

WÄRMEDEHNUNG

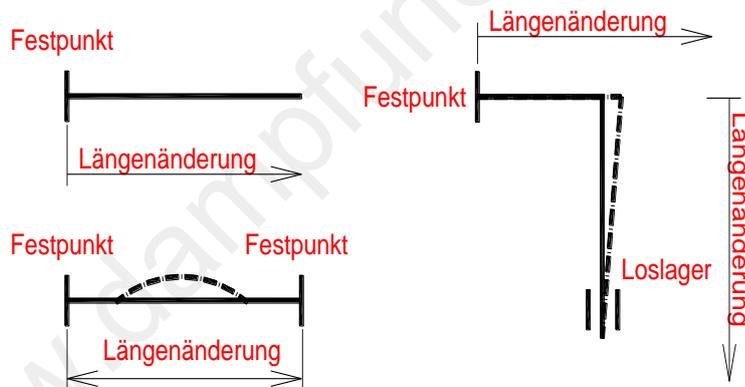
Wie allgemein bekannt, ist es eine Eigenschaft von Metall, sich bei Erwärmung auszu dehnen. Abhängig von der Temperatur des durchströmenden Dampfes oder Kondensats ändert sich die Länge der Rohrleitung. In Folge der Längenänderung können an Anschlüssen von Behältern, Pumpen oder Armaturen enorme Kräfte auftreten. Um mit der Rohrleitung verbundene Anlagen oder Geräte vor Schäden zu schützen, ist es wichtig, die temperaturabhängige Längenänderung zu beachten.

In Rohrleitungen eingebaute Kompensatoren können unvermeidbare Längenänderungen aufnehmen. Die Lieferanten von Kompensatoren können mit Hilfe von Berechnungsprogrammen Längenänderungen von Rohrleitungssystemen sehr genau bestimmen. Durch die geschickte Anordnung von Kompensatoren und verschiedenster Halterungen, sog. Festlager und Loslager, lassen sich auch große Längenänderungen und Bewegungen kompensieren.

Der Betreiber einer Dampf- und Kondensatanlage sollte die Ursachen und die Wirkung von Längenänderungen einer Rohrleitung kennen. Mit einfachen Berechnungen kann der Betreiber oder Planer ermitteln, ob eine Rohrleitung elastisch genug ist, um die entstehenden Kräfte auf Grund von Wärmedehnung aufzunehmen. *(Rohrleitungen und Wärmedehnung siehe auch im Kapitel Beispiele und im Nachschlagewerk.*

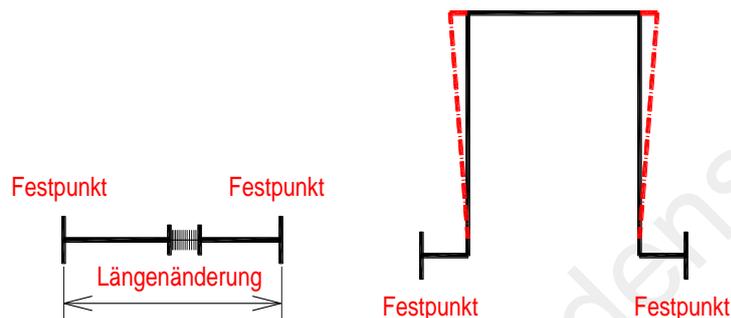
Festpunkt:

- z.B. - Anschluss an Behälter
- Anschluss an Pumpe
- stabile Halterung



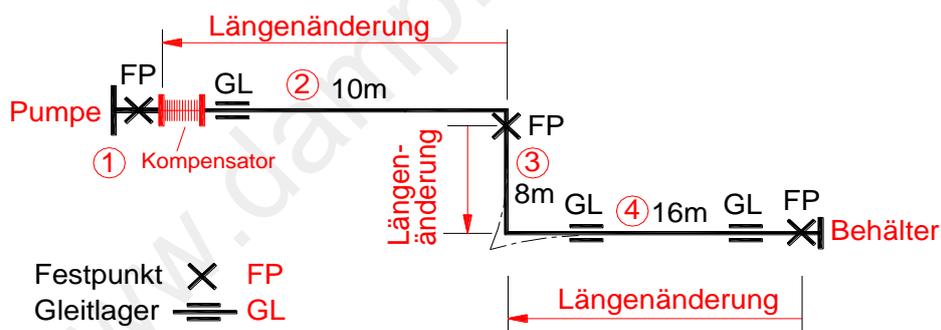
Einfache Grundregeln beim Verlegen von Dampf- und Kondensatorrohrleitungen:

- ⇒ Flanschverbindungen sollten nicht durch seitliches Verschieben belastet werden
- ⇒ Anschlüsse von Pumpen, Apparaten usw. durch Festpunkte (stabile Halterung) schützen
- ⇒ Prüfen, ob es nicht kostengünstiger ist, zusätzliche Rohrbögen in eine gerade Rohrleitung zu montieren statt einen Kompensator als Dehnungsausgleich zu verwenden
- ⇒ Kompensatoren benötigen ebenfalls spezielle Halterungen



► BEISPIEL FÜR EIN ROHRSYSTEM

Rohr: DN 80
Material: ST35.8
Medium: Kondensat mit 165°C



Beschreibung der Abschnitte des Rohrsystems

Punkt 1:

- Die Rohrleitung ist an der Druckseite einer Pumpe angeschlossen
- Die Pumpe ist vor auftretenden Kräften auf Grund von Wärmedehnung zu schützen
- deshalb wurde direkt hinter der Pumpe ein Kompensator montiert
- der Kompensator wird durch zwei Halterungen geführt
- FP: - stabile Halterung, Befestigung z.B. auf Bodenplatte
- GL: - Gleitlager leitet die Kraft in axialer Richtung auf den Kompensator und verhindert so ein Verbiegen des Kompensators

Abschnitt 2: Rohrlänge 10m

- FP zwischen Abschnitt 2 und 3 bewirkt eine Längenänderung in Richtung Kompensator

Abschnitt 3: Rohrlänge 8m

- Rohrschenkel muss lang genug sein, um die Längenänderung von Abschnitt 4 aufzunehmen, Längenänderung vom Behälter in Richtung Pumpe (Ermittlung der Länge des Rohrschenkels später dazu mehr)

Abschnitt 4: Rohrlänge 16m

- Anschluss am Behälter, kurz vor dem Behälter ist ein Festpunkt montiert
- Rohrdehnung aus Abschnitt 4 wird durch den ausreichend langen Rohrschenkel von Abschnitt 3 aufgenommen

Rechnerische Ermittlung der Rohrdehnung

Ermittlung der Längenänderung am Kompensator vor der Pumpe:

Rohrlänge bis zum Kompensator: 10m

Entsprechend Tabelle : Längenänderung bei 150°C: 18mm

Längenänderung bei 200°C: 25mm

Der Kompensator muss bei einer Temperatur von 165°C eine Längenänderung von ca. 22mm (!) aufnehmen.

Tabelle Rohrdehnung (Q2):

Rohrlänge [m]	Längenänderung [mm] bei einer Temperatur von		
	100°C	150°C	200°C
5	5	9	13
10	10	18	25
20	20	30	50
30	30	50	70
40	45	60	90
50	55	80	120
60	65	90	150
70	75	110	180
80	90	130	200
90	100	150	210
100	110	170	230

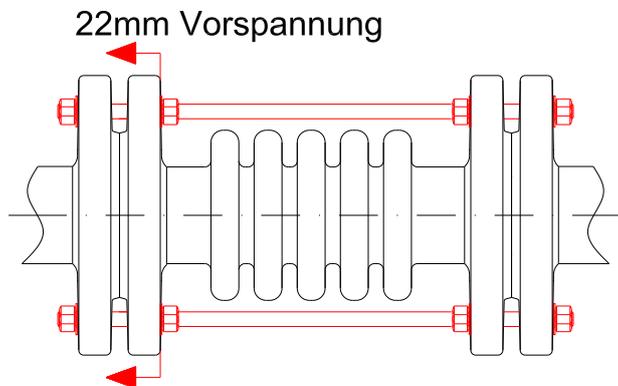
(Angaben zur Längenänderung sind ungefähre Werte, welche für eine Überprüfung der Wärmedehnung genügen. siehe hierzu auch im Nachschlagewerk)

Die Längenänderung ist nur vom verwendeten Material und der Temperatur abhängig. Der Durchmesser der Rohrleitung bzw. die Wandstärke haben keinen Einfluss.

Achtung!:

Im kalten Zustand, z.B. bei Betriebsstillständen, verkürzt sich die Rohrleitung um ca. 22 mm.

Der Kompensator wird im kalten Zustand montiert. Deshalb wird eine sog. Vorspannung benötigt. D.h., bei Montage wird der Kompensator mittels Gewindestangen um ca. 22 mm gespannt (verlängert) und montiert, damit dieser dann im warmen Zustand die 22 mm Wärmedehnung aufnehmen kann. Das montierte Gleitlager verhindert ein Verbiegen des Kompensators. Die Kraft bzw. die Längenänderung wird so in axialer Richtung in den Kompensator eingeleitet.



Überprüfung des Rohrschenkels Abschnitt 3 und 4

Der Rohrschenkel in Abschnitt 3 muss so lang sein, dass die Wärmedehnung von Abschnitt 3 und 4 vom Rohrsystem aufgenommen werden kann, ohne dass es zu bleibenden Verformungen kommt.

Oder anders gefragt: Wie lang muss die gesamte Rohrlänge zwischen den beiden Festpunkten mindestens sein, damit sich die Rohrleitung nicht bleibend verformt?

Um das herauszufinden, kommt eine einfache Berechnung zur Anwendung.

Formel:

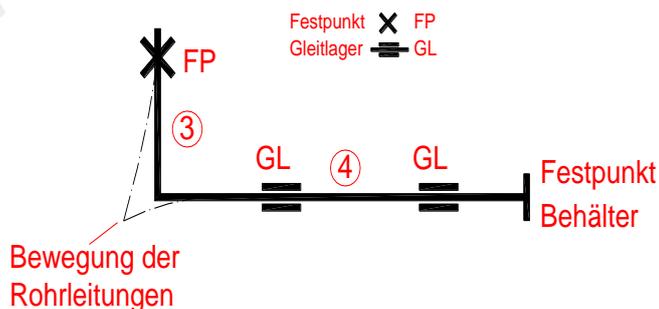
$$\frac{L_g}{L_a} \geq 1 + \frac{T}{45} * \sqrt{\frac{D}{L_a}}$$

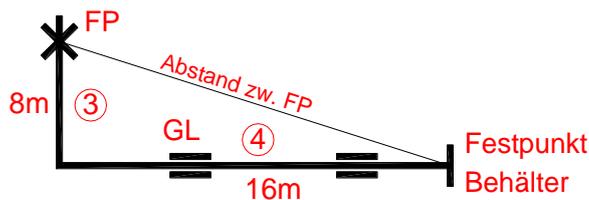
L_g - gesamte Rohrlänge [m]

L_a - Abstand zwischen den Festpunkten [m]

D - Durchmesser Rohrleitung [m]

T - Temperatur [°C]





Der Abstand zwischen den Festpunkten beträgt:

$$La = \sqrt{8^2 + 16^2} = 17,80 \text{ m}$$

Die gesamte Rohrlänge beträgt:

$$Lg = 8,00 \text{ m} + 16,00 \text{ m} = 24,00 \text{ m}$$

Verhältnis zwischen der gesamten Rohrlänge und dem Abstand zwischen den Festpunkten:

$$V = \frac{Lg}{La} = \frac{24,00 \text{ m}}{17,80 \text{ m}} = 1,35$$

Da die Elastizität einer Rohrleitung auch von Ihrem Durchmesser abhängt:
(ein dünnes Rohr lässt sich leichter verbiegen als ein dickes Rohr)

Außendurchmesser: 0,0889 m (DN80)

Nun fehlt noch die Temperatur, bei welcher sich das Rohr verbiegt:

Temperatur Kondensat: 165°C

Formel zur Bestimmung ob ein Rohrsystem elastisch genug ist:

$$\frac{Lg}{La} \geq 1 + \frac{T}{45} * \sqrt{\frac{D}{La}}$$

Damit das Rohrsystem die Bewegung aus der Wärmedehnung aufnehmen kann, muss das Verhältnis (Lg zu La) aus der Gesamtröhrlänge zum Abstand zwischen den Festpunkten größer sein.

$$\frac{Lg}{La} \geq 1 + \frac{165}{45} * \sqrt{\frac{0,0889\text{m}}{17,8\text{m}}}$$

Ergebnis des Vergleichs: 1,35 ≥ 1,26

Das Verhältnis aus gesamter Rohrlänge (Lg) zum Abstand zwischen den Festpunkten (La) beträgt 1,35.

D. h., Lg müsste mindestens $La \times 1,26 = 22,4$ m betragen, damit die Rohrschenkel Abschnitt 3 und Abschnitt 4 keine bleibende Verformung auf Grund der Wärmedehnung erfahren.

Da die gesamte Rohrleitung 24 m (8+16) beträgt, ist dies (noch) ausreichend. Würde bei dem Vergleich herauskommen, dass die Rohrleitung länger als die tatsächlich montierte Rohrlänge von 24 m sein müsste, so wäre das System der Rohrschenkel zu starr. Die Rohrschenkel müssten länger gewählt werden.

Kräfte, auf Grund von Rohrdehnung, sind nicht zu unterschätzen. Es ist schon oft vorgekommen, dass im warmen Zustand Armaturen plötzlich nicht mehr richtig öffnen oder schließen.

Hinweis: Im Kapitel Planung / Beispiele ist noch eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung der Längenänderung von Rohrleitungen auf Grund von Wärmedehnung aufgeführt. (*Wärmedehnung und Rohrleitungen siehe auch im Nachschlagewerk*)

Noch ein paar Informationen zu Kompensatoren

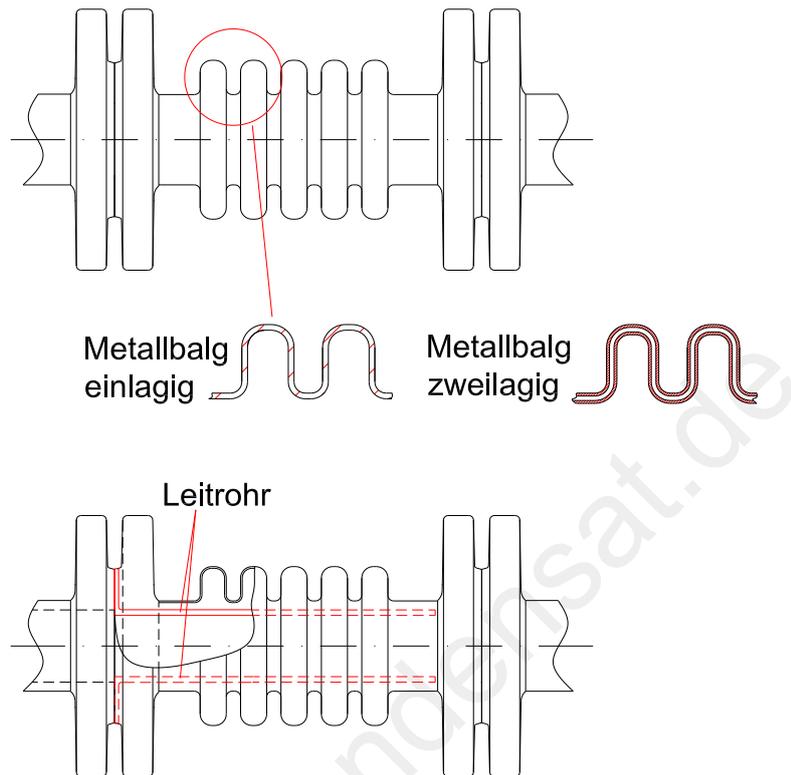
Kompensatoren (kompensieren) gleichen die Bewegungen der Rohrleitungen auf Grund von Wärmedehnung aus.

Kompensatoren können Anlagenteile aber auch vor Fundamentsenkungen, Schwingungen und Druckstößen und den damit verbundenen Bewegungen der Rohrleitungen schützen.

Kompensatoren können nicht nur geradlinig gerichtete Bewegungen aufnehmen. Dazu müssen diese Kompensatoren aber speziell konstruiert und angeordnet werden.

Kompensatoren werden mit den Rohrleitungen verschweißt, oder mit Hilfe von Flanschen angeschraubt. Ein Kompensator sieht aus wie ein zu einem Rohr gebogenes Waschbrett. Dieses gebogene Waschbrett wird auch als Metallbalg bezeichnet. Die umlaufenden Wellen lassen sich je nach Nennweite und Bauart leicht verformen. Der Metallbalg besteht aus einer oder aus mehreren Lagen. Der Metallbalg soll die Rohrbewegung aufnehmen. Gleichzeitig muss dieses dünnwandige aus umlaufenden Wellen bestehende Rohr aber auch druckfest sein.

Bei Innendruck soll sich das Rohr nicht wie ein Luftballon aufblasen. Um dies zu erreichen, werden die Wellen vom Hersteller speziell geformt und angeordnet.



Als Schutz für den Metallbalg werden Leitrohre in den Kompensator montiert. Das Leitrohr ist nur auf einer Seite des Kompensators mit dem Flansch angeschweißt.

Leitrohre kommen bei Dampf- und Kondensatanlagen zur Anwendung bei:

- hohen Strömungsgeschwindigkeiten
- Abrasion (Materialabtrag) auf Grund von hoher Strömungsgeschwindigkeit z.B. bei Kondensat

Es gibt die verschiedensten Bauformen und Konstruktionen von Kompensatoren. Bei speziellen Problemen kann der Hersteller beratend unterstützen.

Bei der Entscheidung, ob die Montage eines Kompensator unvermeidbar ist oder nicht, sollte man immer auch darüber nachdenken, daß eventuell auch spezielle Halterungen für den Kompensator notwendig sind. Die Kosten für den Kompensator und die Halterungen sind eventuell höher, als die Kosten für die Anordnung von zusätzlichen Rohrbögen in der Rohrleitung.