

## Befestigungstechnik bei thermisch bedingten Rohrlängenänderungen

### Auf jeden Einsatzzweck abgestimmt

Zuverlässig sollen sie sein, schnell und einfach montiert werden können, unausweichliche Längenveränderungen von Rohrleitungen kompensieren, möglichst wenig Wärme wie Schall übertragen und gleichzeitig Brandschutzvorschriften erfüllen. An Rohrbefestigungen werden hohe Anforderungen gestellt. Ein Überblick, welche Faktoren bei der Befestigung von Rohrleitungen eine Rolle spielen und wie sich temperaturbedingte Rohrlängenänderungen auf die Rohrverlegung auswirken.

### Befestigungsabstände

Der Abstand der Rohrleitungsbefestigungen richtet sich nach Rohrmaterial, Betriebsmedium und Betriebstemperatur. Die in Teil 2 der DIN 1988, Abschnitt 3.3.1 empfohlenen Befestigungsabstände für Stahl- und Kupferrohre können nach DVGW-TRGI '86/96, Abschnitt 3.3.7.2 auch für Gasleitungen angenommen werden. Die Abstände von Rohrunterstützungen (Rohrschellen) der übrigen Leitungsführung hat sich an der DIN 1988–2 Abschnitt 3.3.1 und Bild 2 zu orientieren. Erforderliche Mindestbefestigungsabstände für andere Rohrmaterialien geben die Hersteller der Produkte verbindlich vor.

### Rohrlängenveränderungen ausgleichen

Rohrleitungen wie Heizungs- oder Warmwasserleitungen, die sich während des Betriebes einer haustechnischen Anlage erwärmen und wieder abkühlen, dehnen sich je nach Werkstoff unterschiedlich aus. Kälteleitungen dagegen können um eine bestimmte Länge schrumpfen. Eine sieben Meter lange PE-Rohrleitung zum Beispiel dehnt sich bei einem Temperaturanstieg der durchströmenden Flüssigkeit von 20 auf 60 Grad Celsius um 56 Millimeter aus.

Bild 1: Rohr bei geringer Längenausdehnung



*Mit zunehmendem Temperaturanstieg der durchströmenden Flüssigkeit ...*

Bild 2: Rohr bei starker Längenausdehnung



*...dehnt sich das Rohr zunehmend aus.*

Wie groß die jeweilige Längenänderung sein kann, bestimmen die Leitungslänge, der Ausdehnungskoeffizient des Rohrmaterials und die zu erwartende Temperaturdifferenz. Dabei empfiehlt es sich, bei der Berechnung der Längenveränderung die Temperaturdifferenz nicht nur normaler Betriebstemperaturen, sondern maximal möglicher, wie sie etwa bei einem Störfall auftreten könnten, zu berücksichtigen. Auch spielt die Einbautemperatur eine Rolle, wird zum Beispiel an einem heißen Sommertag im Deckenbereich einer Lagerhalle eine Leitung installiert, können dort hohe Temperaturen auftreten. Es muss also immer die am höchsten zu erwartende Temperaturdifferenz berücksichtigt werden. Zur Berechnung der Längenveränderung der Rohrleitung wird folgende Formel angewendet:

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T \text{ [mm]}$$

|            |   |   |
|------------|---|---|
| $\Delta L$ | = | max. Längenänderung des Rohres [mm]                 |
| $L$        | = | Länge der Rohrleitung [m]                           |
| $\alpha$   | = | Ausdehnungskoeffizient [mm/(m × K)] (siehe Infobox) |
| $\Delta T$ | = | max. Temperaturunterschied [K]                      |

### **Beispiel 1:**

Rohrmaterial: Stahl

Rohrlänge: 20 Meter

$T_{\min} = +55 \text{ °C}$

$T_{\max} = +70 \text{ °C}$

Einbautemperatur ( $T_{\text{Einbau}}$ ): +20 °C

$$\Delta T = T_{\max} - T_{\text{Einbau}}$$

$$\Delta T = 70\text{°C} - 20\text{°C}$$

$$\Delta T = \underline{50K}$$

$$\Delta L = 20m \times 0,012mm / m \times K \times 50K$$

$$\Delta L = \underline{\underline{12,0mm}}$$

Mögliche Längenausdehnung des Rohres: 12 mm

### **Beispiel 2:**

Rohrmaterial: Edelstahl

Rohrlänge: 50 Meter

$T_{\min} = +6 \text{ °C}$

$T_{\max} = +12 \text{ °C}$

Einbautemperatur: +35 °C

$$\Delta T = T_{\text{Einbau}} - T_{\min}$$

$$\Delta T = 35\text{°C} - 6\text{°C}$$

$$\Delta T = \underline{29K}$$

$$\Delta L = 50m \times 0,010mm / m \times K \times 29K$$

$$\Delta L = \underline{\underline{14,5mm}}$$

Mögliche Schrumpfung: 14,5 mm

## Infobox Längenausdehnungskoeffizient

Der thermische **Längenausdehnungskoeffizient**  $\alpha$  gibt die **Längenänderung** eines einen Meter langen Körpers bei einer Temperaturänderung von einem Kelvin an:

$$\alpha = \frac{\text{mm}}{(\text{m} \times \text{K})} = \frac{\text{Längenausdehnung in mm}}{(\text{verlegte Rohrlänge in m} \times \text{Temperaturänderung in Kelvin})}$$

Die Längenausdehnung in Millimetern (mm) ergibt sich abhängig von der verlegten Länge in Metern (m) und der Temperaturdifferenz in Kelvin (K). Je länger das verlegte Rohr und je höher die Temperaturdifferenz, desto stärker die gesamte Ausdehnung. Da Längenausdehnungskoeffizienten experimentell bestimmt werden, können die Werte in verschiedenen Tabellen unterschiedlich sein. Für besondere Rohrtypen ist der Koeffizient beim jeweiligen Rohrersteller einzuholen.

### Thermischer Längenausdehnungskoeffizient $\alpha$ ausgewählter Materialien

| Rohrmaterial    | mm/(m × K) |
|-----------------|------------|
| Stahl           | 0,0120     |
| Edelstahl       | 0,0100     |
| Gusseisen       | 0,0115     |
| Kupfer          | 0,0170     |
| Kunststoff - PB | 0,150      |
| Kunststoff - PE | 0,200      |

Thermisch bedingte Längenausdehnung unterschiedlicher Rohrarten (mm)

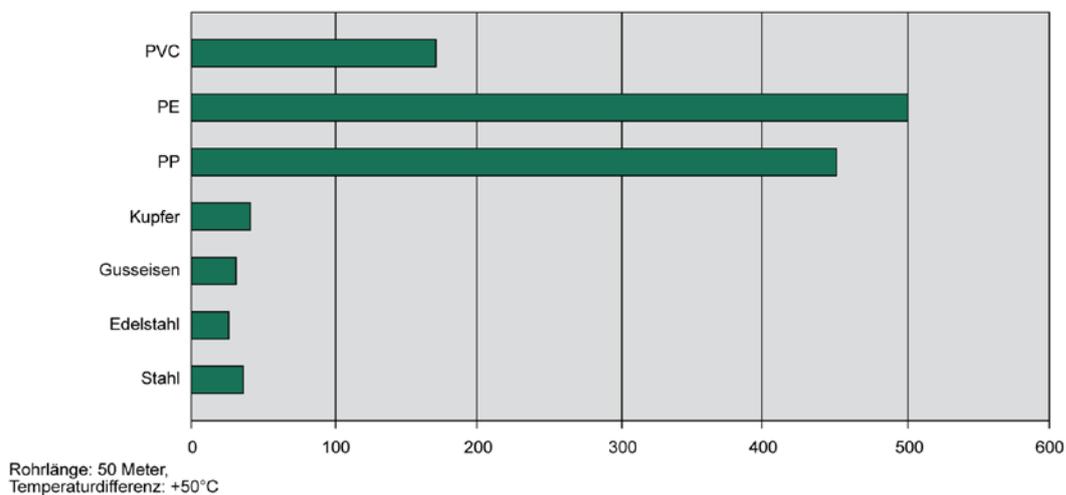


Abb: Thermisch bedingte Längenausdehnung

Um unerwünschte Spannungen im Rohrnetz und daraus resultierende Schäden zu vermeiden, müssen bereits bei der Planung, aber auch bei der Montage von Rohrleitungsanlagen mögliche Längenveränderungen der Rohrleitungen berücksichtigt werden. Eingeplante Dehnungsmöglichkeiten kompensieren auftretende Spannungen und verhindern Schäden in der Rohrleitungsanlage und am Bauwerk.

Längenveränderungen können ausgeglichen werden durch:

- eine komplette Rohrfixierung bei Kunststoffrohren. Sie verhindert eine Ausdehnung auf der gesamten Rohrlänge (Rohrdurchmesser wird größer). Bei Stahlrohren ist diese Befestigungsmöglichkeit ausgeschlossen, da hier extreme Kräfte auf die Rohrbefestigung einwirken würden.
- den natürlichen Leitungsverlauf (durch Richtungsänderungen),  
Biegeschenkel und/oder Dehnungsbögen
  - Leitungswinkel (L- oder Z-Bögen)
  - U-Bögen
  - Lyra-Bögen (Omega-Bögen)
- in die Leitung eingebaute Kompensatoren

## Längenausdehnungen ohne Folgeschäden

In Rohrsystemen mit häufigen Richtungswechseln (z. B. L- oder Z-Bögen) ist die Längenausdehnung der einzelnen Teilstrecken meist so gering, dass sie über die Befestigung (Gewindestangen, Schallschutzeinlage der Rohrschelle) aufgefangen werden kann.

Ist ein häufiger Richtungswechsel nicht gegeben, können unter Einsatz von U- bzw. Lyra-Bögen Dehnungsschenkel erzeugt werden. Reicht das dafür vorzusehende Platzangebot nicht aus, müssen Kompensatoren in die Rohrleitung eingebaut werden. Diese nehmen Bewegungen des Rohres auf und gleichen sie aus. Bei der Planung und Montage von Kompensatoren ist auch der Anlageninnendruck von Bedeutung.

## Berechnung eines Biegeschenkels

Um Flexibilität zu garantieren, bleibt ein so genannter Biegeschenkel frei. Wie groß er sein muss, hängt dabei von der aufzunehmenden maximalen Längenänderung, vom Material der Rohrleitung und vom Leitungsdurchmesser ab. Die Mindestlänge des Biegeschenkels  $L_b$  berechnet man so:

$$L_b = K \times \sqrt{d_a \times \Delta L} \quad [\text{mm}]$$

$L_b$  = Länge des Biegeschenkels [mm]

$K$  = Materialkonstante (da materialabhängig, vom Rohrhersteller einzuholen)

$d_a$  = Außendurchmesser des Rohres [mm]

$\Delta L$  = max. Längenänderung des Rohres [m]

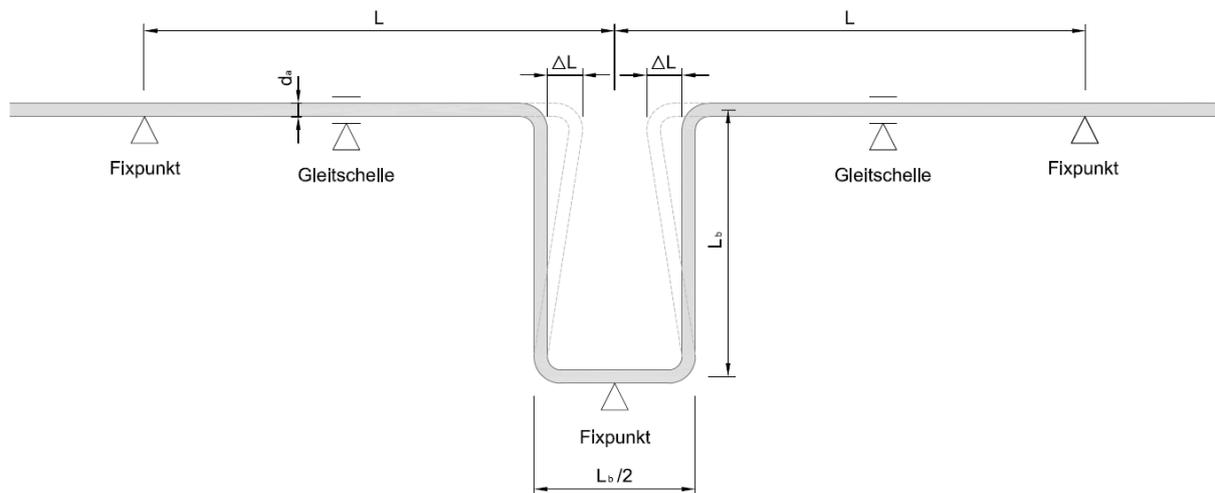


Abbildung: Biegeschenkel

### Beispiel:

Siederrohr nahtlos nach DIN EN 10220 DN65 (76,1 x 2,9 mm) mit einer maximalen Betriebstemperatur von 70 °C, einer Einbautemperatur von 20 °C und einer Leitungslänge von 40 m (20 m Teilstrecke).

$K = 90$ ;  $\alpha = 0,012$ ;  $\Delta T = 50$  K;  $L = 20$  m;  $d_a = 76,1$  mm

$$\Delta L = L \times \alpha \times \Delta T$$

$$\Delta L = 20\text{m} \times 0,012\text{mm} / \text{m} \times K \times 50\text{K}$$

$$\Delta L = 12\text{mm}$$

$$L_b = K \times \sqrt{d_a \times \Delta L}$$

$$L_b = 90 \times \sqrt{76,1\text{mm} \times 12\text{mm}}$$

$$L_b = 90 \times \sqrt{913,2\text{mm}^2}$$

$$L_b = 90 \times 30,22\text{mm}$$

$$L_b = 2719,8\text{mm}$$

Länge des notwendigen Biegeschenkels: 2719,8 mm

### **Berechnung der Festpunktkraft**

Bei Rohrleitungen mit großer Ausdehnung werden Fixpunkte eingesetzt. Sie führen die Ausdehnung in Richtung eines Kompensators oder eines Dehnungsbogens, um auftretenden Kräften entgegenzuwirken. An einem neutralen Punkt installiert, bieten sie Rohrleitungen in beiden Richtungen vom Fixpunkt aus Spielraum. Zwischen den Fixpunkten montierte Gleitstücke ermöglichen dem Rohr freie Ausdehnung. Diese Gleitpunkte (Gleitrohrschellen oder -führungen) bilden schiebende Halterungen zwischen Festpunkten. Dabei ist zu

beachten, dass ein Gleitwiderstand auftritt und die dadurch entstehenden Kräfte auch vom Fixpunkt aufgenommen werden müssen.

Bei einem Dehnungsbogen ist die Distanz der ersten Führungsschelle bis zum Bogen äußerst wichtig. Je kleiner die Distanz, desto größer sind die benötigten Kräfte, um den Bogen zu biegen und die Rohrausdehnung aufzunehmen. Die dabei entstehenden Kräfte werden auf den Fixpunkt übertragen.

Zur Auswahl des richtigen Fixpunktes ist es notwendig,

- Material des Rohres
- Durchmesser und Wandstärke des Rohres
- die Betriebsbedingungen, insbesondere Minimal- und Maximaltemperatur
- den Maximaldruck im Rohrrinneren (beim Einbau von Kompensatoren)

zu kennen.

Die auf einen Festpunkt axial wirkende Kraft  $F_f$  errechnet sich aus

$$F_f = F_w + F_b \quad [\text{N}]$$

wobei die Reibungskraft  $F_w$  von der Reibungszahl  $\mu$  der Gleitbefestigung, der Belastung  $F_p$  (Rohrgewicht) je Gleitpunkt und der Anzahl der Gleitpunkte abhängig ist.

$$F_w = F_p \times \mu \times A_{\text{Bef}} \quad [\text{N}]$$

Die Biegungskraft  $F_b$  basiert auf dem Trägheitsmoment  $I$  des Rohres,

$$I = \frac{\pi \times (d_a^4 - d_i^4)}{64} \quad [\text{mm}^4]$$

der Länge des Dehnungsbogens  $L_b$ ,

$$L_b = K \times \sqrt{d_a \times \Delta L} \quad [\text{mm}]$$

der maximal zulässigen Spannung des Rohres sowie des Rohraußendurchmessers und wird berechnet

$$F_b = \frac{\sigma \times I}{d_a \times L_b}$$

$F_f$  = auf den Festpunkt axial einwirkende Kraft [N]

$F_w$  = Reibungskraft [N]

$F_b$  = Biegungskraft des Dehnungsbogens [N]

$F_p$  = Belastung (Rohrgewicht) je Gleitpunkt [N]  
[mm]

$\mu$  = Reibungszahl

$A_{\text{Bef}}$  = Anzahl der Gleitbefestigungen

$\sigma$  = max. zulässige Spannung [N/mm<sup>2</sup>]

$I$  = Trägheitsmoment [mm<sup>4</sup>]

$\pi$  = Kreiszahl Pi 3,142

$d_a$  = Rohraußendurchmesser [mm]

$d_i$  = Rohrrinnendurchmesser [mm]

$L_b$  = Länge des Dehnungsbogens

$K$  = Materialkonstante

$\Delta L$  = Längenausdehnung [mm]

## **Beispiel:**

Siederrohr nahtlos nach DIN EN 10220 DN65 (76,1 x 2,9 mm) mit einer maximalen Betriebstemperatur von 70 °C, einer Einbautemperatur von 20 °C, einer Leitungslänge von 40 m und einem Befestigungsabstand von 3,50 m.

$$\begin{aligned}\sigma &= 235 \text{ N/mm}^2 \\ d_a &= 76,1 \text{ mm} \\ d_i &= 70,3 \text{ mm} \\ L_b &= 2719,8 \text{ mm} \\ F_p &= 114,77 \text{ N/m} \\ K &= 90\end{aligned}$$

$$I = \frac{\pi \times (d_a^4 - d_i^4)}{64}$$

$$I = \frac{\pi \times [(76,1\text{mm})^4 - (70,3\text{mm})^4]}{64}$$

$$I = \underline{447375,54\text{mm}^4}$$

$$F_b = \frac{\sigma \times I}{d_a \times L_b}$$

$$F_b = \frac{235\text{N/mm}^2 \times 447375,54\text{mm}^4}{76,1\text{mm} \times 2719,8\text{mm}}$$

$$F_b = \underline{507,95\text{N}}$$

$$F_w = F_p \times \mu \times A_{\text{Bef}}$$

$$F_w = 344,33\text{N} \times 0,3 \times 6$$

$$F_w = \underline{619,8\text{N}}$$

$$F_f = F_w + F_b$$

$$F_f = 619,8\text{N} + 507,95\text{N}$$

$$F_f = \underline{\underline{1127,75\text{N}}}$$

**>> Auf den Festpunkt axial einwirkende Kraft: 1 127,75N**

## **Wie können wir Ihnen behilflich sein?**

Möchten Sie mehr Details über unsere Produkte erfahren? Oder wünschen Sie eine von uns ausgearbeitete Lösung für Ihren speziellen Anwendungsfall? Dann kontaktieren Sie uns!