BOA® Group

Ratgeber Kompensatoren Modul 4a

- Lateralkompensatoren allgemein
- Standardprogramm (EUB)
- Einbauvorschriften

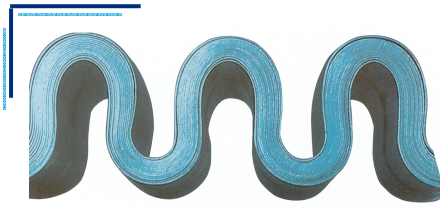
Kompensatoren Ratgeber

Inhalt Modul 4a

1 LATERALKOMPENSATOREN ALLGEMEIN **3**
1.1 Systemberechnungen 5
1.1.1 Lateralkompensatoren für Bewegungsaufnahme in einer Ebene 5
1.1.2 Lateralkompensatoren für Bewegungsaufnahme in Kreisebene 6
1.1.3 Lateralkompensatoren in Drei-Gelenksystemen 8

2 STANDARDPROGRAMM BOA LATERALKOMPENSATOREN (EUB) **9**
2.1 Allgemein 9
2.2 Abminderung 9
2.2.1 Dehnungsaufnahme 9
2.2.2 Temperaturbezogene Hub- und Druckabminderung 10
2.3 Lateralkompensatoren 10
2.3.1 Lateralkompensatoren mit Flanschen 10
2.3.1.1 Typ LFS 10
2.3.1.2 Typ LFB 10
2.3.2 Lateralkompensator mit Schweissenden 11
2.3.2.1 Typ LW 11

3 EINBAUVORSCHRIFTEN LATERALKOMPENSATOREN **12**
3.1 Allgemeine Sicherheitshinweise 12
3.2 Lateralkompensatoren 13
3.3 Montagehinweise 14



Elastomer Umgeformte Bälge (EUB):

- mehr- bis vielfachwandig (2 – 16 Lagen)
- hohe Flexibilität
- kurze Baulänge
- geringe Verstellkräfte
- grosse Hubkapazität
- kleine Wellenhöhe
- schwingungsdämpfend

1 Lateralkompensatoren allgemein

Die Wirkungsweise der Lateralkompensatoren beruht wie die der Angularkompensatoren auf Winkelbewegungen der Stahlbälge. Die Dehnungsaufnahme ist abhängig von der Baulänge bzw. dem Balgmittenabstand: Je grösser die Baulänge bzw. der Balgmittenabstand, desto grösser die laterale Dehnungsaufnahme (Bild 1).

Durch den grösseren Balgmittenabstand lässt sich die Verstellkraft des Kompensators reduzieren. Der Lateralkompensator ist im Gegensatz zum Angularkompensator eine selbständige Dehnungseinheit, die ein komplettes Zwei-Gelenksystem darstellt. Die Lateralkompensatoren werden in der Regel mit 50% der Dehnungsaufnahme vorgespannt eingebaut. Das Einbringen der Vorspannung erfolgt zweckmässigerweise am fertiggestellten System. Die Vorspannung unter Berücksichtigung der Einbautemperatur kann aus dem Vorspanndiagramm 2 im Kap. 3.3 entnommen werden.

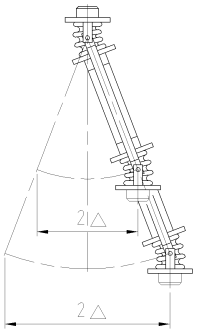


Bild 1

Die besonderen Merkmale sind:

- Sehr geringe Festpunktbelastungen, da die Gelenkanker die Reaktionskräfte aus dem Innendruck übertragen.
- Grössere Dehnungsaufnahmen pro Kompensator möglich.
- Geringere Anforderungen an die Rohrführungen.

Auch Pendelhänger können ausreichend sein.

Bei den Lateralkompensatoren unterscheidet man nach der Bewegungsaufnahme zwei Arten:

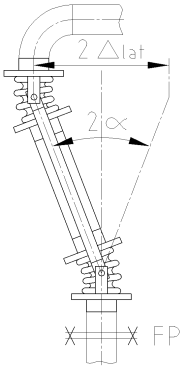


Bild 2

Kompensatoren mit lateraler Dehnungsaufnahme in einer Ebene

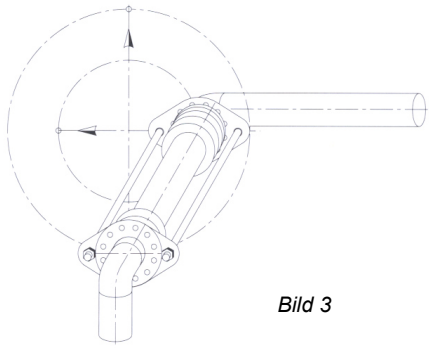


Bild 3

Kompensatoren mit lateraler Dehnungsaufnahme in Kreisebene

Ausführungen
In Kreisebene bewegliche Lateralkompensatoren in Kugelgelenkausführung sind die einfachsten Bauformen. Darüber hinaus empfiehlt sich für höhere Betriebsdrücke der Einbau von Lateralkompensatoren in Kreuzgelenkausführung oder zwei Kardankompensatoren als Gelenksystem, wenn die Dehnungsaufnahme in Kreisebene erforderlich ist. In Kreisebene bewegliche Lateralkompensatoren eignen sich ferner zur Kompensierung mechanischer Schwingungen in Druckleitungen wie z.B. an Pumpen, Kompressoren und sonstigen Kraftmaschinen (Bild 4).

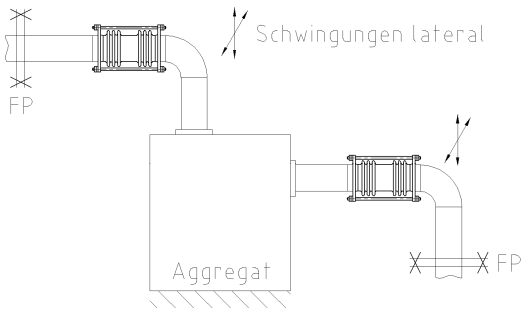


Bild 4

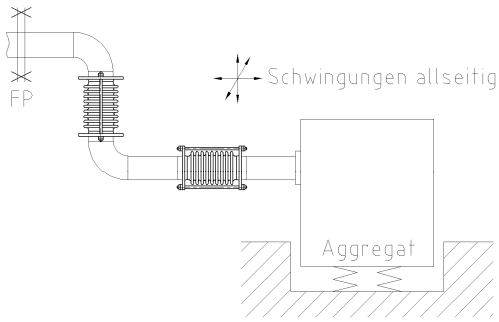


Bild 5

Ist die Maschine auf einem Betonsockel fest montiert, genügt in der Regel der Einbau je eines Lateralkompensators auf der Druck- und Saugseite (Bild 4), auf der Saugseite evtl. mit Zugstangenausführung für Vakuumbetrieb zur Zug- und Druckaufnahme. Steht die Maschine jedoch auf einem Schwingungsfundament, so treten räumliche Bewegungen in allen Richtungen auf. Das gleiche gilt für Anlagen in Erdbebengebieten. In diesem Fall muss ein weiterer Angular- oder Lateralkompensator eingebaut werden (Bild 5).

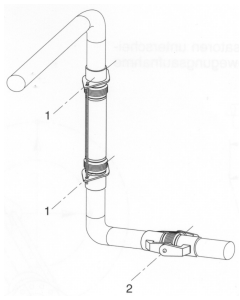


Bild 6

Eine Möglichkeit ist die "Drei-L-Bogensystemanordnung", Lateralkompensator mit einem Angularkompensator. Damit der Rohrbogen im System Kippbewegungen ausführen kann, müssen die beiden Kompensatoren zusammen arbeiten, d.h. dass die über den beiden Zugstangen gedachte Verbindungslinie (1) parallel zur Bolzenachse (2) des Angularkompensators verläuft (Bild 6).

Energiereiche Schwingungen sehr hoher Frequenzen, die infolge stark turbulenter Strömungen z.B. nach Sicherheits-, Reduzier- und Schnellschlussventilen entstehen, sowie Schwingungen, die durch schwingende Gas- oder Flüssigkeitssäulen verursacht werden, können in der Regel nicht kompensiert werden.

Führungen, Festpunkte

Um eine bestimmungsgemässe Kompensation der aufzunehmenden Rohrleitungsdehnungen mit einem Lateralkompensator zu gewährleisten ist es erforderlich, dass durch Führungslager bzw. Festpunkte eine eindeutige Dehnungszuordnung sichergestellt wird. Je nach Einbauverhältnissen wird dies entweder durch beiderseits angeordnete Führungslager (Bild 7) oder einerseits durch einen unmittelbaren Festpunkt und andererseits ein Führungslager erreicht (Bild 8).

Die Führungslager sollen folgenden Forderungen entsprechen:

- Das Gewicht von Rohrleitung und Kompensator aufnehmen.
- Die sich dehnende Rohrleitung in der Stabachse führen.
- Ausreichend Spiel s aufweisen, damit die nichtkompensierten Verschiebungen, die sowohl aus der Wärmedehnung ΔL des Rohrleitungsversatzes L als auch aus der Bogenhöhe h (Bild 7) resultieren, ohne wesentliche Zwängungen durch die weiterführenden Rohrleitungen aufgenommen werden können.

$$s \geq h + \Delta L$$

Bei kurzschenkligen Maschinenhausleitungen erübrigen sich Führungslager. Das Gewicht der Rohrschenkel ist durch geeignete Rohraufhängungen so abzufangen, dass die Bewegungen des Kompensators nicht behindert werden.

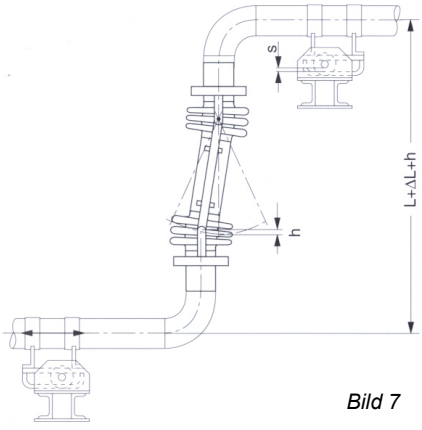


Bild 7

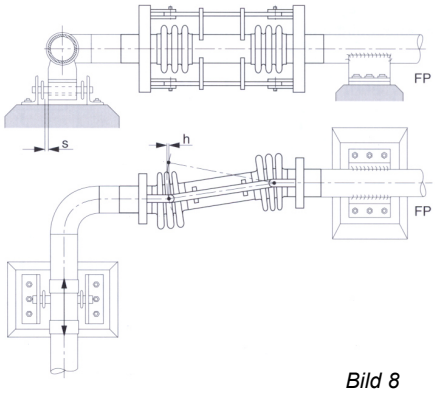
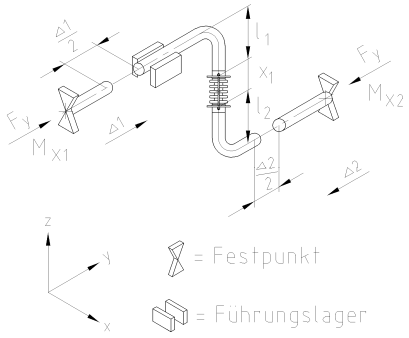


Bild 8

1.1 Systemberechnungen

1.1.1 Lateralkompensatoren für Bewegungsaufnahme in einer Ebene



Durch die Auslenkung eines Lateralkompensators entstehen ein Biegemoment und eine Kraft, die aus der Biegefedersteifigkeit der Bälge und der Reibung der Gelenkanker resultieren, mit welchen die Festpunkte belastet werden. Bei längeren Rohrstrecken mit mehreren Führungslagern zwischen Kompensator und Festpunkt klingt das Biegemoment bis zu den Anschlussstellen fast vollständig ab. Die Reaktionskräfte, die aus der wirksamen Balgquerschnittsfläche und dem maximalen Betriebsdruck resultieren, werden durch die Gelenkankerkonstruktion aufgenommen.

Sämtliche Berechnungsformeln beziehen sich auf eine 50%ige Vorspannung der aufzunehmenden Rohrleitungsbewegung Δ, d.h., der Lateralkompensator wird um $\pm\Delta/2$ ausgelenkt. Bei 100% oder 0% Vorspannung ist Δ mit dem doppelten Betrag in alle Berechnungen einzusetzen.

Bild 9

Resultierende Dehnung

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

Zulässige Dehnungsaufnahme

Die zulässige laterale Dehnungsaufnahme $\pm\Delta_{zul}$ errechnet sich entsprechend den Angaben unter 2.2 "Abminderung" aus der nominalen lateralen Dehnungsaufnahme $\pm\Delta_{lat}$ zu:

$$\pm \Delta_{zul} = \pm \Delta_{lat} \cdot K_\Delta (t_B) \cdot K_L$$

Die auftretende Rohrleitungsbewegung $\pm \Delta/2$ muss kleiner oder gleich der zulässigen lateralen Dehnungsaufnahme $\pm \Delta_{zul}$ sein:

$$\pm \Delta/2 \leq \pm \Delta_{zul}$$

Resultierende Bogenhöhe

Bei maximalem einseitigem Lateralausschlag ($\Delta/2$) verkürzt sich durch die Kreisbewegung die vertikale Länge des Kompensators um das Mass h:

$$h = X_1 - \sqrt{(X_1^2 - 0.25 \cdot \Delta^2}$$

h = Bogenhöhe [mm]
Δ = Resultierende Bewegung der Rohrleitung [mm]
$\Delta_{1,2}$ = Bewegung der Rohrleitungsstränge 1 und 2 [mm]
Δ_{lat} = Möglicher lateraler Hub des Kompensators [mm]
K_Δ = Abminderungsfaktor für die Dehnungsaufnahme [-]
X_1 = Mittenabstand der Bälge [mm]
K_L = Lastspielfaktor [-]

Die Bogenhöhe h und die nicht kompensierte Wärmedehnung des Schenkels in Kompensatorachse muss durch Lagerspiel bzw. durch Biegung der Rohrleitungsschenkel kompensiert werden.

Kräfte an den Anschlussstellen

$$F_X = C_r \cdot p + C_{lat} \cdot \frac{\Delta}{2} + g \cdot L \cdot \mu \cdot 10$$

F_X = Verstellkraft in X-Richtung [N]
L = Leitungslänge [m]
g = Metergewicht der Rohrleitung inkl. Medium und Isolation [kg/m]
μ = Reibungskoeffizient [-]
Δ = Resultierende Bewegung der Rohrleitung [mm]
C_{lat} = lateraler Eigenwiderstand [N/mm]
C_r = Reibkraft [N/bar]
p = Betriebsüberdruck [bar]

Biegemomente an den Anschlussstellen

$$M_{Y1} = F_X \cdot \frac{0.5 \cdot X_1 + l_1}{1000}$$

$$M_{Y2} = F_X \cdot \frac{0.5 \cdot X_1 + l_2}{1000}$$

$M_{Y1,2}$ = Momente an den Anschlussstellen [Nm]
F_X = Verstellkraft in X-Richtung [N]
X_1 = Mittenabstand der Bälge [mm]
$l_{1,2}$ = Mittenabstand von Balg bis zur Anschlussstelle [mm]

1.1.2 Lateralkompensatoren für Bewegungsaufnahme in Kreisebene

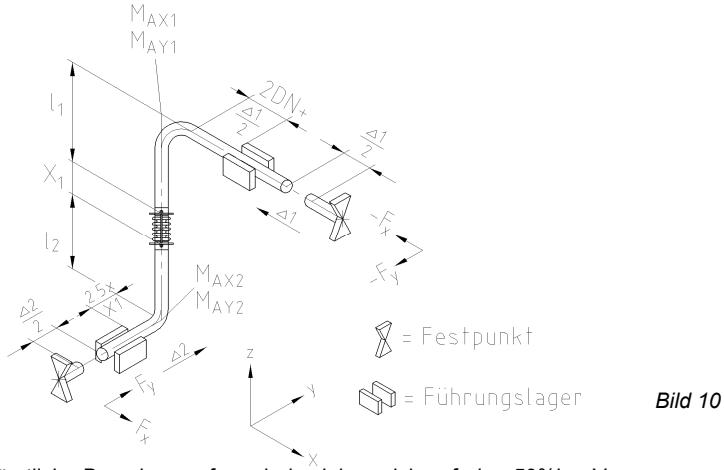


Bild 10

Sämtliche Berechnungsformeln beziehen sich auf eine 50%ige Vorspannung der aufzunehmenden Rohrleitungsbewegungen Δ_1 und Δ_2, d.h., der Lateralkompensator wird in der Vorspann- und Betriebsstellung um die resultierende laterale Dehnung von ± $\Delta/2$ ausgelenkt.

Resultierende Dehnung

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^{\,2} + \Delta_2^{\,2}}$$

Zulässige Dehnungsaufnahme
Die zulässige laterale Dehnungsaufnahme $\pm\Delta_{zul}$ errechnet sich entsprechend Kapitel 2.2 "Abminderung" aus der nominalen lateralen Dehnungsaufnahme $\pm\,\Delta_{lat}$ zu:

$$\pm\,\Delta_{zul} = \pm\,\Delta_{lat} \cdot K_\Delta\,(t_B) \cdot K_L$$

Die resultierende Rohrleitungsbewegung $\pm\Delta/2$ muss kleiner oder gleich der zulässigen lateralen Dehnungsaufnahme $\pm\Delta_{zul}$ sein:

$$\pm\,\Delta/2 \;\leq\; \pm\,\Delta_{zul}$$

Bei 100% oder 0% Vorspannung muss die resultierende Rohrleitungsbewegung Δ kleiner oder gleich Δ_{zul} sein:

$$\Delta \;\leq\; \Delta_{zul}$$

Resultierende Bogenhöhe
Bei maximalem einseitigem Lateralausschlag ($\Delta/2$) verkürzt sich durch die Kreisbewegung die vertikale Länge des Kompensators um das Mass h:

$$h = X_1 - \sqrt{(X_1^{\,2} - 0.25 \cdot \Delta^2}$$

h = Bogenhöhe [mm]
Δ = Resultierende Bewegung der Rohrleitung [mm]
$\Delta_{1,2}$ = Bewegung der Rohrleitungsstränge 1 und 2 [mm]
Δ_{lat} = Möglicher lateraler Hub des Kompensators [mm]
K_Δ = Abminderungsfaktor für die Dehnungsaufnahme [-]
X_1 = Mittenabstand der Bälge [mm]
K_L = Lastspielfaktor [-]

Bei 100% oder 0% Vorspannung muss Δ mit dem doppelten Betrag in die Formel für h eingesetzt werden.
Die Bogenhöhe h und die nicht kompensierte Wärmedehnung des Schenkels in Kompensatorachse muss durch Lagerspiel bzw. durch Biegung der Rohrleitungsschenkel kompensiert werden.

Kräfte an den Anschlussstellen

$$F_X = C_r \cdot p + C_{lat} \cdot \frac{\Delta_1}{2} + g \cdot L \cdot \mu \cdot 10$$

$$F_Y = C_r \cdot p + C_{lat} \cdot \frac{\Delta_2}{2} + g \cdot L \cdot \mu \cdot 10$$

$F_{X,Y}$ = Verstellkraft in X- und Y-Richtung [N]
L = Leitungslänge [m]
g = Metergewicht der Rohrleitung inkl. Medium und Isolation [kg/m]
μ = Reibungskoeffizient [-]
$\Delta_{1,2}$ = Resultierende Bewegung der Rohrleitungsstränge 1 und 2 [mm]
C_{lat} = lateraler Eigenwiderstand [N/mm]
C_r = Reibkraft [N/bar]
p = Betriebsüberdruck [bar]

Biegemomente an den Anschlussstellen

$$M_{X1} = F_Y \cdot \frac{0.5 \cdot X_1 + l_1}{1000}$$

$$M_{X2} = F_Y \cdot \frac{0.5 \cdot X_1 + l_2}{1000}$$

$$M_{Y1} = F_X \cdot \frac{0.5 \cdot X_1 + l_1}{1000}$$

$$M_{Y2} = F_X \cdot \frac{0.5 \cdot X_1 + l_2}{1000}$$

$M_{X,Y,1,2}$ = Momente an den Anschlussstellen [Nm]
$F_{X,Y}$ = Verstellkraft in X-Richtung [N]
X_1 = Mittenabstand der Bälge [mm]
$l_{1,2}$ = Mittenabstand von Balg bis zur Anschlussstelle [mm]

Bei 50% Vorspannung treten die Biegemomente und Kräfte in der Vorspann- bzw. Betriebsstellung mit unterschiedlichen Vorzeichen auf.

1.1.3 Lateralkompensatoren in Drei-Gelenksystemen

In Modul 3a "Angularkompensatoren" werden verschiedene Drei-Gelenksysteme behandelt, die jeweils aus drei Angularkompensatoren bestehen. Sind die Gelenkabstände aufgrund beengter Einbauverhältnisse gering, so ist es häufig wirtschaftlicher, zwei Angularkompensatoren durch einen Lateralkompensator zu ersetzen.
Beim Einsatz von Lateralkompensatoren in Kugelgelenk- und Kreuzgelenkausführung sind die Anker des Lateralkompensators im System so anzuordnen, dass eine Abwinkelung zum Angularkompensator hin möglich ist (Bild 11), z.B. Kugelgelenk mit Angularkompensator: Die über den beiden Zugstangen gedachte Verbindungslinie (1) muss parallel zur Bolzenachse (2) des Angularkompensators verlaufen.

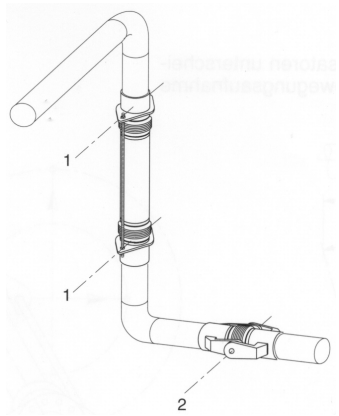


Bild 11

In einem Drei-Gelenksystem können nur Lateralkompensatoren mit zwei Zugankern eingesetzt werden. Bei Lateralkompensatoren mit drei und mehr Zugankern ist eine Winkelung nicht mehr möglich.

Um die Berechnungsformeln der Drei-Gelenksysteme bei Verwendung eines Lateralkompensators anwenden zu können, müssen die Federraten und Verstellkräfte in äquivalente Biegesteifigkeiten und Verstellmomente von zwei Ersatz-Angularkompensatoren umgerechnet werden. Die zwei Ersatz-Angularkompensatoren stellen dann den Lateralkompensator bei der Berechnung des Gelenksystems dar.

Die folgende Umrechnung gilt für Lateralkompensatoren in Kugelgelenkausführung nur näherungsweise, da der Gelenkabstand der Kugelgelenke nicht mit dem Balgmittenabstand übereinstimmt. Sind genaue Systemberechnungen im Einzelfall erforderlich, bitten wir um Ihre Rückfrage.

Die Biegefederkonstante C_a eines Ersatz-Angularkompensators berechnet sich aus der Lateralfederkonstante C_y des Lateralkompensators wie folgt:

$$C_a = C_{lat} \cdot X_1^{\,2} \cdot \frac{\pi}{360} \cdot 10^{-3}$$

Die angulare Bolzenreibkonstante C_r eines Ersatz-Angularkompensators berechnet sich aus der lateralen Reibkonstanten $C_{r(lat)}$ des Lateralkompensators wie folgt:

$$C_r = C_{r(lat)} \cdot \frac{X_1}{2000}$$

Das angulare Zusatzmoment C_z eines Ersatz-Angularkompensators berechnet sich aus der lateralen Zusatzkraft $C_{z(lat)}$ des Lateralkompensators wie folgt:

$$C_z = C_{z(lat)} \cdot X_1^{\,2} \cdot \frac{\pi}{360} \cdot 10^{-3}$$

Die zulässige angulare Dehnungsaufnahme $\pm\alpha_{zul}$ des Ersatz-Angularkompensators berechnet sich aus der zulässigen lateralen Dehnungsaufnahme $\pm\Delta_{zul}$ wie folgt:

$$\pm\alpha_{zul} = \pm\arcsin\left(\frac{\Delta_{zul}}{X_1}\right)$$

C_a = Biegefederkonstante [Nm/°]
C_{lat} = Lateralfederkonstante [N/mm]
C_r = Reibmoment [Nm/bar]
$C_{r(lat)}$ = Reibkraft (lateral) [N/bar]
C_z = spezifisches Zusatzmoment [Nm/(bar°)]
$C_{z(lat)}$ = Zugkraft infolge Innendruck und Winkelung [N/(bar mm)]
X_3 = Mittenabstand der Bälge [mm]

2 Standardprogramm BOA Lateralkompensatoren (EUB)

2.1 Allgemein

Die von BOA AG hergestellten Kompensatoren werden im Elastomerverfahren umgeformt (EUB). Das Kernstück ist der mehrfachwandige Balg (2 – 16 Lagen) aus austenitischem Stahl. Die mit diesem Verfahren hergestellten Kompensatoren verfügen über eine grosse Hubkapazität und sind sehr flexibel. Sie eignen sich besonders gut zum Ausgleich von Wärmedehnungen und von kleineren Montageungenauigkeiten. Sie haben folgende Vorteile:

- Über 70 Jahre Erfahrung im Bau von Kompensatoren
- Balgaufbau nach bewährter BOA Praxis, mehrfachwandig, aus hochwertigem Chromnickelstahl (1.4571 und 1.4541), das heisst hohe Beständigkeit gegen Alterung, Wärme, UV-Strahlungen und die meisten aggressiven Medien.
- Der mehrfachwandige Aufbau verleiht dem Kompensator einen tiefen Eigenwiderstand.
- Grosse Hübe bei kurzer Baulänge
- Aufgrund der Lagerhaltung sind die einzelnen Typen in verschiedenen Nennweiten und Nenndruckstufen in der Regel kurzfristig lieferbar.

Innenleitrohr
Innenleitrohre schützen den Balg und verhindern, dass dieser durch das Medium zum Schwingen angeregt wird. Der Einbau eines Innenleitrohres wird empfohlen:

- bei abrasiven Medien
- bei grossen Temperaturdifferenzen
- bei Durchflussgeschwindigkeiten **grösser als ca. 8m/s für gasförmige Medien**
- bei Durchflussgeschwindigkeiten **grösser als ca. 3m/s für flüssige Medien**

Beim Einbau ist die Fliessrichtung zu beachten!

Beispiel der Kennzeichnung:
Typ LFS16-50 = Lateralkompensator für Druckstufe PN16 und Gesamtdehnungsaufnahme 50mm (= ± 25mm). Massgebend ist jedoch der Wert der Spalte “Nominale laterale Dehnungsaufnahme“ in den technischen Tabellen.

Lateralkompensatoren müssen in der Regel grosse laterale Hübe/ Schwingungen aufnehmen. Deshalb werden sie üblicherweise ohne Leitrohr eingesetzt. Eine Leitrohrkonstruktion, die grosse Lateralhübe zulässt, führt zwangsläufig zu einer starken Einschnürung des Strömungsquerschnittes. Die daraus resultierende örtliche Beschleunigung des Flussmediums wird häufig nicht akzeptiert. Auf Kundenwunsch können (gegen Aufpreis) Leitrohre eingesetzt werden.
Selbstverständlich können Kompensatoren speziell nach anderen Materialien, Druckstufen, Hubgrössen und Lebensdauergrössen ausgelegt und gefertigt werden.

2.2 Abminderung

2.2.1 Dehnungsaufnahme

HINWEIS (Nachfolgend wird der Begriff Lastwechsel für Voll-Lastwechsel verwendet.)
Die max. zulässige Dehnungsaufnahme ist auf dem Kompensator angegeben. Sie bezieht sich auf 1000 Lastwechsel (CE konforme Kompensatoren 500 Lastwechsel mit Sicherheit 2). Bei höheren Lastspielzahlen muss die Dehnungsaufnahme um den Lastspielfaktor K_L gemäss der Tabelle 1 reduziert werden. Für die genaue Ermittlung des Lastspielfaktors K_L kann folgende Formel angewendet werden:

$$K_L = (1000 / N_{zul})^{0.29}$$

Lastspiele N_{zul}	Lastspielfaktor K_L
1'000	1.00
2'000	0.82
3'000	0.73
5'000	0.63
10'000	0.51
30'000	0.37
50'000	0.32
100'000	0.26
200'000	0.22
1'000'000	0.14
25'000'000	0.05

Tabelle 1

2.2.2 Temperaturbezogene Hub- und Druckabminderung

HINWEIS
Der zulässige Betriebsdruck ergibt sich aus dem Nenndruck unter Berücksichtigung der Abminderungsfaktoren K_P gemäss der Tabelle 2. Bei höheren Temperaturen die Dehnungsaufnahme K_Δ entsprechend den Abminderungsfaktoren reduzieren.

Abminderungsfaktoren [1] für Druck [K_P] und Dehnungsaufnahme [K_Δ]		
Temperatur °C	K_P	K_Δ
-10...20	1.00	1.00
50	0.92	0.97
100	0.87	0.94
150	0.83	0.92
200	0.79	0.90
250	0.74	0.88
300	0.67	0.86
350	0.60	0.85
400	0.53	0.84

Tabelle 2

[1] Zwischenwerte können linear interpoliert werden

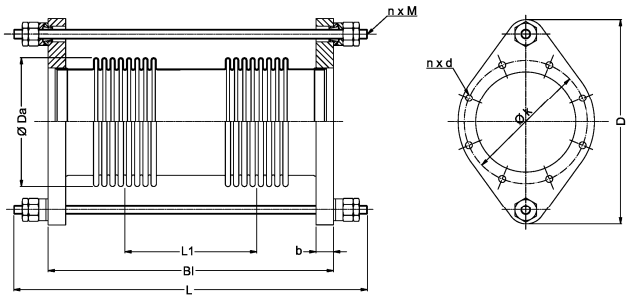
2.3 Lateralkompensatoren

2.3.1 Lateralkompensatoren mit Flanschen

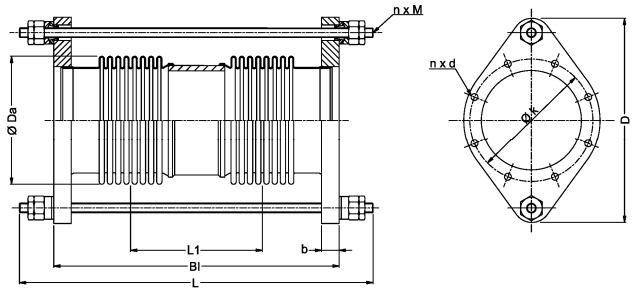
2.3.1.1 Typ LFS

- Beim Kompensator LFS ist der **Balg mit den Flanschen dicht verschweisst**.
- Die Kompensatoren TYP LFS werden als Standardausführung in den Nennweiten DN 40 bis 1000 und den Nenndruckstufen PN 6, 10, 16, 25 und 40 gefertigt.
- Hochwertiges, reibungsarmes Gelenksystem mit Zugstangen aus C-Stahl sowie Kugelgelenken.
- Die Flansche sind standardmässig aus C-Stahl und mit einem Grundanstrich versehen.
- Die Variante mit speziell grossem Lateralhub (Ausführung II) ist mit einem Zwischenrohr aus C-Stahl ausgerüstet.
- In der Standardtabelle in der letzten Spalte sind die Ausführungsarten I und II (siehe Abb.) vermerkt.

Ausführung I
Lateralkompensator mit eigenem Zwischenrohr



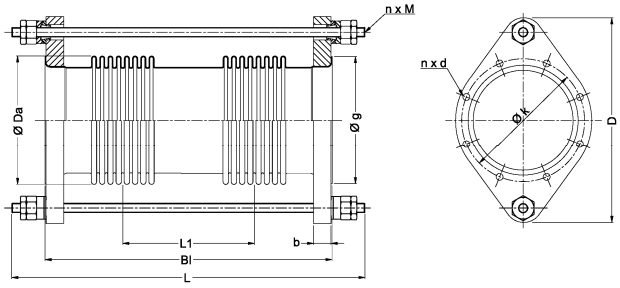
Ausführung II
Lateralkompensator mit fremdem Zwischenrohr



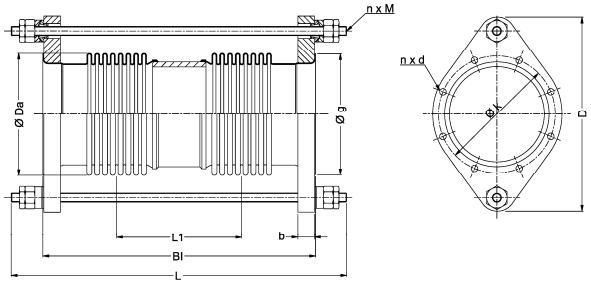
2.3.1.2 Typ LFB

- Beim Kompensator LFB ist der **Balg um die Flanschen aufgebördelt**. Das Innenmedium kommt nur mit dem austenitischen Balgmaterial in Kontakt.
- Die Kompensatoren Typ LFB werden als Standardausführung in den Nennweiten DN 40 bis 300 und den Nenndruckstufen PN 6, 10, 16 und 25 gefertigt.
- Die Flansche sind standardmässig aus C-Stahl und mit einem Grundanstrich versehen.
- Hochwertiges, reibungsarmes Gelenksystem mit Zugstangen aus C-Stahl sowie Kugelgelenken.
- Die Variante mit speziell grossem Lateralhub (Ausführung II) ist mit einem Zwischenrohr aus C-Stahl ausgerüstet.
- In der Standardtabelle in der letzten Spalte sind die Ausführungsarten I und II (siehe Abb.) vermerkt.

Ausführung I
Lateralkompensator mit eigenem Zwischenrohr



Ausführung II
Lateralkompensator mit fremdem Zwischenrohr



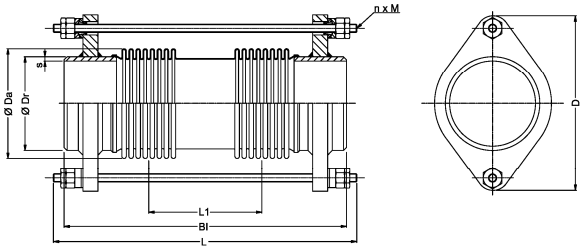
2.3.2 Lateralkompensator mit Schweissenden

2.3.2.1 Typ LW

- Beim Kompensator LW ist der **Balg mit den Schweissenden dicht verschweisst**.
- Die Kompensatoren Typ LW werden als Standardausführung in den Nennweiten DN 40 bis 1000 und den Nenndruckstufen PN 6, 10, 16, 25 und 40 gefertigt.
- Hochwertiges, reibungsarmes Gelenksystem mit Zugstangen aus C-Stahl sowie Kugelgelenken.
- Die Schweissenden und Flanschen sind standardmässig aus C-Stahl und mit einem Grundanstrich versehen.
- Die Variante mit speziell grossem Lateralhub (Ausführung II) ist mit einem Zwischenrohr aus C-Stahl ausgerüstet.
- In der Standardtabelle in der letzten Spalte sind die Ausführungsarten I und II (siehe Abb.) vermerkt.

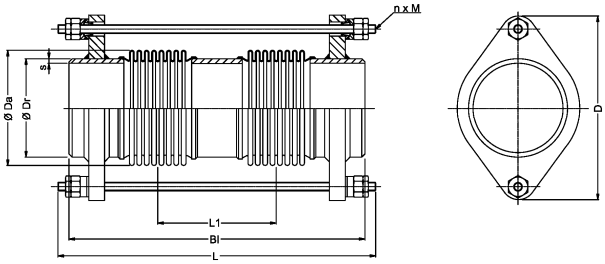
Ausführung I

Lateralkompensator mit eigenem Zwischenrohr



Ausführung II

Lateralkompensator mit fremdem Zwischenrohr



3 Einbauvorschriften Lateralkompensatoren

3.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

Vor Montage und Inbetriebnahme muss die Montage- und Inbetriebnahmeanleitung gelesen und beachtet werden.
Montage-, Inbetriebnahme- und Wartungsarbeiten dürfen nur von **fachkundigen und autorisierten Personen** durchgeführt werden.

Wartung
Die Lateralkompensatoren sind wartungsfrei.

ACHTUNG
Vor Demontage- und Wartungsarbeiten muss die Anlage
- drucklos,
- ausgekühlt und
- entleert sein.

Sonst besteht Unfallgefahr!

Transport, Verpackung und Lagerung
- Die Sendung ist nach Erhalt auf Vollständigkeit zu prüfen.
- Eventuell festgestellte Transportschäden sind der Spedition und dem Hersteller zu melden.
- Bei einer Zwischenlagerung wird empfohlen, die Originalverpackung zu benutzen.

Zulässige Umgebungsbedingungen bei Lagerung und Transport:
- Umgebungstemperatur -4 °C bis +70 °C
- Relative Luftfeuchte bis 95%.

Lateralkompensatoren vor Nässe, Feuchtigkeit, Verschmutzung, Stössen und Beschädigung schützen.

Gewährleistung
Ein Gewährleistungsanspruch setzt eine fachgerechte Montage und Inbetriebnahme gemäss Montage- und Inbetriebnahmeanleitung voraus. Die erforderlichen Montage-, Inbetriebnahme- und Wartungsarbeiten dürfen nur von fachkundigen und autorisierten Personen durchgeführt werden.

Betriebsdruck
HINWEIS
- Der zulässige Betriebsdruck ergibt sich aus dem Nenndruck unter Berücksichtigung der Abminderungsfaktoren gemäss den Angaben im Kapitel 2.2 Abminderung.
- Bei höheren Temperaturen den Nenndruck entsprechend den Abminderungsfaktoren gemäss den Angaben im Kapitel 2.2 Abminderung anpassen.

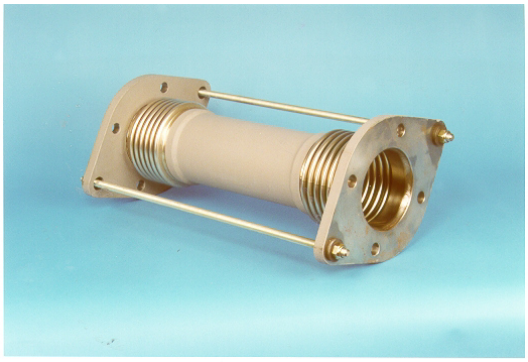
Inbetriebnahme und Kontrolle
Vor Inbetriebnahme kontrollieren, ob
- die Leitungen mit Gefälle verlegt wurden, um Wassersäcke zu vermeiden.
- für ausreichende Entwässerung gesorgt ist.
- Festpunkte und Rohrführungen vor dem Füllen und Abdrücken der Anlage fest montiert sind.
- der Kompensator nicht durch Verdrehen belastet ist.
- bei Kompensatoren mit Leitrohren die Flussrichtung beachtet ist.
- der Stahlbalg frei von Schmutz, Schweiss-, Gips-, Mörtelspritzern oder anderer Verschmutzung ist. Gegebenenfalls reinigen.
- alle Schraubverbindungen fest angezogen sind.
- die allgemeinen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Korrosionsschäden beachtet sind, z. B. Aufbereitung des Wassers, Verhinderung von Elektrolytbildung in Kupfer- oder verzinkten Leitungen.

Isolierung
Die Kompensatoren können genau wie die Rohrstrecke isoliert werden.
- Bei Kompensatoren ohne Schutzmantel bauseits eine gleitfähige Blechhülse um den Kompensator legen, damit sich das Isoliermaterial nicht in die Wellenvertiefungen legt.
- Falls der Kompensator unter Mörtelputz gelegt werden soll, ist ein Kompensator mit Schutzmantel unbedingt erforderlich. Dies gewährleistet die Funktion, schützt vor Verschmutzung und vor Kontakt mit den Baumaterialien.

Unzulässige Betriebsweisen
- Die in den technischen Daten des Standardprogramms angegebenen Grenzwerte dürfen nicht überschritten werden.
- Pendelnde Aufhängungen im Bereich der Kompensatoren sind nur bei genauer Kenntnis des Dehnungskonzeptes zulässig.
- Bei neuverlegten Leitungen sollte das Reinigen durch Ausblasen mit Dampf wegen der Gefahr von Wasserschlägen und unzulässigen Schwingungsanregungen des Balges unterbleiben.

Anfahren
ACHTUNG
- Beim Abpressen und während des Betriebes darf der zulässige Probedruck bzw. Betriebsdruck des Kompensators nicht überschritten werden.
- Übermässige Druckstösse als Folge von Fehlschaltungen, Wasserschlägen usw. sind nicht zulässig.
- Einbruch aggressiver Medien vermeiden.
- Das Anfahren von Dampfleitungen muss so erfolgen, dass das anfallende Kondensat Zeit zum Abfliessen hat.

3.2 Lateralkompensatoren



Beschreibung und Einsatzgebiete Lateralkompensatoren
Die Wirkungsweise der Lateralkompensatoren beruht wie die der Angularkompensatoren auf Winkelbewegungen der Stahlbälge. Sie eignen sich auch für beengte Einbauverhältnisse. Die Dehnungsaufnahme ist abhängig von der Baulänge bzw. dem Balgmittenabstand: Je grösser der Balgmittenabstand, desto grösser ist die laterale Dehnungsaufnahme (Bild 12).

Durch einen grösseren Balgmittenabstand lässt sich die Verstellkraft des Kompensators reduzieren.

Der Lateralkompensator ist eine selbständige Dehnungseinheit, die ein komplettes Zwei-Gelenksystem darstellt.

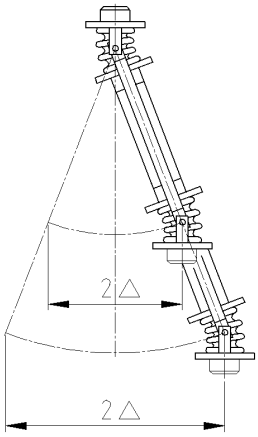
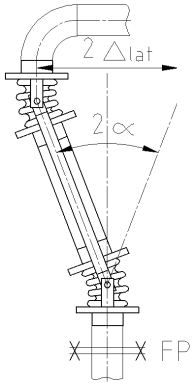


Bild 12

Besondere Merkmale:
- Sehr geringe Festpunktbelastungen, da die Gelenkanker die Reaktionskräfte aus dem Innendruck übertragen.
- Geringere Anforderungen an die Rohrführungen.

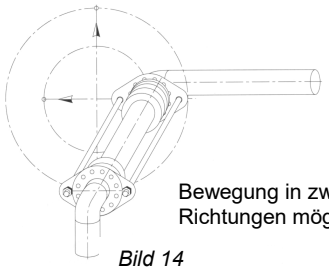
Auch Pendelhänger können ausreichend sein.

Bei den Lateralkompensatoren unterscheidet man nach der Bewegungsaufnahme zwei Arten:
- Kompensatoren mit lateraler Dehnungsaufnahme in einer Ebene
- Kompensatoren mit lateraler Dehnungsaufnahme in Kreisebene



Bewegung aus einer Richtung möglich.

Bild 13



Bewegung in zwei Richtungen möglich.

Bild 14

Typenübersicht

Lateralkompensatoren	Anschlussart
LW	1
LFS	2
LFB	5

Tabelle 3

Anschlussart:
1 Anschweissende
2 Flansch, geschweisst
5 Flansch, gebördelt

Zulässige Betriebstemperatur:
bei Standardausführung max. 300°C zugelassen.

3.3 Montagehinweise

Montage

- Festpunkte und Rohrführungen vor dem Füllen und Abdrücken der Anlage fest montieren.
- Der Kompensator darf nicht durch Verdrehung (Torsion) belastet werden.
- Der Stahlbalg vor Beschädigung und Verschmutzung (z. B. Schweiss-, Gips-, Mörtelspritzern) schützen.
- Dampfleitungen so verlegen, dass keine Wasserschläge auftreten können. Dies ist durch ausreichende Entwässerung, Isolierung und Vermeidung von Wassersäcken sowie durch Gefälle der Leitung erreichbar.
- Bei Kompensatoren mit Leitrohren die Flussrichtung beachten.
- In unmittelbarer Nähe von Reduzierstationen, Heissdampfkühlern und Schnellschlussventilen sollte der Einbau von Kompensatoren vermieden werden, wenn durch Turbulenz hochfrequente Schwingungen zu erwarten sind, oder es müssen besondere Massnahmen (z. B. starkwandige Leitrohre, Lochblenden, Beruhigungsstrecken) eingebaut werden.
- Sind im Medium hochfrequente Schwingungen oder Turbulenzen bzw. hohe Strömungsgeschwindigkeiten zu erwarten, empfehlen wir den Einbau von Kompensatoren mit Leitrohr.
- Ist DN ≥ 150, empfehlen wir bei Luft, Gas und Dampf den Einbau von Kompensatoren mit Leitrohr, wenn die Strömungsgeschwindigkeit 8 m/s und bei Flüssigkeit 3 m/s übersteigt.

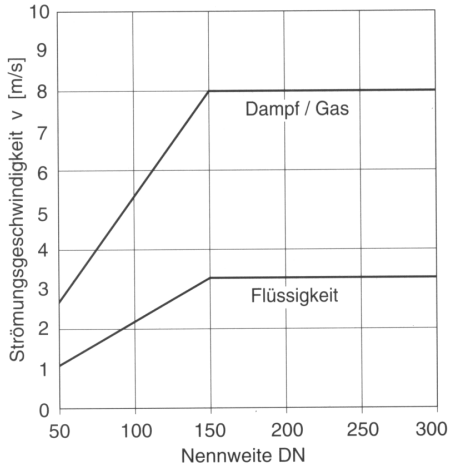


Diagramm 1

Rohrführung, Rohrlagerung

- Beim Einbau Lateralkompensatoren (Bild 15), die Dehnungen seitlich nur in einer Ebene aufnehmen können, auf Übereinstimmung zwischen Richtung der Rohrdehnung und Bewegungsmöglichkeit der Kompensatoren (senkrecht zur Bolzenachse) achten. Die nominale laterale Dehnungsaufnahme ist dem Modul 4c zu entnehmen. Lateralkompensatoren stellen keine besonderen Ansprüche an die Führungslager. Bei kurzschenkligen Maschinenhausleitungen erübrigen sich Führungslager.
- Das Gewicht der Rohrleitung (inkl. Medium und Isolierung) sowie alle Wind- und Zusatzlasten durch geeignete Rohraufhängungen oder Lager abfangen. Bewegungen des Kompensators dürfen nicht behindert werden!
- Bei langen Rohrleitungen vor und hinter dem Lateralkompensator ein Führungslager vorsehen.

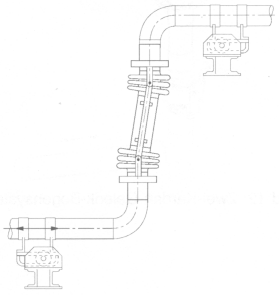


Bild 15

Festpunkte

- Zwischen zwei Festpunkten immer nur einen Lateralkompensator einbauen. Die Festpunkte haben den Eigenwiderstand des Kompensators, resultierend aus der Biegefestigkeit der Bälge und der Bolzenreibung der Gelenklager sowie die Reibungskräfte der Führungslager aufzunehmen.

HINWEIS
Rohrführungen mit zu grossen Reibungswiderständen infolge zu hoher Flächenpressung, Verschmutzung oder Rostansatz können blockieren und führen zu erheblichen Spannungsspitzen in den Rohrleitungen, Festpunkten und Anschlüssen.

Schwingungskompensation mit Lateralkompensatoren
Lateralkompensatoren in Kugelgelenkausführung eignen sich zur Kompensierung mechanischer Schwingungen in Druckleitungen seitlich in Kreisebene wie z.B. bei Pumpen, Kompressoren und sonstigen Kraftmaschinen (Bild 16). Ist die Maschine auf einem Betonsockel fest montiert, genügt in den meisten Fällen der Einbau eines Lateralkompensators. Ist jedoch die Maschine auf einem Schwingfundament montiert, sind zwei Lateralkompensatoren als 90°-L-Bogensystem vorzusehen (Bild 17), um die allseitigen Schwingungen kompensieren zu können. Unmittelbar hinter dem Kompensator ist ein vom Schwingfundament unabhängiger Festpunkt erforderlich!

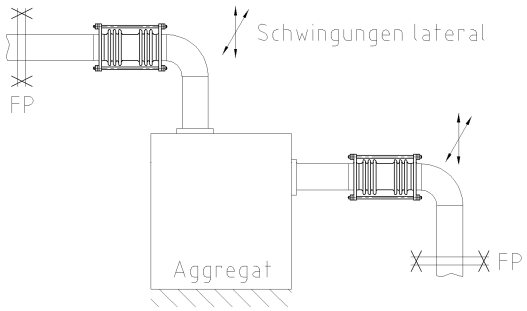


Bild 16

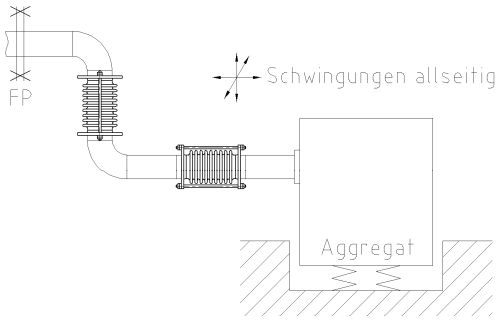


Bild 17

Den Kompensator möglichst direkt an das schwingende Aggregat anbauen.
Der Einbau erfolgt ohne Vorspannung!

ACHTUNG
Schwingungen sehr hoher Frequenzen auf Grund starker turbulenter Strömungen, wie sie z.B. nach Sicherheits-, Reduzier- und Schnellschlussventilen auftreten, sowie Schwingungen, die durch schwingende Gas- oder Flüssigkeitssäulen verursacht werden, können in der Regel nicht kompensiert werden.

Vorspannung
Lateralkompensatoren werden in der Regel mit 50% der Dehnungsaufnahme vorgespannt eingebaut, wobei die Einbringung der Vorspannung zweckmässigerweise am fertiggestellten System erfolgt.

- Bei der Vorspannung die jeweilige Einbautemperatur der Rohrleitung berücksichtigen, dies gilt insbesondere bei Freileitungen.
- Weicht die Einbautemperatur von der niedrigsten Auslegungstemperatur ab, Vorspannung entsprechend dem Vorspanndiagramm 2 reduzieren.

Vorspanndiagramm

Beispiel zum Diagramm 2
Lateralkompensator für Rohrleitung von 140 m Länge:
Niedrigste Temperatur –7°C.
Höchste Temperatur +293°C.
Grösste Dehnung entsprechend 300°C Erwärmung = 500 mm.
Das Gelenksystem bzw. der Kompensator soll 50% der Dehnung = 250 mm vorgespannt, d.h. der Dehnung der Rohrleitung entgegengerichtet, gespannt werden.
Beim Einbau ist der Vorspannung besondere Beachtung zu schenken. Die Temperatur zur Zeit des Einbaues betrage nicht –7°C, sondern +20°C. Hieraus ergibt sich eine entsprechende Dehnung der Rohrleitung von 45 mm (siehe Diagramm 2), um die das Gelenksystem bzw. der Kompensator weniger vorzuspannen ist: 250-45 = 205 mm.

Das Vorspanndiagramm 2 zur Ermittlung der Vorspannung ermöglicht sofortige Feststellung dieses Wertes ohne Zwischenrechnung:

1. Temperaturdifferenz zwischen Einbau- und tiefster Temperatur +20°C – (-7°C) = 27°C.

2. Länge der zu kompensierenden Rohrstrecke = 140 m.

3. Ziehe von Punkt "27°C" eine Senkrechte bis zu dem "0-140 m"-Strahl.

4. Ziehe eine Waagerechte von diesem Schnittpunkt auf die Linie "Dehnung der Rohrleitung in mm", es ergibt sich, wie angegeben, das Mass von 45 mm.

5. Verbinde Punkt "45 mm" mit "Gesamtfederung" = 500 mm und verlängere die Verbindungsgerade bis zum Schnitt der Linie "Vorspannung des Kompensators/ Gelenksystems in mm".

Es ergibt sich eine Vorspannung von 205 mm. Um dieses Mass ist der Lateralkompensator beim Einbau in die Rohrleitung vorzuspannen.

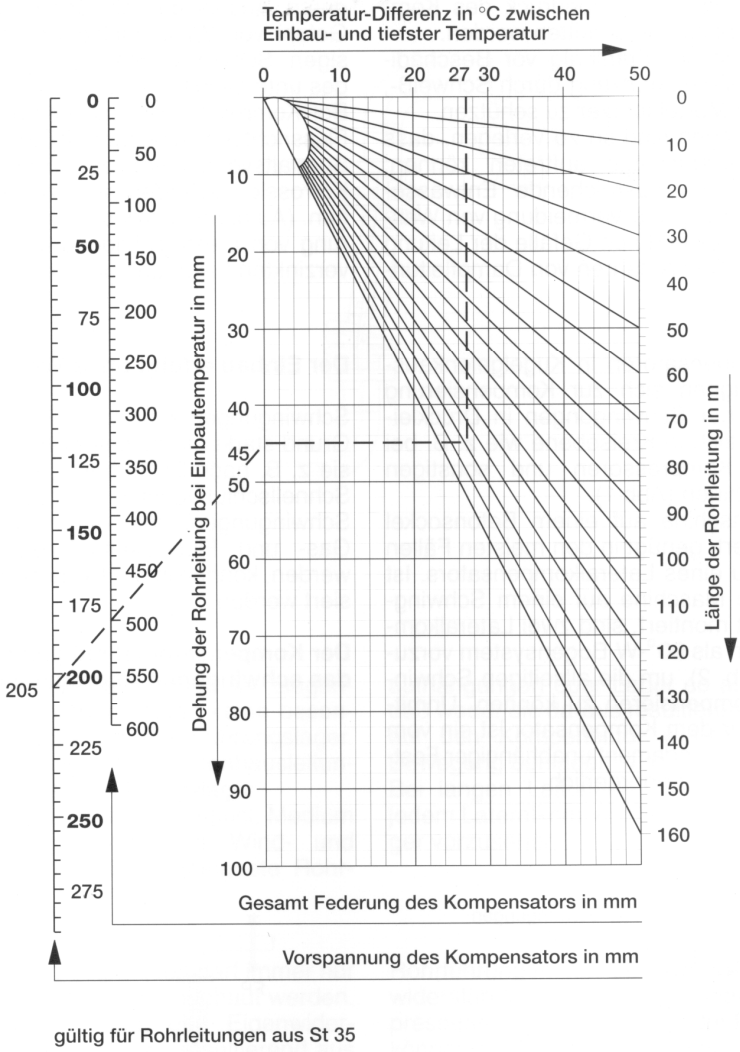


Diagramm 2