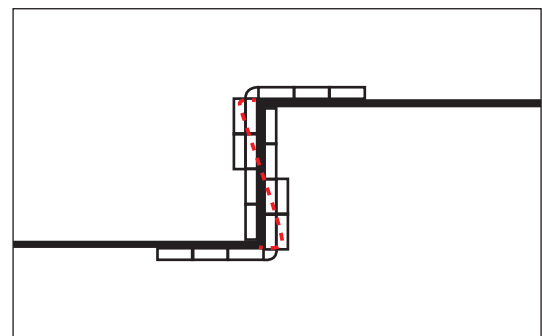
**Länge der Dehnungspolster**

Die Länge der Dehnungspolster ist mindestens die Z-Länge.

Die Länge der Dehnungspolster wird reduziert, indem die innere Schicht immer volle Länge hat, die nächste Schicht  $\frac{1}{2}$  Länge und die äussere Schicht  $\frac{1}{4}$  Länge, siehe evtl. den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern".

An den axialen Teil (die Aussenseite des Z-Bogens) ist 1 Schicht Dehnungspolster (40 mm) zu platzieren:

- $\leq$  DN50:  
1 Schicht Dehnungspolster,  
Mindestlänge 1 m
- DN65 – DN125:  
1 Schicht Dehnungspolster,  
Mindestlänge 2 m
- DN150 – DN600:  
1 Schicht Dehnungspolster,  
Mindestlänge 3 m



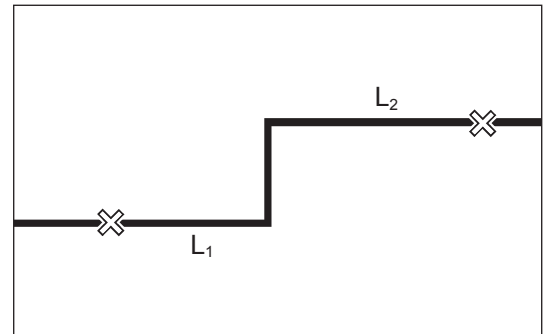
## 80-90° Bogen mit Dehnungspolster - Z-Bogen - Beispiel

**Voraussetzungen  
für das Beispiel**

$\varnothing$  273,0, Serie 2  
 Scheitelüberdeckung, H = 1,0 m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 $L_1 = 78\text{m}$   
 $L_2 = 21\text{m}$

Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade  
 Rohre: Spannungsreduzierung mit  
 Bogen - Tabelle: Montagelängen" für  
 $\varnothing 273,0$  Serie 2.

$F = 8,75\text{ kN/m}$   
 $A_s = 4210\text{ mm}^2$

**Max.  
Spannungs-  
niveau**

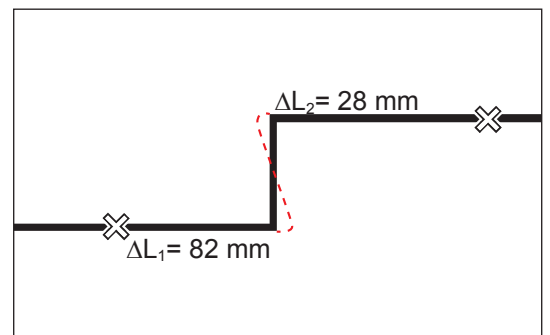
In diesem Beispiel ist das Spannungsniveau durch Anwendung von  
 Spannungsreduzierung mit Bogen im System auf 190 MPa reduziert:  
 $\sigma_{\max} = 190\text{ MPa}$

**Dehnung**

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

$$\Delta L_1 = 78000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (130 - 10) - \frac{8,75 \cdot 78000^2}{2 \cdot 4210 \cdot 210000} = 82\text{ mm}$$

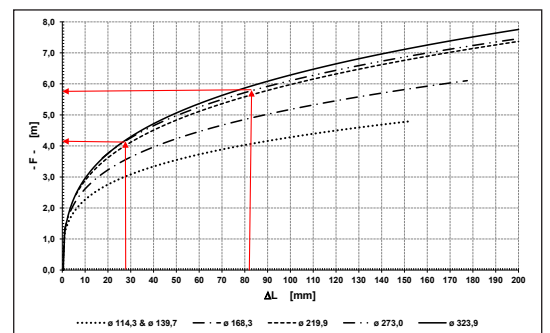
$$\Delta L_2 = 21000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (130 - 10) - \frac{8,75 \cdot 21000^2}{2 \cdot 4210 \cdot 210000} = 28\text{ mm}$$

**F-Länge**

Aus der Tabelle im Abschnitt  
 "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen  
 mit Dehnungspolstern" ergibt sich:

-  $L_1$ :  
 $\Delta L = 82\text{ mm}$  ergibt  $F = 5,8\text{ m}$

-  $L_2$ :  
 $\Delta L = 28\text{ mm}$  ergibt  $F = 4,2\text{ m}$

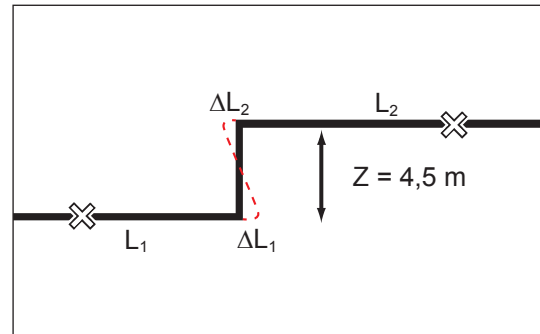


## 80-90° Bogen mit Dehnungspolster - Z-Bogen - Beispiel

Erforderliche  
Z-Länge

$$Z = 0,45 \cdot (F_1 + F_2)$$

$$Z = 0,45 \cdot (5,8 + 4,2) = 4,5 \text{ m}$$



## Dehnungspolster

Die Mindestdicke der Dehnungspolster wird anhand der radialen Längendehnung  $\Delta L_R$  gefunden, die für Z-Bogen gleich  $\Delta L$  gesetzt werden kann:

Für die Dehnung von L<sub>1</sub> ergibt sich folgendes:

$$t_1 = \frac{\Delta L}{0,70} = \frac{82}{0,70} = 117 \text{ mm}$$

Anzahl Schichten von je 40 mm:

$$\frac{t_1}{40} = \frac{117}{40} = 3 \text{ Lagen}$$

Für die Dehnung von L<sub>2</sub> ergibt sich folgendes:

$$t_2 = \frac{\Delta L}{0,70} = \frac{28}{0,70} = 40 \text{ mm}$$

Anzahl Schichten von je 40 mm:

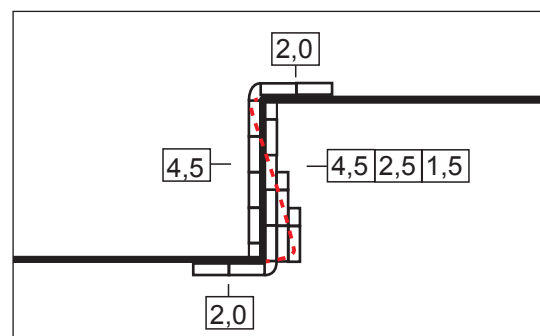
$$\frac{t_2}{40} = \frac{40}{40} = 1 \text{ Lage}$$

Länge der  
Dehnungspolster

Die Länge der Dehnungspolster ist mindestens die Z-Länge.

Die Länge der Dehnungspolster wird reduziert, indem die innere Schicht immer volle Länge hat, die nächste Schicht ½ Länge und so weiter.

An den axialen Teil sind für ein  $\varnothing 273,0$  wie abgebildet 40 mm Dehnungspolster in min. 2 m Länge zu platzieren.



## 80-90° Bogen mit Dehnungspolster - U-Bogen

## Allgemein

Ein U-Bogen ist flexibler als ein Z-Bogen. Die erforderliche U-Länge lässt sich deshalb wie folgt berechnen

$$U = 0,8 \cdot F_{\max}$$

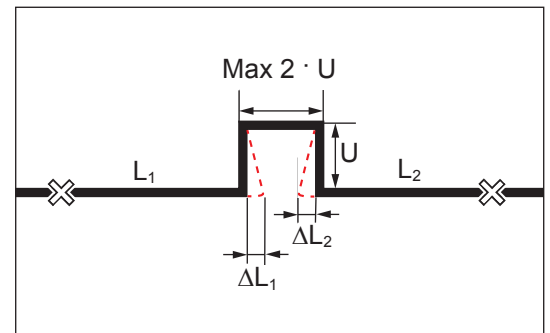
wo  $F_{\max}$  die höchste F-Länge für  $\Delta L_1$  oder  $\Delta L_2$  für einen 90° Bogen ist.

Die Sohle des U-Bogen ist min. 2 · Schenkellänge von einem standard, vorgedämmten Bogen, und max. 2 · U-Länge.

Ist die Sohle des U-Bogens länger als 2 · U, ist der Bogen als 2 Z-Bogen zu berechnen.

Die Dehnung der einzelnen Strecken und die entsprechende F-Länge wird wie im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" beschrieben gefunden.

Die Anzahl und Dicke der Dehnungspolster sind ebenfalls wie im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" beschrieben zu bestimmen. Die resultierende Dehnung kann jedoch gleich der Dehnung von  $L_1$  bzw.  $L_2$  gesetzt werden.



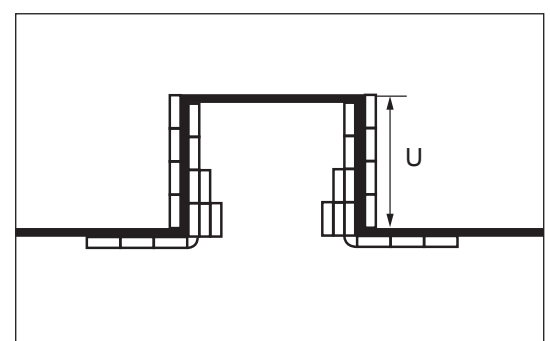
## Länge der Dehnungspolster

Die Länge der Dehnungspolster ist mindestens die U-Länge.

Die Länge der Dehnungspolster wird reduziert, indem die innere Schicht immer volle Länge hat, die nächste Schicht ½ Länge und die äussere Schicht ¼ Länge, siehe evtl. Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern".

An die auswendige Seite ist 1 Schicht Dehnungspolster (40 mm) in der Länge "U" zu platzieren:

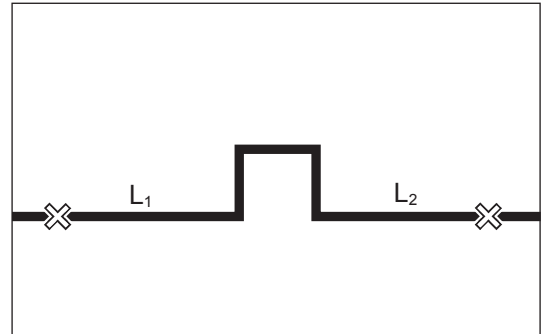
- ≤ DN50:  
1 Schicht Dehnungspolster,  
Mindestlänge 1 m
- DN65 – DN125:  
1 Schicht Dehnungspolster,  
Mindestlänge 2 m
- DN150 – DN600:  
1 Schicht Dehnungspolster,  
Mindestlänge 3 m



## 80-90° Bogen mit Dehnungspolster - U-Bogen - Beispiel

**Voraussetzungen für das Beispiel**

$\varnothing$  114,3, Serie 1  
 Scheitelüberdeckung  $H = 0,8$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 110^{\circ}\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 $L_1 = 120$  m  
 $L_2 = 65$  m  
 Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabelle: Montagelängen"  $\varnothing$  114,3 Serie 1  
 $F = 2,97$  kN/m  
 $A_s = 1252$  mm<sup>2</sup>



**Max. Spannungsniveau**

$\sigma_{\max.} = \Delta T \cdot 2,52$  [MPa]  
 $\sigma_{\max.} = (110 - 10) \cdot 2,52 = 252$  [MPa]  
 Die Reibungslänge  $L_F$ :

$$L_F = \frac{\sigma_{\max.} \cdot A_s}{F}$$

$$L_F = \frac{252 \cdot 1252}{2,97 \cdot 1000} = 106,2 \text{ m}$$

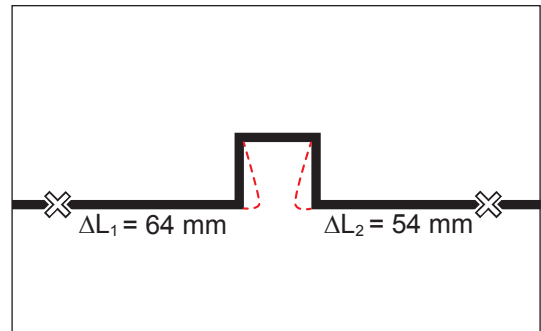
**Dehnung**

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

Als  $L_1$  wird  $L_F$  angewandt, da sie kürzer als die tatsächliche Länge ist.

$$\Delta L_1 = 106200 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (110 - 10) - \frac{2,97 \cdot 106200^2}{2 \cdot 1252 \cdot 210000} = 64 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = 65000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (110 - 10) - \frac{2,97 \cdot 65000^2}{2 \cdot 1252 \cdot 210000} = 54 \text{ mm}$$

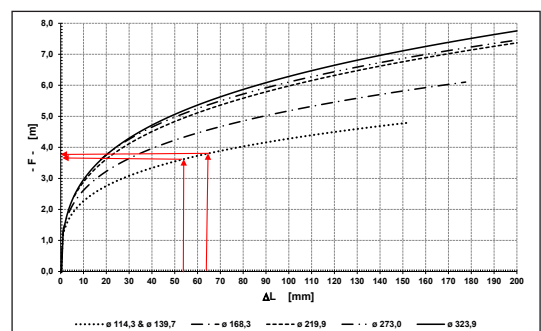


**F-Länge**

Aus der Tabelle im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" ergibt sich:

-  $L_1$ :  
 $\Delta L = 64$  mm ergibt  $F = 3,8$  m

-  $L_2$ :  
 $\Delta L = 54$  mm ergibt  $F = 3,6$  m





## 80-90° Bogen mit Dehnungspolster - U-Bogen - Beispiel

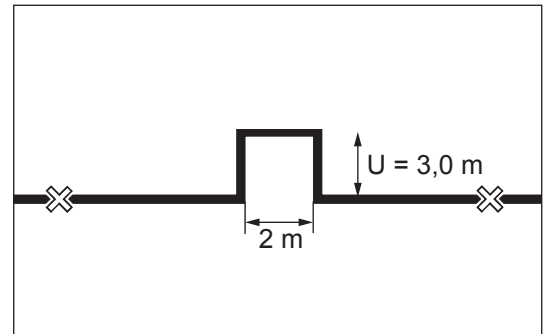
**Erforderliche U-Länge**

$$U = 0,8 \cdot F_{\max}$$

$$U = 0,8 \cdot 3,8 = 3 \text{ m}$$

Die Höchstlänge der Sohle des U-Bogens ist  
 $2 \cdot U = 6 \text{ m}$ .

Typisch werden 2 · Schenkellänge eines standard Bogens angewandt, hier  
 $2 \cdot 1 = 2 \text{ m}$

**Dehnungspolster**

Die Mindestdicke der Dehnungspolster wird anhand der radialen Längendehnung  $\Delta L_R$ , die für U-Bogen gleich  $\Delta L$  gesetzt werden kann, gefunden:

Für die Dehnung von  $L_1$  ergibt sich:

$$t_1 = \frac{\Delta L}{0,70} = \frac{64}{0,70} = 91 \text{ mm}$$

Anzahl Schichten von je 40 mm:

$$\frac{t_1}{40} = \frac{91}{40} = 3 \text{ Lagen}$$

Für die Dehnung von  $L_2$  ergibt sich:

$$t_2 = \frac{\Delta L}{0,75} = \frac{54}{0,75} = 72 \text{ mm}$$

Anzahl Schichten von je 40 mm:

$$\frac{t_2}{40} = \frac{72}{40} = 2 \text{ Lagen}$$

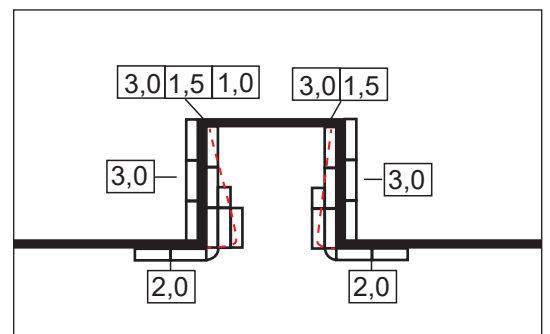
**Länge der Dehnungspolster**

Die Länge der Dehnungspolster ist mindestens die U-Länge. Es ist auf den nächsten halben oder ganzen Meter zu runden.

Die Länge der Dehnungspolster wird reduziert, indem die innere Schicht immer volle Länge hat, die nächste Schicht  $\frac{1}{2}$  Länge und die äussere Schicht  $\frac{1}{4}$  Länge.

An den axialen Teil sind für einen  $\varnothing 114,3$

40 mm Dehnungspolster in der Mindestlänge 2 m zu platzieren.



## Richtungsänderungen 5-80° Bogen mit Dehnungspolstern

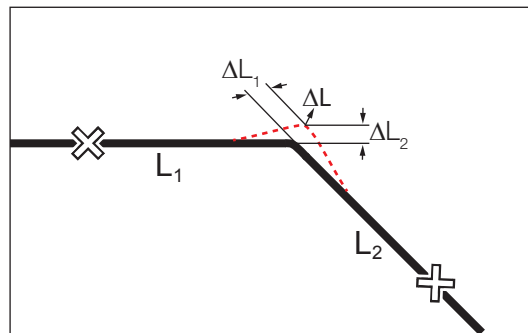
### Allgemein

Axialdehnung gerader Rohrstrecken führt zu lateraler Verschiebung bei Bogen.

Um zu sichern, dass der Bogen und der PUR-Schaum nicht größere Einflüsse ausgesetzt werden als sie widerstehen können, muss die Belastung vom Bodendruck reduziert werden.

Das kann durch Aufnahme der Dehnung in Dehnungspolstern erfolgen, siehe unten.

Beschreibung von Dehnungspolstern, siehe den Abschnitt "Dehnungsaufnahme".



### Richtlinien für die Anwendung

Die Richtlinien in diesem Abschnitt gelten für Rohrsysteme, die traditionell installiert werden, wo die erste Dehnung sich aus dem Unterschied zwischen Höchst- und Mindesttemperatur des Systems ergibt.

Richtungsänderungen werden mit einem 5-80° vorgedämmten Bogen oder durch Einschweißen von einem Bogensegment ausgeführt. Richtungsänderungen dürfen nicht durch Gehrung der Rohrenden ausgeführt werden.

Für 5-10° Richtungsänderungen wird vorausgesetzt, dass der passive Bodendruck ausreicht, um zu sichern, dass der Bogen sich in axialer Richtung mit minimalen radialen Bewegungen bewegt. Diese Richtungsänderungen können folglich ohne Dehnungspolster ausgeführt werden.

10-80° Richtungsänderungen sind wie in diesem Abschnitt angeführt mit Dehnungspolstern zu versehen.

80-90° Richtungsänderungen sind wie 90° Bogen zu berechnen, siehe den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern".

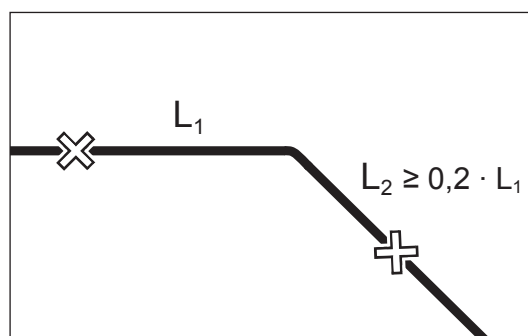
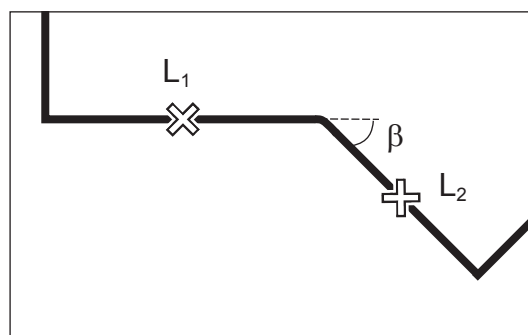
Bei Anwendung von 5-80° Bogen in Systemen, die in den offenen Rohrgraben thermisch vorgespannt werden, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR, um Support zu erhalten.

Aufgrund der aktuellen Temperaturen und Verlegeverhältnisse wird die axiale Bewegung unter der Annahme der freien Bewegung am Bogen berechnet.

Die Grundlage der Dehnung, die in diesem Abschnitt angewandt worden ist, ist, dass der natürliche Festpunkt in der Mitte zwischen dem 90° Bogen und dem Bogen mit dem kleineren Winkel platziert ist.

Die Längen  $L_1$  und  $L_2$  können unterschiedlich sein.  $L_2$  muss jedoch mindestens 20% von  $L_1$  ausmachen.

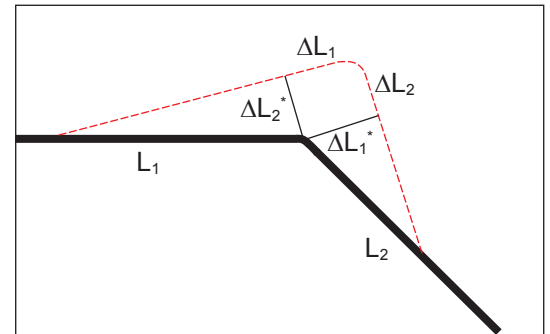
$$L_2 \geq 0,2 \cdot L_1$$



## Richtungsänderungen 5-80° Bogen mit Dehnungspolstern

### Richtlinien für die Anwendung, fortgesetzt

Bei Richtungsänderungen zwischen 5-80° wird zwischen den axialen Bewegungen ( $\Delta L_1/\Delta L_2$ ) und den resultierenden Bewegungen ( $\Delta L_1^*/\Delta L_2^*$ ) gesondert, was im Nachfolgenden näher beschrieben wird.



### Ermüdung/ Lastwechsel

Bei Anwendung von Richtlinien in diesem Abschnitt ist der Bogen mit den im Abschnitt "Allgemein: Projektclassen" angeführten Temperaturschwankungen gemäß EN 13941 gegen Ermüdung gesichert.

Alle Bogen in diesem Manual ist ebenfalls mit Sicherheitsfaktoren für Projektklasse B bzw. C wie beschreiben berechnet.

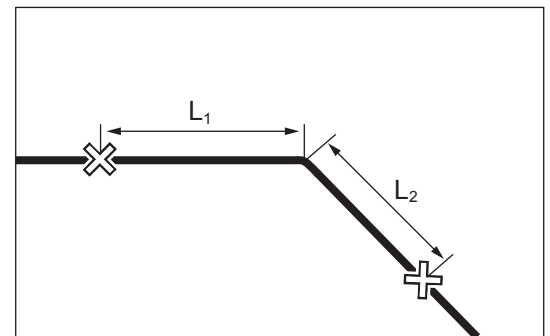
### Höchstlängen

Eine Richtungsänderung in einem gegebenen Winkel kann unter Berücksichtigung, dass die axiale Bewegungen eine gegebene Gesamtbewegung nicht übersteigt, angewandt werden.

Bei der Berechnung der Bewegung ist die Dämmserien und Verlegetiefen zu berücksichtigen, so die Kurve im umstehenden Diagramm für alle Situationen gelten.

Die Länge ( $L_1/L_2$ ) wird als der Abstand von der Richtungsänderung zum natürlichen Festpunkt definiert.

Das Diagramm auf nächster Seite definiert die Summe der Axialbewegungen als Funktion vom Winkel der Richtungsänderung.



### Axiale Bewegung

Die axiale Bewegung in  $\Delta L_1$  und  $\Delta L_2$  wird wie folgt berechnet:

$$\Delta L_x = L_x \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L_x^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

Zusätzliche Informationen über die Berechnung der axialen Bewegung bei freien Rohrenden, siehe Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Bogen".

Die Summe der axialen Bewegungen wird wie folgt bestimmt:

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

Hiernach kann im Diagramm auf der nächsten Seite kontrolliert werden, dass  $\Sigma \Delta L$  den erlaubten Wert für den aktuellen Winkel nicht übersteigt.

## Richtungsänderungen 5-80° Bogen mit Dehnungspolstern

### Axiale Bewegung fortgesetzt

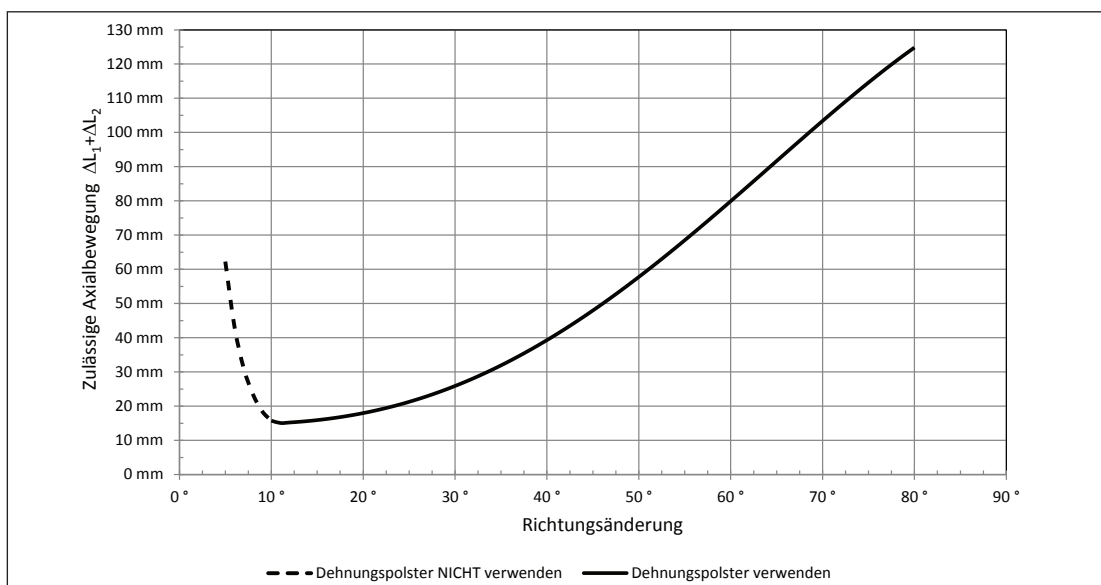
Aus der waagerechten Achse des Diagramms ergibt sich der Winkel der Richtungsänderung.

Dieser Wert ist senkrecht zur Kurve auf zu verschieben, und die Größe der maximal zulässige Bewegung ist der senkrechten Achse zu entnehmen. Es sei zu kontrollieren, dass das aktuelle  $\sum \Delta L$  kleiner als der abgelesene Wert ist.

Die Kurve gilt für alle Dimensionen bis zu DN600 in Dämmserie 1, 2 oder 3, die mit einer Scheitelüberdeckung von 0,6-1,5 m verlegt werden.

LOGSTOR steht Ihnen gern mit zusätzlichem Support zur Verfügung.

### Grenzkurve für Gesamtbewegung ø26,9-ø610,0 Serie 1, 2 und 3, H = 0,6-1,5 m

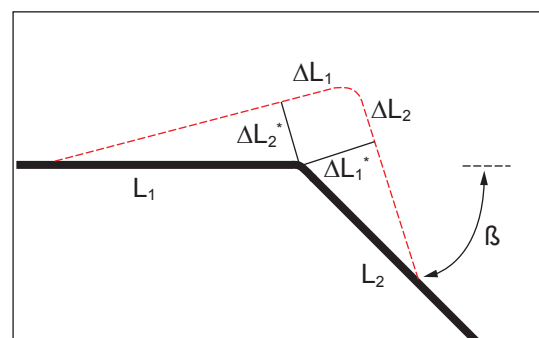


### Länge des Dehnungs- bereiches

Um die Länge des Dehnungsbereiches festzulegen, ist es notwendig die resultierende Bewegungen im Bogen zu berechnen.

$$\Delta L_1^* = \frac{\Delta L_2}{\tan \beta} + \frac{\Delta L_1}{\sin \beta}$$

$$\Delta L_2^* = \frac{\Delta L_1}{\tan \beta} + \frac{\Delta L_2}{\sin \beta}$$



## Richtungsänderungen 5-80° Bogen mit Dehnungspolstern

### Länge des Dehnungs- bereiches fortgesetzt

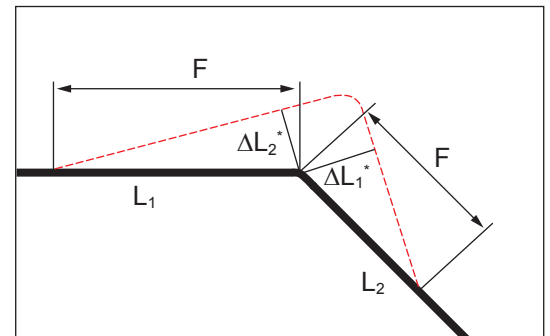
Hiernach lässt sich die Länge  $F$ , die zur Aufnahme der Dehnung aus  $L_1$  bzw.  $L_2$  erforderlich ist, anhand der Kurven im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" ermitteln.

$\Delta L_1^*$  bestimmt die  $F$ -Länge entlang  $L_2$ , und  $\Delta L_2^*$  gibt die  $F$ -Länge entlang  $L_1$ .

$F$  = die Länge vom Bogen, der mit Dehnungspolstern zu schützen ist, um zu hohe Spannungen vom Bodendruck im PUR-Schaum zu vermeiden.

An der waagerechten Achse des Diagramms ist das aktuelle  $\Delta L^*$ -Maß anzuwenden, und es ist senkrecht aufwärts zur Kurve für die aktuelle Dimension zu verschieben und die  $F$ -Länge ist der senkrechten Achse zu entnehmen.

Die Kurven sind für alle Dämmserien gültig.



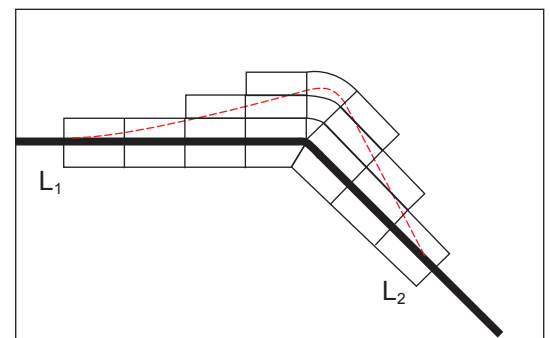
### Dehnungspolster

$\Delta L^*$  bestimmt die Anzahl und Dicke der Dehnungspolster, die zur Aufnahmen der Dehnung im Bogen erforderlich sind

Bei Bogen mit unterschiedlichen Längen ist die größte der resultierende Dehnungen,  $\Delta L_1^*$  oder  $\Delta L_2^*$  anzuwenden.

Zur Bestimmung der Dicke, Länge und Platzierung der Dehnungspolster, siehe bitte den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" sowie folgendes Beispiel.

1 Schicht Dehnungspolstern ist an die inwendige Seite des Bogens zu montieren in einer Länge, die der  $F$ -Länge entspricht.

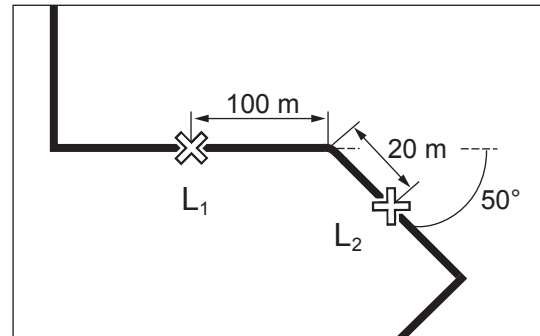


## Richtungsänderungen

### 5-80° Bogen mit Dehnungspolstern - Beispiel

#### Voraussetzungen für das Beispiel

$\varnothing$  60,3, Serie 2  
 Scheitelüberdeckung  $H = 0,8$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 105^{\circ}\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$   
 $L_1 = 100$  m  
 $L_2 = 20$  m  
 Winkel  $\beta = 50^{\circ}$



Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabelle: Montagelängen" für  $\varnothing$  60,3 Serie 2:

$F = 2,03$  kN/m  
 $A_s = 523$  mm<sup>2</sup>

#### Axialdehnung

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F \cdot L_2^2}{2 \cdot A_s \cdot E}$$

Als  $L_1$  wird  $L_F (= 61,6)$  verwendet, da sie kürzer als die tatsächliche Länge ist.

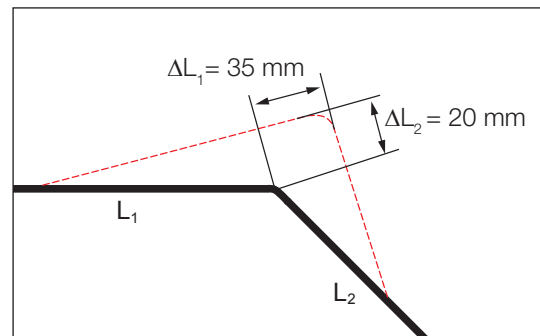
$$\Delta L_1 = 61600 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (105 - 10) - \frac{2,03 \cdot 61600^2}{2 \cdot 523 \cdot 210000} = 35 \text{ mm}$$

Als  $L_2$  wird die tatsächliche Länge = 20 mm verwendet.

$$\Delta L_2 = 20000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (105 - 10) - \frac{2,03 \cdot 20000^2}{2 \cdot 523 \cdot 210000} = 19 \text{ mm}$$

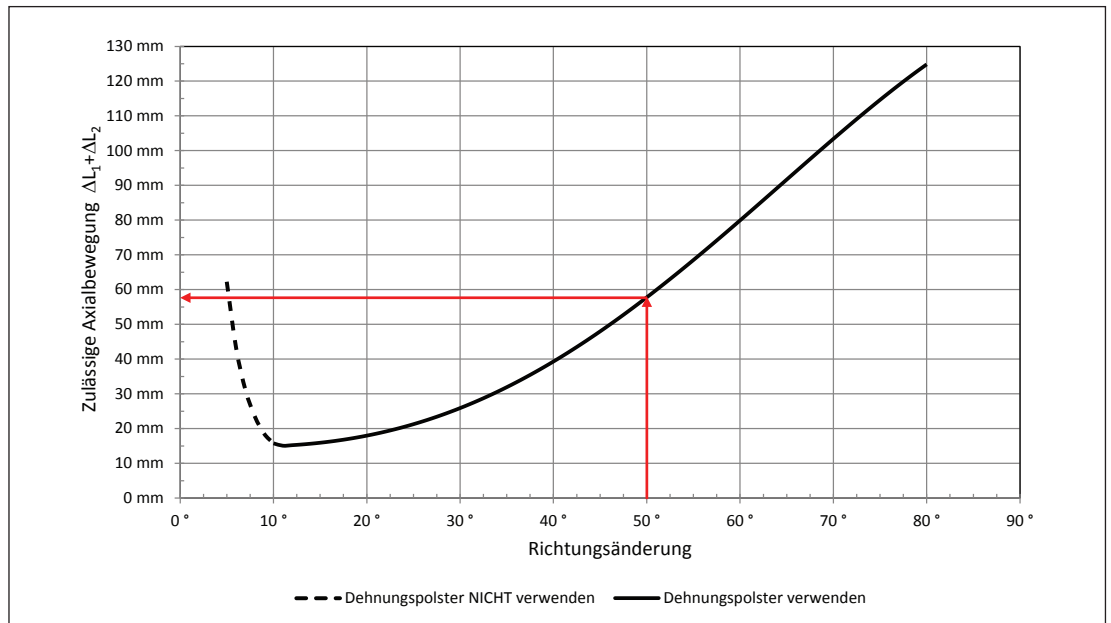
Die Summe der Bewegungen ist:

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta L &= \Delta L_1 + \Delta L_2 \\ \Sigma \Delta L &= 35 + 19 = 54 \text{ mm} \end{aligned}$$



## Richtungsänderungen 5-80° Bogen mit Dehnungspolstern - Beispiel

### Kontrolle der Bewegung



Aus dem Diagramm ergibt sich für einen 50° Winkel:

Max. Gesamtbewegung:  $\sum \Delta L \leq 58 \text{ mm}$

Der gewünschte Winkel von 50° kann folglich an der betreffenden Stelle verwendet werden.

### Resultierende Dehnung

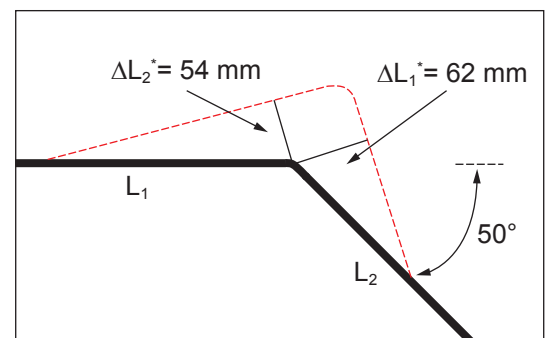
Die resultierende Dehnung wird für jeden Schenkel berechnet:

$$\Delta L_1^* = \frac{\Delta L_2}{\tan \beta} + \frac{\Delta L_1}{\sin \beta}$$

$$\Delta L_1^* = \frac{19}{\tan 50} + \frac{35}{\sin 50} = 62 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2^* = \frac{\Delta L_1}{\tan \beta} + \frac{\Delta L_2}{\sin \beta}$$

$$\Delta L_2^* = \frac{35}{\tan 50} + \frac{19}{\sin 50} = 54 \text{ mm}$$



### Dehnungspolster

Die Dichte der Dehnungspolster wird von der größten resultierenden Dehnung, hier  $\Delta L_1^*$ , bestimmt:

Minstdicke:

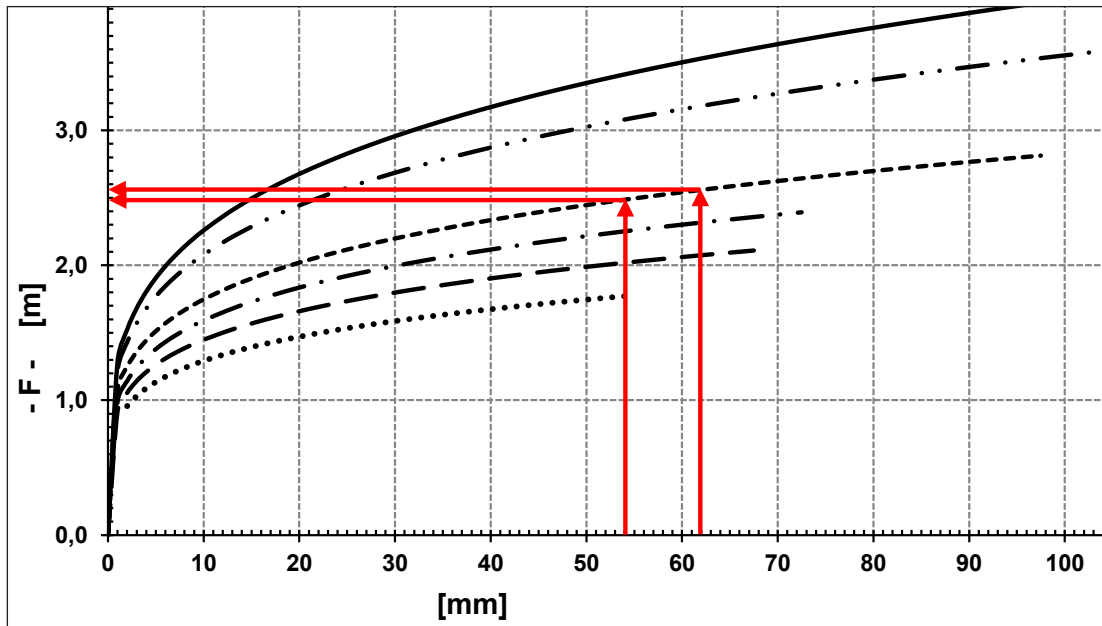
$$t = \frac{\Delta L_{\max}^*}{0,70} = \frac{62}{0,70} = 89 \text{ mm}$$

Anzahl von Schichten von je 40 mm:

$$\frac{t}{40} = \frac{89}{40} = 3 \text{ Lagen}$$

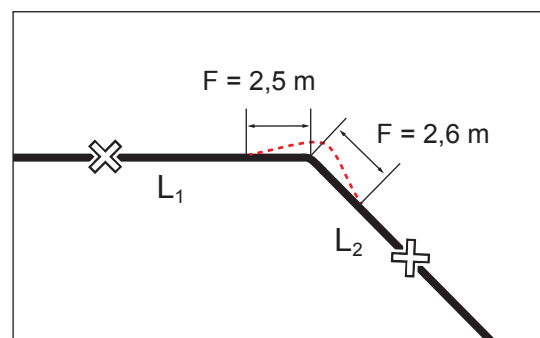
## Richtungsänderungen 5-80° Bogen mit Dehnungspolstern - Beispiel

F-Länge



Aufgrund der resultierenden Dehnungen ist die F-Länge des einzelnen Schenkels im Diagramm aus "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern" zu finden:

- 54 mm gibt  $F = 2,5$  m
- 62 mm gibt  $F = 2,6$  m



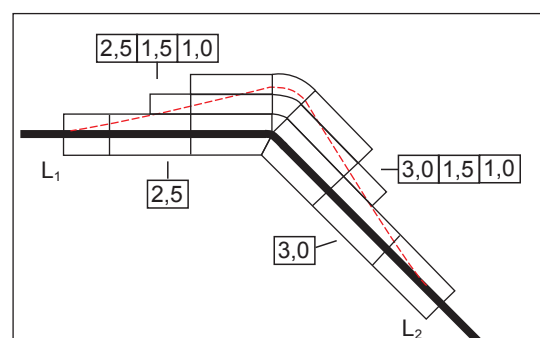
### Platzierung von Dehnungspolstern

Die Längen der Dehnungspolster ist mindestens gleich den F-Längen.

Es ist auf den nächsten halben oder ganzen Meter abzurunden.

Die Länge der Dehnungspolster werden reduziert, so die Innenschicht immer volle Länge ist, die nächste Schicht halbe Länge usw.

1 Schicht Dehnungspolstern ist an die inwendige Seite des Bogens zu montieren in einer Länge, die der F-Länge entspricht.



### Verweise

LOGSTOR Design Tool:

<https://designtool.logstor.com/Tool/Form.aspx?ApplicationId=18749619-698b-47c3-8dbe-c54c42282ccb>



#### Einleitung

Dieser Abschnitt enthält Richtlinien für die Projektierung von Abzweigen in vorgedämmten Rohrsystemen.

Abzweige sind so auszuführen, dass der PUR-Schaum oder das Mediumrohr keinen Überlast leidet.

Die Berechnung der Belastung von Abzweigen ist sehr komplex, weil die Belastungen aus dem Hauptrohr sowie dem Abzweig zu kombinieren sind. In diesem Abschnitt werden deshalb einfache Richtlinien für die Platzierung von Abzweigen angeführt, die auf normaler Praxis sowie den Berechnungserfahrungen von LOGSTOR basieren.

Es wird auf Maße, Formeln und Berechnungsprinzipien, die in anderen Abschnitten eingehend beschrieben sind, verwiesen.

LOGSTOR steht gern zu Ihrer Verfügung mit zusätzlichem Support im Zusammenhang mit der Platzierung und Berechnung von Abzweigen.

Das Online-Programm "LOGSTOR Design Tool", das auf der LOGSTOR Webseite zugänglich ist unterstützt und erleichtert die Berechnungen von Abzweigen. Das Programm basiert auf die Richtlinien in diesem Abschnitt.

---

#### Inhalt

Allgemein  
Anwendung  
Voraussetzungen  
45° senkrechter Abzweig  
90° Parallelabzweig  
Gerade Abzweige  
Verstärkung von Montageabzweigen

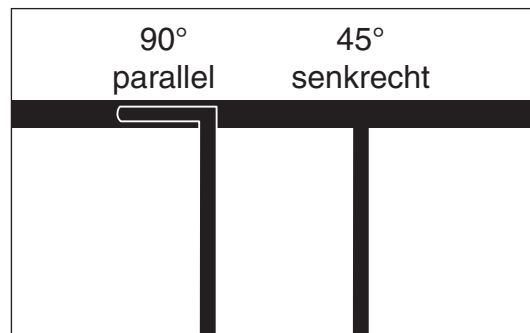
---

## Abzweige Allgemein

### Einleitung

Abzweige können als 90° Parallelabzweig oder als 45° senkrechter Abzweig (Abzweig mit Sprung) ausgeführt werden.

Diese Abzweigtypen lassen sich als Montageabzweige bzw. vorgedämmte Abzweige ausführen, siehe den Abschnitt "Abzweige" im Produktkatalog.



### Spannungs- niveau

Vorgedämmte Abzweige mit einer Hauptrohrdimension bis zu und einschl. DN300 können überall in Systemen mit hohen Axialspannungen (Systemen ohne Spannungsreduzierung, siehe den Abschnitt "Gerade Rohre. Gerade Rohre ohne Spannungsreduzierungen") verwendet werden

Sind die Hauptrohr- und Abzweigdimension gleich, können LOGSTOR standard vorgedämmte Abzweige in Systemen mit einem Spannungsniveau von bis zu 190 MPa verwendet werden.

Montageabzweige, einschl. durch Anbohren ausgeführter Abzweige, können in Systemen mit hohen Axialspannungen verwendet werden, wenn Verstärkungsringe verwendet werden, vgl. Tabelle im Abschnitt "Abzweige. Verstärkung von Montageabzweigen".

### Ermüdungszyklus

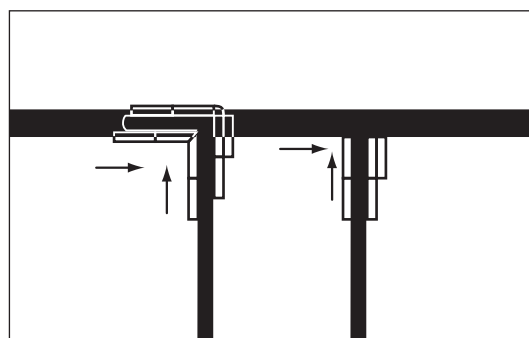
Alle Abzweige, die in diesem Abschnitt beschrieben sind, sind gegen Ermüdung gemäß EN EN13941 mit den angeführten Mindestlastwechseln und Projektklassen, die im Abschnitt "Allgemein: Projektklassen" beschrieben sind, zu sichern.

### Dehnung

Ein Abzweig muss sowohl am Haupt- als auch am Abzweigrohr gesichert und kontrolliert werden.

Aufgrund der aktuellen Temperaturen und Verlegeverhältnissen werden die Bewegungen am Haupt- bzw. Abzweigrohr berechnet. Diese Bewegungen werden durch Montage von Dehnungspolster an alle Abzweige kompensiert.

Es mag erforderlich sein, einen Abzweig zu verrücken, weil die Bewegung zu groß ist.



**Länge des  
Dehnungs-  
bereiches**

Um die Länge und die Dicke des Dehnungsbereiches festlegen zu können, ist es notwendig die axiale Dehnung des Haupt- bzw. Abzweigrohres am Abzweig zu berechnen. Die Bewegung ist aufgrund der aktuellen Temperaturen und Verlegeverhältnisse zu berechnen.

Zur Berechnung der Bewegung des Hauptrohres ( $\Delta L_T$ ) ist die Formel im Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Abzweigen" anzuwenden.

Für die Berechnung der axialen Bewegung des Abzweigrohre ( $\Delta L_G$ ) bei 90° Parallelabzweigen ist die Formel im Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Bogen" anzuwenden.

Der Länge des Dehnungsbereiches (die F-Länge) ist den Diagrammen im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster" zu entnehmen.

Siehe auch Beispiele in den Abschnitten: "Abzweige: 45° senkrechter Abzweig - Beispiel" und "Abzweige: 90° senkrechter vorgedämmter Parallelabzweig - Beispiel".

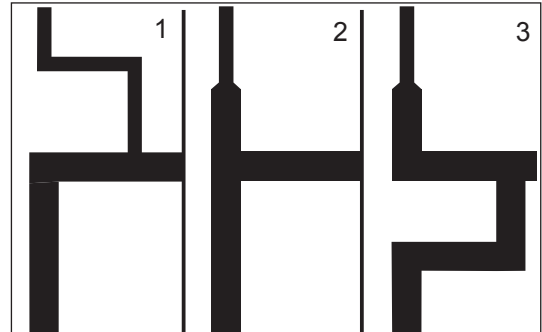
---

## Abzweige Anwendung

### Anwendung

Allgemein ist anzustreben dass die grösste Dimension die einfachste Trassenführung erhält, da das zu der besten Lösung führt - sowohl statisch als auch hydraulisch.

Die Abbildung zeigt 3 Beispiele für die Lösung der gleichen Situation.



Alle Lösungen sind unter Berücksichtigung der Voraussetzungen in diesem Handbuch anwendbar.

LOGSTOR empfiehlt jedoch, Lösung Nr. 1 anzuwenden. Diese Lösung ergibt den niedrigsten Druckverlust und kann die Axialspannungen reduzieren.

Abzweige sind so einzubauen, dass das Abzweigrohr sich auf gleicher Höhe mit oder über das Hauptrohr befindet. Unterführung ist wegen der Gefahr lokaler Korrosion so weit wie möglich zu vermeiden.

## Abzweige

### Voraussetzungen

---

#### Voraussetzungen

Die in diesem Abschnitt angeführten Richtlinien für Projektierung mit Abzweigen, können unter folgenden Voraussetzungen für das Rohrsystem angewandt werden:

- Höchstbetriebstemperatur: 110°C ( $\Delta T \leq 100^\circ\text{C}$ )
- Scheitelüberdeckung vom Hauptrohr: 0,6-1,0 m
- Scheitelüberdeckung vom Abzweigrohr: min. 0,5 m
- Bei Verwendung von Montageabzweigen sind diese gemäß der Tabelle im Abschnitt "Abzweige: Verstärkung von Montageabzweigen".

Bei Verwendung von vorgedämmten Abzweigen oder Montageabzweigen in Systemen, die im offenen Rohrgraben thermisch vorgespannt werden, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR für Support.

Bezüglich der geometrischen Gestaltung der einzelnen Abzweigkonstruktionen, siehe den Abschnitt "Abzweige" im Produktkatalog.

---

## Abzweige 45° senkrechter Abzweig

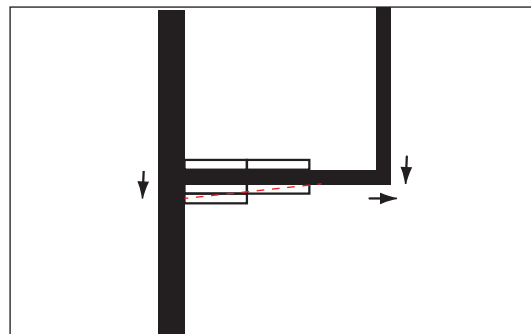
### Axiale Bewegungen und Dehnungspolster

Die axialen Bewegungen im Haupt- bzw. Abzweigrohr belasten den Abzweig.

Die axiale Bewegung des Hauptrohres führt zu Bewegungen im Abzweig. Diese Bewegung wird durch Platzierung von Dehnungspolstern an den Abzweig kompensiert.

Die Länge der Dehnungspolster ist gleich die F-Länge.

Die F-Länge ist der Kurve für die aktuelle Abzweigdimension zu entnehmen, siehe den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern".



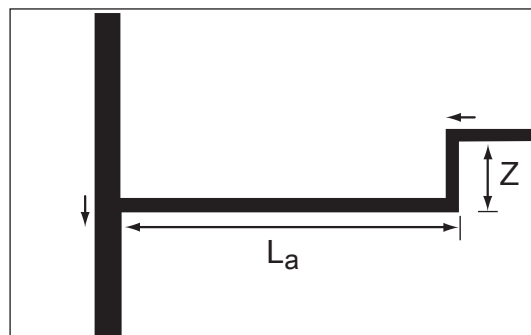
### Länge des Abzweigrohres

Die Länge des Abzweigrohres wird von den Belastungen, die vom Abzweig übertragen werden, begrenzt. Das geschieht durch Minimierung der Länge wie unten angeführt.

Die Länge des Abzweigrohres  $L_a$  eines 45° senkrechten Abzweiges muss Folgendes einhalten:

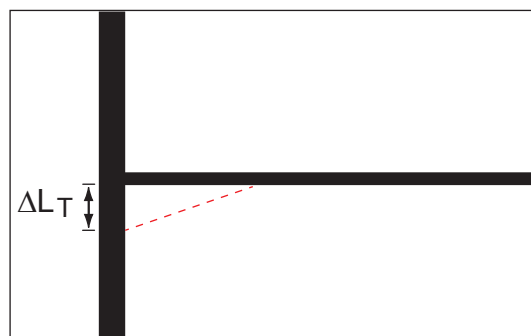
Abzweig, DN	$L_{a,min}$	$L_{a,max}$
20-50	F-Länge	20 m
65-125	F-Länge	12 m
150-300	F-Länge	8 m

Bei Abzweigrohren die länger als  $L_{a,max}$  sind, ist ein Z-Bogen wie abgebildet einzubauen. Alternativ kann der Abzweig durch einen 90° Parallelabzweig ersetzt werden.



### Platzierung am Hauptrohr

Einen 45° senkrechten Abzweig ist dort zu platzieren, wo die Dehnung im Hauptrohr  $\Delta L_T \leq 56$  mm, was 2 Schichten Dehnungspolstern entspricht.

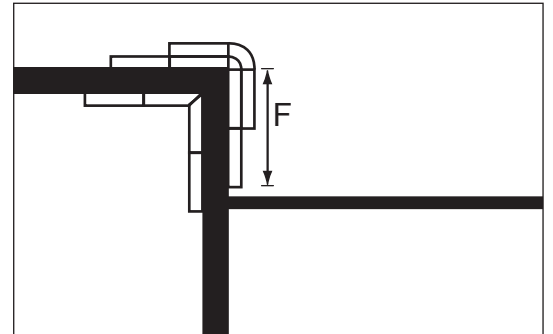


## Abzweige 45° senkrechter Abzweig

### Platzierung am Hauptrohr, fortgesetzt

Bei der Platzierung eines Abzweiges nahe einem Bogen im Hauptrohr, ist der Abzweig ausserhalb der F-Länge zu platzieren.

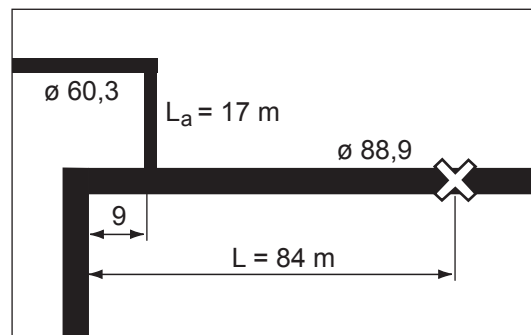
Zur Berechnung der F-Länge für einen Bogen, siehe den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster".



## 45° senkrechter Abzweig - Beispiel

**Voraussetzungen**

Scheitelüberdeckung  
 Hauptrohr:  $H_h = 0,8$  m  
 Abzweig:  $H_a = 0,6$  m  
 Max. Berechnungstemperatur  $T_{max} = 95^\circ\text{C}$   
 Min. Berechnungstemperatur  $T_{min} = 10^\circ\text{C}$   
 Montagetemperatur  $T_{ins} = 10^\circ\text{C}$   
 $D_h = \varnothing 88,9/160$  (Serie 1)  
 $L = 84$  m  
 $D_a = \varnothing 60,3/125$  (Serie 1)  
 $L_a = 17$  m  
 Aus der Tabelle im Abschnitt "Gerade  
 Rohre: Spannungsreduzierung mit Bogen  
 - Tabelle: Montagelängen" ergibt sich für  
 $\varnothing 88,9$   
 $H = 0,8$  m  
 $F = 2,35$  kN/m  
 $A_s = 862$  mm<sup>2</sup>  
 Vorgesdämmte Komponenten werden  
 verwendet.

**Kontrolle des Abzweiges**

2 Kontrollen werden im Zusammenhang mit dem Abzweig ausgeführt:

- Axiale Bewegung im Hauptrohr,  $\Delta L_T$ :  
 Kontrollieren, dass  $\Delta L_T \leq 56$  mm
- Länge des Abzweiges,  $L_a$ :  
 $L_a$  wird kontrolliert, vgl. Tabelle im Abschnitt "Abzweige: 45° senkrechter Abzweig"  
 Oberstehende Bewegungen werden im Nachfolgenden berechnet

**Bestimmung der Reibungslänge**

Das axiale Spannungsniveau wird berechnet:

$$\sigma_{max} = \Delta T \cdot 2,52 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{max} = (95 - 10) \cdot 2,52 = 214 \text{ [MPa]}$$

Die Reibungslänge wird bestimmt:

$$L_F = \frac{\sigma_{max} \cdot A_s}{F}$$

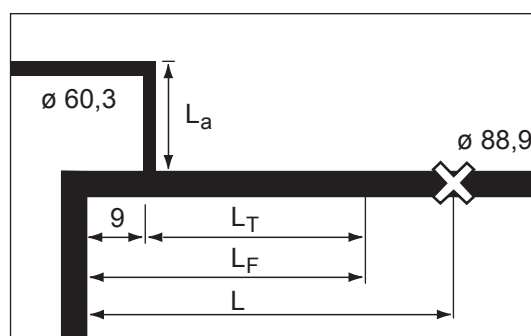
$$L_F = \frac{214 \cdot 862}{2,35 \cdot 1000} = 78,5 \text{ m}$$

Da  $L > L_F$ , wird  $L = L_F$  bei der Berechnung angewandt, da nur  $L_F$  zur Bewegung beiträgt.

**Berechnung von  $L_T$** 

$L_T$  wird bestimmt:

$$L_T = 78,5 - 9 = 69,5 \text{ m}$$





## 45° senkrechter Abzweig - Beispiel

**Axiale  
Bewegung im  
Hauptrohr**

Die Dehnung im Hauptrohr am Abzweig wird mittels der Formel im Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Abzweigen" bestimmt:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T - \frac{F(2 \cdot L - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1.2 \cdot 10^{-5} \cdot (95-10) \cdot 69500 - \frac{2.35 \cdot (2 \cdot 78500 - 69500) \cdot 69500}{2 \cdot 210000 \cdot 862} = 31 \text{ mm}$$

**Kontrolle des  
Abzweiges**

- Kontrolle der axialen Bewegung im Hauptrohr:

$$\Delta L_T \leq 56 \text{ mm}$$

$\Delta L_T$  ist zu 31 mm berechnet worden - OK.

- Kontrolle der Länge des Abzweiges:

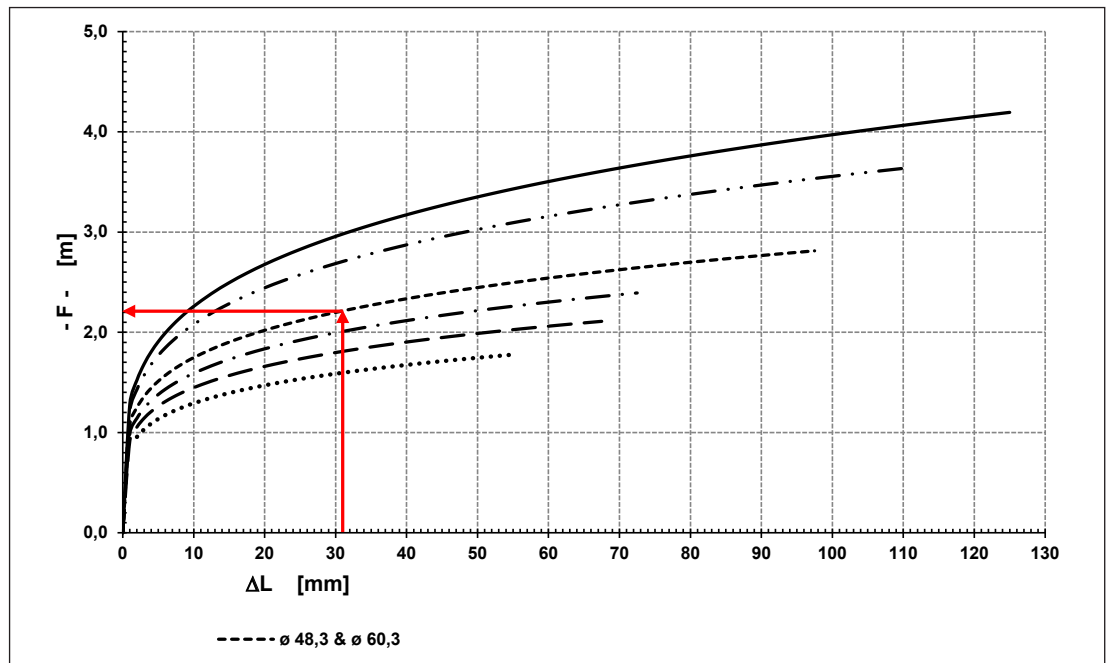
Für ein Abzweigrohr in DN 50 führt die Tabelle im Abschnitt "Abzweige: 45° senkrechter Abzweig" an, dass  $L_{\alpha, \max} = 20 \text{ m}$ .

**F-Länge**

Die Länge des Dehnungspolsters wird aufgrund des Diagramms im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster" bestimmt.

Der Kurve für die Dimension des Abzweigrohres ist zu entnehmen:

$\Delta L = 31 \text{ mm}$  für einen  $\phi 60,3$  ergibt  $F = 2,2 \text{ m}$

**Dehnungspolster**

Die Mindestdicke der Dehnungspolster wird von  $\Delta L_T$  bestimmt (siehe evtl. den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster"):

$$t = \frac{\Delta L_T}{0.70} = \frac{31}{0.70} = 44 \text{ mm}$$

Anzahl Schichten von je 40 mm:

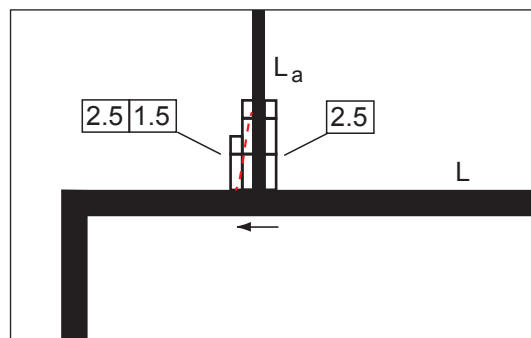
$$t = \frac{t}{40} = \frac{44}{40} = 2 \text{ Lagen}$$

## 45° senkrechter Abzweig - Beispiel

**Dehnungspolster,  
fortgesetzt**

Die Länge der Dehnungspolster wird so reduziert, dass die Innenschicht immer volle Länge ist (auf den nächsten halben oder ganzen Meter abgerunden), die nächste Schicht ist  $\frac{1}{2}$  Länge usw.

Der gegenüberliegenden Seite des Abzweiges ist mit 1 Schicht Dehnungspolstern in der F-Länge zu versehen.



**Axialbewegung  
und  
Dehnungspolster**

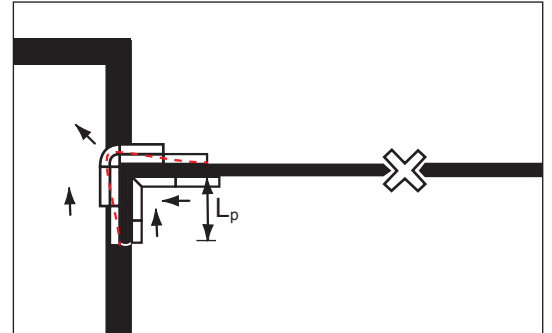
Der Abzweig wird durch die Axialbewegungen im Haupt- bzw. Abzweigrohr belastet.

Die Axialbewegungen des Haupt- und des Abzweigrohres führt dazu, dass das Abzweigrohr sich radial bewegt. Diese Bewegung wird durch Montage von Dehnungspolstern an den Abzweig kompensiert.

Die Länge der Dehnungspolster ist gleich die F-Länge, die aufgrund der Bewegung im Haupt- und Abzweigrohr bestimmt wird.

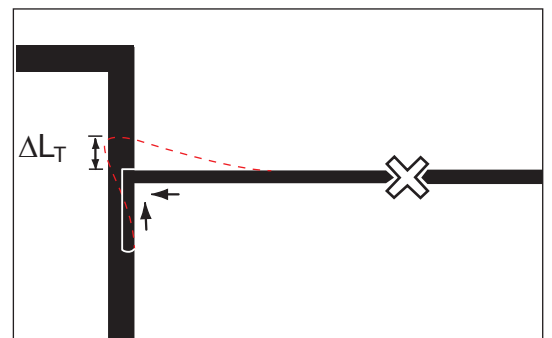
Ist die F-Länge  $> L_p$ , ist die Länge der Dehnungspolster entsprechend zu reduzieren.

Die F-Länge ist der Kurve für die aktuellen Dimensionen zu entnehmen, siehe Richtungsänderungen im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster".

**Platzierung am  
Hauptrohr**

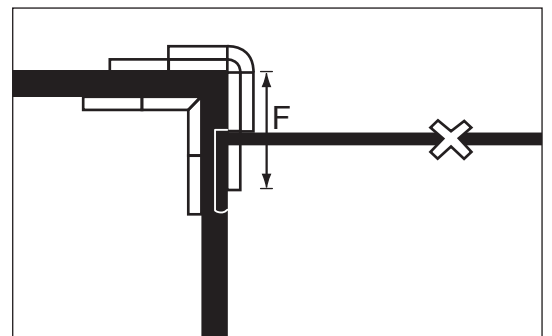
Ein 90° Parallelabzweig ist dort, wo die Dehnung im Hauptrohr,  $\Delta L_T$ , die Tabellenwerte nicht übersteigen, zu platzieren:

Hauptrohr	Abzweig	
	DN 20 - 25	DN 32 - 300
DN 20 - 125	30 mm	56 mm
DN 150 - 300	40 mm	56 mm



Wenn ein Abzweig nahe einem Bogen im Hauptrohr platziert wird, ist der Abzweig außerhalb der F-Länge zu platzieren.

Berechnung der F-Länge für einen Bogen, siehe Projektierung im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster".



## Abzweige 90° Parallelabzweig

### Parallele Länge des Abzweiges

Der parallele Teil des Abzweigrohres,  $L_p$ , gibt Anlass zu Belastungen im Abzweig. Diese Belastung wird durch die Anwendung von Grenzwerten für die Länge von  $L_p$  auf einem akzeptablen Niveau gehalten.

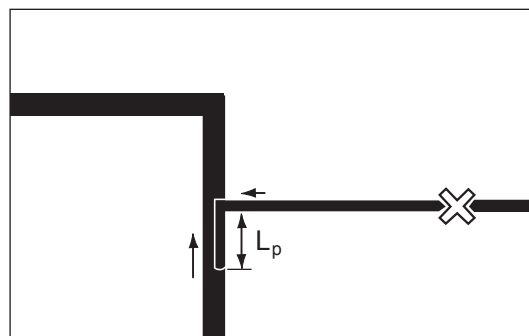
$L_p$  muss so lang sein, dass die Axialbewegung im Abzweig  $\Delta L_a$ , aufgenommen werden kann.

Gleichzeitig ist  $L_p$  so kurz zu halten, dass er den Abzweig nicht überlastet.

Die Länge des Parallelteils vom Abzweigrohr,  $L_p$ , für einen 90° Parallelabzweig muss folglich innerhalb folgendem Bereich liegen:

DN	$L_{p,min}$ m	$L_{p,max}$ m
20-50	Komponentenmaß	2,1
65-80	Komponentenmaß	2,5
100-125	2,0*	3,0
150	2,5*	4,0
200-300	3,0*	5,0

\*: Wenn  $\Delta L_a \leq 30$  mm kann das Komponentenmaß als  $L_{p,min}$  verwendet werden.



Komponentenmaß ist ein vorgedämmter standard Bogen und Abzweig.

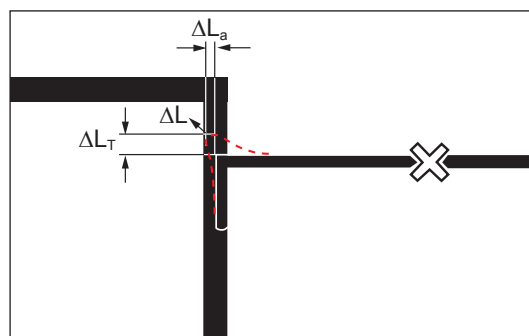
### Radialbewegung im Abzweig

Die Radialbewegung im Abzweig,  $\Delta L$ , muss  $\leq 84$  mm sein, was 3 Schichten von Dehnungspolstern entspricht.

$\Delta L$  wird wie folgt berechnet:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_a^2 + \Delta L_T^2}$$

Somit wird implizit eine Grenze für die Länge von  $L_a$  gesetzt, da die Axialbewegung von  $L_a$  Teil der Formel für  $\Delta L$  ist.



## 90° vorgedämmter Parallelabzweig - Beispiel

## Voraussetzungen

Scheitelüberdeckung

Hauptrohr:  $H_h = 0,8$  mAbzweig:  $H_a = 0,6$  mMax. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 110^\circ\text{C}$ Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^\circ\text{C}$ Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^\circ\text{C}$  $\varnothing d_1/D_1 = \varnothing 139,7/250$  (Serie 2) $L_1 = 100$  m

Da die Reibungslänge zu 103,1 m berechnet werden kann, wird die aktuelle Länge,  $L_1$ , in den Berechnungen verwendet.

 $L_T = 32$  m $\varnothing d_a/D_a = \varnothing 48,3/125$  (Serie 2) $L_a = 44$  m

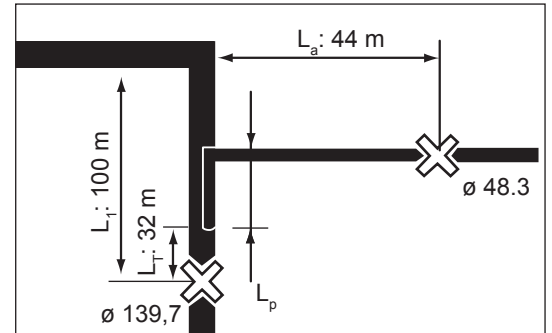
Da die Reibungslänge zu 48,0 m berechnet werden kann, wird die aktuelle Länge,  $L_1$ , in den Berechnungen verwendet

 $L_p$  = Komponentenmaß

Für  $\varnothing 139,7$  bei  $H_h = 0,8$  (Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre mit Spannungsreduzierung - Tabelle: Montagelängen) ergibt sich:

 $F = 3,76$  kN/m $A_s = 1539$  mm<sup>2</sup>

Für  $\varnothing 48,3$  bei  $H_a = 0,6$  (Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre mit Spannungsreduzierung - Tabelle: Montagelängen) ergibt sich:

 $F = 1,37$  kN/m $A_s = 373$  mm<sup>2</sup>

## Kontrolle des Abzweiges

Im Zusammenhang mit dem Abzweig sind 3 Kontrollen auszuführen.

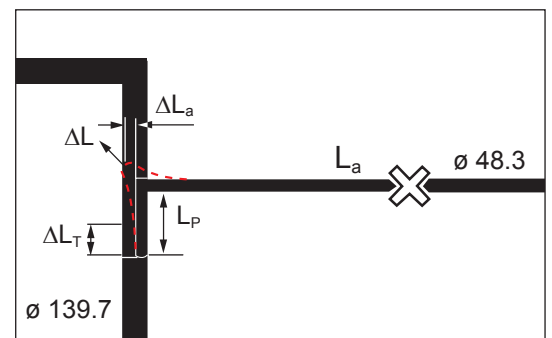
Axialbewegung im Hauptrohr  $\Delta L_T$ : Kontrollieren, dass  $\Delta L_T \leq$  Tabellenwert im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweig".

Parallellänge des Abzweiges,  $L_p$ :  $L_p/\Delta L_a$  kontrollieren, vgl. Tabelle im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweige".

Radialbewegung im Bogen des Abzweiges,  $\Delta L$ :

Kontrollieren, dass  $\Delta L \leq 84$  mm.

Die obenangeführten Bewegungen werden im Nachfolgenden berechnet.



## 90° vorgedämmter Parallelabzweig - Beispiel

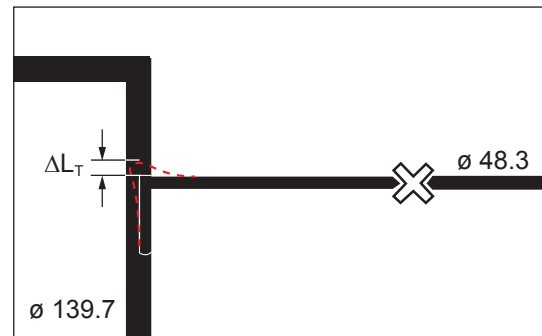
**Axialbewegung  
im Hauptrohr,  $\Delta L_T$** 

Die Bewegung im Hauptrohr am Abzweig wird anhand der Formel im Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Abzweigen" berechnet:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T - \frac{F \cdot (2 \cdot L - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (110-10) \cdot 32000 - \frac{3,76 \cdot (2 \cdot 100000 - 32000) \cdot 32000}{2 \cdot 210000 \cdot 1539}$$

$$= 7 \text{ mm}$$

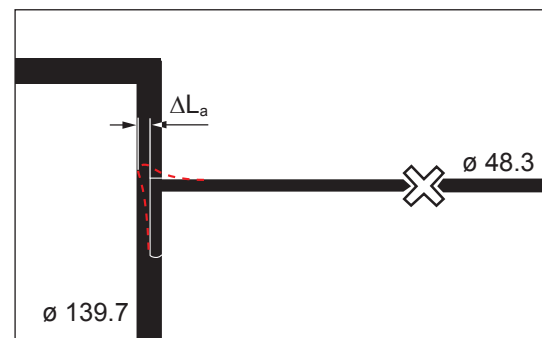
**Axialbewegung  
im Abzweig,  $\Delta L_a$** 

Die axiale Dehnung im Abzweig wird anhand der Formel im Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Bogen" berechnet.

$$\Delta L_a = L_a \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F_a \cdot L_a^2}{2 \cdot A_{s,a} \cdot E}$$

$$\Delta L_a = 44000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (110-10) - \frac{1,37 \cdot 44000^2}{2 \cdot 373 \cdot 210000}$$

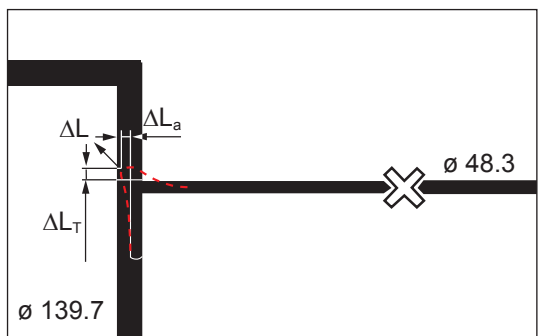
$$= 36 \text{ mm}$$

**Radialbewegung  
im Abzweig**

Die Radialbewegung im Abzweig,  $\Delta L$  ist zu berechnen:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_a^2 + \Delta L_T^2}$$

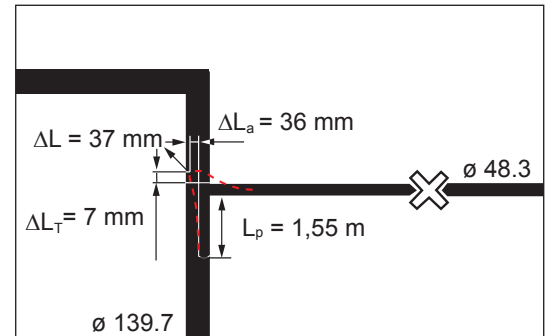
$$\Delta L = \sqrt{36^2 + 7^2} = 37 \text{ mm}$$



## 90° vorgedämmter Parallelabzweig - Beispiel

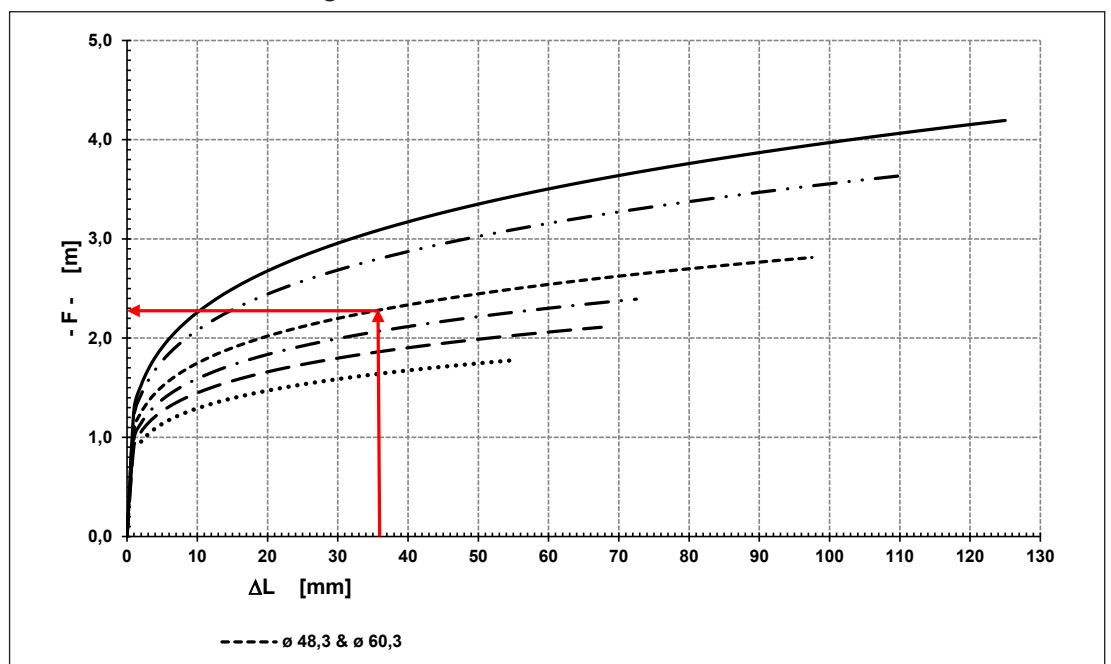
## Kontrolle des Abzweiges

- Kontrolle der Axialbewegung im Hauptrohr:  
Aus der Tabelle im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweig" ergibt sich für DN 125/250  
DN 40 Abzweig:  
 $\Delta L_T \leq 56 \text{ mm}$   
 $\Delta L_T$  ist zu 7 mm berechnet - OK.
- Kontrolle der Parallellänge des Abzweiges:  
Für ein Abzweigrohr in DN40 geht aus der Tabelle im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweig" hervor, dass  $L_{p,min}$  = das Komponentenmaß. Es gibt keine obere Begrenzung für  $\Delta L_a$ .  
 $L_p = 1,55 \text{ m}$  (Komponentenmaß) - OK.  
 $\Delta L_a$  ist zu 36 mm berechnet - OK.
- Kontrolle der Radialbewegung im Bogen des Abzweiges:  
 $\Delta L \leq 84 \text{ mm}$   
 $\Delta L$  ist zu 37 mm berechnet - OK.  
Die Länge des Abzweiges von 44 m ergibt zusammen mit der Bewegung des Hauptrohres eine Radialbewegung von  $\leq 84 \text{ mm}$ .

F-Länge für  $L_p$ 

Die Länge des Dehnungspolsters am Parallelteil des Abzweiges lässt sich aufgrund des Diagrammes im Abschnitt "Richtungsänderungen 80-90° Bogen mit Dehnungspolstern bestimmen.

Folgendes ist der Kurve für die Dimension des Abzweigrohres ( $\varnothing 48,3$ ) zu entnehmen:  $\Delta L_a = 36 \text{ mm}$  ergibt  $F = 2,3 \text{ m}$ . Die F-Länge ist grösser als das Komponentenmaß ( $2,3 \text{ m} > 1,55 \text{ m}$ ). Bei der Platzierung von Dehnungspolstern werden Dehnungspolster deshalb nur in einer Länge von 1,55 m montiert, siehe nächste Seite.

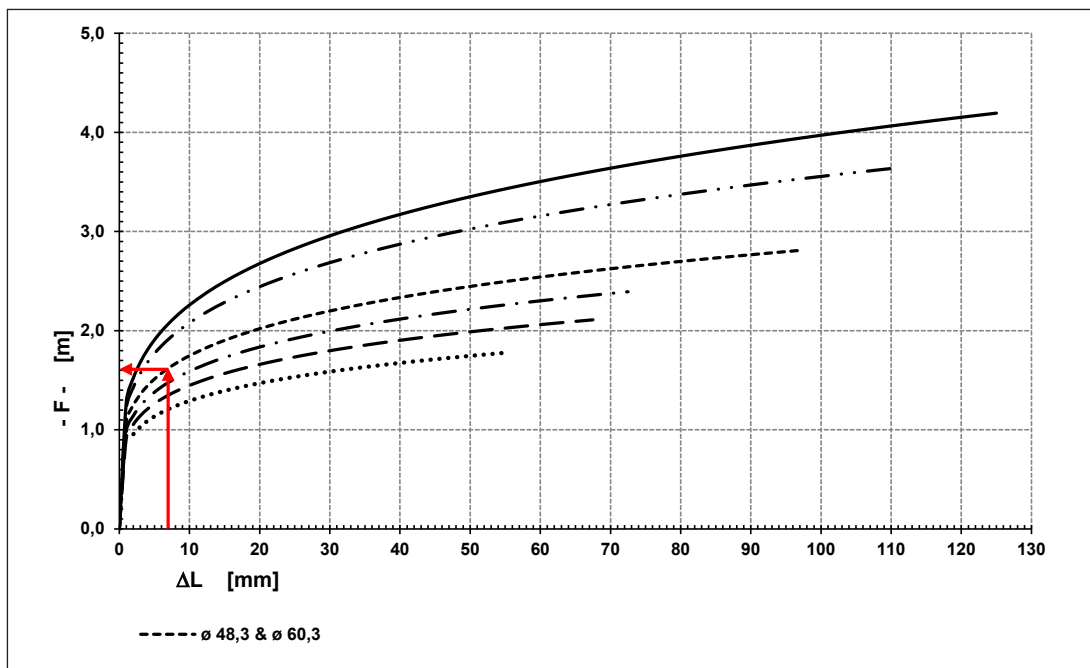


## 90° vorgedämmter Parallelabzweig - Beispiel

F-Länge für  $L_a$ 

Die Länge des Dehnungspolsters an der Seite des Abzweiges wird anhand des Diagrammes im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster" ermittelt.

Der Kurve für die Dimension des Abzweigrohres ( $\varnothing 48,3$ ) ist zu entnehmen:  $\Delta L_T = 7$  mm ergibt  $F = 1,6$  m



## Dicke der Dehnungspolster

Die Mindestdicke der Dehnungspolster wird aufgrund der radialen Dehnung,  $\Delta L$ , im Bogen des Abzweiges bestimmt (siehe evtl. den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster").

Dicke der Dehnungspolster (Mindestdicke):

$$t = \frac{\Delta L}{0,70} = \frac{37}{0,70} = 52 \text{ mm}$$

Anzahl Schichten von je 40 mm:

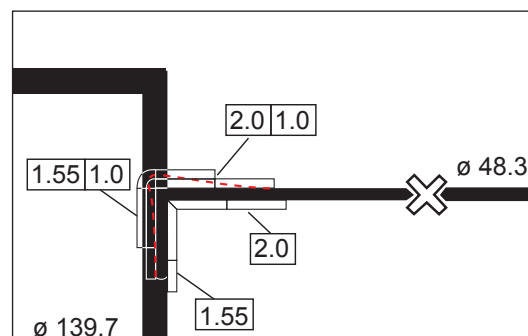
$$\frac{t}{40} = \frac{52}{40} = 1 \text{ Lage}$$

## Platzierung der Dehnungspolster

Dehnungspolster in der im Obigen ermittelten Länge und Anzahl Schichten werden montiert.

Die Länge der Dehnungspolster für den parallelen Teil ist gleich das Komponentenmaß von 1,55 m. Für übrige Längen der Dehnungspolster wird auf den nächsten halben oder ganzen Meter abgerundet.

1 Schicht Dehnungspolster in der F-Länge wird auf der Innenseite des Abzweiges montiert.





## 90° paralleler Montageabzweig - Beispiel

**Einleitung**

Ein paralleler Montageabzweig ist wie ein paralleler vorgedämmter Abzweige zu bestimmen, da die gleichen Projektierungsregeln gelten.

Ein Montageabzweig, der mit Haupt- und Abzweigrohrdimension, Scheitelüberdeckung, Betriebstemperatur und an der gleichen Platzierung wie in Beispiel im Abschnitt "Abzweige: 90° vorgedämmter Parallelabzweig - Beispiel" ausgeführt wird, wird folglich wie im Beispiel beschrieben mit Dehnungspolstern ausgeführt werden können.

Bitte beachten, dass die Länge des parallelen Teils des Abzweiges,  $\Delta L_p$ , auch als Minimum das Komponentenmaß ist, wenn er als Montageabzweig ausgeführt wird.

Bei Montageabzweigen ist das Spannungsniveau im Hauptrohr an der Stelle, wo der Montageabzweig platziert wird, zu bestimmen. Somit wird festgelegt, ob Verstärkungsringe zu verwenden sind, vgl. Abschnitt "Abzweige: Verstärkung von Montageabzweigen".

**Spannungsniveau am Abzweig**

Der Abzweig ist im teilweisen Gleitbereich ( $L_x < L_f$ ) zu platzieren, so das Spannungsniveau am Abzweig anhand der Formel im Abschnitt "Allgemein: Axiales Spannungsniveau" bestimmt wird:

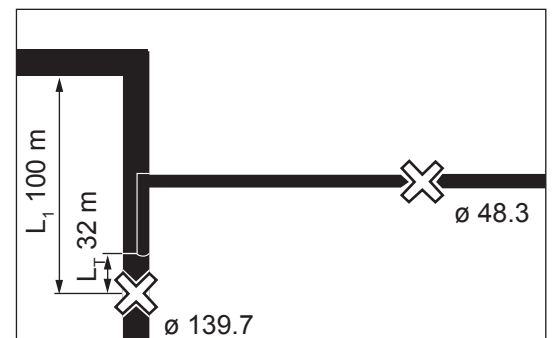
$$\sigma_x = \frac{L_x \cdot F}{A_s}$$

$$\sigma_T = \frac{(L_1 - L_T) \cdot F}{A_s}$$

$$= \frac{(100 - 32) \cdot 3,76}{1539}$$

$$= 166 \text{ MPa}$$

Der Montageabzweig muss verstärkt werden, da das Spannungsniveau am Abzweig  $> 150 \text{ MPa}$  ist.



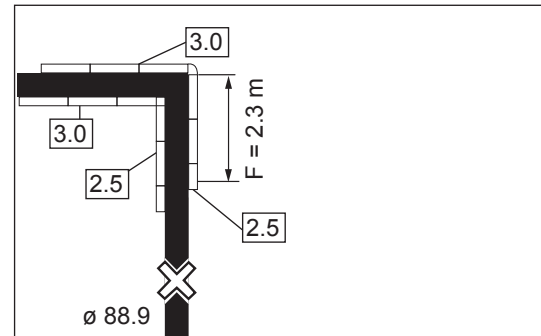
## Platzierung von Abzweig an Bogen - Beispiel

## Platzierung von Abzweig an Bogen

Einen Abzweig ist nahe einem Bogen zu platzieren, so das Abzweigrohr in der gleichen Linie wie das Hauptrohr fortsetzt.

Die F-Länge für die Bewegung im Hauptrohr, wo der Abzweig zu platzieren ist, geht aus der Abbildung hervor.

Berechnung der F-Länge für Bogen, siehe den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster"



## Voraussetzungen

Scheitelüberdeckung

Hauptrohr:  $H_h = 0,8$  m

Abzweig:  $H_a = 0,6$  m

Max. Berechnungstemperatur  $T_{max} = 80^\circ\text{C}$

Min. Berechnungstemperatur  $T_{min} = 10^\circ\text{C}$

Montagetemperatur  $T_{ins} = 10^\circ\text{C}$

$\varnothing d_1/D_1 = \varnothing 88,9/180$  (Serie 2)

$L_1 = 50$

Da die Reibungslänge zu 51,7 m berechnet werden kann, wird die aktuelle Länge,  $L_1$ , in den Berechnungen verwendet.

$\varnothing d_a/D_a = \varnothing 76,1/160$  (Serie 2)

$L_p = 1,6-2,5$  m, siehe Tabelle im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweig".

$L_a = 65$  m

Da die Reibungslänge zu 66,1 m berechnet werden kann, wird die aktuelle Länge,  $L_1$ , in den Berechnungen verwendet.

Für  $\varnothing 88,9$  bei  $H_h = 0,8$  (Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre mit Spannungsreduzierung - Tabelle: Montagelängen") ergibt sich:

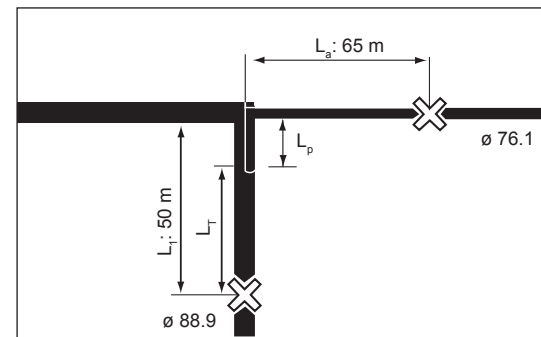
$F = 2,94$  kN/m

$A_s = 862$  mm<sup>2</sup>

Für  $\varnothing 76,1$  bei  $H_a = 0,6$  (Tabelle im Abschnitt "Gerade Rohre: Gerade Rohre mit Spannungsreduzierung - Tabelle: Montagelängen") ergibt sich:

$F = 1,78$  kN/m

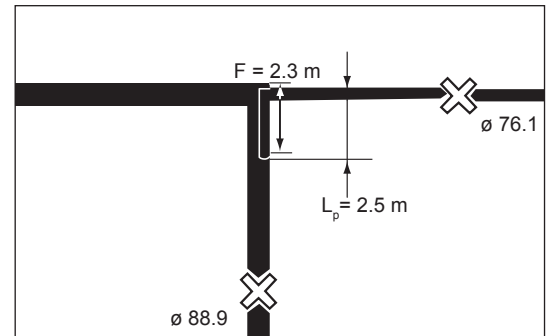
$A_s = 667$  mm<sup>2</sup>



## Platzierung von Abzweig an Bogen - Beispiel

## Kriterien für die Platzierung

Einen Abzweig ist außerhalb der F-Länge, die durch die Bewegung im Hauptrohr gegeben ist, zu montieren. Die aktuelle F-Länge ist 2,3 m. Entsprechend muss die Abzweiglänge,  $L_p$ , zwischen 1,6-2,5 m sein, wie aus der Tabelle im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweig" ersichtlich. Das Komponentenmaß für DN 65 ist 1,6 m. Die Länge  $L_p$  kann somit 2,3-2,5 m sein.  $L_p$  in der Länge 2,5 m wird gewählt.



## Kontrolle des Abzweiges

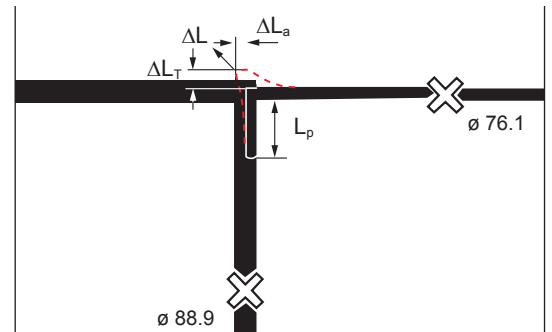
Im Zusammenhang mit dem Abzweig werden 3 Kontrollen ausgeführt.

Axialbewegung im Hauptrohr  $\Delta L_1$ :  
Kontrollieren, dass  $\Delta L_1 \leq$  Tabellenwert im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweig".

Parallellänge des Abzweiges,  $L_p$ :  
 $L_p / \Delta L_a$  kontrollieren, vgl. Tabelle im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweig".

Radialbewegung im Bogen des Abzweiges,  $\Delta L$ .  
Kontrollieren, dass  $\Delta L \leq 84$  mm.

Die voranstehenden Bewegungen werden im Nachfolgenden berechnet.

Axialbewegung im Hauptrohr,  $\Delta L_T$ 

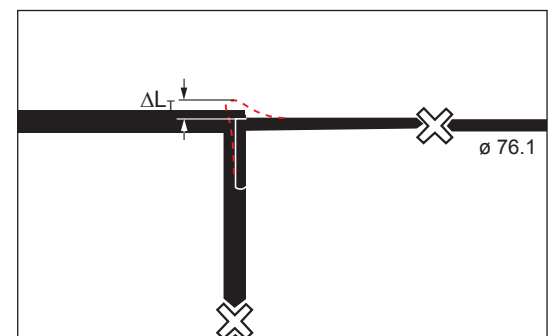
Die Bewegung im Hauptrohr am Abzweig wird anhand der Formel im Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Abzweigen" bestimmt:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T - \frac{F(2 \cdot L - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A_s}$$

$$\Delta L_T = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (80 - 10) \cdot 47500$$

$$- \frac{2,94 \cdot (2 \cdot 50000 - 47500) \cdot 47500}{2 \cdot 210000 \cdot 862}$$

$$= 20 \text{ mm}$$



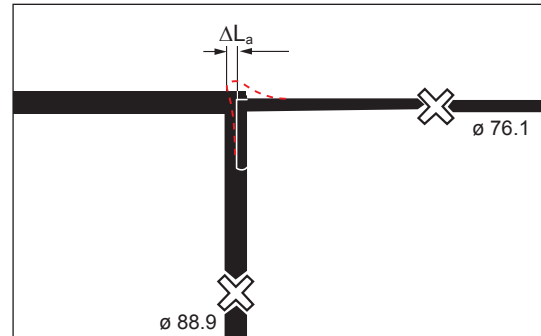
## Platzierung von Abzweig an Bogen - Beispiel

**Axialbewegung im Abzweig,  $\Delta L_a$** 

Die axiale Dehnung im Abzweig wird anhand der Formel im Abschnitt "Allgemein: Dehnung an Abzweigen" bestimmt:

$$\Delta L_a = L_a \cdot \alpha \cdot \Delta T - \frac{F_{0,6} \cdot L_a^2}{2 \cdot A_{s,a} \cdot E}$$

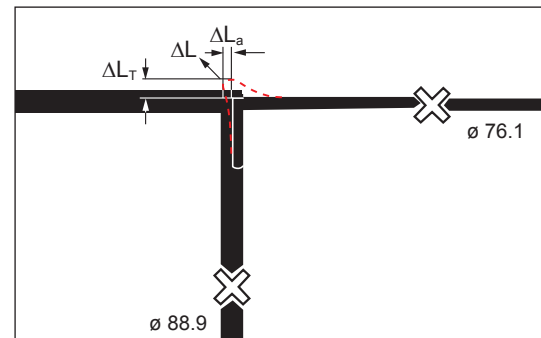
$$\begin{aligned} \Delta L_a &= 65000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (80-10) \\ &\quad - \frac{1,78 \cdot 65000^2}{2 \cdot 667 \cdot 210000} \\ &= 28 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Radialbewegung im Abzweig**

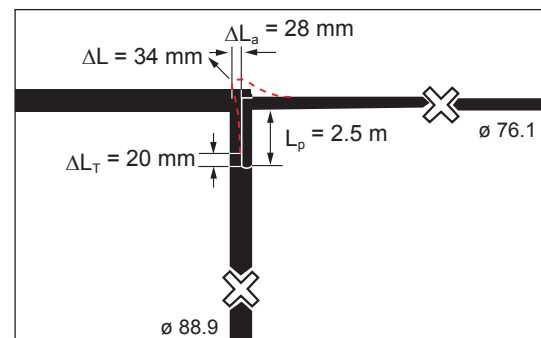
Die Radialbewegung im Abzweig,  $\Delta L$ , wird bestimmt:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta L_a^2 + \Delta L_T^2}$$

$$\Delta L = \sqrt{28^2 + 20^2} = 34 \text{ mm}$$

**Kontrolle des Abzweiges**

- Kontrolle der Axialbewegung im Hauptrohr:  
Aus der Tabelle im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweig" ergibt sich für  
DN 80/200  
DN 65 Abzweig:  
 $\Delta L_T \leq 56 \text{ mm}$   
 $\Delta L_T$  ist zu 20 mm berechnet - OK.
- Kontrolle der parallelen Länge des Abzweiges,  $L_p$ :  
Die Tabelle im Abschnitt: "Abzweige: 90° Parallelabzweige" gibt an, dass  
 $L_{p,max} = 2,5 \text{ m}$  für einen DN 65 Abzweig  
 $L_p = 2,5 \text{ m}$  - OK.
- Kontrolle der Radialbewegung im Bogen des Abzweiges:  
 $\Delta L \leq 84 \text{ mm}$   
 $\Delta L$  ist zu 34 mm berechnet - OK.  
Die Länge des Abzweiges von 65 m ergibt zusammen mit der Bewegung des Hauptrohres eine Radialbewegung, die  $\leq 84 \text{ mm}$  ist.



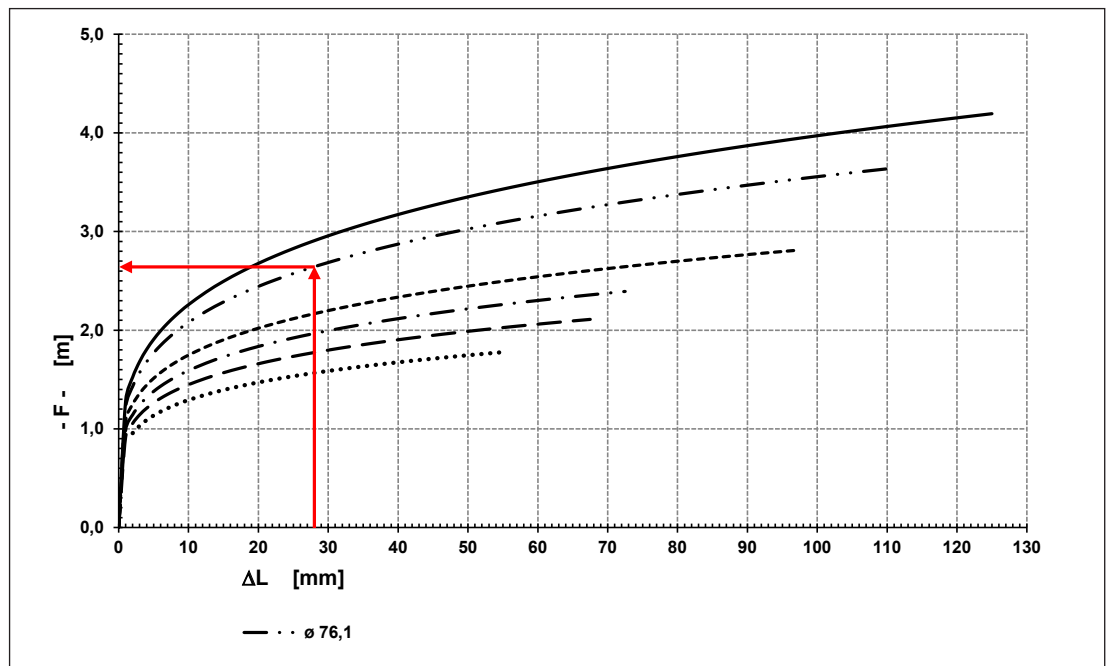
## Platzierung von Abzweig an Bogen - Beispiel

### F-Länge für $L_p$

Die Länge des Dehnungspolsters am Parallelteil des Abzweiges wird aufgrund dem Diagramm m Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster" bestimmt.

Der Kurve für die Dimension des Abzweigrohres ( $\varnothing 76,1$ ) ist zu entnehmen:  
 $\Delta L_a = 28 \text{ mm}$  ergibt  $F = 2,7 \text{ m}$ .

Es ist ersichtlich, dass die F-Länge  $> L_p$  ist ( $2,7 \text{ m} > 2,5 \text{ m}$ ). Bei der Platzierung der Dehnungspolster werden Dehnungspolster folglich nur in einer Länge von  $2,5 \text{ m}$  angebracht, siehe nächste Seite.

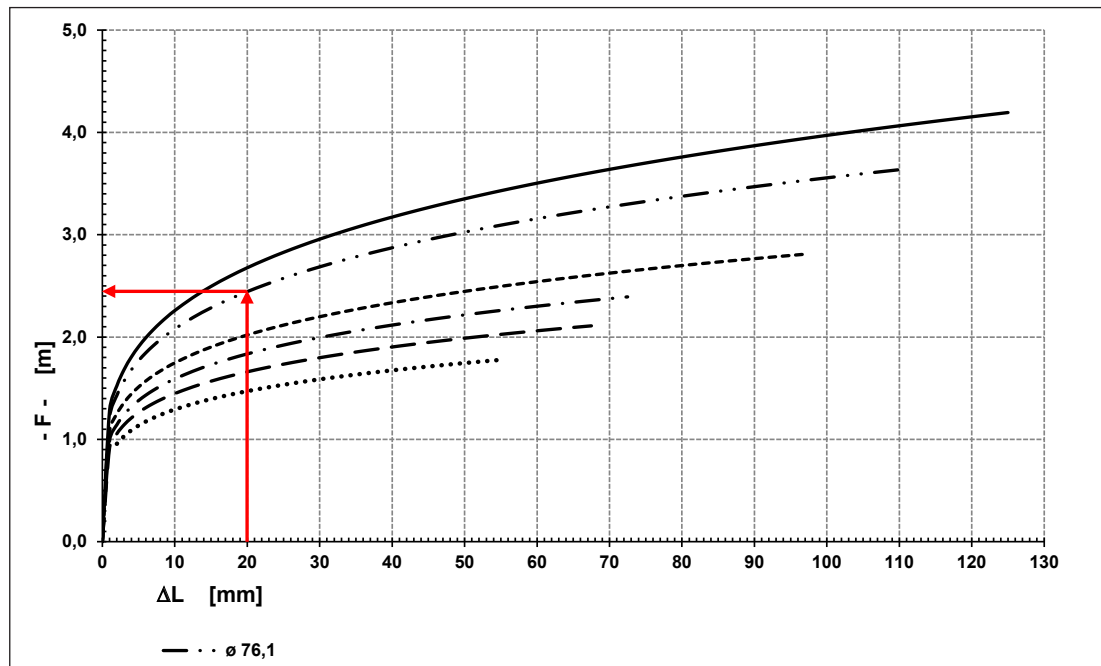


## Platzierung von Abzweig an Bogen - Beispiel

**F-Länge für  $L_a$** 

Die Länge des Dehnungspolsters an der Seite des Abzweiges wird anhand des Diagrammes im Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster" festgelegt.

Der Kurve für die Dimension des Abzweigrohres ( $\varnothing 76,1$ ) ist zu entnehmen:  
 $\Delta L_T = 20 \text{ mm}$  ergibt  $F = 2,5 \text{ m}$

**Dicke der Dehnungspolster**

Die Mindestdicke der Dehnungspolster wird aufgrund der radialen Dehnung,  $\Delta L$ , im Bogen des Abzweiges bestimmt (siehe evtl. den Abschnitt "Richtungsänderungen: 80-90° Bogen mit Dehnungspolster"):

Dicke der Dehnungspolster (Mindestdicke):

$$t = \frac{\Delta L_T}{0,70} = \frac{48}{0,70} = 69 \text{ mm}$$

Anzahl Schichten von je 40 mm:

$$\frac{t}{40} = \frac{69}{40} = 2 \text{ Lagen}$$

## Platzierung von Abzweig an Bogen - Beispiel

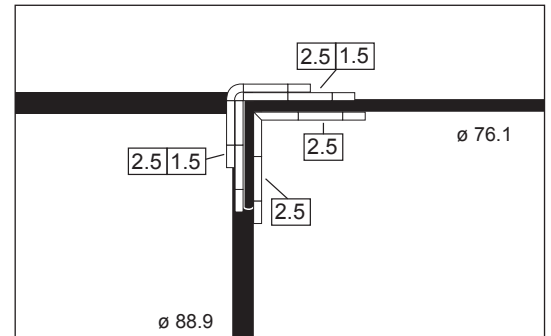
**Platzierung der Dehnungspolster**

Dehnungspolster in der im Voranstehenden ermittelten Länge und Anzahl Schichten werden montiert.

Dehnungspolster am Bogen des Hauptrohres gehen nicht aus der Abbildung hervor.

Es wird auf den nächsten halben oder ganzen Meter abgerundet.

An der Innenseite vom Bogen des Abzweiges wird 1 Schicht Dehnungspolster in der F-Länge angebracht.

**Verweise**

LOGSTOR Design Tool:

<https://designtool.logstor.com/Tool/Form.aspx?ApplicationId=18749619-698b-47c3-8dbe-c54c42282ccb>

# Abzweige Gerade Abzweige

---

### **Anwendung**

Gerade Abzweige werden typisch bei der Ausführung von Entlüftungs-/Entleerungsvorrichtungen verwendet, siehe den Abschnitt "Absperrarmaturen".

Bezüglich anderer Anwendungsmöglichkeiten, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR, um Anweisungen zu erhalten.

---

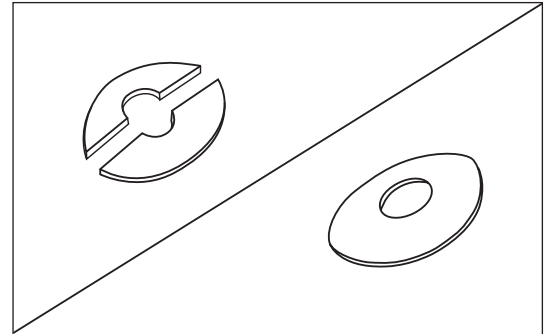


## Verstärkung von Montageabzweigen

### Anwendung

Im Zusammenhang mit Montageabzweigen sind in einer Reihe von Kombinationen Verstärkungsringe zu verwenden als Kompensation für die ausgeschnittene Querschnittsfläche am Hauptrohr.

Verstärkungsringe sind entweder 2-teilig oder aus einer Platte, siehe auch den Abschnitt "Abzweige: Verstärkungsringe für T-Muffen" im Produktkatalog.



### Spannungs-niveau

Das Spannungsniveau im Hauptrohr beim Abzweig definiert, ob Verstärkungsringe im Montageabzweig zu verwenden ist.

Kombinationen, die mit x markiert sind, sind zu verstärken, wenn  $\sigma_{axial} > 150$  MPa.

Kombinationen, die mit  markiert sind, sind immer zu verstärken ungeachtet des Spannungsniveaus.

BITTE BEACHTEN! Ist die Dimension des Abzweigrohres und die des Hauptrohres die gleiche, ist ein Schweiß-T-Stück anzuwenden.

Abzweig ø mm Hauptrohr ø mm	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9	114,3	139,7	168,3	219,1
26,9											
33,7	x										
42,4	x	x									
48,3	x	x	x								
60,3	x	x	x	x							
76,1	x	x	x	x	x						
88,9	x	x	x	x	x	x					
114,3	x	x	x	x	x	x	x				
139,7	x	x	x	x	x	x	x	x			
168,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
219,1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
273	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
323,9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
355,6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
406,4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
457	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
508	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
610	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Informationen über Anschweißen von Verstärkungsringen sowie Montage von Montageabzweigen, siehe den Abschnitt "Montage von Abzweigen: Verstärkungsringe" in Handhabung & Montage.

## Verstärkung von Montageabzweigen

---

<b>Verweise</b>	Produktkatalog	Richtungsänderungen: Vorgesdämmte Bogen Abzweige Abzweige: Vorgesdämmte T-Stücke - 45° Abzweige: Vorgesdämmte T-Stücke - 90°
	Handhabung & Montage	Montage von Abzweigen
	Projektierung	Allgemein: Dehnung bei Bogen Allgemein: Dehnung bei Abzweigen Gerade Rohre. Gerade Rohre ohne Spannungs- reduzierung Gerade Rohre. Spannungsreduzierung mit Bogen - Tabelle: Montagelängen Richtungsänderungen 80-90° Bogen mit Dehnungspolster Absperrarmaturen: Entlüftung oder Entleerung

---

## Reduzierungen Übersicht

---

**Einleitung**

Dieser Abschnitt beschreibt die Projektierungsrichtlinien für den Einbau von Reduzierungen unter Berücksichtigung des aktuellen, axialen Spannungsniveaus der Rohrstrecke.

---

**Inhalt**

Richtlinien für die Verwendung

---

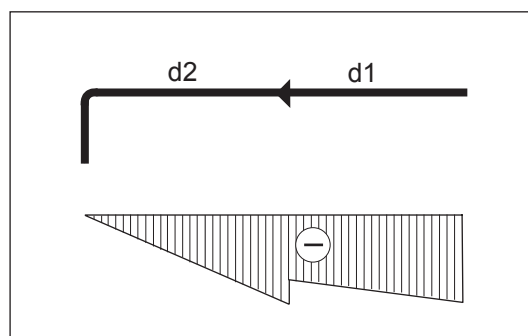
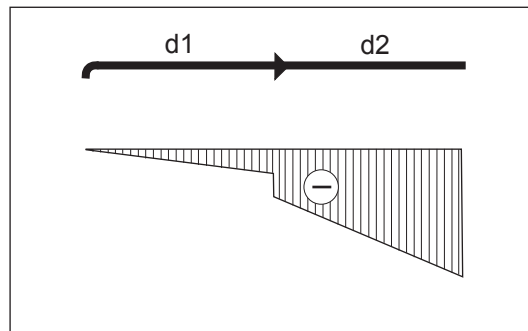
## Reduzierungen Richtlinien für die Verwendung

### Spannungs- diagramm

Bei Reduzierung des Mediumrohrdurchmessers ändert das axiale Spannungsniveau sich entsprechend dem Verhältnis zwischen dem Stahlquerschnitt der beiden Rohrdurchmesser, A.

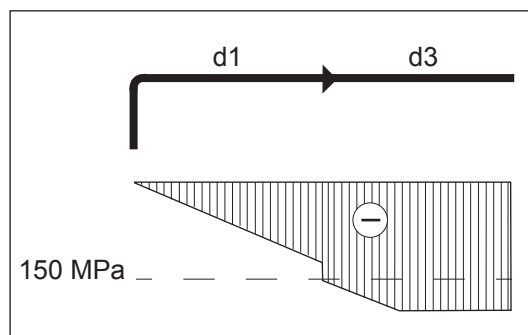
$$\sigma_2 = \sigma_1 \cdot \frac{A_1}{A_2}$$

Dimensionen:  
 $d_1 > d_2$

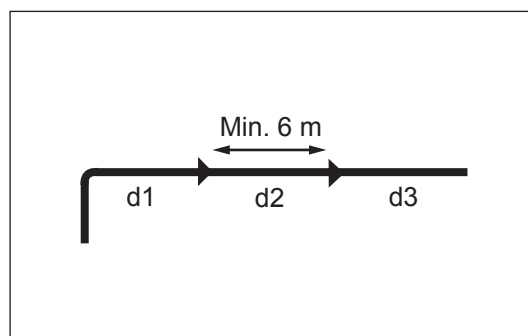


### Spannungs- niveau < 150 MPa

Eine Reduzierung mit 2 Dimensionssprüngen kann an der Stelle platziert werden, wo das Spannungsniveau im kleineren Querschnitt ( $d_3$ ) < 150 MPa ist.



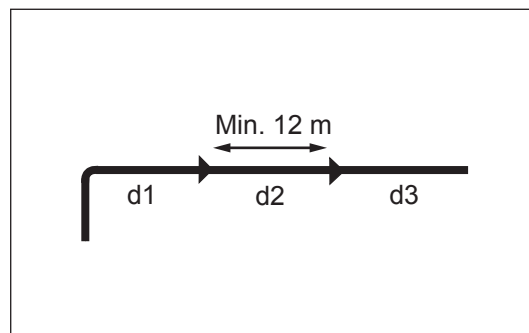
Werden zwei Reduzierungen mit je 1 Dimensionssprung benötigt, können diese mit einem Mindestabstand von 6 m nacheinander platziert werden vorausgesetzt, dass das Spannungsniveau im kleinsten Querschnitt ( $d_3$ ) < 150 MPa ist.



## Reduzierungen Richtlinien für die Verwendung

### Spannungs- niveau > 150 MPa

Zwei Reduzierungen mit je 1 Dimensionssprung können mit einem Mindestabstand von 12 m nacheinander platziert werden vorausgesetzt, dass das Spannungsniveau > 150 MPa ist.



### Abzweige

Vorgedämmte T-Stücke können im Verhältnis zur Reduzierung willkürlich platziert werden, da LOGSTOR Standard-T-Stücke mit zusätzlicher Wanddicke ausgeführt sind, und folglich in Systemen mit hohen, axialen Spannungsniveaus verwendet werden können.

Beim Abzweigen mit direkt aufgeschweißten Rohrstutzen sind diese mit Verstärkungsringen zu verstärken, vgl. Abschnitt "Abzweige: Verstärkung von Montageabzweigen".

## Richtlinien für die Verwendung - Beispiel 1

**Voraussetzungen** Dimension  $\varnothing 88,9$  Serie 2 ist auf  $\varnothing 60,3$  zu reduzieren. (2 Dimensionssprünge in 1 Reduzierung)

Rohrüberdeckung  $H = 0,8$  m

Max. Berechnungstemperatur  $T_{\max} = 120^{\circ}\text{C}$

Min. Berechnungstemperatur  $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$

Montagetemperatur  $T_{\text{ins}} = 10^{\circ}\text{C}$

$L_1 = 45$  m

Vom Abschnitt "Gerade Rohre:

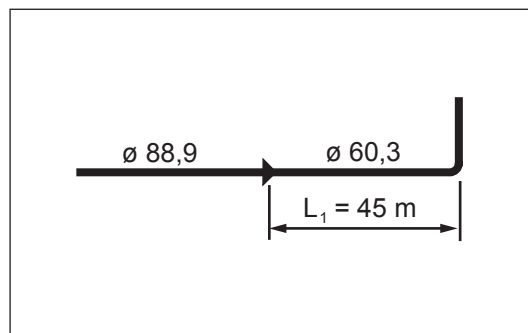
Spannungsreduzierung mit Bogen -

Tabelle: Montagelängen:

$\varnothing 60,3$ :

$F = 2,03$  kN/m

$A_s = 523$  mm<sup>2</sup>



### Bestimmung des Spannungsniveaus

Bestimmung des Spannungsniveaus bei Reduzierung:

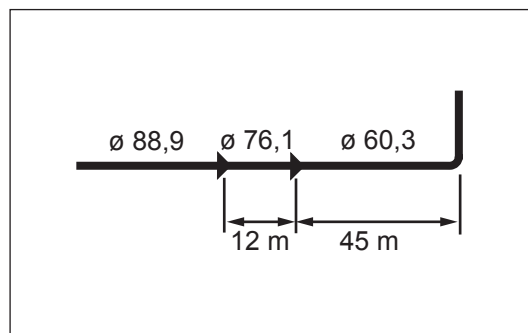
$$\sigma_x = \frac{L_x \cdot F}{A_s}$$

$$\sigma_{45\text{m}} = \frac{45 \cdot 1,81 \cdot 1000}{523} = 155,7 \text{ MPa}$$

Das Spannungsniveau in der kleinsten Dimension ist  $>150$  MPa, folglich darf nicht mit 2 Dimensionssprüngen in einer Reduzierung reduziert werden.

In diesem Fall können 2 Reduzierungen mit einem Mindestabstand von 12 m eingebaut werden.

Alternativ kann die Reduzierung näher des Bogens platziert werden, damit das Spannungsniveau reduziert wird.



### Verweise

Produktkatalog

Reduzierungen

Handhabung & Montage

Dämmung von Verbindungen: Andere Dämmverfahren - Dämmschalen

## Absperrarmaturen Übersicht

---

**Einleitung** Dieser Abschnitt enthält Anleitungen zum Einbau von Absperrarmaturen und Entlüftungs-/Entleerungsvorrichtungen in vorgedämmten Verbundrohrsystemen.

---

**Inhalt** Allgemein  
Entlüftung oder Entleerung

---

## Absperrarmaturen Allgemein

### Anwendung

Der Einbau von Absperrarmaturen dient der Aufteilung der Rohrleitung in angemessene Sektionen unter Berücksichtigung von:

- der angemessenen Wassermenge
- Kosten, wenn das System entleert werden muss
- Versorgungssicherheit
- einfacher Reparatur des Systems

Vorgedämmte Absperrarmaturen lassen sich überall im Einzelrohrsystem einbauen und sind gleichzeitig mit der Rohrmontage direkt im Erdreich zu verlegen. Das Reibungsmaterial um die vorgedämmten Absperrarmaturen ist der gleiche Typ wie das um die vorgedämmten Rohre.

Vorgedämmte Absperrarmaturen können in allen Rohrsystemen mit folgenden statischen Bedingungen: max.  $\Delta T = 130 \text{ °C}$  und max. PN = 25 verwendet werden.

Sie sind ohne Einschränkung überall im System verwendbar, da sie gemäß EN 448 auf hohe Axialspannungen und Biegemomente geprüft worden sind.

Es wird empfohlen, sie außerhalb den Dehnungsbereichen von Bogen (F-Länge) zu platzieren.

### Aufbau der Absperrarmatur

Die Absperrarmatur ist ein wartungsfreier Kugelhahn in einem ganzgeschweißten Gehäuse und mit einer rostfreien polierten Kugel in einem federunterstützten Teflonsitz. Sie ist folglich auch bei niedrigen Drücken dicht.

Zur Sicherung ihrer korrekten Funktionalität ist die Absperrarmatur regelmäßig (d.h. 2-4 Male im Jahr abhängig von der Wasserqualität) zu betätigen.

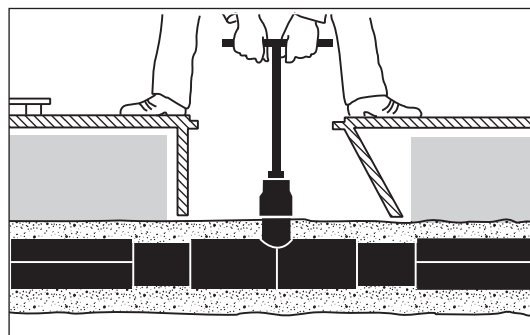
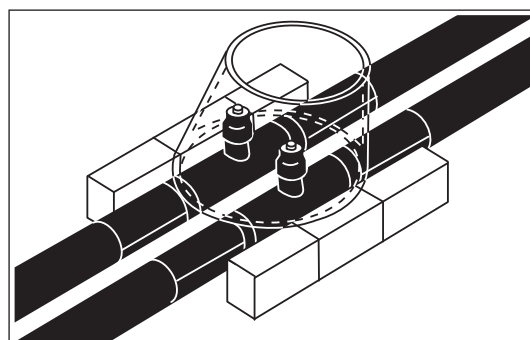
### Montage- anleitungen

Die Armaturen sind so einzubauen, dass die freie Beweglichkeit der Spindel bei Dehnung der Rohrleitung im Erdboden gesichert ist.

Die einfachste Weise, den Zugang zu den Armaturen zu sichern, ist durch Anordnung eines Schachtringes auf zwei Reihen von Fundamentblöcken. Der Schachtring darf nicht an das vorgedämmte Rohr stützen.

Dadurch wird die freie mögliche Bewegung des Mediumrohres gesichert, und der Dorn und die Spindel werden von Reibungsmaterial frei gehalten.

Der Dorn darf nicht ständig unter Wasser stehen.

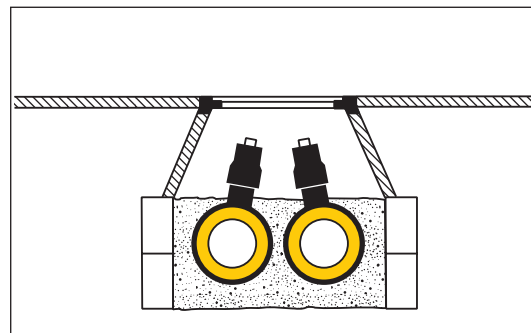




## Absperrarmaturen Allgemein

### Montage- anleitungen, fortgesetzt

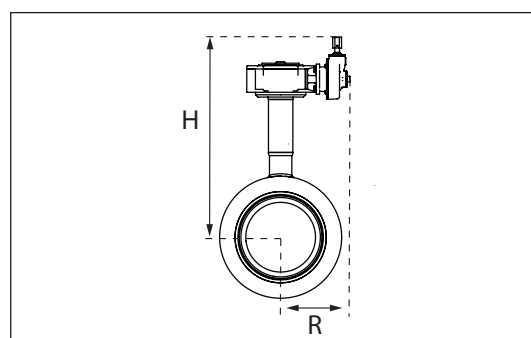
Auch bei größeren Dimensionen läßt sich der abgebildete Bau mit dem Schachtring ausführen. Hier sind die Spindeln schräg zu stellen, um vom Deckel aus bedient werden zu können.



### Getriebe

Bei Stahlrohrdimensionen  $\geq \varnothing 219,1$  mm ist die Armatur mit einer Getriebe zu bedienen. Bis zu DN 300 wird eine übliche tragbare Planetengetriebe verwendet.

Bei größeren Dimensionen kann eine feste Getriebe eventuell mit elektrischem Aktuator montiert werden.



Die physische Größe einer festen Getriebe hängt vom Fabrikat ab, aber die Maße in der Tabelle können als Richtlinien verwendet werden.

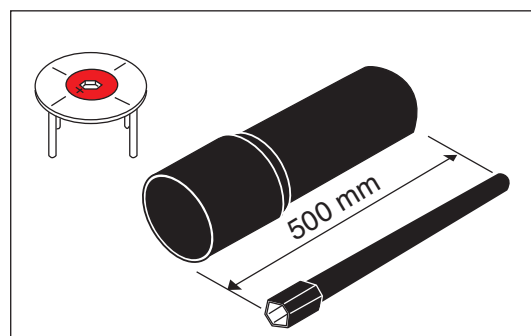
Die Ventilkammer ist so zu gestalten, dass es für das Ventil, die Getriebe, sowie die mögliche Bewegung des Mediumrohres ausreichend Platz gibt.

Dimension	Höhe (H)	Radius (R)
323,9	804	375
355,6	830	375
406,4	890	425
508	1040	605

### Verlängerungs- spindel

Bei großer Verlegetiefe kann die feste Spindel mit einer abnehmbaren Verlängerungsspindel verlängert werden. Die Standardlänge einer Verlängerungsspindel ist 500 mm, aber andere Längen können nach Bedarf bestellt werden.

Dorn und Spindel dürfen nicht permanent unter Wasser stehen.



## Absperrarmaturen Allgemein

---

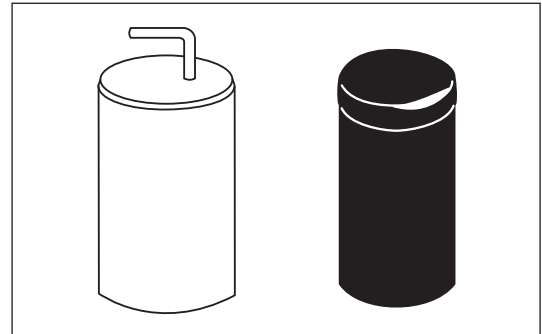
### Glocke

Eine Glocke aus galvanisiertem Stahl oder PE kann in Überflutungsgefährdeten Gebieten verwendet werden.

Bei periodischen Überschwemmungen verhindert sie effektiv das Eindringen von Wasser in den Dorn und die Entlüftungs-/Entleerungshähne, Korrosionsangriffe oder Ablagerungen.

Die galvanisierte Lösung funktioniert infolge ihres Gewichtes.

Die PE-Lösung funktioniert, weil die PE-Deckel gegen den Schachtdeckel stößt.



---

### Verweise

Produktkatalog  
Handhabung & Montage

Absperrarmaturen  
Absperrarmaturen und Entlüftung

---

## Absperrarmaturen Entlüftung oder Entleerung

### Anwendung

Entlüftung und Entleerung können mit vorgedämmten Komponenten oder Abzweigmuffen ausgeführt werden.

Vorgedämmte Lösungen entweder mit einer Absperrarmatur kombiniert oder als getrennte vorgedämmte Entlüftungs-/Entleerungskomponente können für alle Rohrsysteme mit folgenden statischen Bedingungen: Max.  $\Delta T = 130^{\circ}\text{C}$  und max. PN = 25 verwendet werden.

Getrennte Entlüftung/Entleerung mittels Abzweigmuffen sind unter Berücksichtigung des tatsächlichen axialen Spannungsniveaus zu projektieren.

Verstärkungsringe sind gemäß den Richtlinien im Abschnitt "Abzweige: Verstärkung von Montageabzweigen" zu montieren.

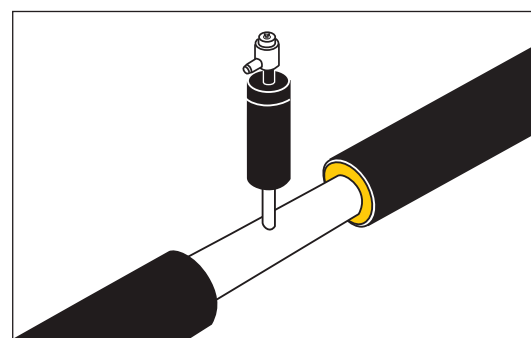
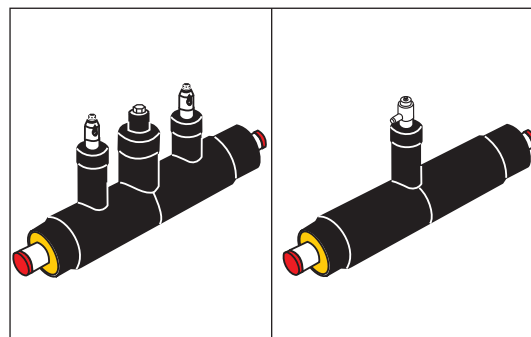
### Aufbau der Entleerung/ Entlüftung

Es wird empfohlen, Entlüftung/Entleerung am Rohrscheitel einzubauen. Das minimiert die Baukosten und die Gefahr, dass Schmutz sich z.B. bei Entleerungen sammelt, was die Korrosionsgefahr erhöht. Bei Entleerung eventuell Saugrohr verwenden.

Entlüftung/Entleerung sind mit vorgedämmten Absperrarmaturen mit einem oder zwei rostfreien Entlüftungs-/Entleerungshähnen oder als eine getrennte vorgedämmte Komponente erhältlich.

Ein vorgedämmter Rohrstutzen mit Entlüftungs-/Entleerungsvorrichtung lässt sich zusammen mit einer vertikalen Abzweigmuffe in Hoch- oder Tiefpunkten einbauen. Das erhöht die Flexibilität.

Sicherstellen, dass die Höhe ausreicht, damit der Raum für Entlüftung und Muffe ausreicht.

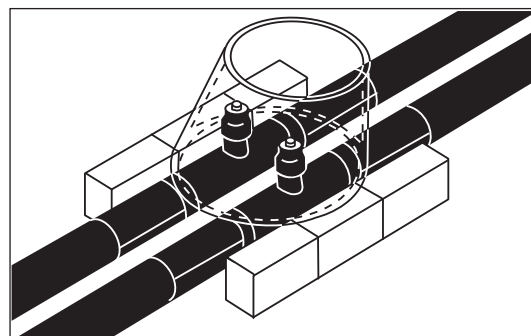


### Platzierung

Entlüftungs-/Entleerungshähne eignen sich ohne Einschränkung zum Einbau überall im Rohrsystem.

Es wird jedoch empfohlen, sie außerhalb der F-Länge bei Bogen zu platzieren.

Entlüftungs-/Entleerungshähne sind so zu montieren, dass die freie Beweglichkeit bei Bewegung der Rohrleitung im Erdreich gesichert ist, siehe den Abschnitt "Absperrarmaturen: Allgemein".





# 8.1.1

## Festpunkte

### Übersicht

---

**Einleitung** Dieser Abschnitt enthält die Voraussetzungen für die Anwendung von Festpunkten in vorgedämmten Rohrsystemen.

---

**Inhalt** Projektierung  
Betonblöcke

---

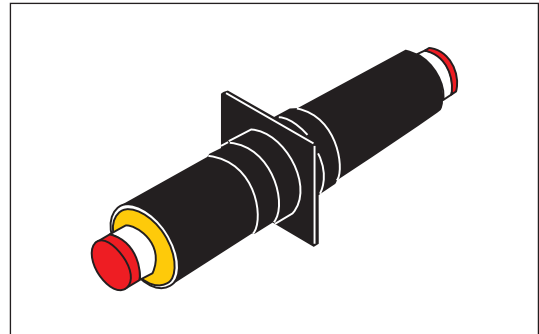
**Anwendung**

Im Allgemeinen werden Rohrsysteme ohne Festpunkte projiziert, weil sie die Möglichkeit der Ausnutzung der spannungsregulierenden Eigenschaften der Rohre begrenzen, und weil sie oft statisch nicht erforderlich sind, es sei denn, um Bewegungen oder Kräfte im System zu begrenzen.

Ist die Etablierung eines Festpunktes zur Begrenzung der Bewegungen oder Kräfte im Rohrsystem erforderlich, dann ist die max. zulässige Axialspannungsdifferenz dort, wo der Festpunkt etabliert wird auf 150 MPa beschränkt.

Ist eine Reduzierung der Axialspannungen erforderlich, um diese Grenze einzuhalten, dann kann das durch den Einbau von E-Comps oder Dehnungsbogen oder durch thermische Vorspannung gemäss dem Abschnitt "Gerade Rohre" erfolgen.

Dimensionen eines vorgedämmten Festpunktes, sehen Sie bitte den Abschnitt "Dehnung und Verankerung: Festpunkte" im Produktkatalog.



## Festpunkte Betonblöcke

### Betonblock, Voraussetzungen

Aus nachfolgender Tabelle gehen die erforderlichen Dimensionen des Betonblocks unter folgenden Voraussetzungen hervor:

Druckfestigkeit im Erdbereich:  
150 kN/m<sup>2</sup>

Armierung:  
Tentor B 500  
Re = 500 MPa

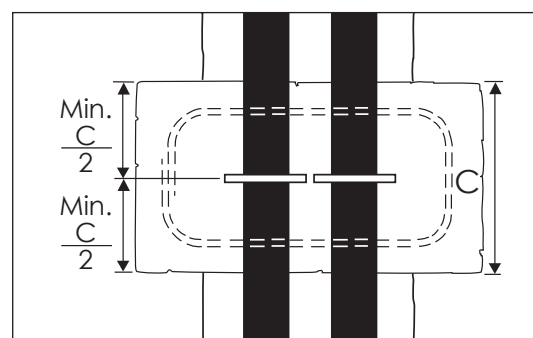
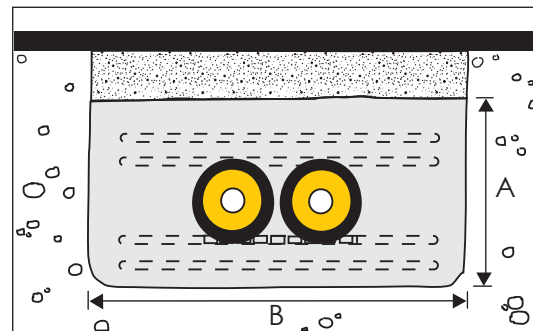
Betonqualität:  
Druckfestigkeit = 25 MN/m<sup>2</sup>

Belastung:  
Einseitige Belastung des Blocks.

Bei großen Rohrdimensionen werden die Blöcke oft sehr groß.

Bezüglich alternativer Lösungen, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR.

Es obliegt dem Projektierenden, die erforderliche Größe des Betonblocks auf Basis der tatsächlichen Verhältnissen zu berechnen.



### Dimensionen und Armierung des Blocks

Stahlrohr ä. ø mm	A m	B m	C m	Armierungs- eisen	
				Anzahl	Ø mm
26,9 / 33,7	0,45	0,8	0,75	4	8
42,4 / 48,3	0,50	1,0	0,75	6	8
60,3	0,60	1,2	0,75	6	8
76,1	0,80	1,1	0,75	4	12
88,9	0,80	1,5	0,75	4	12
114,3	0,80	2,1	0,75	4	12
139,7	1,00	2,1	0,75	4	12
168,3	1,10	2,5	0,75	6	12
219,1	1,30	3,2	0,85	6	12
273,0	1,50	3,8	1,10	6	16
323,9	1,70	4,5	1,30	4	20
355,6	1,80	4,7	1,20	4	20
406,3	2,00	5,4	1,40	6	20
457,0	2,10	5,8	1,50	6	20
508,0	2,30	5,9	1,60	8	20
558,8	2,40	6,3	1,60	8	20
609,6	2,60	7,1	1,90	8	20

### Verweise

Produktkatalog  
Projektierung  
Handhabung & Montage

Dehnung und Verankerung: Festpunkte  
Allgemein: Systemdefinitionen  
Dehnung und Verankerung: Montage des Festpunkts





## Endabschlüsse Übersicht

---

**Einleitung**

Dieser Abschnitt beschreibt die Komponenten zum Abschluss z.B. im Zusammenhang mit Fundamenten, Kellern, Hausanschlüssen und Betonkanälen, die eine korrekte Platzierung und Schutz der Dämmung unter variierenden Montageverhältnissen sichern.

---

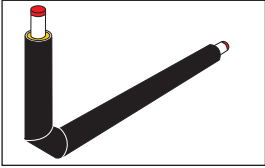
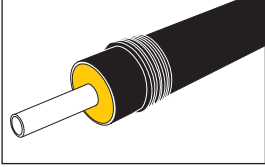
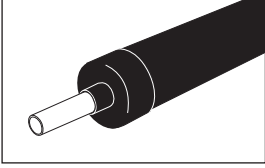
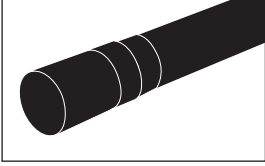
**Inhalt**

Allgemein  
Hausanschluss  
Dichtungsring  
Endkappe  
Endmuffe

---

## Endabschlüsse Allgemein

### Übersicht über Lösungsmöglichkeiten

Endabschluss:	Anzuwenden zum:	Abbildung:
Hausanschluss	Einführen durch Fundament und Boden in einem Arbeitsgang	
Dichtungsring	Dichten zwischen Rohr und Umgeißung bei horizontaler Mauerdurchführung	
Endkappe	Schutz der Dämmung vor Eindringen von Wasser	
Endmuffe	Schutz des Rohrendes beim Abschluss im Erdreich	

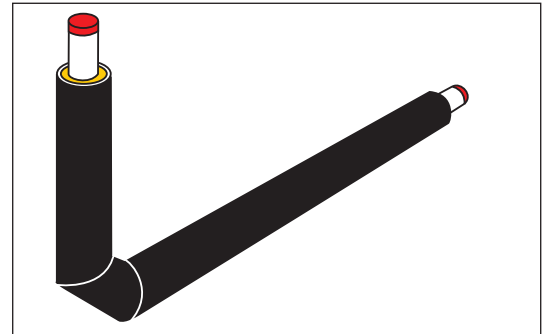
## Endabschlüsse Hausanschluss

### Anwendung

Der Hausanschluss wird zum Einführen durch ein Fundament oder einen Boden in einem Arbeitsgang verwendet.

Vorgefertigte Hausanschlüsse erleichtern die Montage von Fernwärmerohren in Gebäuden ohne Keller.

Bei der Verwendung von Hausanschlüssen ist zu sichern, dass die Dehnungsbewegung in der Durchführung möglichst niedrig ist, um das Rohr und das Fundament/den Boden zu schützen.



## Endabschlüsse Dichtungsring

### Anwendung

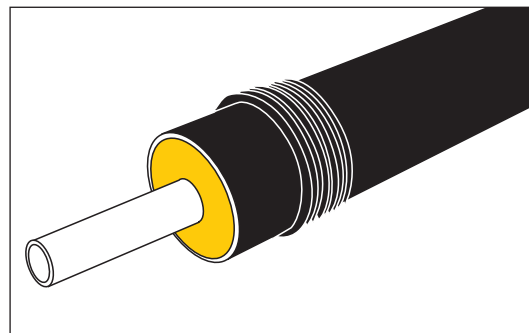
Wenn Rohre durch Mauerwerk - durch Schächte, Grundmauern u.ä. - geführt werden, sind Dichtungsringe zum Schutz vor dem Eindringen von Wasser zu montieren.

Ein Dichtungsring kann undicht werden, wenn er Grundwasserdruck ausgesetzt wird.

Für Konstruktionen, die einen sehr hohen Wasserdruck ausgesetzt werden, wird ein Typ Dichtungsring empfohlen, der entweder aus- oder inwendig an die Wand befestigt wird und gegen den PE-Mantel gepresst wird.

Mit der Zeit kriecht PUR, und in solchen Fällen wird die Verwendung von nachspannbaren Typen empfohlen.

Allgemein ist darauf zu achten, ob die Dehnungsbewegungen, die bei horizontaler Mauerdurchführung auftreten können, die inwendigen Installationen beeinträchtigen können.

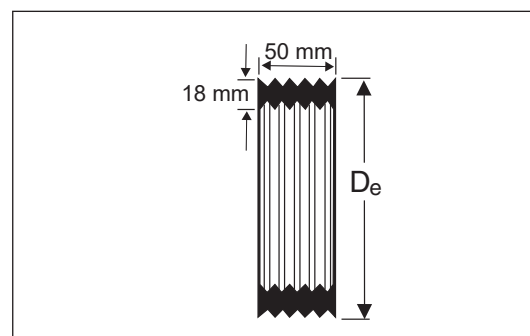


### Beschreibung

Der Dichtungsring ist aus einem besonders widerstandsfähigen Gummi, der Dichtheit leistet und außerdem kleine Dehnungsbewegungen in der Durchführung erlaubt.

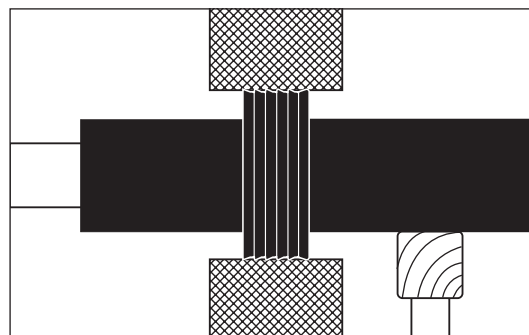
Bitte beachten!  $D_e - 2 \cdot 18 \text{ mm}$  ist kleiner als der Nenndurchmesser, damit der Ring fest um das Mantelrohr sitzt.

Bezüglich  $D_e$ , siehe den Abschnitt "Endabschlüsse: Dichtungsring" im Produktkatalog.



### Durchbohrung der Grundmauer

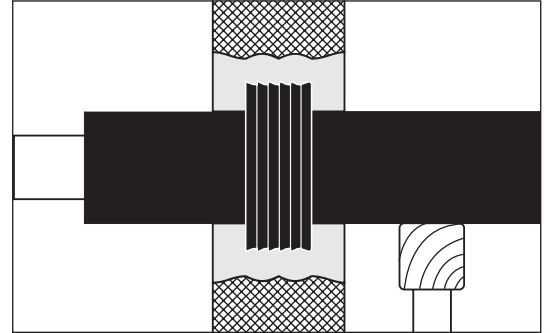
Sind die Löcher gebohrt worden, muss ihr Durchmesser  $1-3\% < D_e$  sein.



## Endabschlüsse Dichtungsring

### Einbetonieren

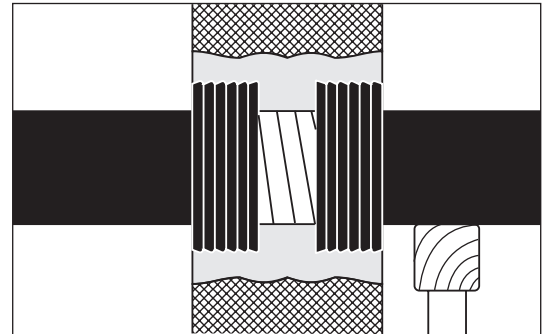
Wenn ein Rohr mit Dichtungsringen in einer Aussparung einbetoniert wird, ist das Rohr aufzulagern, um rundum den Dichtungsring betonieren zu können.



Bei kleinen Seitenbelastungen oder dicken Wänden sind mehrere Dichtungsringe zu verwenden.

Das führt zu einer effektiveren Dichtung.

Das Rohr mit Fettbinde umwickeln, um kleine axialen Bewegungen zu erlauben.



## Endabschlüsse

### Endkappe

#### Anwendung

Die Endkappe wird innen zum Dichten des Rohres verwendet, um das Eindringen von Feuchtigkeit in der Dämmung zu verhindern.

Endkappen werden bei Abschluss der Rohre in Schächten, Anschluss an Betonkanälen, in Kellern usw. verwendet.

Die Schächte und Kanäle dürfen nicht so überflutet werden, dass Wasser sich um die Endkappe befindet.

Bei Gefahr, dass die Endkappe in direkter Verbindung mit Wasser kommt, wird die Verwendung von Abschlussrohren empfohlen.

#### Beschreibung

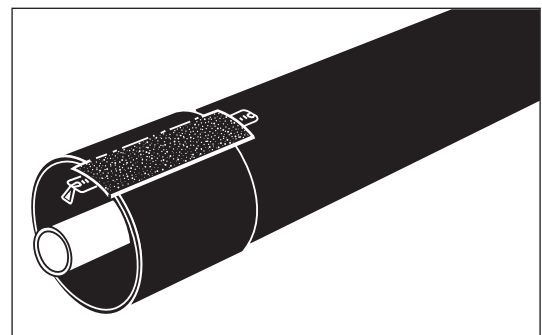
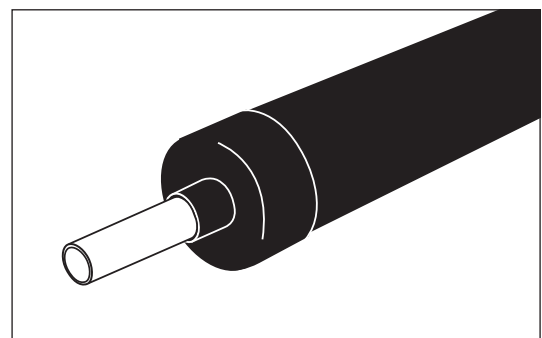
Die Standardendkappe ist vor dem Verschweißen mit den nicht gedämmten Rohren auf das Rohrende aufzuschieben.

Die Endkappe ist auf das Medium- und das Mantelrohr thermisch zu schrumpfen.

Für die Standardendkappe ist die zulässige kontinuierliche Betriebstemperatur max. 120°C und die Spitzentemperatur (kurzfristig) max. 130°C

Die getrennte Endkappe mit Reißverschluss ist u.a. für Reparaturen oder nachfolgender Montage zu verwenden.

Für Mantelrohrdimensionen  $> \varnothing 450$  mm wird die getrennt Endkappe jedoch wie die Standardendkappe, aber auch für Reparaturen verwendet.



## Endabschlüsse Endmuffe

---

**Anwendung** Zum Abschluss eines erdverlegten Rohrsystems ist eine PE-Endmuffe zu verwenden. Welche Endmuffe zu verwenden ist, hängt von der Dimension ab.

---

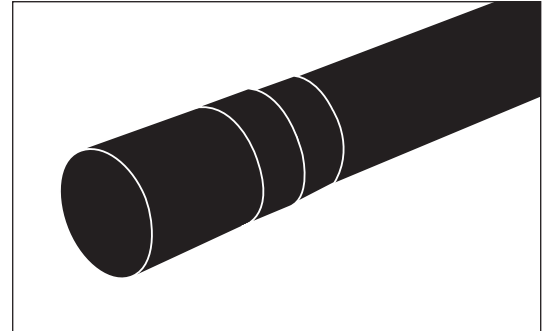
**Typen von  
Endmuffe**

Für Dimension  $\varnothing 90 - 630$  mm sind Endmuffen mit Dämmhalbschalen zu verwenden.

Zum Abschluss eines Rohrsystems mit  $\varnothing 710 - 1000$  mm Mantelrohr werden PE-Endmuffen zum Ausschäumen verwendet.

Ist eine Endmuffe am Ende einer Rohrstrecke, wo sie sich in der Erde ausdehnt, platziert, ist die Dehnung in Schaumkissen aufzunehmen. Die Schaumkissen sind am Ende zu platzieren, um unbeabsichtigte Einflüsse zu vermeiden.

---



**Verweise**

Produktkatalog: Endabschlüsse  
Handhabung & Montage: Endabschlüsse

---





## Dehnungsaufnahme Übersicht

---

### Einleitung

Dieser Abschnitt beschreibt, wie seitliche Dehnungsbewegungen im Rohrsystem aufgenommen werden können. Es gibt 2 Prinzipien der lateralen Dehnungsaufnahme in Rohrsystemen:

1. Dehnungsaufnahme in Dehnungspolster.

Zur Sicherung, dass die PUR-Druckspannung nicht den in EN13941 festgesetzten Grenzwert von  $\sigma_{\text{PUR}} = 0,15 \text{ MPa}$  übersteigt.

Die Funktion der Dehnungspolster ist die teilweise Aufnahme/Verteilung von Dehnungsbewegungen. Die Druckfestigkeit von Dehnungspolstern ist niedriger als die der PUR-Dämmung, folglich wird die Verformung der PUR-Dämmung reduziert.

Dehnungspolster lassen sich nach Bedarf entlang des beweglichen Teils von Bogen/Abzweigen montieren (siehe den Abschnitt "Richtungsänderungen" und den Abschnitt "Abzweige").

2. Dehnungsaufnahme in Sandkissen.

Hier kommt es oft vor, dass die PUR-Druckspannung den in EN13941 festgesetzten Grenzwert von  $\sigma_{\text{PUR}} = 0,15 \text{ MPa}$  übersteigt.

Bei Verwendung von Sandkissen, wird normal damit gerechnet, dass ein  $\sigma_{\text{PUR}} \leq 0,25 \text{ MPa}$ . Bei dieser Belastung wird das Schrumpfen des PUR-Schaumes über 30 Jahre  $< 10\%$  sein.

$\sigma_{\text{PUR}}$  erhöht sich mit der Verlegetiefe und Dämmdicke, weshalb die Verwendung von Sandkissen begrenzt ist. Bei Verwendung von Sandkissen ist folglich eine Bewertung/Berechnung der Belastung des PUR-Schaumes in jeden Einzelfall auszuführen.

Da die PUR-Druckspannung oft den in EN 13941 festgesetzten Wert übersteigt, ist sie folglich in diesem Manual nicht näher beschrieben, obwohl Sandkissen über viele Jahre verwendet worden sind. Wenn Sie Näheres über dieses Verfahren wissen möchten, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR.

---

### Inhalt

Dehnungspolster

---

## Dehnungsaufnahme Dehnungspolster

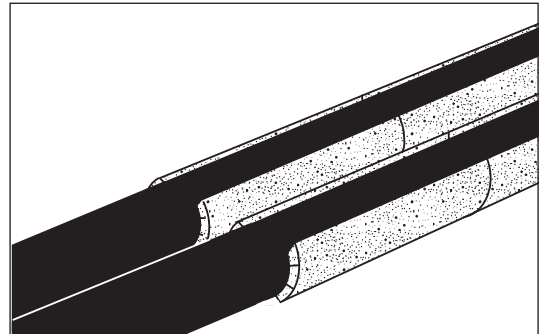
### Anwendung

Dehnungspolster können zur Aufnahme von Dehnungsbewegungen verwendet werden, wenn die erste Bewegung folgende Intervalle nicht übersteigen:

- $5 < \Delta L \leq 28$  mm  
(1 Schicht = 40 mm)
- $28 < \Delta L \leq 56$  mm  
(2 Schichten = 80 mm)
- $56 < \Delta L \leq 84$  mm  
(3 Schichten = 120 mm)

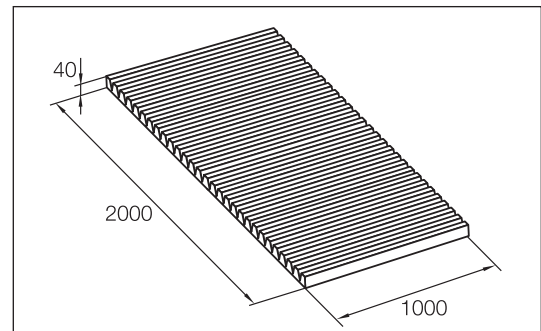
Es wird empfohlen nicht mehr als 3 Schichten von Dehnungspolster (120 mm) zu verwenden bei einer Höchsttemperatur von 130°C und normalem variierendem Betrieb, um zu sichern, dass die kontinuierliche Oberflächentemperatur des Mantelrohres nicht 50°C - mit einer Spitztemperatur bis zu 60°C max. 300 Stunden pro Jahr - übersteigt, was nach EN13941 die Obergrenze ist.

Sind mehr als 3 Schichten von Dehnungspolstern erforderlich, kontaktieren Sie bitte LOGSTOR für Support.



### Flächenmaß des Dehnungspolsters

Dehnungspolster sind in einer Größe, die dem aktuellen Mantelrohrdurchmesser anzupassen ist, erhältlich.



### Material

Die von LOGSTOR verkauften Dehnungspolster bestehen aus vernetztem PE mit geschlossenen Zellen.

### Eigenschaften

Starrheit beim Zusammendrücken:

Verformung	Druckspannung
40%	0,06 MPa
50%	0,09 MPa
75%	0,275 MPa

Wärmeleitfähigkeit: 0,05 W/mK bei 50°C

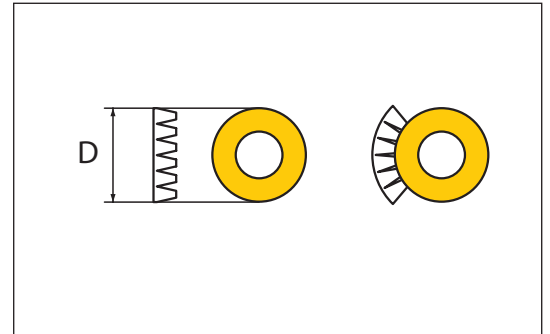
**BITTE BEACHTEN!**

Die Projektierungsrichtlinien in diesem Manual setzen die Anwendung von LOGSTOR Dehnungspolster voraus.

## Dehnungsaufnahme Dehnungspolster

### Aktuelles Maß von Dehnungspolster

Der Mantelrohrdurchmesser bestimmt die Höhe des Dehnungspolsters, die wiederum die Anzahl der Dehnungspolster bestimmt.



### Montage von Dehnungspolstern

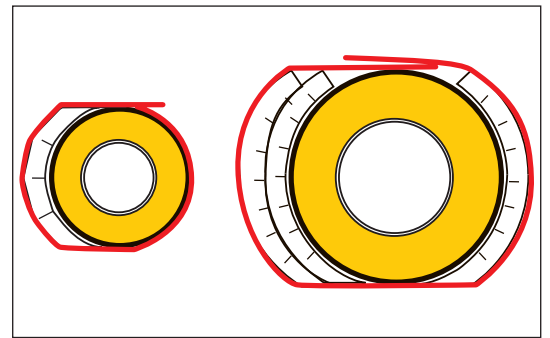
Dehnungspolster an einer oder beiden Seiten des Mantelrohres gemäß der Projektzeichnung montieren.

Dehnungspolster mit Glasfasertape - min 3 Stck. je Meter Dehnungspolster - fixieren.

Um zu verhindern, dass Sand zwischen Dehnungspolstern und Mantelrohr kommt, kann z.B. Geotextil oder vernetztes Schaumfolielaminat um die Dehnungspolster gewickelt werden. Es mit Glasfasertape fixieren.

Bei grösseren Dimensionen und mehreren Schichten wird Einpacken in Geotextil o.ä. empfohlen.

In Systemen mit vielen, grossen Temperaturzyklen (z.B. in Solaranlagen) ist Geotextil oder vernetztes Schaumfolielaminat immer anzuwenden, um zu sichern, dass Verfüllmaterial nicht zwischen Dehnungspolster und Mantelrohr kommt.



## Dehnungsaufnahme Dehnungspolster

### Angabe von Anzahl Dehnungspolster

Zur Bestimmung der erforderlichen Anzahl Dehnungspolster, siehe den Abschnitt "Richtungsänderungen" und den Abschnitt "Abzweige".

In der Systemzeichnung ist die erforderliche Anzahl von Dehnungspolstern zur Dehnungsaufnahme anzugeben:

#### 1. Schicht:

Die Länge der innersten 40 mm Dehnungspolster, in Meter angeführt, geht aus der 1. Ziffer hervor - hier 4 Meter. Das entspricht 4 Stck. Dehnungspolster, da diese 1 m lang sind.

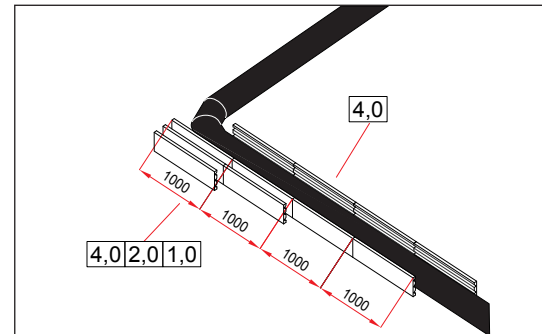
#### 2. Schicht:

Bei Bedarf einer zweiten Schicht geht die Länge dieser Schicht, vom Bogen aus gemessen, aus der 2. Ziffer hervor - hier 2 m.

#### 3. Schicht:

Eine evt. dritte Schicht geht aus der 3. Ziffer hervor - hier 1 m.

Wie aus der Abbildung ersichtlich kann eine entsprechende Angabe evtl. an der inwendigen Seite des Bogens angeführt werden.



### Verweise

Produktkatalog	Dehnung und Verankerung
Projektierung	Richtungsänderungen Abzweige
Handhabung & Montage	Dehnung und Verankerung

**Einleitung**

Die flexiblen Rohrsysteme bestehen aus FlexPipe mit glattem LDPE-Mantelrohr und das flexiblere FlextraPipe mit gewelltem HDPE-Mantelrohr. Beide Rohrtypen bilden ein komplettes Rohrsystem für Verteilleitungen oder kleinere Abzweigungen.

Die langen flexiblen Rohre sind besonders vorteilhaft bei:

- Abzweigungen ohne Verbindungen
- Passieren von Bepflanzung und anderen Hindernissen
- Hügeligem Gelände
- Bohr- und Pressverfahren

Dieser Abschnitt enthält allgemeine Projektierungsrichtlinien für die Anwendung flexibler Rohrsysteme.

Die spezifischen Projektierungsrichtlinien für jeden einzelnen Typ von Mediumrohr sind in ihrem jeweiligen Abschnitt beschrieben.

---

**Inhalt**

Allgemein  
Rohrgraben  
Anschluss an Hauptleitung  
Endabschlüsse

---

## Flexible Rohre Allgemein

### Einleitung

Flexible Rohre sind mit 5 verschiedenen Typen von Mediumrohren für Fernwärme und Fernkühlung.

Die möglichen Kombinationen von Mantelrohr, Anwendung und Mediumrohrtyp gehen aus untenstehender Übersicht hervor.

Welcher Typ anzuwenden ist hängt von mehreren Faktoren ab:

- Anwendung: Heizung/Kühlung
- Betriebsbedingungen: Druck und Temperatur
- Verbindungsmethode: Presskupplungen/Löten/Schweißen/Kompressionskupplungen (BW)

Näheres erfahren Sie unter den verschiedenen Typen von flexiblen Rohren oder bei Zweifelsfällen fragen Sie bitte LOGSTOR.

### Anwendungsbereiche

FlexPipe-System	Mediumrohr, Material	Betriebsdruck, bar	Betriebsstemperatur, °C	Spitztemperatur, °C	Rohrtyp	Anwendungsbereich		Dimensionsbereich Ø mm	Überwachung
						Fernwärme	Fernkühlung		
PerFlextra	PE-RT	10	70-80	95 Fehler	Einzelrohr	x	x	25-63	
					TwinPipe	x	x	25-63	
PexFlextra	PEX	6	80-95	100 Fehler	Einzelrohr	x	x	20-110	
					TwinPipe	x	x	20-63	
AluFlextra	pe-rt/ Aluminium/ PE-RT	10	80-95	100 Fehler	Einzelrohr	x	x	20-32	
					TwinPipe	x	x	20-32	
					Doppelrohr	x		26/20	
SteelFlex	Stahl	25	120	140	Einzelrohr	x	x	20-28	x
CuFlex	Kupfer	16	120	140	Einzelrohr	x		15-35	x
					TwinPipe	x		18-28	x

\* 6 bar = SDR 11

\*\* PN 16 wird bei max. 120°C berechnet (Der schwedische Fernwärmeverein D 213).

## Flexible Rohre Rohrgraben

### Verlege- methoden

FlexPipes werden in Rohrgraben oder nach Bohrverfahren entweder neben oder über einander gemäss der Abbildung und untenstehenden Mindestmaßen verlegt.

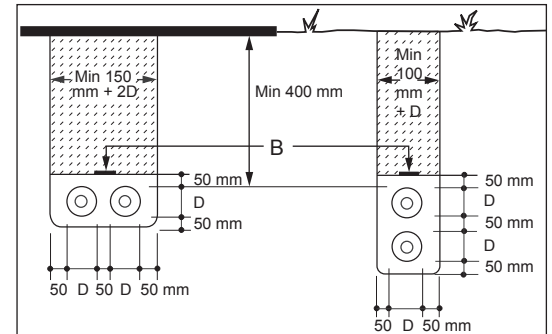
FlextraPipes werden wie FlexPipes in den Rohrgraben verlegt.

Bei Verlegung in Rohrgraben müssen die Rohre überall von 50 mm Füllmaterial mit den unten angeführten Eigenschaften umgeben sein.

Min. 400 mm Überdeckung zur Unterkante des Asphalt/Betons.

B = Markierungsband oder -Netz

Abhängig von der Mantelrohrdimension sind die Ecken des Rohrgrabens bei Richtungsänderungen auf einen Radius von min. 0,6 – 1,6 m abzurunden.



### Biegeradius

Siehe die jeweiligen Abschnitte:

### Verfüllmaterial

Folgende Materialspezifikationen gelten für das Verfüllmaterial unter normalen Verhältnissen:

Max. Körnung:  $\leq 10 \text{ mm}$   
 Regelmäßigkeitskoeffizient:  $\frac{d_{60}}{d_{10}} = > 1.8$

Reinheitsgrad: Das Material darf keine schädlichen Mengen von Pflanzenresten, Humus, Lehm oder Schluffklumpen enthalten.

Kornform: Große scharfkantige Körner, die Rohr und Verbindungen beschädigen können, sind zu vermeiden.

Sorgfältige und gleichmäßige Komprimierung ist erforderlich.

## Flexible Rohre Anschluss an Hauptleitung

### Senkrechter Anschluss

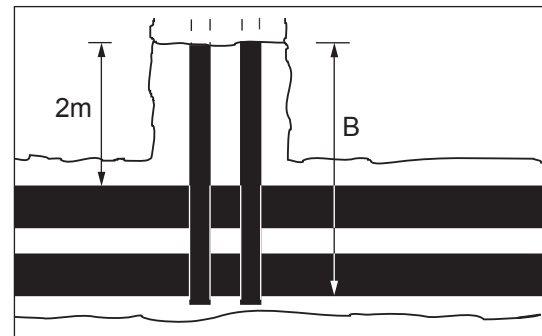
Eine fehlerfreie Montage von einem flexiblen Rohr an eine Hauptleitung ist am besten zu erreichen, wenn die Enden des flexiblen Rohres vor Beginn der Montage völlig ausgerichtet sind.

Die Rohrenden lassen sich am besten vor Abschneiden der gewünschten Länge von der Rohrrolle ausrichten.

Bei senkrechtem Anschluss an eine Hauptleitung müssen aus Rücksicht auf die spätere Montage von Presskupplungen/Schweißung mindestens 2 m des Rohrgrabens für Abzwegleitungen offen bleiben.

Bewegungen in der Hauptleitung und langen Abzwegleitungen können Sondermaßnahmen erfordern, siehe den Abschnitt "Abzweige" und Begrenzungen unter den relevanten Abschnitten über flexible Rohre.

$B = 2 \text{ m gerades flexibles Rohr} +$   
Grabenbreite.

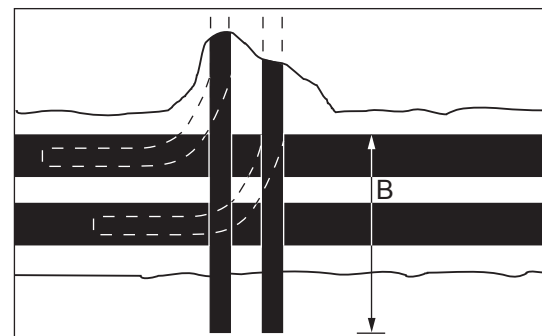


### Paralleler Anschluss

Bedingt durch die Platzverhältnisse können FlexPipe-Rohre, die nach dem Bohrverfahren verlegt worden sind, immer parallel an die Hauptleitung angeschlossen werden.

Bewegungen in der Hauptleitung und langen Abzwegleitungen können Sondermaßnahmen erfordern, siehe den Abschnitt "Abzweige" und Begrenzungen unter den relevanten Abschnitten über flexible Rohre.

$B = 2 \text{ m gerades flexibles Rohr} +$   
Grabenbreite.



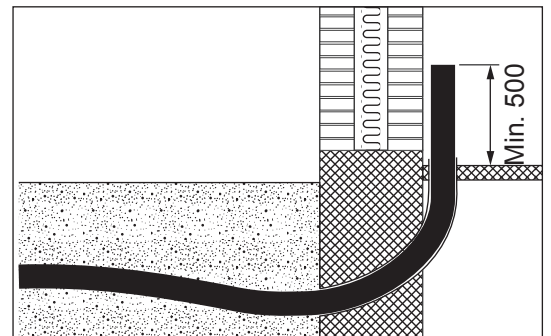
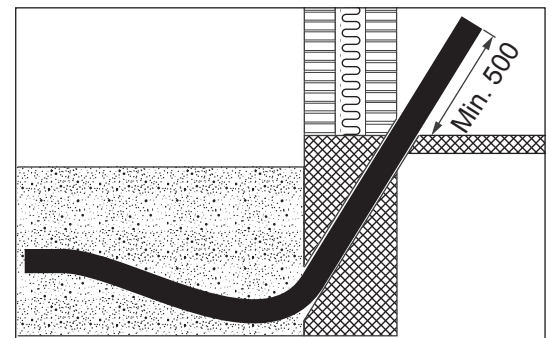
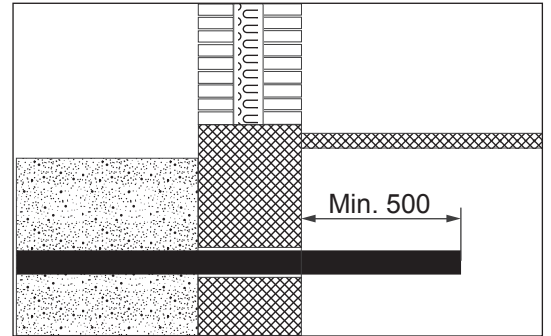


# Flexible Rohre Endabschlüsse

## Abschluss in Gebäuden

Bei Hausanschluss durch ein gegossenes Abschlussrohr oder durch gerade/schräge Durchbohrung der Grundmauer ist der Abschluss des flexiblen Rohres in dem gleichen Arbeitsgang wie die Verlegung und das Einsanden vorzunehmen.

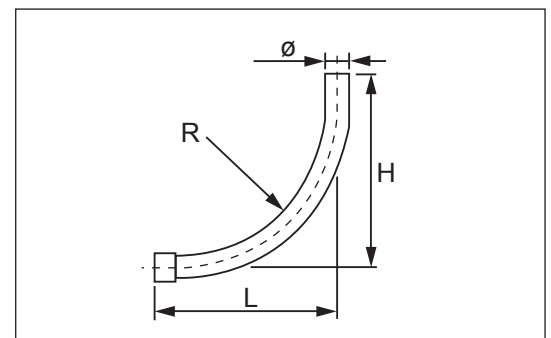
Das flexible Rohr wird min. 500 mm vom inwendigen Sockel/Boden abgeschlossen.



## Abschlussrohr

Für den Hausanschluss kann ein Abschlussrohr nach untenstehender Tabelle mit Vorteil verwendet werden.

Flexibles Rohr ä. ø mm	R ø mm	H mm	L mm	ø mm
90	800	124	1050	125
110	900	142	1250	140
125	1000	158	1350	160

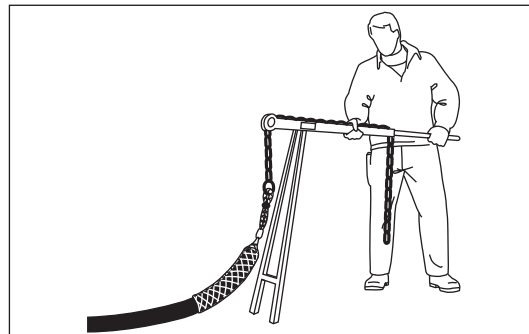


## Flexible Rohre Endabschlüsse

### Abschlussrohr, fortgesetzt

Zum Ziehen des flexiblen Rohres durch das Abschlussrohr wird die Verwendung von einem Zugstrumpf und Zugwerkzeug empfohlen.

Das Zugwerkzeug kann wie hier abgebildet manuell sein oder mit einer elektrischen Winde.

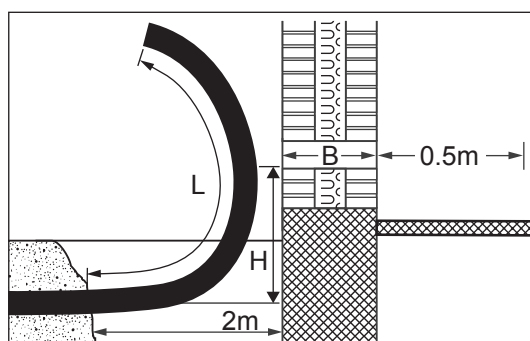


### Abschluss im Schrank

Bei Mauerdurchführung über der Erde in Verbindung mit einem Schrank muss vor der Gebäudemauer ein 2 m langer, offener Rohrgraben für die spätere Rohrdurchführung zur Verfügung sein.

Bitte beachten! Das Ende des flexiblen Rohres muss für die spätere Mauerdurchführung und inwendige Montage lang genug sein.

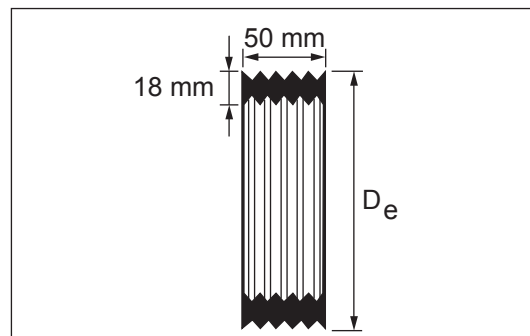
$$L_{\min} = 2 \text{ m} + H + B + 0,5 \text{ m}$$



### Durchbohrung der Grundmauer

Bei Durchbohrung der Grundmauer mit Dichtungsringen werden die angeführten Lochdurchmesser empfohlen.

Bei hohem Wasserdruck auf der Konstruktion wird ein Typ Dichtungsring empfohlen, der entweder inwendig oder auswendig an der Wand befestigt wird und der gegen den PE-Mantel gepresst wird.



Mantelrohr ä. Ø mm	Lochdurchmesser Ø mm		Dichtungs- ring ä. D <sub>e</sub> mm
	Min	Max	
77	101	105	107
90	116	122	124
110	135	140	142
125	151	156	158
140	167	171	173
160	187	191	191
180	207	211	209

### Verweise

Projektierung

PertFlextra  
PexFlextra  
AluFlextra  
CuFlex  
SteelFlex

**Einleitung**

PertFlextra ist ein komplettes flexibles Rohrsystem.

PertFlextra hat ein gewelltes Mantelrohr.

Der große Dimensionsbereich macht FlextraPipes für Abzweigungen sowie kleinere Verteilungsleitungen geeignet.

---

**Inhalt**

Projektierungsrichtlinien

Beispiele für Montagekombinationen

---

## PertFlextra Projektierungsrichtlinien

### Allgemein

PertFlextra ist durch:

- Betriebstemperatur: 70°C für 49 Jahre
- Maximale Betriebstemperatur: 80°C für 7760 Stunden  
95°C für 1000 Stunden
- Störung: 95°C i 100 timer
- Maximaler Betriebsdruck: 10 bar
- Verbinden des Mediumrohres mit Presskupplungen
- Eine hohe Flexibilität beim Biegen des Rohres in den gewünschten Winkel.

gekennzeichnet.

### Biegeradius

Bei Richtungsänderungen kann FlextraPipe vor Ort mit einem Biegewerkzeug zum Mindestbiegeradius R gebogen werden.

Die Flexibilität vom FlextraPipe hängt von der Temperatur des Rohres ab.

Bei Temperaturen unter 10°C ist das Mantelrohr vor dem Ausrollen oder Biegen mit einem Gasbrenner auf handwarm zu erwärmen.

Bei Verlegung kann Sicherung der Position der Rohre z.B. durch teilweises Einsanden erforderlich sein.

Mantelrohr ä. ø mm	Min. Biegeradius, R m
90	0,7
110	0,9
125	1,0
140	1,1
160	1,6
180	1,8

### Dehnung

FlextraPipe ist ein flexibles Rohrsystem, das keine Sondermaßnahmen bei Erdverlegung fordern.

Es ist selbstkompensierend, und wegen der Eigenschaften des PE-RT-Mediumrohres ist es nicht notwendig die Dehnung in erdverlegten Systemen zu berücksichtigen.



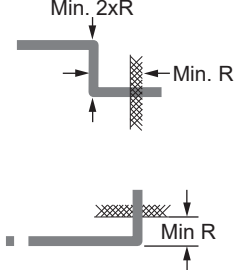
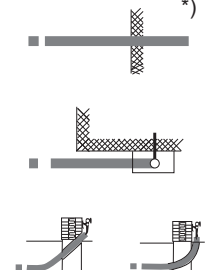


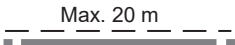
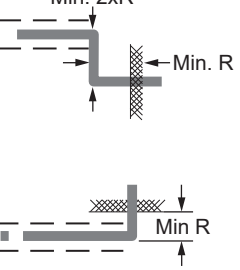
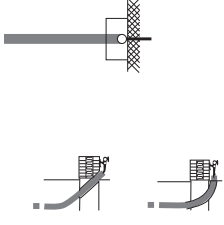
Beim Anschluss von FlextraPipe an ein vorgedämmtes Stahlrohr ist zu sichern, dass zu große Bewegungen nicht vom Stahlrohr in das FlextraPipe-System übertragen werden.

Das wird dadurch gesichert, dass der Übergang vom Stahl zu FlextraPipe an einem Abzweig oder nach einem Bogen erfolgt. Erfolgt der Übergang direkt im Anschluss an eine Stahlrohrleitung, darf die Länge der Stahlrohrleitung nicht 14 m übersteigen.

Beim Abzweigen mit FlextraPipe von einer Stahlrohrleitung ist zu sichern, dass Bewegungen in der Hauptleitung nicht in die Abzweingleitung übertragen werden. Nähere Einzelheiten hierüber, siehe Abbildung auf die nächste Seite.

Beispiele für Montagekombinationen














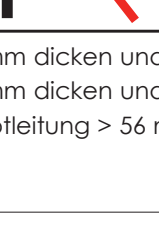
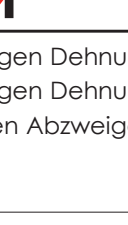
Längen der  
Abzwegleitung  
und Einführung  
in Gebäuden

Abzweigpunkt	Abzwegleitung	Einführung in Gebäude
		<p>Bewegung nicht erlaubt</p>  <p>Bewegung erlaubt</p> 
	  	<p>Bewegung nicht erlaubt</p>  <p>Bewegung erlaubt</p> 

\*) Wird Beschlag unmittelbar innerhalb der Wand verwendet, ist Bewegung nicht erlaubt.

## Beispiele für Montagekombinationen

## Die Hauptleitung

Hauptleitung mit Stahlmediumrohr	Abzweigung	
		
		
		 *)
		 **)
		 ***)

\*) Den Abzweig mit einem 40 mm dicken und 1 m langen Dehnungspolster montieren.

\*\*) Den Abzweig mit einem 80 mm dicken und 1 m langen Dehnungspolster montieren.

\*\*\*) Bei Bewegungen in der Hauptleitung > 56 mm dürfen Abzweige mit FlextraPipe nicht ausgeführt werden.

## Verweise

Produktkatalog

Das FlexPipe-System  
Abschlüsse mit FlexPipe

Handhabung &amp; Montage

Das FlexPipe-System

Projektierung

Abzweige

**Einleitung**

PexFlextra ist ein komplettes flexibles Rohrsystem.

PexFlextra hat ein gewelltes Mantelrohr.

Der große Dimensionsbereich macht FlextraPipes für Abzweigungen sowie kleinere Verteilungsleitungen geeignet.

---

**Inhalt**

Projektierungsrichtlinien

Beispiele für Montagekombinationen

---

### Allgemein

PexFlextra ist durch:

- Betriebstemperatur: 80°C für 29 Jahre
- Maximale Betriebstemperatur: 90°C für 7760 Stunden  
95°C für 1000 Stunden
- Störung: 100°C i 100 timer
- Maximaler Betriebsdruck: 6 bar
- Verbinden des Mediumrohres mit Presskupplungen
- Eine hohe Flexibilität beim Biegen des Rohres in den gewünschten Winkel.

gekennzeichnet.

### Biegeradius

Bei Richtungsänderungen kann FlextraPipe vor Ort mit einem Biegewerkzeug zum Mindestbiegeradius R gebogen werden.

Die Flexibilität vom FlextraPipe hängt von der Temperatur des Rohres ab.

Bei Temperaturen unter 10°C ist das Mantelrohr vor dem Ausrollen oder Biegen mit einem Gasbrenner auf handwarm zu erwärmen.

Bei Verlegung kann Sicherung der Position der Rohre z.B. durch teilweises Einsanden erforderlich sein.

Mantelrohr ä. ø mm	Min. Biegeradius, R m
90	0,7
110	0,9
125	1,0
140	1,1
160	1,6
180	1,8

### Dehnung

FlextraPipe ist ein flexibles Rohrsystem, das keine Sondermaßnahmen bei Erdverlegung fordern.

Es ist selbstkompensierend, und wegen der Eigenschaften des PEX-Mediumrohres ist es nicht notwendig die Dehnung in erdverlegten Systemen zu berücksichtigen.

Beim Anschluss von FlextraPipe an ein vorgedämmtes Stahlrohr ist zu sichern, dass zu große Bewegungen nicht vom Stahlrohr in das FlextraPipe-System übertragen werden.



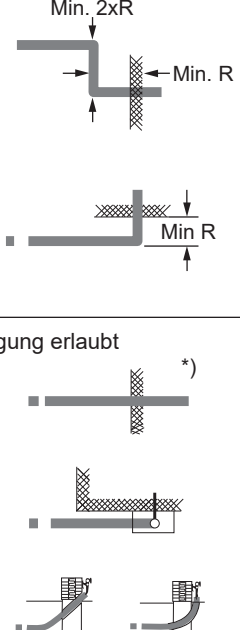


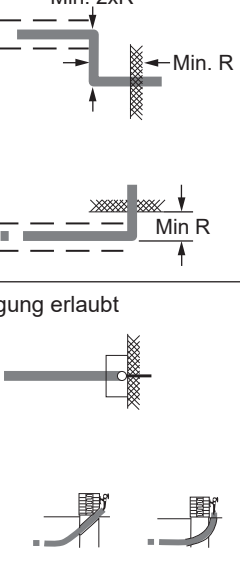
Das wird dadurch gesichert, dass der Übergang vom Stahl zu FlextraPipe an einem Abzweig oder nach einem Bogen erfolgt. Erfolgt der Übergang direkt im Anschluss an eine Stahlrohrleitung, darf die Länge der Stahlrohrleitung nicht 14 m übersteigen.

Beim Abzweigen mit FlextraPipe von einer Stahlrohrleitung ist zu sichern, dass Bewegungen in der Hauptleitung nicht in die Abzweingleitung übertragen werden. Nähere Einzelheiten hierüber, siehe Abbildung auf die nächste Seite.



Beispiele für Montagekombinationen














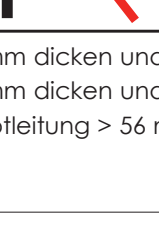
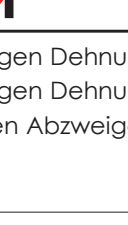
Längen der  
Abzwegleitung  
und Einführung  
in Gebäuden

Abzweigpunkt	Abzwegleitung	Einführung in Gebäude
		<p>Bewegung nicht erlaubt</p> 
		<p>Bewegung nicht erlaubt</p> 

\*) Wird Beschlag unmittelbar innerhalb der Wand verwendet, ist Bewegung nicht erlaubt.

## Beispiele für Montagekombinationen

## Die Hauptleitung

Hauptleitung mit Stahlmediumrohr	Abzweigung	
		
		
		 *)
		 **)
		 ***)

\*) Den Abzweig mit einem 40 mm dicken und 1 m langen Dehnungspolster montieren.

\*\*) Den Abzweig mit einem 80 mm dicken und 1 m langen Dehnungspolster montieren.

\*\*\*) Bei Bewegungen in der Hauptleitung > 56 mm dürfen Abzweige mit FlextraPipe nicht ausgeführt werden.

## Verweise

Produktkatalog

Das FlexPipe-System  
Abschlüsse mit FlexPipe

Handhabung &amp; Montage

Das FlexPipe-System

Projektierung

Abzweige

# 14.1.1

## AluFlextra

### Übersicht

---

#### Einleitung

AluFlextra ist ein komplettes flexibles Rohrsystem.

AluFlextra hat ein gewelltes Mantelrohr.

FlextraPipes sind für Abzweigungen sowie kleinere Verteilungsleitungen geeignet.

---

#### Inhalt

Projektierungsrichtlinien

Beispiele für Montagekombinationen

---

### Allgemein

AluFlextra ist durch:

- Betriebstemperatur: 80°C für 29 Jahre
- Maximale Betriebstemperatur: 90°C für 7760 Stunden  
95°C für 1000 Stunden
- Störung: 100°C i 100 timer
- Maximaler Betriebsdruck: 10 bar
- Verbinden des Mediumrohres mit Presskupplungen
- Eine hohe Flexibilität beim Biegen des Rohres in den gewünschten Winkel.

gekennzeichnet.

### Biegeradius

Bei Richtungsänderungen kann FlextraPipe vor Ort mit einem Biegewerkzeug zum Mindestbiegeradius R gebogen werden.

Die Flexibilität von FlextraPipe hängt von der Temperatur des Rohres ab.

Bei Temperaturen unter 10°C ist das Mantelrohr vor dem Ausrollen oder Biegen mit einem Gasbrenner auf handwarm zu erwärmen.

Bei Verlegung kann Sicherung der Position der Rohre z.B. durch teilweises Einsanden erforderlich sein.

Mantelrohr ä. ø mm	Min. Biegeradius, R m
90	0,7
110	0,9
125	1,0
140	1,4

### Dehnung

AluFlextra ist ein flexibles Rohrsystem, das keine Sondermaßnahmen bei Erdverlegung fordern.

Es ist selbstkompensierend, und wegen der Eigenschaften des Mediumrohres ist es nicht notwendig die Dehnung in erdverlegten Systemen zu berücksichtigen.

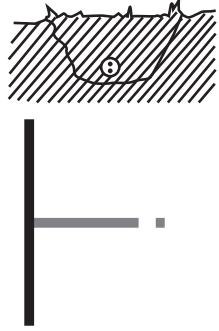

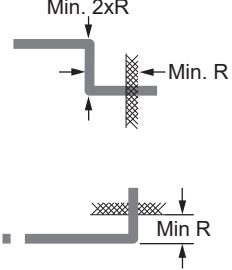
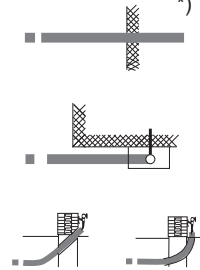

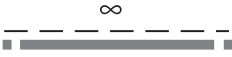
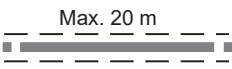
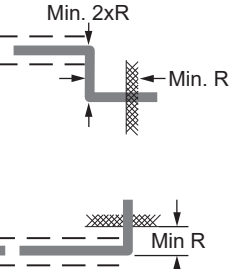
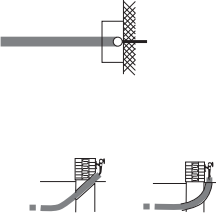
Beim Anschluss von FlextraPipe an ein vorgedämmtes Stahlrohr ist zu sichern, dass zu große Bewegungen nicht vom Stahlrohr in das FlextraPipe-System übertragen werden.

Das wird dadurch gesichert, dass der Übergang vom Stahl zu FlextraPipe an einem Abzweig oder nach einem Bogen erfolgt. Erfolgt der Übergang direkt im Anschluss an eine Stahlrohrleitung, darf die Länge der Stahlrohrleitung vom nächsten Dehnungsbogen nicht 2 m übersteigen.

Beim Abzweigen mit FlextraPipe von einer Stahlrohrleitung ist zu sichern, dass Bewegungen in der Hauptleitung nicht in die Abzweingleitung übertragen werden. Nähere Einzelheiten hierüber, siehe Abbildung auf die nächste Seite.

Beispiele für Montagekombinationen



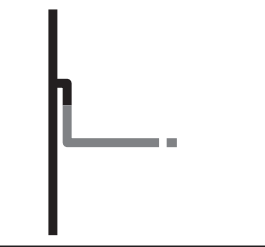
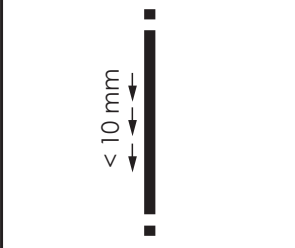

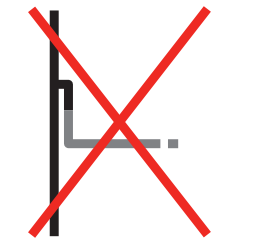
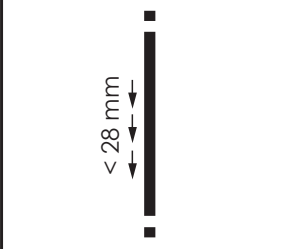
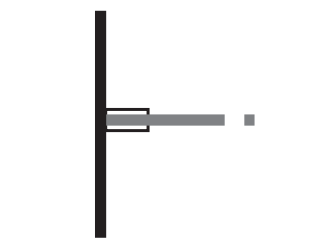
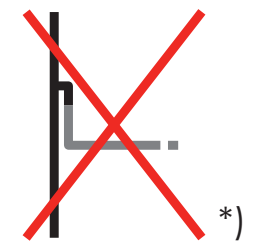
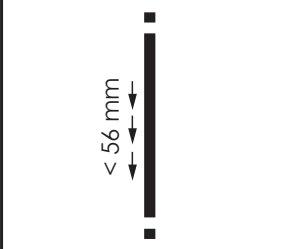

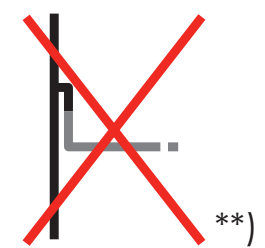
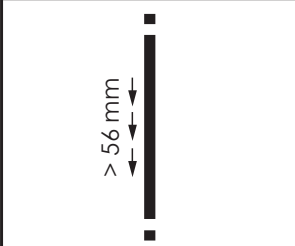
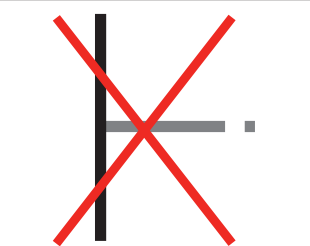
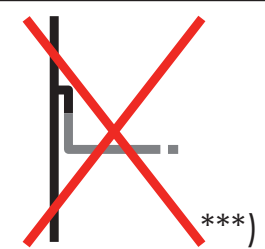
Längen der  
Abzwegleitung  
und Einführung  
in Gebäuden

Abzweigpunkt	Abzwegleitung	Einführung in Gebäude
		<p>Bewegung nicht erlaubt</p>  <p>Bewegung erlaubt</p> 
	 	<p>Bewegung nicht erlaubt</p>  <p>Bewegung erlaubt</p> 

\*) Wird Beschlag unmittelbar innerhalb der Wand verwendet, ist Bewegung nicht erlaubt.

## Beispiele für Montagekombinationen

## Die Hauptleitung

Hauptleitung mit Stahlmediumrohr	Abzwegleitung	
		
		
		 *)
		 **)
		 ***)

\*) Den Abzweig mit einem 40 mm dicken und 1 m langen Dehnungspolster montieren.

\*\*) Den Abzweig mit einem 80 mm dicken und 1 m langen Dehnungspolster montieren.

\*\*\*) Bei Bewegungen in der Hauptleitung > 56 mm dürfen Abzweige mit FlextraPipe nicht ausgeführt werden.

## Verweise

Produktkatalog

Das FlexPipe-System  
Abschlüsse mit FlexPipe

Handhabung &amp; Montage

Das FlexPipe-System

Projektierung

Abzweige

**Einleitung**

CuFlex ist ein komplettes flexibles Rohrsystem für Verteilungsleitungen und kleine Abzweigungen.

---

**Inhalt**

Projektierungsrichtlinien  
Beispiele für Montagekombinationen

---

## Projektierungsrichtlinien

### Allgemein

CuFlex ist durch:

- Kontinuierlichen Betrieb mit warmem Wasser bis zu 120°C und in unterschiedlichen Zeitabständen mit einer Spitzenlasttemperatur von 140°C. Die Summe dieser Zeitabständen dürfen nicht 300 Stunden pro Jahr übersteigen.
- Einen Betriebsdruck von max. 16 bar
- Verbinden des Mediumrohres mit Presskupplungen oder Löt muffen
- Eine hohe Flexibilität beim Biegen des Rohres in den gewünschten Winkel gekennzeichnet.

### Biegeradius

Bei Richtungsänderungen kann CuFlex vor Ort zum Mindestbiegeradius R gebogen werden.

Die Flexibilität von CuFlex hängt von der Temperatur des Rohres ab.

Bei Temperaturen unter 10°C ist das Mantelrohr vor dem Ausrollen oder Biegen mit einem Gasbrenner auf handwarm zu erwärmen.

Bei Verlegung kann Sicherung der Position der Rohre z.B. durch teilweises Einsanden erforderlich sein.

Mantelrohr ä. ø mm	Min. Biegeradius, R m
77	0.8
90	0.9
110	1.1

### Dehnung

CuFlex ist ein flexibles Rohrsystem, das keine Sondermaßnahmen bei Erdverlegung fordern.

Es ist selbstkompensierend, und wegen der Eigenschaften des Mediumrohres ist es nicht notwendig die Dehnung in erdverlegten Systemen zu berücksichtigen.

Beim Anschluss von CuFlex an ein vorgedämmtes Stahlrohr ist zu sichern, dass zu große Bewegungen nicht vom Stahlrohr in das CuFlex-Rohrsystem übertragen werden.



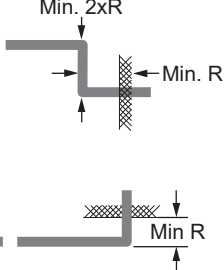
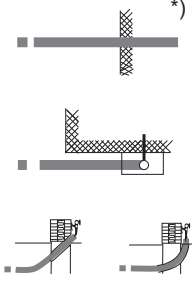


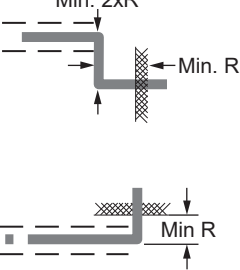
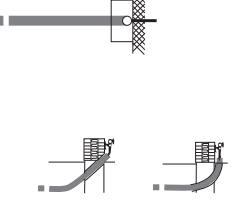
Das wird dadurch gesichert, dass der Übergang vom Stahl zu CuFlex an einem Abzweig oder nach einem Bogen erfolgt. Erfolgt der Übergang direkt im Anschluss an eine Stahlrohrleitung, darf die Länge der Stahlrohrleitung vom nächsten Dehnungsbogen nicht 2 m übersteigen.

Beim Abzweigen mit CuFlex von einer Stahlrohrleitung ist zu sichern, dass Bewegungen in der Hauptleitung nicht in die Abzweigung übertragen werden.



Beispiele für Montagekombinationen



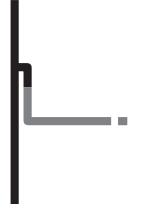












Längen der Abzwegleitung und Einführung in Gebäuden

Abzweigpunkt	Abzwegleitung	Einführung in Gebäude
		<p>Bewegung nicht erlaubt</p>  <p>Bewegung erlaubt</p> 
		<p>Bewegung nicht erlaubt</p>  <p>Bewegung erlaubt</p> 

\*) Wird Beschlag unmittelbar innerhalb der Wand verwendet, ist Bewegung nicht erlaubt.

## Beispiele für Montagekombinationen

Bewegungen in  
der Hauptleitung

Hauptleitung mit Stahlmediumrohr	Abzweigleitung	
		
		
		 *)
		 **)
		 ***)

- \*) Den Abzweig mit einem 40 mm dicken und 1 m langen Dehnungspolster montieren.  
 \*\*) Den Abzweig mit einem 80 mm dicken und 1 m langen Dehnungspolster montieren.  
 \*\*\*) Bei Bewegungen in der Hauptleitung > 56 mm dürfen Abzweige mit CuFlex nicht ausgeführt werden.

## Verweise

Produktkatalog	Das FlexPipe-System Abschlüsse mit FlexPipes
Handhabung & Montage	Das FlexPipe-System
Projektierung	Abzweige

**Einleitung**

SteelFlex ist ein komplettes flexibles Rohrsystem, das primär für Abzweigungen verwendet wird.

SteelFlex ist in kleinen Dimensionen erhältlich, was eine hohe Flexibilität während der Montage gewährleistet.

---

**Inhalt**

Projektierungsrichtlinien  
Beispiele für Montagekombinationen

---

**Allgemein**

SteelFlex ist durch:

- Kontinuierlichen Betrieb mit warmem Wasser bis zu 120°C und in unterschiedlichen Zeitabständen mit einer Spitzenlasttemperatur von 140°C. Die Summe dieser Zeitabständen dürfen nicht 300 Stunden pro Jahr übersteigen.
- Einen hohen Druck, max 25 bar
- Schweißen des Mediumrohres sowie bei anderen Stahlmediumrohren
- Hohe Formstabilität des Stahlmediumrohres beim Biegen des Rohres in die gewünschte Kurve gekennzeichnet.

**Biegeradius**

Bei Richtungsänderungen kann SteelFlex vor Ort mit einem Biegewerkzeug zum Mindestbiegeradius R gebogen werden.

Die Flexibilität von SteelFlex hängt von der Temperatur des Rohres ab.

Bei Temperaturen unter 10°C ist das Mantelrohr vor dem Ausrollen oder Biegen mit einem Gasbrenner auf handwarm zu erwärmen.

Bei Verlegung kann Sicherung der Position der Rohre z.B. durch teilweises Einsanden erforderlich sein.

Mantelrohr ä. ø mm	Min. Biegeradius, R m
90	0,9

**Dehnung**

Wenn das Mediumrohr im SteelFlex sich mit der Temperatur ausdehnt, bilden sich Spannungen im Stahlrohr.

An geraden Strecken kann SteelFlex unabhängig von seiner Länge kalt verlegt werden ohne überlastet zu werden. Es kann jedoch notwendig sein, die Spannungen im Abzweigpunkt und die Axialbewegungen beim Einführung in Gebäuden zu reduzieren.

Die Spannungen lassen sich durch Aufnahme in Krümmungen und Bogen, die während der Verlegung des flexiblen Rohres etabliert werden, reduzieren.

**45° senkrechter Abzweig**

Bei Anschluss von SteelFlex an einen 45° Abzweig kann die Länge vom SteelFlex höchsten  $L_{max}$  sein. Ist SteelFlex länger, ist ein Z-Bogen mit einem Abstand zwischen den Bogen von  $2 \times R$  zu etablieren, siehe Abbildung im Abschnitt "SteelFlex: Beispiele für Montagekombinationen".

Mantelrohr ä. ø mm	$L_{max}$ m
90	25

**90° Parallelabzweig**

Bei Anschluss von SteelFlex an einen Parallelabzweig muss der parallele Teil des Abzweiges mindestens  $2 \times R$  lang sein. Danach gibt es keine Begrenzung für die Länge von, siehe Abbildung im Abschnitt "SteelFlex: Beispiele für Montagekombinationen".

---

**Dehnung,  
fortgesetzt**

Beim Abzweigen mit SteelFlex von einer Stahlrohrleitung ist zu sichern, dass die Bewegungen in der Hauptleitung nicht an die Abzweigleitung übertragen wird. Abzweigen mit SteelFlex bei Bewegung in die Hauptleitung von >56 mm ist folglich untersagt. Näheres, siehe Abbildung auf umstehender Seite

---

Beispiele für Montagekombinationen

Längen der Abzwegleitung und Einführung in Gebäuden

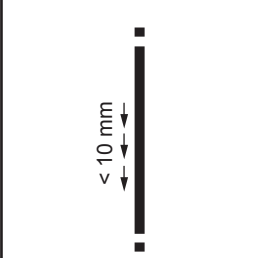

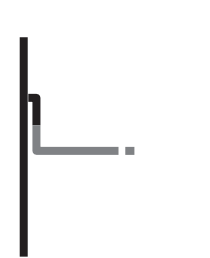
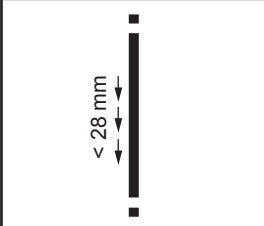
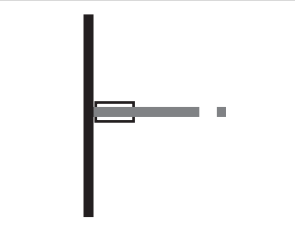
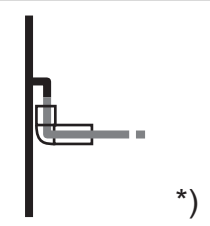
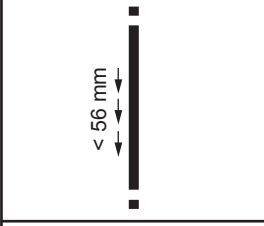
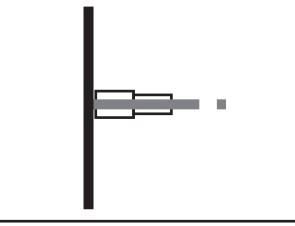
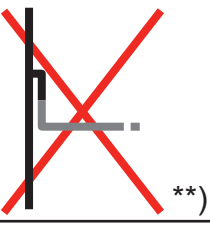
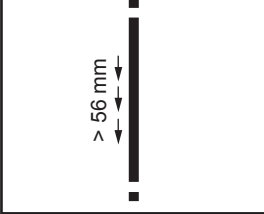
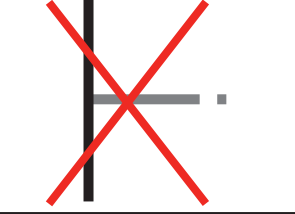
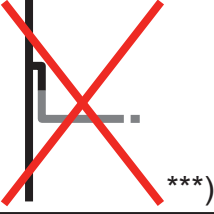
Abzweigpunkt	Abzwegleitung	Einführung in Gebäude	
		Bewegung nicht erlaubt	Bewegung erlaubt
			<p><math>\Delta L = \max 25 \text{ mm}^*)</math></p>
			<p><math>\Delta L = \max 25 \text{ mm}^*)</math></p>
			<p><math>\Delta L = \max 25 \text{ mm}^*)^{**})</math></p>

\*) Wird Beschlag unmittelbar innerhalb der Wand verwendet, ist Bewegung nicht erlaubt.

\*\*\*) Auf zusätzliche Bewegung bei Bohrverfahren achten.

## Beispiele für Montagekombinationen

## Bewegungen in der Hauptleitung

Hauptleitung mit Stahlmediumrohr	Abzweigung	
		
		 *)
		 **)
		 ***)

\*) Den Abzweig mit einem 40 mm dicken und 1 m langen Dehnungskissen montieren.

\*\*) Den Abzweig auf den ersten Meter mit einem 80 mm dicken und 1 m langen Dehnungskissen montieren und auf den zweiten Meter mit einem 40 mm dicken und 1 m langen Dehnungskissen montieren.

\*\*\*) Bei Bewegungen in der Hauptleitung > 56 mm dürfen Abzweige mit SteelFlex nicht ausgeführt werden.

## Verweise

Produktkatalog	Das FlexPipe-System Abschlüsse mit FlexPipe
Handhabung & Montage	Das FlexPipe-System
Projektierung	Abzweige





---

**Einleitung**

Dieser Abschnitt beschreibt das Know-how von LOGSTOR über Berechnung der Dämmwerte und des Wärmeverlustes von vorgedämmten Rohrsystemen.

Hier werden die Möglichkeiten des online Berechnungsprogramms "LOGSTOR Calculator" zur Berechnung folgender Werte beschrieben:

- Wärmeverlust im Verhältnis zum Altern des PUR-Schaumes
- Wirtschaftlichkeit
- Emission (CO<sub>2</sub>-Ausstoß)

Diese Berechnungen können wie folgt ausgeführt werden:

- Als Standardberechnungen nach EN 13941
- Als erweiterte Berechnungen, die den Einfluss der Temperatur auf die Lambda (λ)-Werte mit einbeziehen.

Im Zusatz zur Angabe der Berechnungsergebnisse kann das Programm die Ergebnisse und Unterschiede zwischen den verschiedenen Rohrsystemen als Graphen anzeigen. Das erweiterte Modell kann auch graphische Bilder der Isothermen in den und um die Rohre zeigen.

Die Werte des Wärmeverlustes kann auch in die Analyse der Lebenszykluskosten mit einbezogen werden.

LOGSTORs Total Cost of Ownership (TCO) Tool kann als Richtschnur für die Wahl des optimalsten, vorgedämmten Rohrsystems dienen. Die Berechnung umfasst Investitionskosten für vorgedämmte Materialien, Tiefbauarbeiten, Montage sowie Betriebskosten für Wärmeverlust und CO<sub>2</sub>-Steuer.

Die Berechnung berücksichtigt somit die Kosten von CAPEX; Rohrmaterialien, Tiefbauarbeiten und Rohrmontage sowie von OPEX; Energieverlust, Investition und CO<sub>2</sub>-Steuer. Für die Berechnung des Energieverlustes werden Dämmwerte und Wärmeverlust in den vorgedämmten Rohren angewandt.

---

**Inhalt**

Allgemein  
Berechnungen

---

## Wärmeverlust- berechnung

Zur Berechnung des Wärmeverlustes von verschiedenen Rohrsystemen hat LOGSTOR das online Berechnungsprogramm "LOGSTOR Calculator" entwickelt.

Dieses Programm ermöglicht die Berechnung des Wärmeverlustes von allen Rohrprodukten des Standardproduktprogramms von LOGSTOR für Fernwärme.

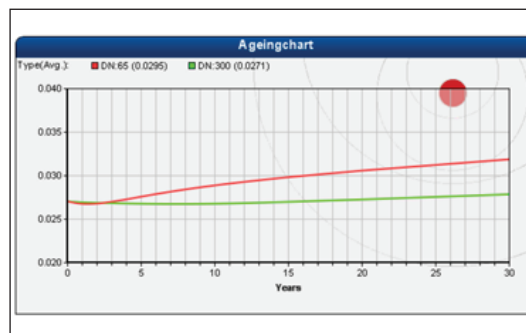
Mit diesem Programm ist es auch möglich, Parameter, die den Wärmeverlust beeinflussen, zu justieren, um das genaueste Ergebnis zu erzielen.

Jede Kombination von Rohrtypen und Dimensionen hat ihren eigenen Alterungsverlauf abhängig von der Dicke der Dämmung und des Mantelrohres, und davon, ob das Rohr traditionell oder kontinuierlich (Konti) und ob es mit oder ohne Diffusionssperre produziert ist.

Unter Berücksichtigung dieser Parameter kann LOGSTOR Calculator die Alterungskurve eines spezifischen Rohres angeben.

LOGSTOR Calculator enthält zwei Berechnungsmethoden:

- Standard nach EN 13941
- Erweitert



## Standard- berechnung nach EN 13941

Zur Berechnung des Wärmeverlustes nach EN 13941 wird die Formelgrundlage und Prinzipien in der Norm angewandt.

In den Wärmeverlustberechnungen wird ein Koeffizient der Wärmeleitfähigkeit,  $\lambda_{50}$ , für den PUR-Schaum angewandt. Das ist der standardisierte Test- $\lambda$ -Wert bei einer Temperatur von 50°C im Schaum.

Darüber hinaus wird die Änderung im  $\lambda$ -Wert des PUR-Schaums über Zeit berechnet.

So der Wärmeverlust aller Rohrtypen in der LOGSTOR Produktpalette - standard hergestellte Rohre ohne Diffusionssperre sowie kontinuierlich hergestellte Rohre mit Diffusionssperre - lässt sich berechnen.

Was die Produktionsverfahren betrifft, siehe den Abschnitt "Das KMR-System: Materialspezifikation" im Produktkatalog.

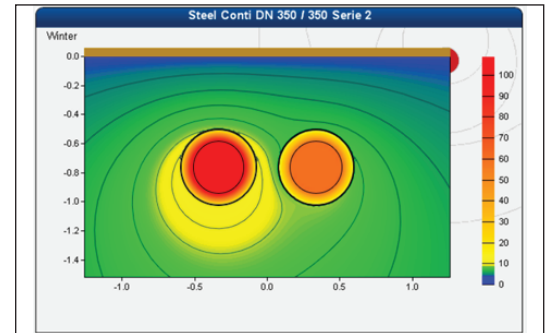
Abhängig vom Rohrsystem wird der Wärmeverlust mit und ohne Alterung über den gewählten Zeitraum mit entsprechenden Werten der Wirtschaftlichkeit und Emission berechnet.

## Erweiterte Berechnung

Bei der erweiterten Berechnungsmethode wird außer der Alterung des PUR-Schaumes infolge Diffusion auch der Einfluss der Temperatur auf den  $\lambda$ -Wert berücksichtigt. Diese Variablen sind in der erweiterten Berechnungsmethode mit einbezogen, was zu einer präziser Wärmeverlustberechnung führt.

Die Methode basiert auf die Formeln und Prinzipien in Petter Wallenténs Bericht "Steady-state heat loss from insulated pipes".

Diese Methode gibt auch ein graphisches Bild (Isotherme) vom Einfluss der Temperatur auf den umgebenden Boden und die Rohre und gibt die Oberflächentemperatur des Mantelrohres an.

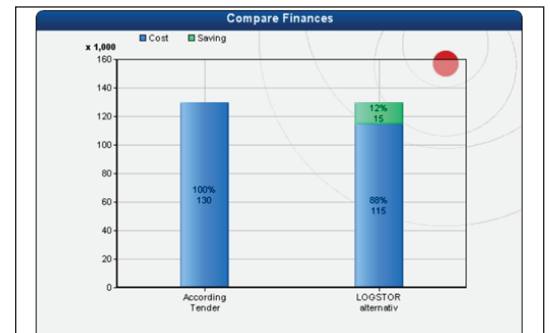


## Wirtschaftlich- keitsberechnung

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung, die auf den Kalkulationszins und die Energiepreise basiert, kann mit LOGSTOR Calculator ausgeführt werden. Das Ergebnis ist der Gegenwartswert des Wärmeverlustes, basiert auf den gewählten Zeitraum. Diese Funktion erleichtert die Beurteilung davon, welcher Rohrtyp am profitabelsten ist.

Die Zeitspanne für die Wirtschaftlichkeitsberechnung kann zu 1-30 Jahren gesetzt werden.

Um eine Wirtschaftlichkeitsberechnung auszuführen, ist ein Energiepreis je kWh und zur Berücksichtigung der Kosten ein Zinssatz anzugeben. Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist für eine direkte Beurteilung der gesamten Lebenszykluskosten maßgeschneidert.

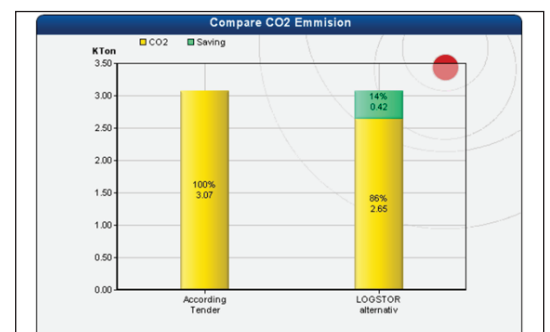


## Emission

Das Programm kann auch die ungefähre Größe der Emission, die von der Erzeugung der Energie für den Wärmeverlust aus der Rohrleitung stammt, angeben.

Das Ergebnis kann für ein Jahr oder als Summe einer gewählten Zeitspanne gezeigt werden.

Das Ergebnis gründet auf den gewählten Brennstofftyp und die Effizienz der Wärmeerzeugungsanlage.

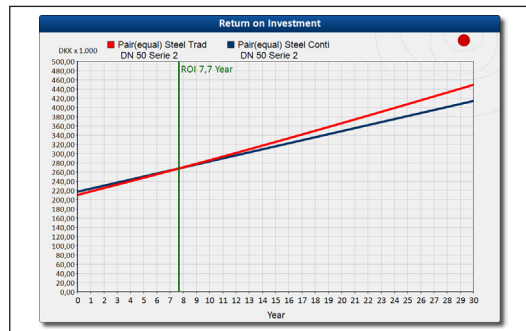


## Wärmeverlust Berechnungen

### Rendite (ROI)

Beim Vergleich von 2 Projekten ist es möglich aufgrund des unterschiedlichen Energieverlustes die einfache Amortisationsdauer zu berechnen.

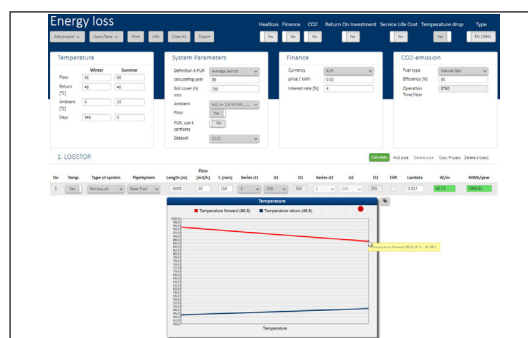
Die Berechnung setzt voraus, dass der Energiepreis in kWh und der Kostenunterschied zwischen den 2 Projekten bekannt sind. Zu den Kosten gehören Material- und Montagekosten. Sind die jährlichen Betriebskosten auch unterschiedlich, können sie eingegeben werden. Danach wird die einfache Amortisationsdauer berechnet, d.h. wieviele Jahre es dauert, bis die 2 Systeme balanzieren.



### Temperaturabfall

Es ist möglich für eine gegebene Rohrleitung mit einer gegebenen Strömung - entweder in  $m^3/h$  oder als Leistung in kW - den Temperaturabfall zu berechnen.

Die Berechnungen basieren auf die Strömung, die Temperatur der Umgebung und den  $\lambda$ -Wert des Erdbodens.



### Lebenszyklus- kosten

Zur Beurteilung davon, welcher Rohrtyp die wirtschaftlichste Investition darstellt, ist eine Lebenszyklusanalyse auszuführen.

Die Lebensdauer von Fernwärmesystemen wird typisch zu 30 Jahren gesetzt, obwohl sie leicht viel länger im Betrieb sein können.

Die Berechnung der Lebenszykluskosten umfasst folgende Parameter:

Investitionen:

- Rohmaterialien
- Rohrarbeit
- Tiefbauarbeit
- Aufsicht (Projektierung und Qualität)

Betriebskosten:

- Strom für Pumpen
- Wärmeverlust von der Rohrleitung

Wartung:

- Reparaturen
- Management

Der Wert des Wärmeverlustes während der Lebensdauer kann mit den gewünschten Voraussetzungen direkt in LOGSTOR Calculator berechnet und in die Beurteilungsgrundlage für die Wahl vom Rohrsystem und der Rentabilität des Projektes mit einbezogen werden.

### Verweise

Das Calculator-Programmet <http://calc.logstor.com>

Produktkatalog

TCO Tool

Das KMR-System: Materialspezifikation.

<https://www.logstor.com/dk/service-support/e-vaerk-toejer/logstor-tco-tool>

## Rohrdimensionierung Übersicht

---

### Einleitung

Berechnung von Rohrdimensionen lässt sich mit dem LOGSTOR Online-Berechnungsprogramm, Calculator, ausführen.

Anhand dieses Programmes können Rohrleitungen, die Teil eines der Rohrsysteme, die zum LOGSTOR Standardproduktprogramm für Fernwärme gehören, dimensioniert werden.

Das Programm eignet sich besonders zur Dimensionierung von einigen wenigen Rohrsektionen oder Abzweigleitungen.

Der Druckverlust in einer gegebenen Rohrleitung lässt sich auch berechnen.

In einem Rohrsystem mit vielen Abzweigen sind die kritische Strecke und der Differenzdruck unter Berücksichtigung von Parametern wie Höhenunterschiede, Einzelwiderstände usw. zu berechnen.

Das Programm umfasst nicht diese Parameter, und es wird folglich empfohlen, das Programm nur als ergänzendes Werkzeug zur Rohrdimensionierung anzuwenden.

Die Dimensionierung und Druckverlustberechnung basieren auf der Formelgrundlage und den Prinzipien von Colebrook & White.

---

### Inhalt

Allgemein

---

## Rohrdimensionierung Allgemein

**Grundparameter** Zur Ermittlung der richtigen Rohrdimension ist die Kenntnis folgender Parameter erforderlich:

- Menge der von der Rohrleitung zu liefernden Energie
- Der tatsächliche Temperaturunterschied
- Der zulässige Druckverlust

Normalerweise ist die Kühlung vom Vor- zum Rücklaufrohr im Voraus festgelegt.

Die Forderungen zur Kühlung und Energieversorgung bestimmen die Wasserströmung in kg/sek.

Die erforderliche Energieversorgung eines Haushaltes wird unter Berücksichtigung folgender Parameter festgelegt: Raumheizung, Brauchwassererwärmung und ob Wärmeaustauscher oder Heißwasserbehälter installiert sind oder nicht.

Die Energieversorgung einer Verteilerleitung wird durch Addition des Verbrauches der Einzelhaushalte, multipliziert mit einer Gleichzeitigkeitsfaktor festgelegt.

Hinzukommt der Wärmeverlust an die Umgebungen:

$$P = \Sigma (q \cdot S) + \phi$$

P = Gesamte Energieversorgung, W

q = Energieversorgung je Haushalt, W

S = Gleichzeitigkeitsfaktor i %

$\phi$  = Wärmeverlust des Rohres, W

### Gleichzeitigkeitsfaktoren

Folgende Gleichzeitigkeitsfaktoren werden normalerweise zur Bestimmung des Energiebedarfes eines Einfamilienhauses verwendet, aber örtliche Erfahrungen oder Regeln können/müssen auch berücksichtigt werden:

Heizung:

$$s = 0.62 + \frac{0.38}{n}$$

Warmes Brauchwasser:

$$s_{\Delta} = \frac{1.0 \cdot n^{-0.5} \cdot (51 - n)}{50}$$

n = Anzahl von Häusern

Bei > 50 Häusern ist der Faktor  $s_{\Delta}$  für warmes Brauchwasser = 0

### Druckverlust

Der Druckverlust in geraden Rohrstrecken werden nach folgender Formel berechnet:  $\Delta P = \frac{1}{2} \cdot P \cdot c^2 \cdot \zeta$

Dabei ist:

P = Dichte des Wassers

C = Durchschnittsgeschwindigkeit des Wassers über den Querschnitt [m/s]

$\zeta$  = Druckverlustkoeffizient für gerade Rohre

Bei der Berechnung der Druckverlustkoeffizient werden abhängig vom Mediumrohrmaterial folgende Rauheiten verwendet

Mediumrohrmaterial	Rauheit, k mm
Stahl	0,1
PEX	0,01
Mehrschichtig (Alu)	0,01
Cu	0,01
PE-RT	0,01

## Rohrdimensionierung

### Allgemein

---

**Grenzwerte**

LOGSTOR empfiehlt folgende Höchstgeschwindigkeiten zur Vermeidung von:

- Eventuellem Lärm
- Erosionsgefahr in Transportleitungen.

Rohrtyp	Höchstgeschwindigkeit m/s
Transportleitung	3,5
Hauptrohr	2,5
Abzweigrohr	1,0

Die Mindestgeschwindigkeit wird unter Berücksichtigung der Vorlauftemperatur des am entferntesten liegenden Verbrauchers und des Differenzdruckes in der Rohrleitung festgelegt.

---

**Verweise**

Berechnungsprogramm, Calculator

<http://calc.logstor.com>

---

# Contact details

---

## Denmark

LOGSTOR Denmark Holding ApS  
Danmarksvej 11 | DK-9670 Løgstør

T: +45 99 66 10 00

E: [logstor@kingspan.com](mailto:logstor@kingspan.com)



For the product offering in other markets please contact your local sales representative or visit [www.logstor.com](http://www.logstor.com)

Care has been taken to ensure that the contents of this publication are accurate, but Kingspan Limited and its subsidiary companies do not accept responsibility for errors or for information that is found to be misleading. Suggestions for, or description of, the end use or application of products or methods of working are for information only and Kingspan Limited and its subsidiaries accept no liability in respect thereof.

To ensure you are viewing the most recent and accurate product information, please scan the QR code directly above.

