



KELIT®

Fernwärme-Rohrsystem PN25 140°C

Verbundrohrsystem 3.01.0

Verlegemethoden 3.02.0

Verlegeregeln im Überblick 3.03.0,1

Symbole 3.04.0

Sinnbilder 3.05.0

Theorie - Wärmeverlustberechnung 3.06.0

Theorie - Optimale Dämmdicke 3.07.0,1

Theorie - Leitungsdimensionierung 3.08.0,1

Wärmeverlust 3.09.0,1

Rohrdimensionierung, Druckverlust 3.10.0

Elastische Biegeradien 3.11.0

Bogenrohre - Mobile Fertigung vor Ort 3.12.0,1

Bogenrohre - Maßtabelle 3.13.0

Rohrgraben, Thermosand 3.14.0

Freie Dehnung - Montagelängen 3.15.0

Montagelängen - Serie 1, 2, 3 3.16.0,1,2

Verlegungsmethode 1 - ohne Vorwärmung 3.17.0,1

Verlegungsmethode 2 - wärmevorgespannt 3.18.0,1

Verlegungsmethode 3 - wärmevorg. m. Einmalkomp. 3.19.0

Dehnungsaufnahme - Dehnpolster 3.20.0

Dehnungsaufnahme - L,U,Z-Bogen 3.21.0,1,2

Festpunkt 3.22.0

FERROFLEX® - Hausanschlussrohr 3.23.0

Information 1

Allgemein 2

Projektierung 3

Komponenten 4

Montage 5

Leckwarnsysteme 6



KE KELIT®

Kompetenz durch innovative Rohrsysteme

Verbundrohrsystem

3.01.0

Im Verbundsystem bilden Mediumrohr, Polyurethanschaum und Mantelrohr eine Einheit.

Durch die Vorbehandlung der Außenfläche des Mediumrohres sowie der Innenfläche des Mantelrohres haftet der Schaum an den Rohren und kann so zur Übertragung der Kräfte genutzt werden.

Im Verbundsystem bewegen sich die Rohre als Einheit. Die Bewegung wird durch die Reibung zwischen Erdreich und Mantelrohr begrenzt.

Die Verlegungsmethode bestimmt die Arbeitsweise des Systems.

Im Betrieb können Temperaturschwankungen Bewegungen hervorrufen. Diese werden von außen liegenden Dehnpolstern oder in eingebauten Kompensatoren aufgenommen.

In wärmevorgespannten Systemen führen Temperaturschwankungen während des Betriebes zu Spannungsschwankungen in den Rohren.

KE KELIT stellt folgende Fernwärme Rohrsysteme her:

- **Verbundsystem mit Mediumrohr aus Stahl nach EN 253 PN 25; Tmax = 130° C**
- **FERRO FLEX**
- **Sonderrohrtypen**

Ein umfangreiches Programm an Rohren, Komponenten und Verbindungen gewährleistet die Lösung aller Aufgaben.

Die Dehnung wird in Kompensationselementen und Bögen aufgenommen.

Beim Einsatz von Bögen zur Dehnungsaufnahme werden Dehnpolster verwendet.

Temperaturschwankungen können auch als Spannungen vom System aufgenommen werden.

Das Verbundsystem ist ab Seite **3.02.0** beschrieben. Dieser Abschnitt enthält Anweisungen und Hilfsmittel zur Projektierung von KMR-Systemen, teils zur

Auswahl der verschiedenen Verlegungsmethoden 3.02.0 und **Berechnung des Wärmeverlustes 3.09.0** und zur **hydraulischen Dimensionierung 3.10.0**.

Materialeigenschaften der Stahlrohre

Mechanische Eigenschaften:

Dichte		7850	kg/m ³
Zugfestigkeit	>	350	N/mm ²
Fließspannung	>	235	N/mm ²
E-Modul		2,1 · 10 ⁵	N/mm ²

Thermische Eigenschaften:

Ausdehnungskoeff.		1,2 · 10 ⁵	K ⁻¹
Spez. Wärme		0,48	KJ/kg K
Wärmeleitzahl, λ_{stahl}		76	W/m K

Wasserqualität

Um Innenkorrosionen zu vermeiden, nur behandeltes Wasser verwenden. Die Wasserbehandlung richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen, sollte jedoch folgenden Mindestanforderungen genügen:

PH 9,5 - 10
Ohne freien Sauerstoff
Gesamthärte $\leq$ 3000 mg/l

Verlegemethoden

3.02.0

Die verschiedenen Verlegesysteme entsprechen exakt jeder in der Praxis gestellten Aufgabe.

Je nach Anwendungsfall muss daher zwischen verschiedenen Verlegesystemen gewählt werden.

Auch innerhalb eines Planungsabschnittes oder einer Bauphase können gleichzeitig mehrere Verlegesysteme hintereinander eingeplant werden.

Allen planerischen Maßnahmen vorangestellt sollte immer die Überlegung sein, dass es sich beim Kunststoffverbund-Mantel-Rohr um ein Industriegut handelt, welches für mindestens 30 Jahre ohne Wartung und Service funktionsfähig bleiben muss. Die Belastungen, denen das Rohr ausgesetzt ist, sind von der Betriebsweise des Fernwärmenetzes und von der richtigen Trassenwahl abhängig. Änderungen in der Betriebsweise des Fernwärmenetzes können auch zu einem späteren Zeitpunkt zu höheren Belastungen, und somit zu verkürzter Lebensdauer führen.

Ein Gesamtanlagen-Konzept, aus denen die Auslegungsparameter für die richtige Trassenwahl (Rohrstatik) abgeleitet werden können, ist daher vor Errichtung eines Fernwärmenetzes unbedingt erforderlich,

Der verantwortungsbewusste Planer hat daher abzuwägen zwischen einem dem schnellen Erfolg dienenden Konzept, und einer über die wirtschaftliche Betriebsdauer kostengünstigen Auslegung. Nur unter Berücksichtigung dieses Zusammenhanges kann eine rohrrstatisch richtige Auslegung und eine qualitativ hochwertige Ausführung entsprechend bewertet und damit auch beauftragt werden.

Nicht jede progressive Verlegemethode (Kaltverlegung), welche wieder 2, 3 oder 4% Investitionsvolumen einsparen hilft, wird über die gesamte Lebensdauer an jeder Stelle des Netzes den gewünschten Erfolg bringen - der richtige Einsatz der richtigen Verlegemethode an der passenden Trasse schon eher. Es ist daher zu untersuchen, ob im dicht verbauten Gebiet unbedingt kalt verlegt werden muss, oder eine Transportleitung ohne Abzweiger nicht doch kalt verlegt werden kann.

Thermisch vorgespannte Leitungen weisen per se max. Vergleichsspannung mit einem Ausnutzungsgrad zwischen 30% und 60% auf. Kaltverlegte Leitungen liegen auch im Betrieb zwischen 80 und 90% Ausnutzungsgrad. Der Berechnung dabei zugrunde gelegt wird aber immer eine einwandfreie Verschweißung der Stahlrohre. Spannungsüberhöhungen an nicht optimal verschweißten Rohren, die aber trotzdem druckdicht sind, führen daher im letztgenannten Fall zu Auslastungen über 100%, und somit zu Ermüdungsbrüchen vor Erreichen der kalkulatorischen Lebensdauer.

Oft bewirken kleine Änderungen in der Planung, die sich auf den ersten Blick vielleicht nicht rechnen mögen, eine deutlich erhöhte Sicherheitsreserve in Bezug auf langfristige Haltbarkeit des Systems.

Es wird immer wieder der Fall eintreten, dass infolge beengter Platzverhältnisse und sonstiger Zwänge eine Ausnutzung der Systemgrenzen erforderlich wird. Es sollte aber das Verständnis geweckt werden, dass diese Trassenpunkte Ausnahme bleiben sollen und auch bleiben können, ohne die Baukosten erkennbar anheben zu müssen.

Verlegemethode 1 – kompensiert

Die Dehnung wird in Kompensatoren oder mit Dehnpolstern versehenen Bögen aufgenommen.

Der Rohrgraben wird vor Inbetriebnahme des Systems verfüllt.

Teilweise Fixierung des Systems durch die zwischen Mantelrohr und Verfüllmaterial auftretenden Friktionskräfte und Aufbau der Axialspannungen im System.

Die Reibung zwischen Mantelrohr und Verfüllmaterial wird als bekannt vorausgesetzt.

Verlegemethode 2 – wärmevorgespannt

Vor dem Verfüllen wird das System auf Vorwärmtemperatur und nach dem Verfüllen auf Betriebstemperatur erwärmt.

Das System wird durch die Friktionskraft zwischen Mantelrohr und Verfüllmaterial fixiert, und Temperaturschwankungen werden als Axialspannungen im System aufgenommen.

Die Reibung zwischen Mantelrohr und Verfüllmaterial wird als bekannt vorausgesetzt.

Verlegemethode 3 – wärmevorgespannt mit Einmalkompensatoren

Die bei der Vorwärmung auftretende Dehnung wird in Einmalkompensatoren aufgenommen.

Das System wird vor der Erwärmung auf Vorwärmtemperatur bis auf den Bereich des Kompensatorelementes verfüllt.

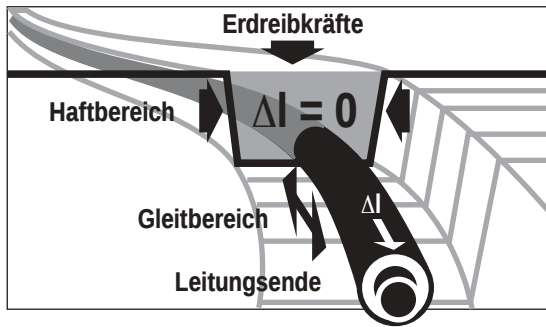
Nach dem Verschweißen der Einmalkompensatoren und dem Verfüllen des restlichen Rohrgrabens wird das System auf Betriebstemperatur erwärmt.

Die im Betrieb entstehenden Temperaturunterschiede werden vom System als Zug- und Druckspannungen aufgenommen.

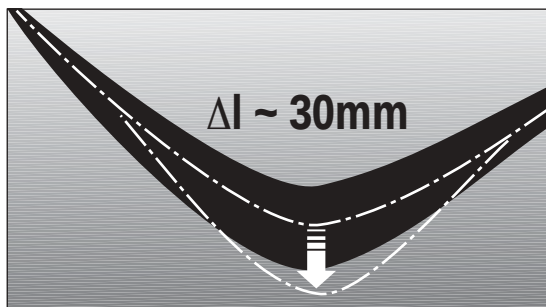
Die Reibung zwischen Mantelrohr und Verfüllmaterial wird als bekannt vorausgesetzt.

Verlegeregeln im Überblick

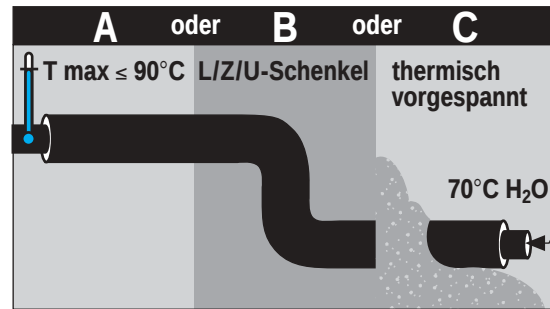
3.03.0



1. Die **Wärmedehnkraft** ist die Folge der ihr entgegenwirkenden Erdreibrkraft. Wo daher die Erdreibrkraft noch nicht den genügend hohen Wert erreicht hat, wird sich das Rohr dehnen. Das ist z.B. vor jeder Richtungsänderung im sogenannten „**Gleitbereich**“ der Fall. **Im Haftbereich** ist die Erdreibrkraft höher als die Wärmedehnkraft.

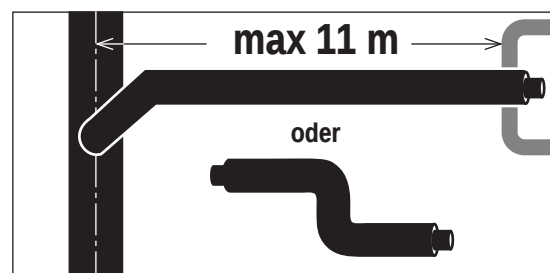


2. Die dadurch entstehende **Dehnung** bei einem Bogen ist die um die Erdreibrkraft verminderte Restdehnung. Aufgrund der Tatsache, dass die Stahlrohrkräfte entsprechend der Nennweite auch nur in jenem Verhältnis in etwa zunehmen, in dem die Mantelrohroberfläche steigt, beträgt die **Restdehnung für den Praktiker annähernd immer nur 20 bis 35 mm**. Dehnungsset und Dehnungsschenkel sind fast immer nur für diesen Betrag auszulegen. Eine Nachrechnung erübrigt sich daher in den meisten Fällen.

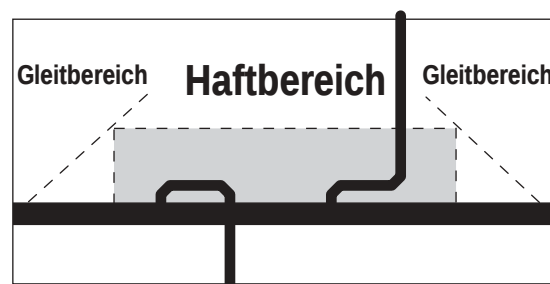


3. Wird auf Grund der tatsächlichen Leitungslänge (gerader Leitungsteil) die **Verlegelänge L_{max} (früher als L_o bezeichnet) überschritten**, so ist das nur für jenen Fall kritisch, wo später im Betrieb die maximale Vorlauftemperatur höher als 90° liegen wird.

Liegt sie nämlich niedriger, ist eine Überlastung des Stahlrohres nicht gegeben, liegt sie höher, heißt die Lösung Unterteilung in mehrere Abschnitte (Einbau von Dehnungsschenkel) oder Vorspannen, d. h. Aufwärmen der Rohrleitungen vor dem Verfüllen des Rohrgrabens.



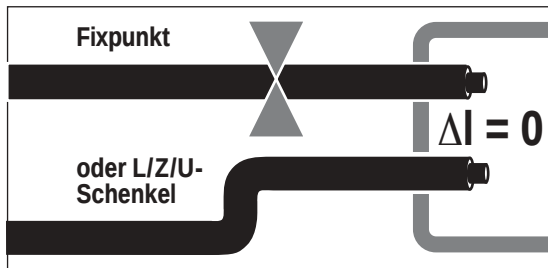
4. Bei **Abzweigern** ist zu beachten, dass diese nur relativ wenig Dehnung direkt aufnehmen können, daher darf die **abzweigende Leitung nie länger als 11 m direkt vom Abzweiger weg führen**. Spätestens dann ist ein Dehnungsschenkel einzubauen.



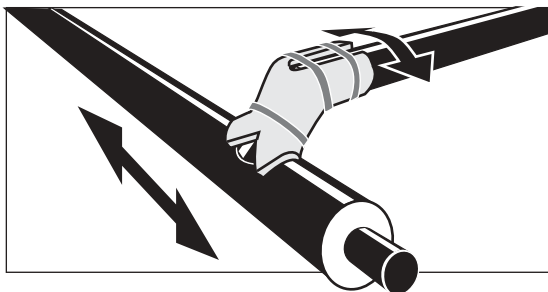
5. Sogenannte „**Parallelabzweiger**“ sind nur im **Haftbereich** der Hauptleitung zulässig

Verlegeregeln im Überblick

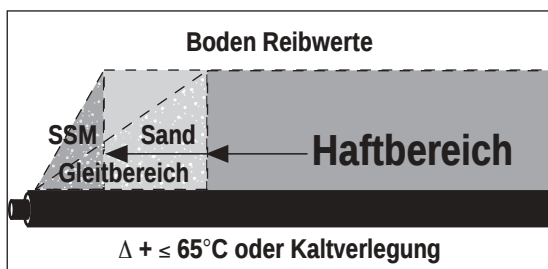
3.03.1



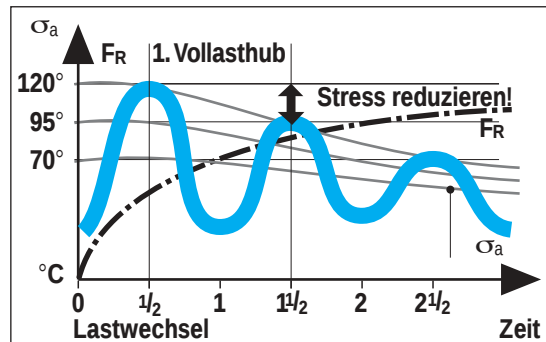
6. Um die Restdehnung zu unterdrücken, ist grundsätzlich der Einbau von **Fixpunkten** möglich. Allerdings ist aufgrund ihrer relativ aufwändigen und teuren Tiefbaumaßnahmen meistens der Einbau von **Dehnungsschenkel** kostengünstiger.



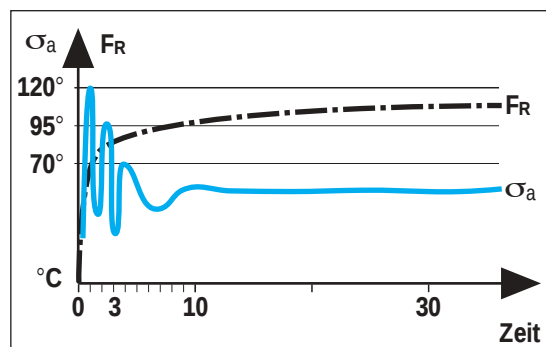
7. Abgehende Leitungen sind grundsätzlich bis 1,5 m vom **Abzweigpunkt** weg in **Dehnungssets** einzupolstern, um jede Belastung des Abzweigers auf **Abscherung** in diesem Bereich zu **vermeiden**.



8. Bei Sandhinterfüllung wird die Restdehnung ausgeprägter, als bei SVM-Hinterfüllung (Stabilisierte Verfüll-Materialien). Da bei **SVM-Hinterfüllung** der **Haftbereich** je nach Nennweite unter Umständen schon nach wenigen Metern beginnt, ist daher zu beachten, dass die für den Haftbereich gültigen Kriterien eingehalten werden. In kaltverlegten Sektoren verformt sich das Stahlrohr irreversibel (plastisch). Auf Formteile achten!



9. Über einen längeren Zeitraum (2 bis 3 Heizperioden) werden sich die Stahlspannungen σ_a reduzieren, dafür wird die Erdreibung F_R ansteigen, d. h. L_{max} wird kürzer werden. Das bedeutet, dass man die Temperaturbelastung in der Inbetriebnahmephase des Rohrnetzes nicht höher ansetzt, als notwendig.



10. In letzter Konsequenz wird ein **ganzjährig betriebenes Netz** nach wenigen Heizperioden praktisch völlig beruhigt im Erdreich liegen, unabhängig davon, welche Verlegungsmethode man gewählt hat und die Stahlspannungen werden sich auf ein niedriges Niveau abgebaut haben.

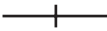
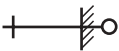
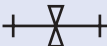
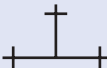
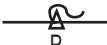
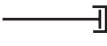
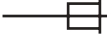
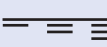
Symbole

3.04.0

Symbol	Einheit	Bedeutung
a		Annuitätsfaktor
A	[mm ²]	Querschnittfläche, Mediumrohr
c	[J/kg K]	Spez. Wärme Wasser
d	[mm]	Äußerer Durchmesser Mediumrohr
d _i	[mm]	Innerer Durchmesser Mediumrohr
D	[mm]	Äußerer Durchmesser Mantelrohr
D _i	[mm]	Innerer Durchmesser Mantelrohr
E	[N/mm ²]	Elastizitätsmodul
f		Friktionszahl
f _{ck}	[N/mm ²]	Druckfestigkeit für Beton
f _{yk}	[N/mm ²]	Fließspannung für Stahl - Armierung
F	[N/m]	Erdreibrkraft (Friktionskraft)
H	[m]	Verlegetiefe bis zum Mantelrohrscheitel
I	[WE/m]	Gesamtinvestition
L	[m]	Rohrlänge
L _{max}	[m]	Gleitbereich (maximale Montagelänge)
L _{Amax}	[m]	Maximaler Entlasterabstand
L _T	[m]	Abstand zwischen Festpunkt und T-Stück
Δp	[mWs]	Druckunterschied (Druckverlust)
p _r	[WE/kWh]	Wärmeproduktionskosten
P	[W]	Leistung
Q	[kg/s]	Durchfluss (Wasserstrom)
q	[W]	Anschlusswert des Verbrauchers
R	[mm]	Radius
R _p	[m]	Planungsradius
s	[mm]	Wanddicke
S		Gleichzeitigkeitsfaktor
t	[°C]	Temperatur
T	[std./jahr]	Jahresbetriebsstundenzahl
Δt	[K]	Temperaturunterschied
Δτ	[K]	Reduzierter Temperaturunterschied
u	[WE/m]	Zeitwert
U	[W/mK]	Wärmeübertragungskoeffizient für Einzelrohr (früher K-wert)
v	[m/s]	Wassergeschwindigkeit
WE		Währungseinheit
z	[m]	Verlegetiefe bis zur Rohrachse
α	[k ⁻¹]	Wärmeübertragungskoeffizient
β	°	Winkel
γ	[N/m ³]	Spezifische Dichte (Raumgewicht)
λ	[W/m K]	Wärmeleitfähigkeit
μ		Friktionskoeffizient
ρ	[kg/m ³]	Spezifisches Gewicht
α _a	[N/mm ²]	Axialspannung
α _{a zul.}	[N/mm ²]	Max. zulässige Axialspannung
Φ	[W]	Wärmeverlust
φ	[W/m]	Wärmeverlust pro m Rohrpaar

Sinnbilder

3.05.0

Sinnbild	Bedeutung
	Rohr mit Muffenverbindung
	Bogen
	Bogen, vertikal
	Festpunkt
	Festpunkt, natürlich
	Kompensator
	Einmalkompensator
	Reduziermuffe
	Reduzierstück
	T-Stück, Abzweiger
	T-Stück, parallel
	Montage-T
	Montage-T, parallel
	Kugelhahn
	Kugelhahn mit einer Entlüftung/Entleerung
	Kugelhahn mit zwei Entlüftungen/Entleerungen
	Endmuffe
	Mauerdurchführung; Labyrinthdichtring
	Anschlussrohr; Expansionselement
	Dehnpolster
	Symbole der KELIT-BEK-Komponenten siehe Kapitel 6 >

Theorie der Wärmeverlustberechnung

3.06.0

KELIT Röhre sind mit Polyurethanschaum isoliert, der hervorragende Dämmeigenschaften besitzt.

Bei der Berechnung des Wärmeverlustes eines Rohrpaars sind Verlegetiefe, Abstand zwischen den Röhren, Vor- und Rücklauftemperatur, Dämmeigenschaften des Erdreiches, des PE-Mantels, sowie des Schaumes zu beachten.

Der Wärmeverlust pro Meter Rohrpaar lässt sich analog EN 13941 Anhang D wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned}\phi &= U(t_V + t_R) - 2t_E \\ \phi &= \text{Wärmeverlust pro Rohrpaar, W/m} \\ U &= \text{Wärmeübertragungskoeffizient pro Rohr, W/m K} \\ t_V &= \text{Vorlauftemperatur, } ^\circ\text{C} \\ t_R &= \text{Rücklauftemperatur, } ^\circ\text{C} \\ t_E &= \text{Erdreichtemperatur, } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Der Wärmeübertragungskoeffizient U lässt sich wie folgt ermitteln:

$$\begin{aligned}U &= \frac{1}{(R_I + R_M + R_K + R_E + R_H)} \\ R_I &= \text{Dämmvermögen der Isolierung, K/W} \\ R_M &= \text{Dämmvermögen des Mediumrohres, K/W} \\ R_K &= \text{Dämmvermögen des Mantelrohres, K/W} \\ R_E &= \text{Dämmvermögen des Erdreiches, K/W} \\ R_H &= \text{Dämmvermögen der Wärmeentwicklung zwischen Vor- und Rücklaufrohr, K/W}\end{aligned}$$

U-Werte vorgedämmte Stahlrohre: 3.09.0/1 >

Berechnung des Dämmvermögens

Das Dämmvermögen, die Summe der Einzelwiderstände von Dämmmaterial, Mediumrohr, Mantelrohr, Erdreich, sowie Wärmeaustausch zwischen Vor- und Rücklaufrohr wird wie folgt ermittelt:

$$R_I = \frac{1}{2 \pi \lambda_I} \ln \left[\frac{D_i}{d} \right]$$

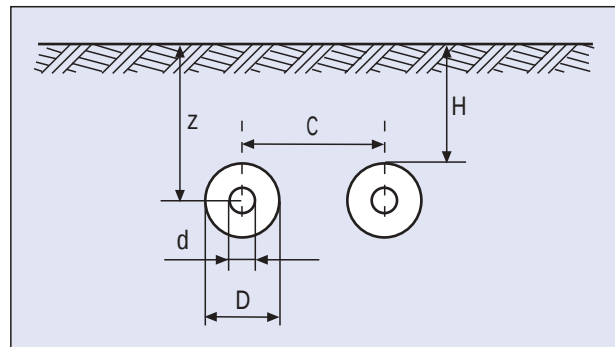
$$R_M = \frac{1}{2 \pi \lambda_M} \ln \left[\frac{d}{d_i} \right]$$

$$R_K = \frac{1}{2 \pi \lambda_K} \ln \left[\frac{D}{D_i} \right]$$

$$R_E = \frac{1}{2 \pi \lambda_E} \ln \left[\frac{4(z + 0,0685 \lambda_E)}{D} \right]$$

$$R_H = \frac{1}{2 \pi \lambda_E} \ln \left[1 + \frac{(2(z + 0,0685 \lambda_E))^2}{C^2} \right]$$

D_i = innerer Durchmesser Mantelrohr, m
 D = äußerer Durchmesser Mantelrohr, m
 d_i = innerer Durchmesser Mediumrohr, m
 d = äußerer Durchmesser Mediumrohr, m
 λ_I = Wärmeleitfähigkeit der Dämmung, W/m K
 λ_K = Wärmeleitfähigkeit des Mantelrohres, W/m K
 λ_M = Wärmeleitfähigkeit des Mediumrohres, W/m K
 λ_E = Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches, W/m K
 z = Verlegetiefe zur Rohrachse, m
 C = Abstand zwischen Rohrachsen, m



Theorie - Optimale Dämmdicke

3.07.0

Bei der Wahl der Dämmdicke wird versucht, die gesamten Kosten in der Abschreibungsperiode zu minimieren.

Zur Berechnung wird die Kapitalwert-Methode verwendet. Dabei werden alle Kosten der Abschreibungsperiode für das Startjahr diskontiert. Die Alternative mit dem niedrigsten Kapitalwert ist daher am günstigsten, da sie die niedrigsten Gesamtkosten birgt.

Der Kapitalwert der Kosten wird wie folgt ermittelt:

$$u = I + \frac{(a \cdot \phi \cdot p_r \cdot T)}{1000}$$

u = Kapitalwert der Kosten WE/m

I = Gesamte Investition WE/m

a = Annuitätsfaktor

ϕ = Wärmeverlust W/m

p_r = Wärmeproduktionskosten WE/kWh

T = Zeit 8760 Std./Jahr

$$a = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

n = Abschreibungsperiode

i = Kalkulationszinsfuß = Kreditzinsen ÷ Inflation ÷ Realpreissteigerung von Brennstoff

Die folgende Tabelle zeigt den Annuitätsfaktor a für verschiedene Kombinationen der Abschreibungsperioden und Kalkulationszinsfüße.

Abschreibungsperiode, n	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	20 Jahre
Kalkulationszinsfuß, i	Annuitätsfaktor, a			
0,04	4,45	8,11	11,12	13,59
0,06	4,21	7,36	9,71	11,47
0,08	3,99	6,71	8,56	9,82
0,10	3,79	6,14	7,61	8,51
0,12	3,60	5,65	6,81	7,47
0,14	3,43	5,22	6,14	6,62

Theorie - Optimale Dämmdicke

3.07.1

Beispiel

Für eine Leitung $\varnothing$ 168,3 mm soll berechnet werden, ob Serie 1 oder Serie 2 als Dämmung zu wählen ist.

Der Wärmeverlust wird, wie in Abschnitt Wärmeverlustberechnung beschrieben, ermittelt.

Vorlauftemperatur, t_V	=	90°C
Rücklauftemperatur, t_R	=	50°C
Erdreichtemperatur, t_E	=	8°C

Wärmeverlust für Dämmung Serie 1:

$$\phi_1 = (90 + 50 - 2 \cdot 8) 0,427 = 52,9 \text{ W/m}$$

Wärmeverlust für Dämmung Serie 2:

$$\phi_2 = (90 + 50 - 2 \cdot 8) 0,341 = 42,3 \text{ W/m}$$

Der Kapitalwert der gesamten Kosten kann nun, wie auf der vorigen Seite beschrieben, berechnet werden.

Kreditzinsfuß	=	12%
Inflation	=	4%
Realpreissteigerung für Brennstoff	=	2%

Der Kalkulationszinsfuß ist:

$$i = 12\% - 4\% - 2\% = 6\% \quad = \quad 0,06$$

$$\text{Abschreibungsperiode, } n \quad = \quad 20 \text{ Jahre}$$

$$\text{Annuitätsfaktor, } a \quad = \quad 11,47$$

(Vgl. Tabelle)

$$\text{Produktionskosten, } p_r \quad = \quad 0,35 \text{ WE/kWh}$$

$$\text{Investition Serie 1, } I_1 \quad = \quad 1320 \text{ WE/m}$$

$$\text{Investition Serie 2, } I_2 \quad = \quad 1740 \text{ WE/m}$$

Der Kapitalwert berechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned} u_1 &= I_1 + \frac{(a \cdot \phi_1 \cdot p_r \cdot T)}{1000} \\ &= 1320 + \frac{(11,47 \cdot 52,9 \cdot 0,35 \cdot 8760)}{1000} \\ &= 3180 \text{ WE/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_2 &= I_2 + \frac{(a \cdot \phi_2 \cdot p_r \cdot T)}{1000} \\ &= 1740 + \frac{(11,47 \cdot 42,3 \cdot 0,35 \cdot 8760)}{1000} \\ &= 3228 \text{ WE/m} \end{aligned}$$

Da in diesem Beispiel u_1 niedriger ist als u_2 , ist hier die Wahl der Dämmung Serie 1 am günstigsten.

Theorie - Leitungsdimensionierung

3.08.0

Bei der Festsetzung der erforderlichen Übertragungsleistung der Leitung wird sie für jede Anschlussstelle (des Verbrauchers) ermittelt. Dabei sind eventuelle Verbraucher mit Durchlaufwassererhitzer zu berücksichtigen.

Die Summe aller Anschlusswerte der jeweiligen Verbraucher wird mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor multipliziert. Der Gleichzeitigkeitsfaktor kalkuliert die Tatsache ein, dass nicht alle Verbraucher gleichzeitig einen maximalen Leistungsbedarf haben.

Außerdem muss der Wärmeverlust im Leitungsnetz in den erforderlichen Leistungsbedarf mit eingerechnet werden.

Der gesamte Leistungsbedarf wird wie folgt ermittelt:

$$P = \Sigma (q \cdot S) + \Phi$$

P = Gesamtleistung, W

q = Anschlusswert, W

S = Gleichzeitigkeitsfaktor, %

Φ = Wärmeverlust des Leitungsnetzes, W

Die in einer Leitung zu übertragende Leistung wird wie folgt ermittelt:

$$P = Q \cdot c \cdot \Delta t$$

Q = Wasserstrom, kg/s

c = spezifische Wärme, J/kg K

Δt = Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklaufleitung, K

Die Durchflussgeschwindigkeit des Wassers, v , ist für den Druckverlust in der Leitung, und somit auch für die Pumpenleistung entscheidend.

Die Durchlaufgeschwindigkeit ist von dem Wasserstrom und der Rohrdimension abhängig.

$$v = \frac{Q \cdot 4}{\rho_w \cdot \pi \cdot d_i^2}$$

ρ_w = spezifisches Gewicht Wasser, kg/m³

d_i = innerer Durchmesser Mediumrohr, m

Die Druckverlustberechnung folgt auf der nächsten Seite.

Theorie - Druckverlustberechnung

3.08.1

Der Druckverlust in der Leitung lässt sich annäherungsweise wie folgt ermitteln:

$$\Delta p = f \left(\frac{v^2}{2 \cdot g \cdot R} \right) L$$

- R = $d_i/4$ (hydraulischer Radius), m
- Δp = Druckverlust, mWs
- f = Friktionszahl
- d_i = innerer Durchmesser Mediumrohr, m
- g = Erdbeschleunigung; $9,81 \text{ m/s}^2$
- v = Wassergeschwindigkeit, m/s

Der Reibungsbeiwert, f , wird mit Colebrook und Whites Formel bestimmt:

$$\sqrt{\frac{2}{f}} = 6,4 - 2,45 \cdot \ln \left(\frac{k}{R} + \frac{4,7}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} \right)$$

$$\text{Re} = \frac{v \cdot R}{\nu} \quad (\text{Reynolds Zahl})$$

- k = absolute Rohrrauigkeit, m
- ν = kinematische Viskosität bei Betriebstemperatur, m^2/s

Da in der Formel f implizit auftritt, erfordert ihre Bestimmung iterative Berechnungen, wozu eine EDV-Anlage notwendig ist.

Die Dimensionierung von Abzweigleitungen ist in den jeweiligen Abschnitten beschrieben.

Wärmeverlust

3.09.0

Der Polyurethanschaum der KELIT KMR-Systeme verfügt über hervorragende Dämmeigenschaften.

Bei der Berechnung des Wärmeverlustes eines Rohrpaars müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:
 Verlegetiefe, Abstand zwischen den Rohren, Vor- und Rücklaufemperatur, Erdtemperatur, Dämmeigenschaften des Erdreichs, des PEH-Mantels und des PUR-Schaumes.
 Die Berechnungsmethode ist in Abschnitt „Allgemein“ zu finden.

In der Tabelle ist die zur Berechnung des Wärmeverlustes für vorgedämmte Rohre notwendige Wärmedurchgangszahl, auch U-Wert genannt, (früher „K“) angegeben.
 Der U-Wert gilt für ein Einzelrohr. Bei der Berechnung des U-Wertes wurde der Wärmeaustausch zwischen Vor- und Rücklaufrohr bereits berücksichtigt.

Soll jedoch (im Ausnahmefall) der Wärmeverlust eines einzeln zu verlegenden Rohres ermittelt werden, ist dazu der U-Wert laut Seite 3.06.0 ohne den Wert R_H neu zu errechnen oder der Wärmeverlust näherungsweise über den nebenstehenden Tabellenwert U mit $\phi = U \cdot (t_v - t_E) \cdot 1,2$ zu bestimmen.

Voraussetzungen

Erddeckung bis Rohroberkante, $H = 500 \text{ mm}$
 Abstand zwischen den Rohren $= 150 \text{ mm}$

$\lambda_{\text{Stahl}} = 76 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{\text{Schaum}} = 0,03 \text{ W/mK (Rechenwert)}$
 $\lambda_{\text{Mantel}} = 0,43 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{\text{Erdreich}} = 1,5 \text{ W/mK}$

< Wärmeverlustberechnung: 3.06.0

Wärmedurchgangszahl, Serie 1

Durchmesser Stahlrohr d, mm	Durchmesser Mantelrohr D, mm	U W/mK
26,9	90	0,149
33,7	90	0,182
42,4	110	0,187
48,3	110	0,215
60,3	125	0,240
76,1	140	0,286
88,9	160	0,295
114,3	200	0,309
139,7	225	0,359
168,3	250	0,427
219,1	315	0,467
273,0	400	0,453
323,9	450	0,522
355,6	500	0,509
406,4	560	0,543
457,0	630	0,545
508,0	710	0,528
610,0	800	0,648
711,0	900	0,744
813,0	1000	0,847

Beispiel

Wärmeverlust eines Rohrpaars $\varnothing 168,3 \text{ mm}$, Serie 1:

$t_v = 80^\circ\text{C}$ $t_R = 40^\circ\text{C}$ $t_E = 8^\circ\text{C}$

U hat in der Tabelle den Wert $0,427 \text{ W/mK}$

Wärmeverlust ϕ für ein Rohrpaar ergibt sich aus:

$$\phi = U (t_v + t_R - 2t_E)$$

$$= 0,427 (80 + 40 - 2 \cdot 8) = 44,4 \text{ W/m}$$

Wärmeverlust

3.09.1

Wärmedurchgangszahl, Serie 2

Durchmesser Stahlrohr d, mm	Durchmesser Mantelrohr D, mm	U W/mK
26,9	110	0,129
33,7	110	0,152
42,4	125	0,166
48,3	125	0,187
60,3	140	0,211
76,1	160	0,237
88,9	180	0,249
114,3	225	0,260
139,7	250	0,300
168,3	280	0,341
219,1	355	0,363
273,0	450	0,354
323,9	500	0,406
355,6	560	0,392
406,4	630	0,407
457,0	710	0,407
508,0	800	0,398
610,0	900	0,464
711,0	1000	0,528

Wärmedurchgangszahl, Serie 3

Durchmesser Stahlrohr d, mm	Durchmesser Mantelrohr D, mm	U W/mK
26,9	125	0,118
33,7	125	0,138
42,4	140	0,152
48,3	140	0,169
60,3	160	0,183
76,1	180	0,206
88,9	200	0,219
114,3	250	0,227
139,7	280	0,255
168,3	315	0,282
219,1	400	0,296
273,0	500	0,294
323,9	560	0,328
355,6	630	0,316
406,4	710	0,325
457,0	800	0,325
508,0	900	0,320
610,0	1000	0,370

Beispiel

Wärmeverlust eines Rohrpaars ø 168,3 mm, Serie 2:

$$t_v = 80^\circ\text{C} \quad t_R = 40^\circ\text{C} \quad t_E = 8^\circ\text{C}$$

U hat in der Tabelle den Wert 0,341 W/mK

Wärmeverlust ϕ für ein Rohrpaar ergibt sich aus:

$$\begin{aligned} \phi &= U (t_v + t_R - 2t_E) \\ &= 0,341 (80 + 40 - 2 \cdot 8) = 35,5 \text{ W/m} \end{aligned}$$

Rohrdimensionierung, Druckverlust

3.10.0

Mit Vorlauftemperatur und Spreizung werden zuerst der Volumenstrom und dann der Druckverlust berechnet.

In der Regel werden 10 mm Ws (100 Pa) als zulässiger Druckverlust pro m Leitung eingesetzt.

Bei der Berechnung der gewünschten Dimension der Verteilerleitung ist es sehr wichtig, die Gleichzeitigkeit für die angeschlossenen Verbraucher zu berücksichtigen.

Die Tabellen auf dieser Seite dienen als Hilfe bei der Dimensionierung. Geschwindigkeit und Wasserstrom sind für einen Druckverlust von 100 Pa (10 mm Ws) pro m berechnet. Für Dimensionen größer als 193,7 mm wurde jedoch mit einer maximalen Wassergeschwindigkeit von 1,5 m/s gerechnet.

Außerdem wurde die zu übertragende Wärmeleistung bei einer Spreizung von 30, 40 und 50°C berechnet.

Voraussetzungen

Colebrook und White's Formel

Wassertemperatur, t	=	80 °C
Absol. Rauheit des Stahls	=	0,1 mm
Druckverlust pr. m	=	100 Pa (10 mm WS)
Wassergeschwindigkeit, v	<	1,5 m/s

Druckverlust 100 Pa / m (10 mm Ws / m)

Durchm. Stahlrohr d mm	Wasser- Geschw. v m/s	Wasser- strom Q kg/s	Wasser- strom Q m³/h	Spreizung		
				30 K Leistung kW	40 K Leistung kW	50 K Leistung kW
21,3	0,28	0,056	0,208	7,1	9,4	11,8
26,9	0,35	0,126	0,465	15,8	21,1	26,4
33,7	0,41	0,233	0,862	29,3	39,1	48,8
42,4	0,50	0,532	1,971	67,0	89,3	112
48,3	0,56	0,788	2,918	99,2	132	165
60,3	0,65	1,470	5,446	185	247	309
76,1	0,77	2,888	10,70	364	485	606
88,9	0,85	4,410	16,34	555	740	925
108,0	0,97	7,485	27,73	942	1257	1571
114,3	1,00	8,783	32,54	1106	1475	1843
133,0	1,11	13,42	49,72	1690	2253	2817
139,7	1,15	15,39	57,00	1937	2583	3229
159,0	1,25	21,70	80,39	2732	3643	4554
168,3	1,29	25,39	94,07	3197	4263	5329
193,7	1,42	36,85	136,50	4639	6186	7732

Wassergeschwindigkeit 1,5 m / s

Durchm. Stahlrohr d mm	Wasser- strom Q kg/s	Wasser- strom Q m³/h	Druck- verlust Pa/m	Spreizung		
				30 K Leistung kW	40 K Leistung kW	50 K Leistung kW
219,1	50,54	187,2	96	6363	8484	10605
273,0	79,19	293,4	73	9971	13294	16618
323,9	111,9	414,7	59	14095	18794	23492
355,6	135,8	503,0	52	17098	22797	28497
406,4	177,5	657,7	45	22355	29806	37258
457,0	226,1	837,6	38	28469	37958	47448
508,0	281,0	1041	34	35378	47170	58963
610,0	406,4	1506	27	51170	68227	85284
711,0	555,9	2059	22	69990	93320	116650
813,0	727,2	2694	19	91566	122088	152610

Elastische Biegeradien

3.11.0

Mit den KELIT Stahlrohren können kleinere Richtungsänderungen von bis zu 3° in den Muffenverbindungen vorgenommen werden. Die Rohrstatik und die Schweißrichtlinien sind zu beachten.

Eine Richtungsänderung kann auch nach dem Zusammenschweißen gerader Rohrlängen durchgeführt werden.

Die elastischen Krümmungen können nach folgender Tabelle, in der der kleinste zulässige elastische Krümmungsradius angegeben ist, im Erdreich verlegt werden.

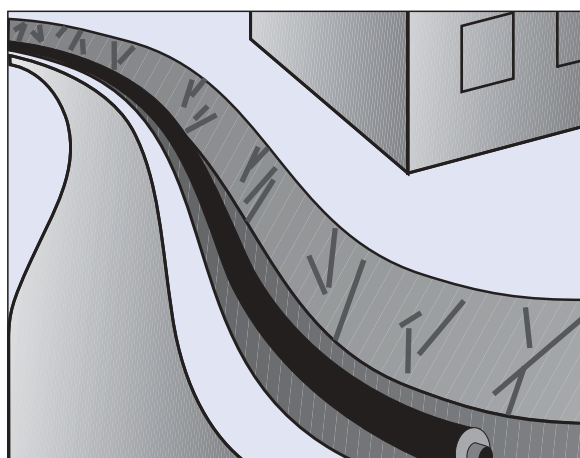
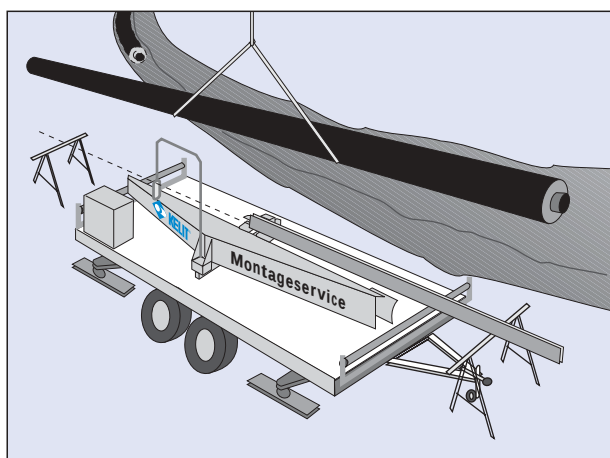
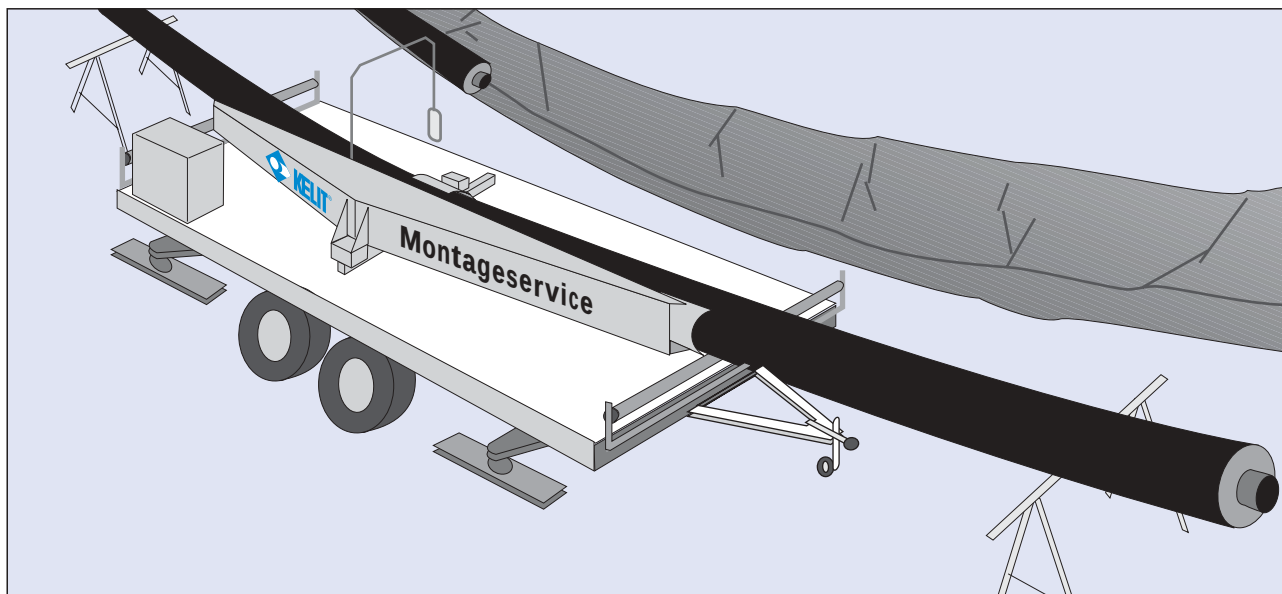
Bei der Berechnung der Krümmungsradien geht man vom 500-fachen äußeren Durchmesser des Stahlrohres aus, was einer maximalen Biegespannung von 210 N/mm² entspricht.

Werden engere Radien gefordert, sind vorgebogene Rohre und Formteile zu verwenden.

Stahlrohr Durchmesser mm	Mantelrohr Durchmesser mm	Krümmungs- radius m
21,3	90	11
26,9	90	13
33,7	90	17
42,4	110	21
48,3	110	24
60,3	125	30
76,1	140	38
88,9	160	44
108,0	180	54
114,3	200	57
133,0	200	67
139,7	225	70
159,0	250	80
168,3	250	84
193,7	280	97
219,1	315	110
273,0	400	137
323,9	450	162
355,6	500	178
406,4	560	203
457,0	630	229
508,0	710	254
610,0	800	305
711,0	900	356
813,0	1000	407

Bogenrohre Planungshinweis - Mobile Fertigung vor Ort $\leq$ DN 200

3.12.1



Die kompensationsfreie Verlegetechnik des Kunststoffmantelrohres bringt es mit sich, daß entlang des Trassenverlaufes möglichst wenige Bögen, die den Spannungsverlauf im Stahlrohr unterbrechen, vorzusehen sind.

Ein Mittel hiezu ist die Verwendung sogenannter Bogenrohre, die zwar in Form eines gekrümmten Verlaufes Richtungsänderungen erlauben, aber den Spannungsverlauf des geraden Rohres nicht unterbrechen.

Darüber hinaus reduzieren sich die Anzahl der Verbindungen, die Anzahl der eingesetzten Formstücke, die Anzahl der Schweißnähte und damit erheblich die Bau- und Verlegekosten.

Auch ist die Behinderung im Straßenbereich geringer, da sogenannte Z- und U-Schenkel meistens die gesamte Straßenbreite in der Bauphase für sich beanspruchen.

Bogenrohre sind normale, vorisolierte Rohrstangen mit der erforderlichen Güte in der Verbundwirkung und der Druckstabilität im Polyurethanschäum, welche auch vor Ort bis DN 200 dem Trassenverlauf entsprechend gebogen werden können.

Maximaler Biegewinkel β

Stahlrohr Durchm. d, mm	114,3	139,7	168,3	219,1
Max. β für L = 6 m	13°	—	—	—
Max. β für L = 12 m	40°	38°	32°	28°
Max. β für L = 16 m	59°	54°	45°	39°

Planungshinweis

Bei der Verlegung von zwei oder mehreren Bogenrohren hintereinander ab der DIM 200 wird infolge der Rohrgeometrie der Trassenablenkwinkel an jeder Rohrverbindung (Schweißnaht) aus der Geraden um ca. 2° vergrößert als es dem bestellten Biegewinkel entspricht.

Bogenrohre

3.12.1

Jeweils abhängig von Trasse und Verlegemethode können Bogenrohre die sonst üblichen Bögen vorteilhaft ersetzen.

Für die kleinsten Dimensionen können die Bogenrohre elastisch verlegt werden.

Für die Dimensionen 26,9 bis 88,9 können Bogenrohre vor Ort mit einer manuellen Biegegarntur hergestellt werden. Auf diese Weise kann das Rohr mit einem Mindestradius gemäß nachstehender Tabelle hergestellt werden.

Bogenrohre ab Stahlrohrdurchmesser DN 100 werden vom KELIT Montageservice vor Ort umgeformt.

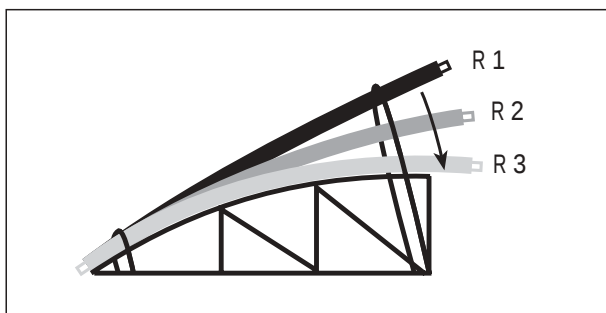
Das hydraulische Biegegerät ist durch einen Transportanhänger mobil, sodass die Anfertigung selbst auf der Baustelle nach Naturmaß erfolgen kann.

Bogenrohre > DN 200 können nur mehr werksseitig vorgefertigt angeliefert werden.

Planungshinweis

Bei der Verlegung von zwei oder mehreren Bogenrohren hintereinander ab der DIM 200 wird infolge der Rohrgeometrie der Trassenablenkwinkel an jeder Rohrverbindung (Schweißnaht) aus der Geraden um ca. 2° vergrößert als es dem bestellten Biegewinkel entspricht.

Prinzip des manuellen Biegegerätes:



Standard-Bogenrohre können ohne weiteres bei horizontaler Verlegung mit den normalen Verlegemethoden Anwendung finden unter der Voraussetzung, dass die Erdüberdeckung mindestens 500 mm beträgt. Hierbei wird das vorgeschriebene Umhüllungsmaterial und ein Erddruckkoeffizient von mindestens $K_q > 6$ für das umgebende Erdreich vorausgesetzt.

Eine rohrstatische Nachrechnung ist in Grenzfällen empfehlenswert.

Dimension:

Rohre in 12 m Stangenlänge von DN 100 bis DN 200

engster Biegeradius: $R_B = 22 \text{ m}$

engster Projektierungsradius: $R_P \approx \frac{3}{2} R_B$

aktive Bogenlänge:

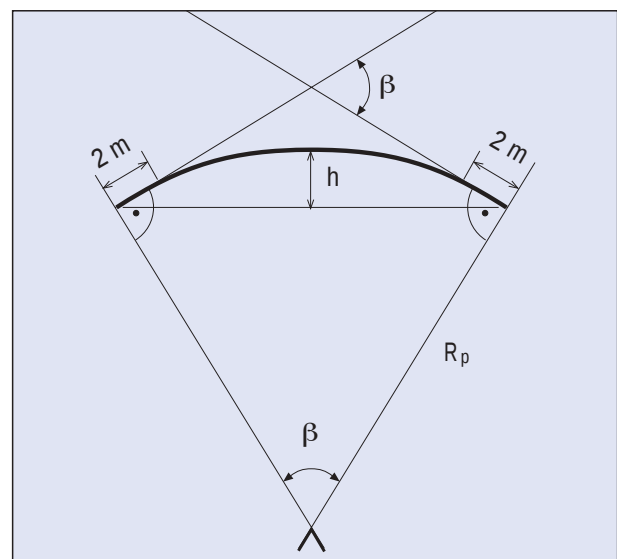
8 m / Stange (= beidseitig mit 2 m geradem Ende)

engste Krümmung:

2° / 0,5 m (= größere Radien und weitere Schrittabstände beliebig wählbar)

Das Biegen erfolgt ausschließlich durch speziell geschultes Personal der Firma KE KELIT.

Die Leistung ist jedoch exklusiv dem Zureichen der Rohrstangen zum Gerät (LKW mit Hebezeug o. ä.).



Bogenrohre - Maßtabelle

3.13.0

In der folgenden Tabelle ist der Zusammenhang zwischen Rohrlänge L, Winkel β , Bogenhöhe h und Projektierungsradius R_p dargestellt.

Der maximale Winkel für Standard Bogenrohre ist dem Abschnitt Verbundsystem - Komponenten zu entnehmen.

β	L = 6 m		L = 12 m		L = 16 m	
	h m	R_p m	h m	R_p m	h m	R_p m
1°	0,02	344	0,03	688	0,04	917
2°	0,04	172	0,07	344	0,09	458
3°	0,07	115	0,10	229	0,13	306
4°	0,09	86	0,14	172	0,17	229
5°	0,11	69	0,17	137	0,22	183
6°	0,13	57	0,21	115	0,26	153
7°	0,15	49	0,24	98	0,31	131
8°	0,17	43	0,28	86	0,35	115
9°	0,20	38	0,31	76	0,39	102
10°	0,22	34	0,35	69	0,44	92
11°	0,24	31	0,38	62	0,48	83
12°	0,26	29	0,42	57	0,52	76

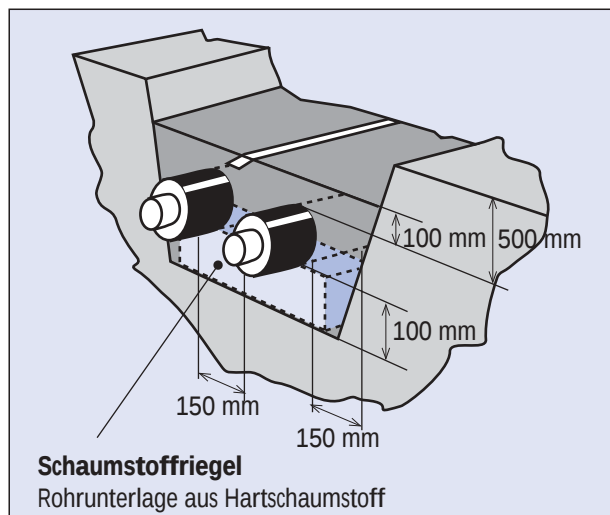
β	L = 6 m		L = 12 m		L = 16 m	
	h m	R_p m	h m	R_p m	h m	R_p m
13°	0,28	26	0,45	53	0,57	70
14°	0,30	24	0,49	49	0,61	65
15°	0,33	23	0,52	46	0,65	61
16°	0,35	21	0,56	43	0,70	57
17°	0,37	20	0,59	40	0,74	54
18°	0,39	19	0,63	38	0,78	51
19°	0,41	18	0,66	36	0,83	48
20°	0,43	17	0,70	34	0,87	46
21°	0,46	16	0,73	33	0,91	44
22°	0,48	15	0,76	31	0,96	42
23°	0,50	15	0,80	30	1,00	40
24°	0,52	14	0,83	29	1,04	38
25°	0,54	14	0,87	27	1,08	37
26°	0,56	13	0,90	26	1,13	35
27°	0,58	13	0,94	25	1,17	34
28°	0,61	12	0,97	24	1,21	33
29°	0,63	12	1,00	24	1,26	31
30°	0,65	11	1,04	23	1,30	30
31°	0,67	11	1,07	22	1,34	29
32°	0,69	11	1,11	21	1,38	28
33°	0,71	10	1,14	21	1,43	28
34°	0,73	10	1,17	20	1,47	27
35°	0,75	10	1,21	19	1,51	26
36°	0,77	9	1,24	19	1,55	25
37°	0,79	9	1,27	18	1,59	25
38°	0,82	9	1,31	18	1,64	24
39°	0,84	9	1,34	17	1,68	23
40°	0,86	8	1,38	17	1,72	23
41°	0,88	8	1,41	17	1,76	22
42°	0,90	8	1,44	16	1,80	22
43°	0,92	8	1,47	16	1,85	21
44°	0,94	8	1,51	15	1,89	21
45°	0,96	7	1,54	15	1,93	20

Rohrgraben

Rohrgräben zur Verlegung sind entsprechend den DIN- und Sicherheitsvorschriften der Berufsgenossenschaften auszuführen.

Der Grabenquerschnitt muss groß genug sein, um eine gewissenhafte Rohrmontage und Muffenarbeit sowie das Verdichten der Ausgleichsschicht und des Verfüllmaterials sicherstellen zu können. Der Graben ist während der Montage wasserfrei zu halten.

Ausreichende Tragfähigkeit des Untergrundes ist zu gewährleisten.



Das Umhüllungsmaterial ist von Hand zu verdichten.

Mit fortschreitendem Verfüllen sind eventuell verwendete Kanthölzer unter den Rohren zu entfernen. Schaumriegel und Sandsäcke können im Graben verbleiben.

Ca. 200 mm oberhalb beider Rohre ein Trassenwarnband verlegen.

Den restlichen Graben mit verdichtungsfähigem Material verfüllen und mit einem Rüttler bei einem maximalen Flächendruck von 100 kPa verdichten.

Gebiete mit großer Verkehrsbelastung, oder dort wo eine Überdeckungshöhe von 500 mm nicht möglich ist, ist zur Entlastung der Rohre z. B. eine Druckverteilungsplatte in Verbindung mit stabilisierten Verfüllmaterialien (SVM) vorzusehen.

Umhüllungsmaterial (Sand)

Folgendes Umhüllungsmaterial sollte verwendet werden:

Max. Korngröße	≤ 8 mm
Max. 9% Masseanteil	≤ 0,075 mm
oder 3% Masseanteil	≤ 0,020 mm
Ungleichförmigkeitsziffer	$\frac{d_{60}}{d_{10}} > 1,8$

Das Umhüllungsmaterial soll keine größeren Mengen organischer Anteile, sowie Lehm und scharfkantige, größere Steine enthalten.

Thermosand®

3.14.0

Aufgabenstellung

KVM-Rohre werden für FW-Netze bis 130°C Heißwassertemperatur erdverlegt eingesetzt.

Die Übertragungsverluste (Wärmeverluste) sollen so gering wie möglich gehalten werden.

Dafür stehen drei Dämmserien je Stahlrohrdimension zur Auswahl.

Die Mehrkosten der vergrößerten Dämmdicke werden der ersparten Energie gegenübergestellt.

Bei Berechnung der Wärmeverluste nach Norm EN 13941 darf der Einfluss des umgebenden Erdreiches nicht vernachlässigt werden. Lt. Literatur wird für den, das Rohr umgebenden Bereich von ca. 200 mm feinkörniger Kabelsand mit einem λ von 1,5 - 1,7 W/m°K verwendet.

Lösung

Thermosand verhält sich bodenmechanisch wie gewöhnlicher Kabelsand. Er verfügt auf Grund seiner einmaligen Kornstruktur über herausragende Dämmwerte, welche in der Rohrzone von FW-Leitungen den gesamten Wärmeverlust drastisch abmindert, da er selbst nur ein λ von 0,177 (trocken) bis max. 0,88 (feucht) W/m°K aufweist; (Rechenwert 0,33 W/m°K).

Mit Messreihen und Berechnungen aus Feldversuchen wurde der Nachweis erbracht, dass mit Rohren der Dämmserie 1 bei Verwendung von Thermosand in der Rohrzone die gleichen Verluste erreicht werden wie bei Einsatz der Dämmserie 3 in herkömmlichen Kabelsand zu erzielen wären.

Die eingesparten Mehrkosten zwischen Dämmserie 1- 3 liegen für das Rohrmaterial bei etwa -35%. Für die Gesamtinvestitionskosten immer noch bei mind. -10%. Der wirtschaftliche Nutzen aus den wesentlich verringerten Wärmeverlusten wird jedoch über die gesamte Lebensdauer lukriert.

Herkunft & Vertrieb

Die Eignung des Materials für den Fernwärmeleitungsbau und der wirtschaftliche Nutzen des Verfahrens wurde an der TU-Graz am geotechnischen Labor / Prüfnr. 2045/ 2002 überprüft und bestätigt. Das Material ist natürlichen Ursprungs, österreichischer Herkunft und wurde von KE-KELIT für den Einsatz an Fernwärmerohren patentrechtlich geschützt. Die exklusiven Vertriebsrechte über KE-KELIT sind daher zu beachten.

Detaillierte Informationen und projektbezogene Kalkulation geben wir gerne auf Anfrage.

mehr darüber in unserer Thermosand Broschüre!

Freie Dehnung - Montagelängen

3.15.0

Die freie Dehnung lässt sich wie folgt ermitteln:

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta t \cdot L$$

ΔL = Dehnung, m

L = Rohrlänge, m

α = Ausdehnungskoeffizient, K^{-1}

Δt = Temperaturänderung, K

Beispiel

$$\Delta t = 72 \text{ K}$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$L = 200 \text{ m}$$

Die freie Dehnung kann daher wie folgt berechnet werden.

$$\Delta L = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 72 \cdot 200 = 0,173 \text{ m} = 173 \text{ mm}$$

Reibungskraft (Erdreibkraft)

Die Friktionskraft zwischen Mantelrohr und Sandbett wird pro Rohrlängeneinheit wie folgt bestimmt:

$$F = \frac{(1 + K_0)}{2} \cdot \pi \cdot D \cdot z \cdot \gamma \cdot \mu$$

F = Friktionskraft pro Längeneinheit, N/m

D = Mantelrohrdurchmesser, m

z = Verlegetiefe bis Rohrachse, m

γ = Dichte des Verfüllmaterials, N/m^3

μ = Friktionskoeffizient zwischen Verfüllmaterial und Mantelrohr (im Normalfall 0,4)

K_0 = Verdichtungsdruckbeiwert (normal 0,5)

Beispiel:

$$d = 168,3 \text{ mm}$$

$$D = 250 \text{ mm}$$

$$z = 725 \text{ mm}$$

$$\gamma = 18000 \text{ N/m}^3$$

$$\mu = 0,4$$

$$F = \frac{(1 + 0,5)}{2} \cdot \pi \cdot 0,250 \cdot 0,725 \cdot 18000 \cdot 0,4$$

$$F = 3075 \text{ N/m}$$

Montagelänge

Mit zunehmendem Abstand vom Ausdehnungselement vergrößert sich die Druckspannung im Stahlrohr.

Die max. zulässige Druckspannung im Stahlrohr bestimmt die max. zulässige Montagelänge $L_{\max}$.

$L_{\max}$ lässt sich wie folgt bestimmen:

$$L_{\max} = \frac{\sigma_{a \text{ zul.}} \cdot A}{F}$$

$L_{\max}$ = max. Montagelänge, m

$\sigma_{a \text{ zul.}}$ = zulässige Druckspannung im Stahlrohr, N/mm^2

A = Querschnittsfläche des Stahlrohres, mm^2

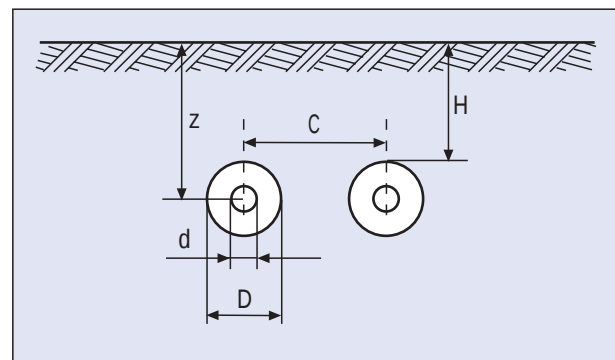
Beispiel

$$\sigma_{\text{zul.}} = 150 \text{ N/mm}^2$$

$$A = 2065 \text{ mm}^2$$

$$L_{\max} = \frac{150 \cdot 2065}{3075} = 101 \text{ m}$$

In den Tabellen auf der folgenden Seite sind F und $L_{\max}$ für die verschiedenen Dimensionen zu finden.



Montagelängen - Tabelle Serie 1

3.16.0

Die folgende Tabelle zeigt die zusammengehörigen Werte von Rohrdimension d, Überdeckung H, Friktionskraft F und maximaler Montagelänge $L_{\max}$ für gedämmte Rohre (Serie 1).

Auf den folgenden Seiten befinden sich entsprechende Tabellen für Serie 2 und Serie 3.

Voraussetzungen

$$\begin{aligned}\gamma &= 18000 \text{ N/m}^3 \\ \mu &= 0,4 \\ \sigma_{\text{zul}} &= 150 \text{ N/mm}^2 \text{ P235 TR1 (St. 37.0)}\end{aligned}$$

Durch- messer Stahlrohr d mm	Wand- dicke Stahlrohr s mm	Stahlrohr- fläche A mm ²	Durch- messer Mantelrohr D mm	Überdeckungshöhe, H					
				0,5 m		0,75 m		1,0 m	
				F N/m	$L_{\max}$ m	F N/m	$L_{\max}$ m	F N/m	$L_{\max}$ m
21,3	2,6	153	90	832	28	1214	19	1596	14
26,9	2,6	198	90	832	36	1214	25	1596	19
33,7	3,2	307	90	832	55	1214	38	1596	29
42,4	2,6	325	110	1036	47	1502	32	1969	25
48,3	2,6	373	110	1036	54	1502	37	1969	28
60,3	2,9	523	125	1193	66	1723	46	2253	35
76,1	2,9	667	140	1354	74	1948	51	2541	39
88,9	3,2	862	160	1574	82	2253	57	2931	44
108,0	3,6	1181	180	1802	98	2565	69	3328	53
114,3	3,6	1252	200	2036	92	2884	65	3732	50
133,0	3,6	1463	200	2036	108	2884	76	3732	59
139,7	3,6	1539	225	2338	99	3292	70	4246	54
159,0	4,0	1948	250	2651	110	3711	79	4771	61
168,3	4,0	2065	250	2651	117	3711	83	4771	65
193,7	4,5	2675	280	3040	132	4228	95	5415	74
219,1	4,5	3034	315	3514	130	4850	94	6186	74
273,0	5,0	4210	400	4750	133	6447	98	8143	78
323,9	5,6	5600	450	5535	152	7443	113	9352	90
355,6	5,6	6158	500	6362	145	8482	109	10603	87
406,4	6,3	7919	560	7410	160	9785	121	12160	98
457,0	6,3	8920	630	8710	154	11382	118	14054	95
508,0	6,3	9930	710	10298	145	13310	112	16321	91
610,0	7,1	13448	800	12215	165	15607	129	19000	106
711,0	7,1	15701	900	14505	162	18322	129	22139	106
813,0	8,0	20232	1000	16965	179	21206	143	25447	119

Montagelängen - Tabelle Serie 2

3.16.1

Durch- messer Stahlrohr d mm	Wand- dicke Stahlrohr s mm	Stahlrohr- fläche A mm ²	Durch- messer Mantelrohr D mm	Überdeckungshöhe, H					
				0,5 m		0,75 m		1,0 m	
				F N/m	L _{max} m	F N/m	L _{max} m	F N/m	L _{max} m
21,3	2,6	153	110	1036	22	1502	15	1969	12
26,9	2,6	198	110	1136	29	1502	20	1969	15
33,7	3,2	307	110	1036	44	1502	31	1969	23
42,4	2,6	325	125	1193	41	1723	28	2253	22
48,3	2,6	373	125	1193	47	1723	32	2253	25
60,3	2,9	523	140	1354	58	1948	40	2541	31
76,1	2,9	667	160	1574	64	2253	44	2931	34
88,9	3,2	862	180	1802	72	2565	50	3328	39
108,0	3,6	1181	200	2036	87	2884	61	3732	47
114,3	3,6	1252	225	2338	80	3292	57	4246	44
133,0	3,6	1463	225	2338	94	3292	67	4246	52
139,7	3,6	1539	250	2651	87	3711	62	4771	48
159,0	4,0	1948	280	3040	96	4228	69	5415	54
168,3	4,0	2065	280	3040	102	4228	73	5415	57
193,7	4,5	2675	315	3514	114	4850	83	6186	65
219,1	4,5	3034	355	4080	112	5586	81	7091	64
273,0	5,0	4210	450	5535	114	7443	85	9352	68
323,9	5,6	5600	500	6362	132	8482	99	10603	79
355,6	5,6	6158	560	7410	125	9785	94	12160	76
406,4	6,3	7919	630	8710	136	11382	104	14054	85
457,0	6,3	8920	710	10298	130	13310	101	16321	82
508,0	6,3	9930	800	12215	122	15607	95	19000	78
610,0	7,1	13448	900	14505	139	18322	110	22139	91
711,0	7,1	15701	1000	16965	139	21206	111	25447	93

Montagelängen - Tabelle Serie 3

3.16.2

Durch- messer Stahlrohr d mm	Wand- dicke Stahlrohr s mm	Stahlrohr- fläche A mm ²	Durch- messer Mantelrohr D mm	Überdeckungshöhe, H					
				0,5 m		0,75 m		1,0 m	
				F N/m	L _{max} m	F N/m	L _{max} m	F N/m	L _{max} m
21,3	2,6	153	125	1193	19	1723	13	2253	10
26,9	2,6	198	125	1193	25	1723	17	2253	13
33,7	3,2	307	125	1193	39	1723	27	2253	20
42,4	2,6	325	140	1354	36	1948	25	2541	19
48,3	2,6	373	140	1193	47	1723	32	2253	25
60,3	2,9	523	160	1574	50	2253	35	2931	27
76,1	2,9	667	180	1802	56	2565	39	3328	30
88,9	3,2	862	200	2036	63	2884	45	3732	35
108,0	3,6	1181	225	2338	76	3292	54	4246	42
114,3	3,6	1252	250	2651	71	3711	51	4771	39
133,0	3,6	1463	250	2651	83	3711	59	4771	46
139,7	3,6	1539	250	2651	87	3711	62	4771	48
159,0	4,0	1948	315	3514	83	4850	60	6186	47
168,3	4,0	2065	315	3514	88	4850	64	6186	50
193,7	4,5	2675	355	4080	98	5586	72	7091	57
219,1	4,5	3034	450	5535	82	7443	61	9352	49
273,0	5,0	4210	500	6362	99	8482	74	10603	60
323,9	5,6	5600	560	7410	113	9785	86	12160	69
355,6	5,6	6158	630	8710	106	11382	81	14054	66
406,4	6,3	7919	710	10298	115	13310	89	16321	73
457,0	6,3	8920	800	10298	130	13310	101	19000	70
508,0	6,3	9930	900	12215	122	15607	95	22139	67
610,0	7,1	13448	1000	16965	119	21206	95	25447	79

Verlegemethode 1 - ohne Vorwärmung

3.17.0

Beim Verlegen ohne Vorwärmung des Systems den Rohrgraben vor der Inbetriebnahme der Rohre verfüllen.

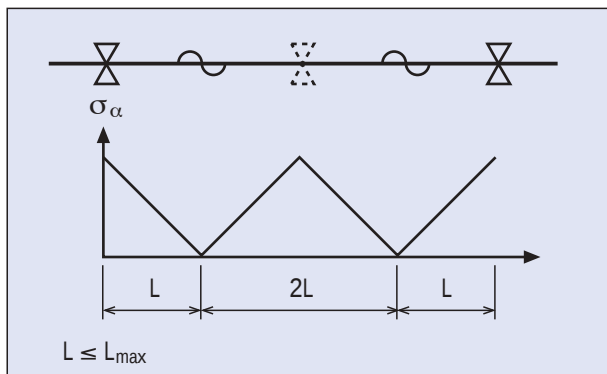
Die Ausdehnung wird in Axialkompensatoren oder Dehnungsschenkeln aufgenommen. Der Abstand zwischen diesen ist von der Friktionskraft zwischen Rohr und Sandbett sowie der für das Stahlrohr zulässigen Spannung abhängig.

Montagelängen

Die Axialkraft und damit die Axialspannung wächst mit zunehmendem Abstand zum Kompensationselement. Die zulässige Spannung im Stahlrohr begrenzt die Montagelänge L.

L darf daher nicht größer als $L_{\max}$ sein.

Die Friktionskraft F zwischen Mantelrohr und Verfüllmaterial sowie $L_{\max}$ sind im Abschnitt „Montagelängen“ zu finden.



Ausdehnung

Die Dehnung des Stahlrohres nach dem Verfüllen des Rohrgrabens lässt sich wie folgt ermitteln:

$$\Delta L = \alpha (t_B - t_M) L - \frac{F \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot A}$$

ΔL = Ausdehnung, m

α = Ausdehnungskoeffizient für Stahlrohr,
 $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

t_B = Betriebstemperatur, °C

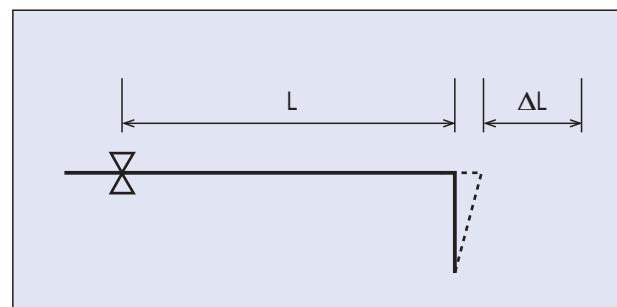
t_M = Montagetemperatur, °C

L = Rohrlänge, m

A = Stahlrohrfläche, mm^2

E = Elastizitätsmodul; $2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ für Stahl

F = Friktionskraft, N/m



Die durch inneren Überdruck entstandenen Tangentialspannungen sind hierbei nicht berücksichtigt, da diese auf die Dehnung nur geringen Einfluss haben.

Zur Dehnungsaufnahme bestimmte Bogen müssen mit Dehnpolster versehen werden.

Beispiel

- d = 168,3 mm
- D = 250 mm = 0,25 m
- h = 0,6 m => z = 0,725 m
- γ = 18000 N/m³
- μ = 0,4
- t_B = 90°C
- t_M = 20°C
- L = 120 m
- A = 2065 mm²

Hieraus ergibt sich

- F = 3075 N/m
- ΔL = 0,050 m = 50 mm

Fortsetzung: 3.17.1 >

Verlegemethode 1 - ohne Vorwärmung

3.17.1

Abzweigungen

Abzweigungen, die sich nicht in der Mitte zwischen zwei Kompensatoren oder neben einem Festpunkt befinden, werden entsprechend den Seitwärtsbewegungen, denen sie ausgesetzt sind, mit Dehnpolstern versehen.

Mit der folgenden Formel können Seitwärtsbewegungen berechnet werden:

$$\Delta L_T = \alpha (t_B - t_M) L - \frac{F \cdot (2L - L_T) \cdot L_T}{2 \cdot E \cdot A}$$

ΔL_T = Bewegung im Abzweigpunkt, m

α = Ausdehnungskoeffizient für Stahl,
 $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

t_B = Betriebstemperatur, °C

t_M = Montagetemperatur, °C

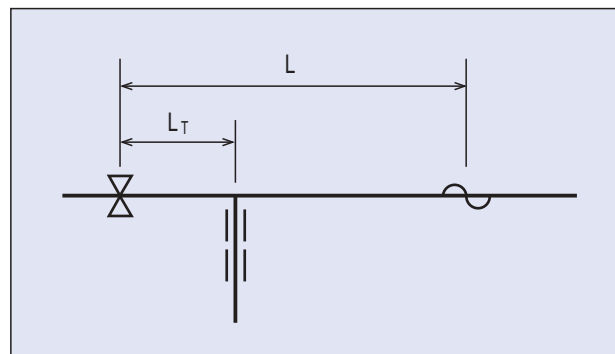
L = Rohrlänge, m

L_T = Abstand zwischen Abzweigung und
 nächstem Festpunkt, m

A = Stahlrohroberfläche, mm^2

E = Elastizitätsmodul; $2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ für Stahl

F = Friktionskraft, N/m



Verlegemethode 2 - wärmevorgespannt

3.18.0

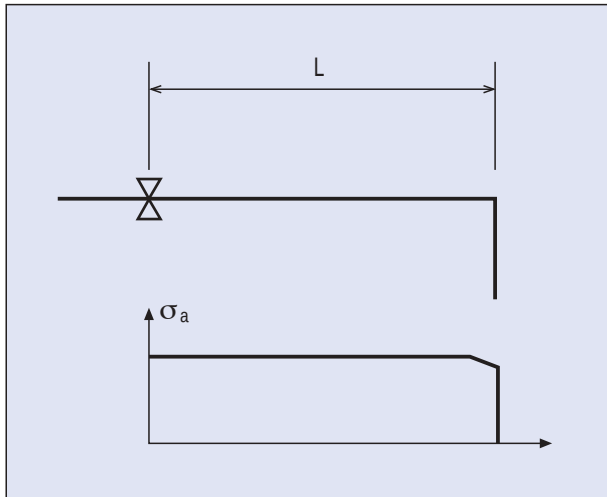
Bei dem wärmevorgespannten System werden die Rohre vor dem Verfüllen auf eine Temperatur zwischen Montage- und Betriebstemperatur erwärmt.

Die Vorwärmung kann sowohl mit Systemwasser, Warmluft, Vakuumdampf oder elektrisch erfolgen.

Nach dem Verfüllen wird das System auf Betriebstemperatur erwärmt.

Bei einer späteren Abkühlung des Systems, unter Vorwärmtemperatur entstehen Zugspannungen im Stahlrohr.

Bei der Wahl der Vorwärmtemperatur darauf achten, dass die Druckspannung bei der Betriebstemperatur und die Zugspannung bei der Abkühlung gleich groß sind und die zulässigen Spannungswerte nicht übersteigen.



Wenn es die Bettungsreaktionskräfte des Umhüllungsmaterialies zulassen, geht die Restdehnung gegen Null, ohne dass die Rohrstatik im Bogenbereich überlastet wird. Dadurch kann der Einsatz von Dehnpolstern unterbleiben.

In Sonderfällen ist ein EDV-gestützter Nachweis der Rohrstatik empfehlenswert.

Die Axialspannung im fixierten Bereich werden wie folgt ermittelt.

$$\sigma_a = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

σ_a = Axialspannung, N/mm²
 E = Elastizität, N/mm²
 α = Ausdehnungskoeffizient, K⁻¹
 Δt = Temperaturänderung, K

Wenn $(t_B - t_M) \leq 120$ K ist, wird die Vorwärmtemperatur wie folgt berechnet:

$$t_{\text{vor}} = \frac{(t_M + t_B)}{2}$$

t_M = Montagetemperatur, °C
 t_B = Betriebstemperatur, °C
 t_{vor} = Vorwärmtemperatur, °C

Beispiel:

$$\begin{aligned}
 t_M &= 10^\circ\text{C} \\
 t_B &= 90^\circ\text{C} \\
 t_{\text{vor}} &= 50^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Abkühlung auf Montagetemperatur:

$$\begin{aligned}
 \Delta t &= 50 - 10 = 40 \text{ K} \\
 \sigma_a &= 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 40 \text{ K} = 101 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Erwärmung auf Betriebstemperatur:

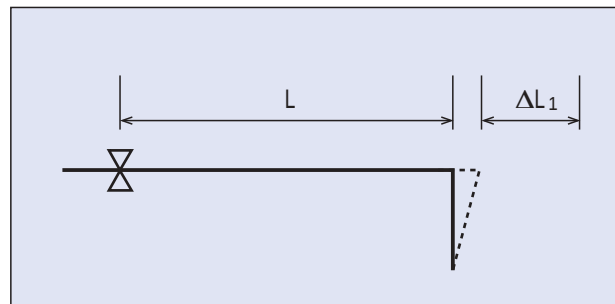
$$\begin{aligned}
 \Delta t &= 90 - 50 = 40 \text{ K} \\
 \sigma_a &= 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 40 = 101 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Wenn die Mediumtemperatur beim Füllen niedriger ist als t_M , wird diese niedrigere Temperatur zur Berechnung von t_{vor} verwandt.

Verlegemethode 2 - wärmevorgespannt

3.18.1

Ausdehnung



Ausdehnung ΔL_1 ist im offenen Rohrgraben bei der Erwärmung auf Vorwärmtemperatur gleich der freien Ausdehnung. Bei ihrer Berechnung wird daher ΔL mit ΔL_1 ersetzt und $\Delta t = (t_{\text{vor}} - t_M)$.

Die Friktion zwischen Mantelrohr und des Sandbettes wird nicht berücksichtigt.

Beispiel

Montage und Betriebstemperatur wie im Beispiel der vorherigen Seite.

$$\Delta t = 40 \text{ K}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta L = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 40 \cdot 100 = 0,048 \text{ m} = 48 \text{ mm}$$

In der Praxis kann auf Grund des Eigengewichtes die Friktion zwischen Mantelrohr und Sandbett die Ausdehnung behindern. Dem kann Abhilfe verschafft werden, indem die Rohre während der Erwärmung angehoben werden, oder die Erwärmung in kleinere Strecken unterteilt wird.

Verlegemethode 3 - wärmevorgespannt mit Einmalkompensatoren

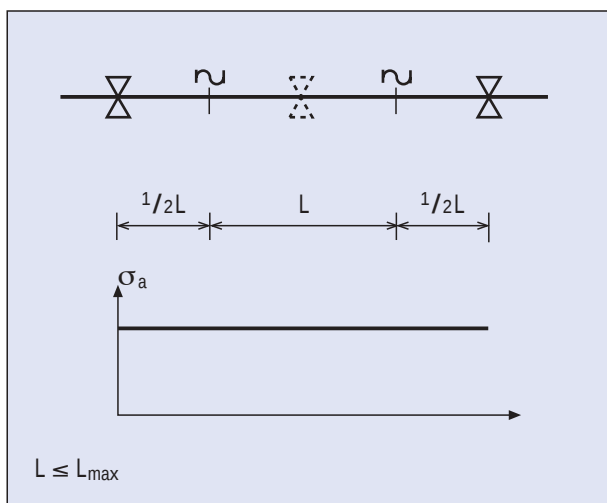
3.19.0

Das wärmevorgespannte System mit Einmalkompensatoren ist eine Kombination des kompensierten und des wärmevorgespannten Systems.

Die Rohre werden in den Rohrgraben gelegt und die Einmalkompensation montiert.

Den Rohrgraben bis auf den Bereich der Einmalkompensatoren verfüllen. Die Rohre werden erst erwärmt, wenn der Graben verfüllt ist.

Der Abstand zwischen zwei Einmalkompensatoren darf $L_{\max}$ nicht übersteigen (vergl. Montagelängen). Der Abstand zwischen einem Kompensator und einem Festpunkt darf $1/2 L_{\max}$ nicht überschreiten.



Einmalkompensatoren werden vor der Montage auf eine bestimmte Dehnungsaufnahme eingestellt. Bei der Erwärmung des Systems nehmen die Kompensatoren diese Ausdehnung auf und werden in dieser Position druckdicht verschweißt. Auf den Einmalkompensatoren ist die maximale Dehnungsaufnahme angegeben.

Die Voreinstellung des Kompensators lässt sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$\Delta L = 1/2 (t_d - t_m) L \cdot \alpha$$

ΔL = Die im Kompensator aufzunehmende Ausdehnung, m

α = Ausdehnungskoeffizient, K^{-1}

t_B = Betriebstemperatur, $^{\circ}C$

t_M = Montagetemperatur, $^{\circ}C$

L = Abstand zwischen zwei Einmalkompensatoren (doch höchstens $L_{\max}$), m

Beispiel

$$L = 100 \text{ m}$$

$$t_M = 8^{\circ}C$$

$$t_B = 80^{\circ}C$$

$$\Delta L = 1/2 (80 - 8) \cdot 100 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta L = 0,043 \text{ m}$$

Der Einmalkompensator wird auf 43 mm eingestellt.

Abzweigungen

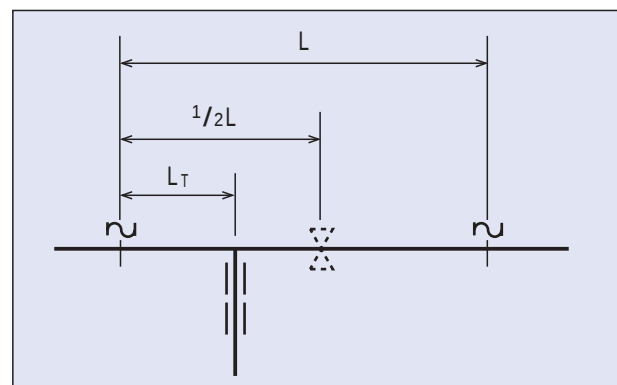
Abzweigungen, die sich nicht in der Mitte zwischen zwei Kompensatoren oder neben einem Festpunkt befinden, werden entsprechend den Seitwärtsbewegungen, denen sie ausgesetzt sind, mit Dehnpolstern versehen.

Die Seitwärtsbewegungen am Abzweig können wie folgt berechnet werden.

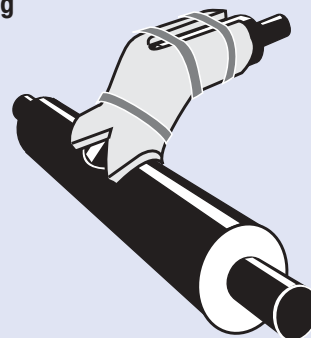
$$\Delta L_T = 1/2 (t_B - t_m) \cdot (1/2 L - L_T) \alpha$$

ΔL_T = Bewegungen am Abzweig, m

L_T = Abstand zwischen Abzweig und nächstem Einmalkompensator, m



Abzweig



zu Komponenten 4.24.0 >

Dehnungsaufnahme - Dehnpolster

3.20.0

Bei Dehnungsaufnahme in L-, U oder Z-Bögen sind Dehnpolster entlang des beweglichen Schenkels B zu verwenden.

Die Dehnpolster senkrecht dicht am Mantelrohr anbringen, sodass die Mittelachse des Rohres und Polsters auf waagerechter Ebene zusammenfallen (Dehnungsrichtung).

Es genügt, 2/3 des Schenkels B mit Dehnpolstern zu versehen.

2/3 B = DPL gemäß Seite 5.08.0 >

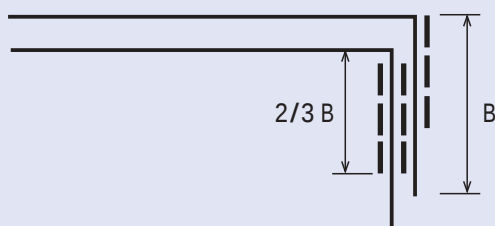
Die Höhe der Dehnpolster muss größer als der Durchmesser des Mantelrohres sein. Für einen Mantelrohrdurchmesser von 400 mm muss die Höhe der Dehnpolster beispielsweise 500 mm betragen.

Bei „Kalt“-Verlegung ist die Dehnschenkelauslegung rohrstatistisch projektbezogen auszulegen.

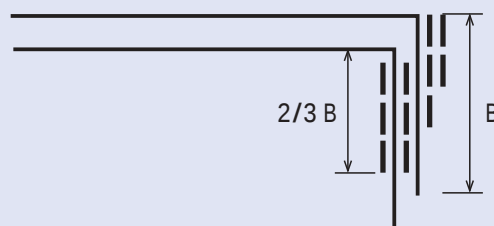
Bei einer Ausdehnung von weniger als 10 mm sind Dehnpolster überflüssig.

Eine Lage Dehnpolster kann 35 mm Ausdehnung aufnehmen.

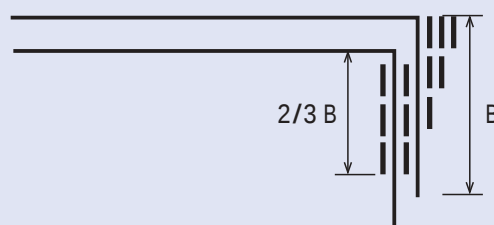
10 mm < ΔL ≤ 35 mm: 1 Lage Dehnpolster



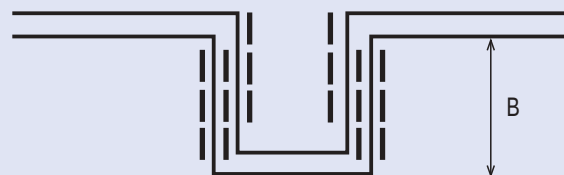
35 mm < ΔL ≤ 70 mm: 2 Lagen Dehnpolster



70 mm < ΔL ≤ 105 mm: 3 Lagen Dehnpolster



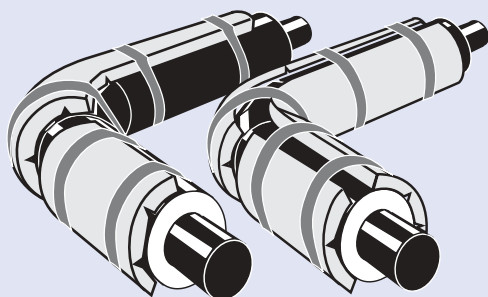
Beispiel



Wichtiger Hinweis:

Eine Dehnungsaufnahme in Bögen ≤ 45° ist nicht zulässig (Alternativ Bogenrohre verwenden).

Rohrschenkel



zu Komponenten 4.24.0 >

U-Bogen:

- d = 168,3 mm
- D = 250 mm
- ΔL = 64 mm (32 mm pr. Schenkel)
- B = 4,5 m (aus der Kurve für U-Bogen entnommen)

Da ΔL pro Schenkel < 35 mm ist, eine Lage Dehnpolster verwenden.

500 mm hohe Dehnpolster wählen.

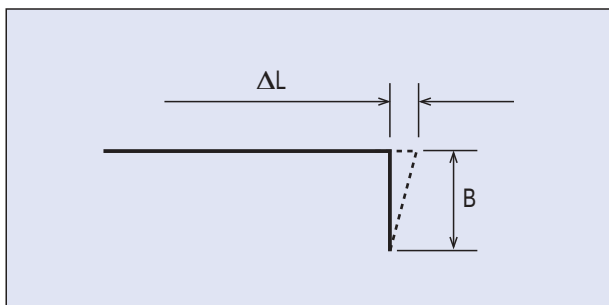
Beide Schenkel des U-Bogens beidseitig auf einer Länge von 2/3 B = 3 m polstern.

Die Länge der Dehnpolster beträgt 1000 mm. Daher insgesamt 18 Dehnpolster verwenden.

Dehnungsaufnahme L-Bogen

3.21.0

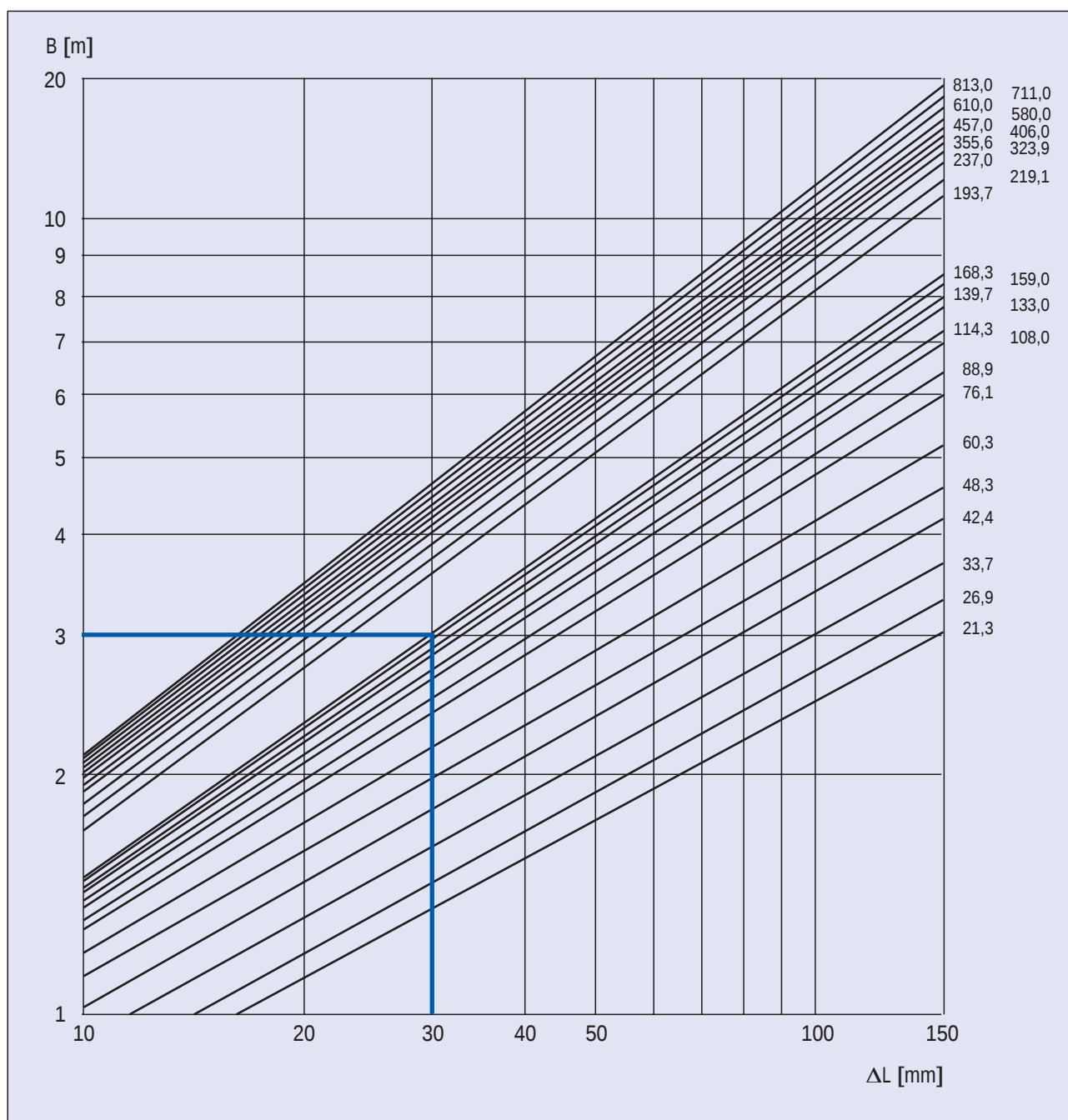
Die folgende Skizze zeigt die Dehnungsaufnahme in einem L-Bogen.



ΔL ist die gemäß der Verlegemethode berechnete Ausdehnung. Mit ΔL wird die erforderliche Länge des beweglichen Schenkels B aus dem Diagramm entnommen.

Beispiel

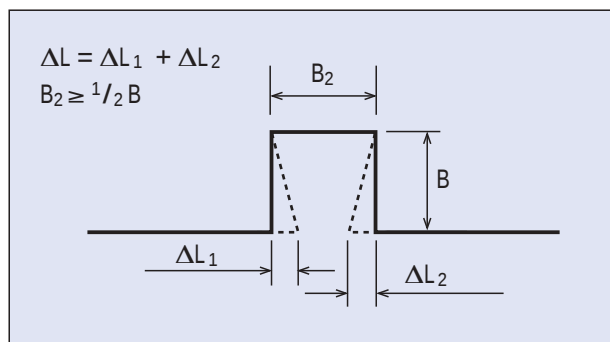
$$d = 168,3 \text{ mm}, \Delta L = 30 \text{ mm}, B = 3,0 \text{ m}$$



Dehnungsaufnahme U-Bogen

3.21.1

Die folgende Skizze zeigt die Dehnungsaufnahme in einem U-Bogen.



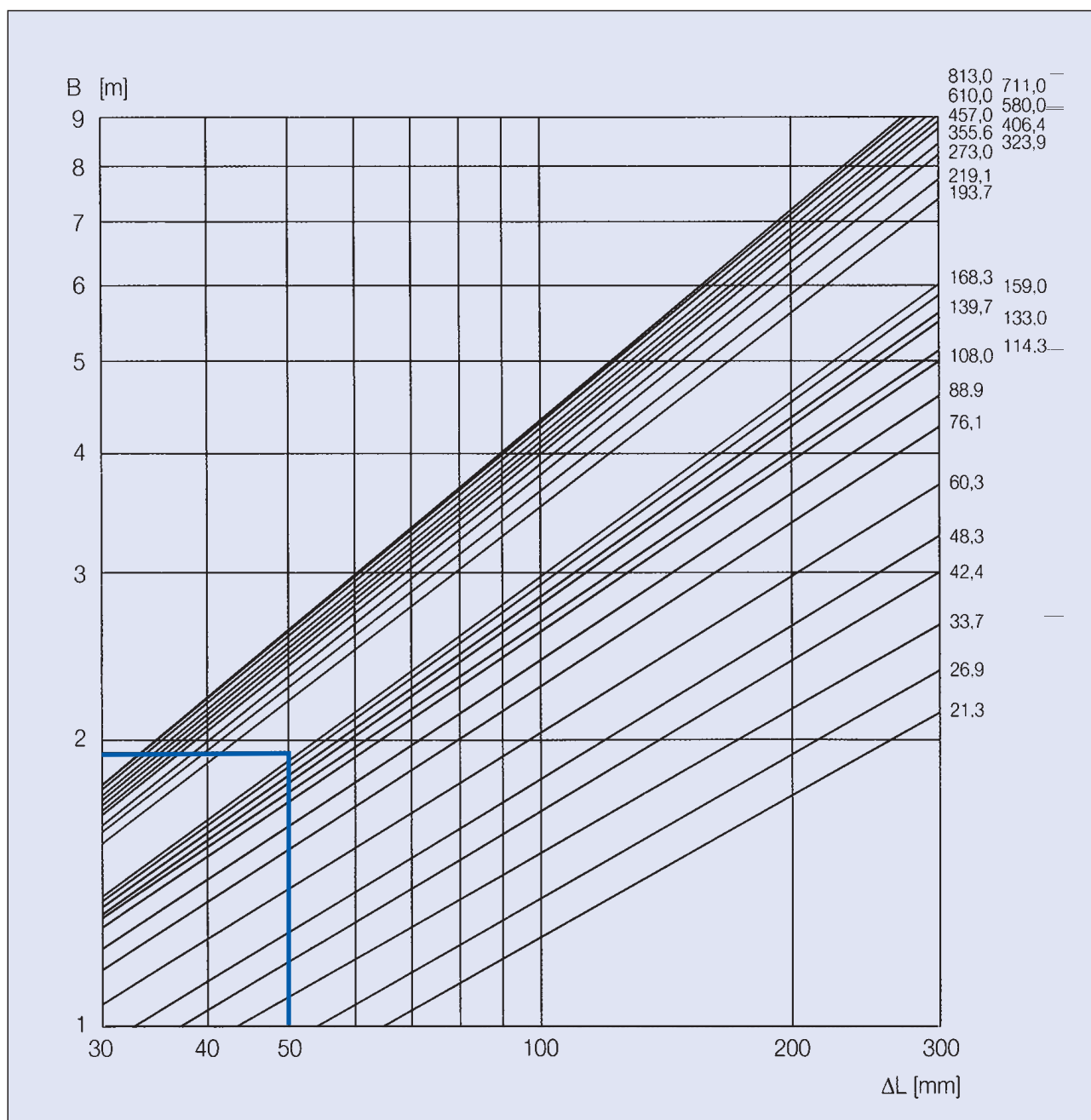
ΔL ist die gemäß der Verlegemethode berechnete Ausdehnung. Wenn ΔL bekannt ist, kann die erforderliche Länge als beweglicher Schenkel B bestimmt werden.

Die Anzahl der Dehnpolster für die Dehnschenkel wird durch die Bewegung ΔL_1 und ΔL_2 bestimmt.

Im unten stehenden Diagramm ist die Länge B als Funktion von ΔL zu entnehmen.

Beispiel

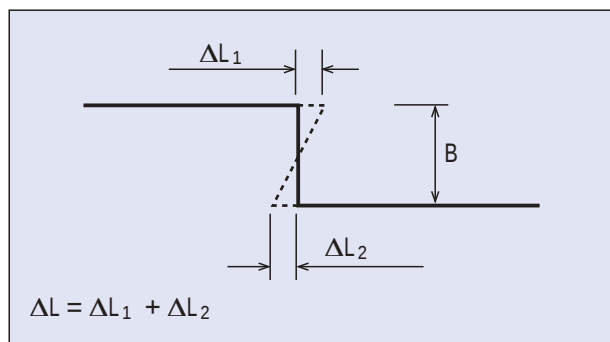
$d = 168,3 \text{ mm}, \Delta L = 50 \text{ mm}, B = 1,9 \text{ m}$



Dehnungsaufnahme Z-Bogen

3.21.2

Die folgende Skizze zeigt die Dehnungsaufnahme in einem Z-Versprung.

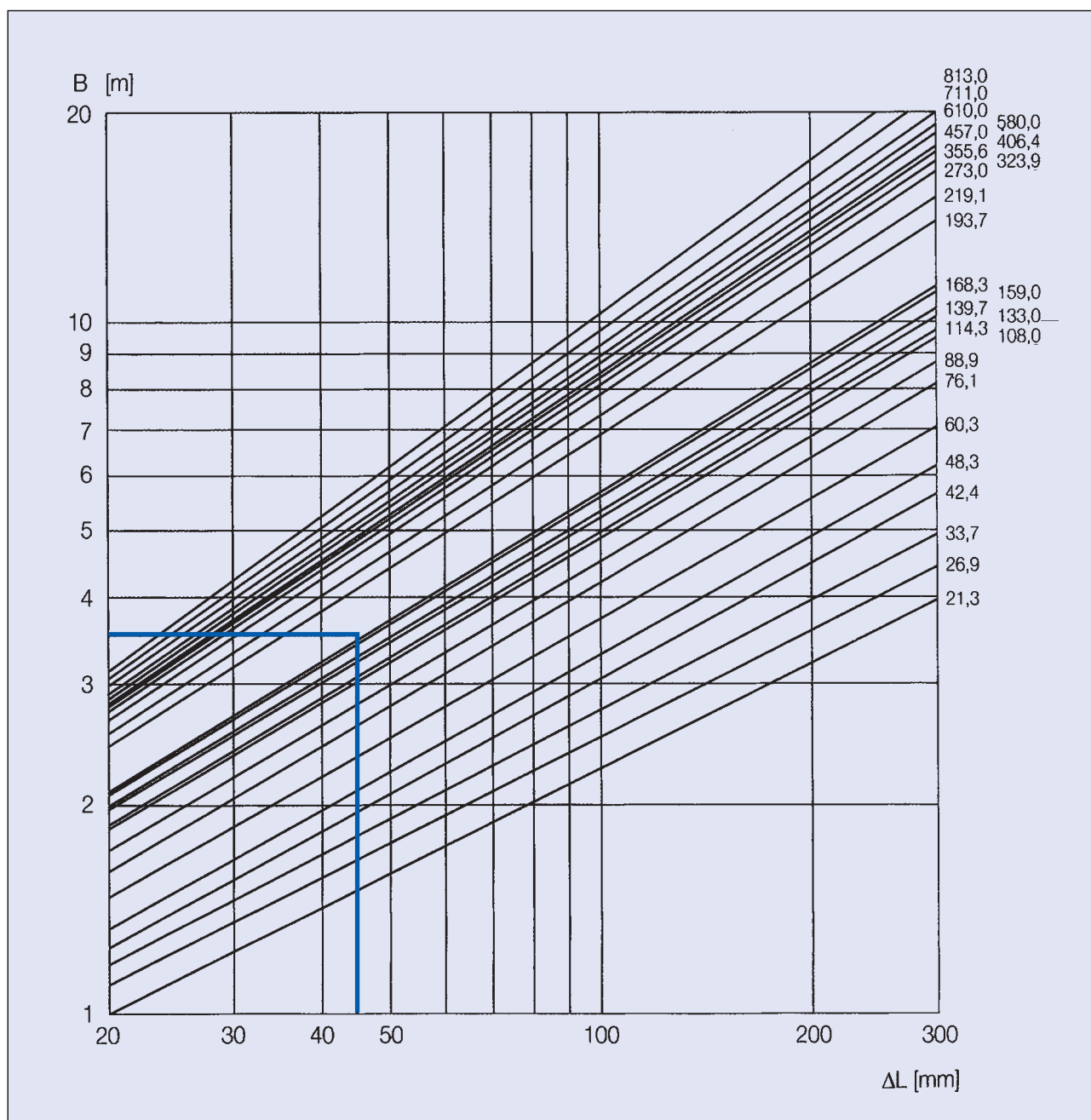


Die gesamte Dehnung wird gemäß der angewendeten Verlegungsmethode errechnet.

Im unten stehenden Diagramm ist die Länge B als Funktion von ΔL zu entnehmen.

Beispiel

$$d = 168,3 \text{ mm}, \Delta L = 45 \text{ mm}, B = 3,5 \text{ m}$$



Festpunkt

3.22.0

Das Festpunktwiderlager muss entsprechend den Bodenverhältnissen dimensioniert werden.

Folgende Angaben sind als Richtlinien zu betrachten.
Der Block muss bis in den gewachsenen Boden reichen.

Die seitliche Verfüllung ist zu verdichten.

Falls der Abfluss von Grundwasser behindert wird, ist für Drainage zu sorgen.

Vor der Inbetriebnahme muss der Betonblock ausgehärtet und die Verfüllung des Grabens einbezogen sein.

Die empfohlene Berechnung der Blockgröße basiert auf folgenden Voraussetzungen:

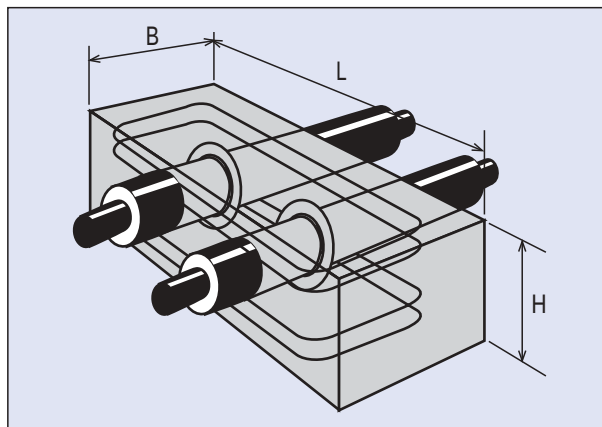
Erddruck : 150 kN/m² auf das gesamte Widerlager

Armierung : BSt 22/34 Gu DIN 448

Beton : Bn 250 DIN 1045

Gerades Rohr

Vorausgesetzt, der Block wird einseitig belastet.



Durchmesser Stahlrohr d mm	Zulässige Axialkraft kN	Betonblock			Armierung	
		L m	H m	B m	Anzahl Ringe	Dim. mm
26,9-48,3	30-60	1,0	0,50	1,0	4	8
60,3-76,1	80-100	1,2	0,50	1,0	4	8
88,9-114,3	130-200	1,8	0,70	1,0	4	10
133,0-139,7	220-250	2,3	0,80	1,0	4	12
159,0-168,3	300	2,3	0,90	1,0	4	12
193,7-219,1	400-500	2,8	1,20	1,0	6	12
273,0	650	3,0	1,50	1,0	6	16
323,9	850	3,8	1,50	1,0	6	20

Es obliegt dem Projektierenden, die erforderliche Blockgröße zu berechnen.

FERROFLEX® - Hausanschlussrohr

3.23.0

Anwendung

- Hausanschlussleitungsrohr geeignet für Fernwärmanlagen nach ÖNORM EN253 (130°C; 25 bar)
- Lieferform: Rolle zu 30m mit 2,3m Durchmesser; Gewicht je Rolle zwischen 50 kg u. 90 kg

Aufbau

- spannungsfrei geglühtes Stahlmediumrohr ST 37. 0
- homogener semiflexibler PUR Isoliermantel
- periodisch strukturiertes PE-Hüllrohr
- BEK -Leckwarndraht

Einsatzbereich

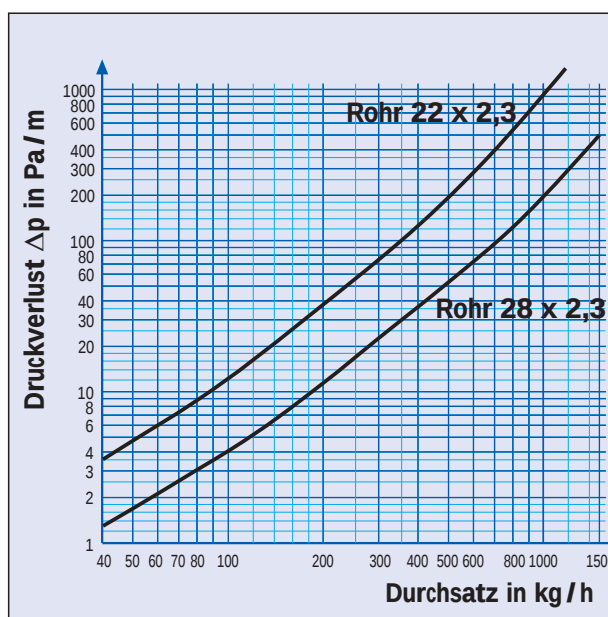
- Verbindungstechnik der Mediumrohre: Warmgasschweißen ohne Verstärkungsringe, ermöglicht durch Normalwanddicke lt. DIN 2458.
- Druck und Temperaturgrenzen eines Stahl-FW- Netzes werden durch den Einsatz von KELIT FERROFLEX®-Rohr nicht eingeschränkt.
- 30 m FERROFLEX® können kalt verlegt werden
- Voll integrierbar in das KELIT- BEK Leckwarnsystem.
- Tagesbaustellen: Mit der Rollenlänge von 30 m lassen sich heikle Passagen beim Tiefbau (z.B. Straßenquerungen + Bachunterführungen) in einem Stück vorab verlegen.
- Minimale Biegeradien : Ø 22 → 600mm
Ø 28 → 800mm

Kurze Bauzeit

- Eine einfache Trassenführung wird durch die Formbarkeit der FERROFLEX®-Rohre ermöglicht. Zwischenverbindungen und Dehn-Bogen entfallen. Die erforderliche Rohrgrabenbreite von 35 - 45 cm ist nur mehr von den Bettungserfordernissen abgeleitet. Auch eine Übereinanderverlegung kann sinnvoll sein. Ein ausreichender Arbeitsfreiraum ist nur mehr an den Anbindungsstellen nötig.

Druckverluste

berechnet mit Rauigkeit $k = 0,04$ mm und Wassertemperatur 100°C



Wärmeverlust

Dimension	22 x 2,3		28 x 2,3	
Wellmantel	86	100	100	120
Mediumtemperatur	Wärmeverlust: [W/lfmRohr]		Wärmeverlust: [W/lfmRohr]	
50°C	6,5	5,8	6,9	6,0
60°C	8,2	7,3	8,7	7,6
80°C	11,4	10,2	12	10,6
100°C	15,3	13,1	15,6	13,6
120°C	18	16,1	19,8	16,6