

Berechnung und Ausgleich von Wärmeausdehnungen in Rohrleitungen

Alle Materialien, einschließlich Rohre, Maschinen, Konstruktionen und Gebäude, variieren aufgrund von Temperaturwechseln ihre Größe. Dieses Dokument befasst sich mit Überlegungen zum Ausgleich thermischer Expansionen und Kontraktionen. Bewegungen aufgrund anderer Vorkommnisse (wie z.B. seismischer) müssen der Wärmeausdehnung von Rohrleitungen hinzugefügt werden. Temperaturwechseln ausgesetzte Rohre unterliegen Beanspruchungen, die potentiell zu Schäden führende, reaktive Kräfte und Momente auf Komponenten oder Vorrichtungen ausüben.

Drei gängige Verfahren zum Ausgleich derartiger Rohrbewegungen sind 1) der Einsatz eines Kompensators, 2) die Möglichkeit, das System „frei gleiten“ zu lassen, wobei es dem Rohr möglich wäre, sich je nach Bedarf, jedoch unter Berücksichtigung sich daraus ergebender, möglicherweise schädlicher Biegemomente von Abzweigen oder Umlenkungen, mittels Verankerungen und/oder Führungen, in die gewünschte Richtung zu bewegen, oder 3) die Ausnutzung des linearen Bewegungs-/Durchbiegungsvermögens flexibler genuteter Kupplungen.

Die Wahl eines bestimmten dieser Verfahren hängt von der Art des Rohrleitungssystems sowie den Präferenzen des Konstrukteurs ab. Da es nicht möglich ist, alle Systemausführungen vorherzusehen, zielen wir hier darauf ab, die Aufmerksamkeit auf die mechanischen Vorzüge des genuteten Rohrverlegeverfahrens zu lenken und darauf hinzuweisen, wie der Konstrukteur des Rohrleitungssystems es zu seinen Gunsten nutzen kann. Diese Beispiele sollen zum Nachdenken anregen und sollten nicht als Empfehlungen für ein bestimmtes System betrachtet werden.

Der erste Schritt zum Ausgleich thermischer Bewegungen ist die Berechnung der genauen Veränderung der linearen Länge des Rohrleitungssystems über den relevanten Abschnitt, zusammen mit einem geeigneten Sicherheitsfaktor. Die tatsächliche Ausdehnung eines 100 Fuß (ca. 30,5 m) langen Rohrabschnitts wurde, für die gängigsten Rohrleitungsmaterialien (C-Stahl, Edelstahl und Kupfer), bei verschiedenen Temperaturen berechnet und ist in Tabelle 1 zu finden. Diese Werte sollten nicht auf Rohre anderer Materialien übertragen werden, da diese variieren. Ausdehnungskoeffizienten können bei Bezug aus anderen Quellen um 5% oder mehr variieren und sollten berücksichtigt werden. Im Folgenden finden Sie ein Beispiel, das die Anwendung der Tabelle 1 demonstriert:

Gegeben: 240 Fuß (73,15 m) langes C-Stahlrohr
 Maximale Betriebstemperatur = 220°F/104°C
 Minimale Betriebstemperatur = 40°F/4°C
 Temperatur zum Installationszeitpunkt = 80°F/26°C

Anmerkung: Um die für den beabsichtigten Verwendungszweck maximale Lebensdauer sicherzustellen, ist die Wahl der richtigen Dichtung wesentlich. Für Empfehlungen sollten Sie immer das neueste Victaulic Handbuch zur Dichtungsauswahl heranziehen.

Berechnung: Ausdehnung C-Stahlrohr, aus Tabelle 1
 220°F/104°C 1.680" pro 100 Fuß C-Stahlrohr
 40°F/4°C 0.300" pro 100 Fuß C-Stahlrohr
 Differenz: 1.380" pro 100 Fuß C-Stahlrohr
 bei Temperaturen von 40°F bis 220°F
 Folglich, 240' Rohr = $\frac{240}{100} \cdot 1.380 = 3.312"$

Auf diese Bewegung von 3,312" sollte ein geeigneter Sicherheitsfaktor angewandt werden, der, wie vom Systemplaner festgelegt, variiert, um allen Fehlern bei der Vorausberechnung der Betriebsextreme, usw., Rechnung zu tragen. Diese Beispiele wurden ohne Anwendung eines Sicherheitsfaktors berechnet.

Um die Positionierung des Kompensators zum Installationszeitpunkt festzulegen:

Installation für kalte Bedingungen (80°F bis 40°F)
 80°F/26°C 0.580" pro 100 Fuß
 40°F/4°C 0.300" pro 100 Fuß
 Differenz: 0.280" pro 100 Fuß oder 0.672" pro 240 Fuß
 Installation für warme Bedingungen (80°F bis 220°F)
 220°F/104°C 1.680" pro 100 Fuß
 80°F/26°C 0.580" pro 100 Fuß
 Differenz: 1.100" pro 100 Fuß oder 2.640" pro 240 Fuß

Folglich muss der Kompensator dem Rohr eine Mindestkontraktion von 0.672" sowie eine Mindestexpansion von 2.640" ermöglichen, wenn er bei 80°F/26°C installiert wird.

TABELLE 1

Temp.	Wärmeausdehnung des Rohrs Zoll pro 100 Fuß mm pro 100 Meter			Temp.	Wärmeausdehnung des Rohrs Zoll pro 100 Fuß mm pro 100 Meter			
	°F/°C	C-Stahl	Kupfer		Edelstahl	°F/°C	C-Stahl	Kupfer
-40	-0.288	-0.421	-0.461	180	1.360	2.051	2.074	
-40	-24,0	-35,1	-38,4	82	113,2	170,9	172,9	
-20	-0.145	-0.210	-0.230	200	1.520	2.296	2.304	
-28	-12,1	-17,4	-19,0	93	126,6	191,3	191,9	
0	0	0	0	212	1.610	2.428	2.442	
-17	0	0	0	100	134,2	202,4	203,4	
20	0.148	0.238	0.230	220	1.680	2.516	2.534	
-6	12,5	19,7	19,0	104	140,1	209,7	211,3	
32	0.230	0.366	0.369	230	1.760	2.636	2.650	
0	19,0	30,5	30,8	110	146,7	219,8	220,8	
40	0.300	0.451	0.461	260	2.020	—	—	
4	24,9	37,7	38,4	126	168,3	—	—	
60	0.448	0.684	0.691	280	2.180	—	—	
15	37,4	57,1	57,7	137	181,8	—	—	
80	0.580	0.896	0.922	300	2.350	—	—	
26	48,2	74,8	76,8	148	195,9	—	—	
100	0.753	1.134	1.152	320	2.530	—	—	
37	62,7	94,5	96,1	160	211,0	—	—	
120	0.910	1.366	1.382	340	2.700	—	—	
48	75,8	113,9	115,2	171	225,1	—	—	
140	1.064	1.590	1.613	350	2.790	—	—	
60	88,6	132,6	134,5	176	232,6	—	—	
160	1.200	1.804	1.843					
71	100,1	150,3	153,6					

AUFTRAG/EIGENTÜMER	BEAUFTRAGTE FIRMA	INGENIEUR
System-Nr. _____	Vorgelegt von _____	Spez.-Abschn. _____ Abs _____
Ort _____	Datum _____	Genehmigt _____
		Datum _____

Berechnung und Ausgleich von Wärmeausdehnungen in Rohrleitungen

AUSGLEICH DER WÄRME-AUSDEHNUNG VON ROHREN

Victaulic bietet Konstrukteuren die Möglichkeit, einfache Verfahren zum Ausgleich von Rohrbewegungen aufgrund von Kontraktionen und/oder Expansionen einzusetzen.

- 1 Victaulic Kompensator des Typs 150 Mover®
- 2 Frei gleitendes System
- 3 Victaulic flexible genutete Kupplungen, deren lineare Beweglichkeit und Durchbiegungsfähigkeiten zum Einsatz kommen.
- 4 Dehnungsschleifen, die sich flexibler Kupplungen und Formstücke von Victaulic bedienen.

Diese Hilfsmittel bieten wirtschaftliche und attraktive Lösungen für durch Wärmebewegungen auftretende Probleme. In den folgenden Abschnitten finden Sie Produktinformationen und Vorschläge, die die mechanischen Vorzüge des genuteten Rohrverlegeverfahrens aufzeigen.

Da es nicht möglich ist, alle Systemausführungen vorherzusehen, möchten wir darauf hinweisen, dass diese Vorschläge nicht als Empfehlungen für ein bestimmtes System gedacht sind.

1 Victaulic Kompensator des Typs 150 Mover®

Der Victaulic Kompensator des Typs 150 Mover ist ein Gleitkompensator, der für eine axiale Bewegungsfreiheit von bis zu 3"/76 mm sorgen kann und Rohrexpansionen und/oder -kontraktionen ausgleicht. (Siehe 09.04)

Wie bei allen anderen Kompensatoren auch, sollte der Konstrukteur Vorkehrungen gegen schädigende Bedingungen treffen, denen diese Bauteile keine Rechnung tragen können. Dazu gehören z.B. Temperaturen oder Drücke außerhalb des für das Produkt empfohlenen Bereichs oder Bewegungen, die die Fähigkeiten des Produkts übersteigen.

Damit der Kompensator richtig arbeiten kann, sollte das Rohrleitungssystem in separate Expansions-/Kontraktionsabschnitte mit geeigneten Unterstüzungen, Führungen und Verankerungen aufgeteilt werden, die axiale Rohrbewegungen leiten.

Verankerungen können zum Zweck der Kraftanalyse in Haupt- und Zwischenverankerungen aufgeteilt werden. Hauptverankerungen werden an Endpunkten, wichtigen Abzweigen oder Rohrumlenkungen angebracht. Die auf eine Hauptverankerung wirkenden Kräfte ergeben sich aus Druckstößen, der Durchflussgeschwindigkeit sowie der Reibung von Ausrichtführungen und Gewichtunterstützungsvorrichtungen.

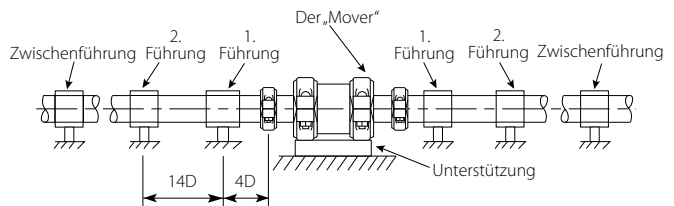
Zwischenverankerungen werden auf langen Rohrabschnitten installiert, um diese in kürzere Expansionsabschnitte zu unterteilen, damit weniger komplexe Kompensatoren eingesetzt werden müssen. Die auf die Zwischenverankerung wirkende Kraft ergibt sich aus der Reibung an Führungen, dem Gewicht von Unterstüzungen und Halterungen sowie der Aktivierungskraft, die zur Kompression oder Expansion eines Kompensators nötig ist.

Rohrausrichtführungen sind zur Gewährleistung der axialen Bewegung des Kompensators unerlässlich. Soweit möglich, sollten Kompensatoren immer innerhalb von vier (4) Rohrdurchmessern neben einer Verankerung liegen. Die erste und die zweite Ausrichtführung auf der dem Kompensator gegenüberliegenden Seite, sollten ein Maximum von vier (4) bzw. vierzehn (14) Rohrdurchmessern entfernt sein. Zusätzliche Zwischenführungen zur Ausrichtung von Rohren könnten über das gesamte System hinweg nötig sein. Wenn ein Kompensator nicht neben einer Verankerung eingesetzt werden kann, installieren Sie, wie bereits erwähnt, auf beiden Seiten der Einheit Führungen.

DIE ANGEGEBENEN DATEN SIND ALS PLANUNGSHILFE FÜR QUALIFIZIERTE ANLAGENPLANER GEDACHT, WENN PRODUKTE GEMÄSS DER NEUESTEN PRODUKTDATEN VON VICTAULIC INSTALLIERT WERDEN.

TABELLE 2

EMPFOHLENE ABSTÄNDE FÜR ROHRAUSRICHTFÜHRUNGEN			
Rohrgröße		Maximaler Abstand zur 1. Führung oder Verankerung Zoll/mm	Ungefäher Abstand zwischen 1. und 2. Führung Zoll/mm
Nennmaß Zoll/mm	Tatsächlicher Außendurchmesser Zoll/mm		
1	1.315	4"	1' – 4"
25	33,7	101,6	406,4
1¼	1.660	5"	1' – 5"
32	42,4	127,0	431,8
1½	1.900	6"	1' – 9"
40	48,3	152,4	533,4
2	2.375	8"	2' – 4"
50	60,3	203,2	711,2
2½	2.875	10"	2' – 11"
65	73,0	254,0	889,0
3	3.500	1' – 0"	3' – 6"
80	88,9	304,8	1066,8
3½	4.000	1' – 2"	4' – 1"
90	101,6	355,6	1244,6
4	4.500	1' – 4"	4' – 8"
100	114,3	406,4	1422,4
5	5.563	1' – 8"	5' – 8"
125	141,3	508,0	1727,2
6	6.625	2' – 0"	7' – 0"
150	168,3	609,6	2133,6
8	8.625	2' – 8"	9' – 4"
200	219,1	812,8	2844,8
10	10.750	3' – 4"	11' – 8"
250	273,0	1016,0	3556,0
12	12.750	4' – 0"	14' – 0"
300	323,9	1219,2	4267,2
14	14.000	4' – 8"	16' – 4"
350	355,6	1422,4	4978,4
16	16.000	5' – 4"	18' – 8"
400	406,4	1625,6	5689,6
18	18.000	6' – 0"	21' – 0"
450	457,0	1828,8	6400,8
20	20.000	6' – 8"	23' – 4"
500	508,0	2032,0	7112,0
24	24.000	8' – 0"	28' – 0"
600	610,0	2438,4	8534,4



Darüber hinaus muss das Gewicht des Rohrs, inklusive dessen flüssiger Inhalte, bei Anwendungen mit langen Rohrabschnitten und niedrigen Drücken, die unter Umständen nur wenige Zwischenausrichtführungen erfordern, ausreichend abgestützt werden. Empfohlene Abstände finden Sie im Victaulic I-100 Taschenhandbuch sowie im Abschnitt 26.01, Konstruktionsdaten, des Allgemeinkatalogs.

Berechnung und Ausgleich von Wärmeausdehnungen in Rohrleitungen

Abbildung 1 zeigt die typische Anwendung von Kompensatoren, Verankerungen und Führungen.

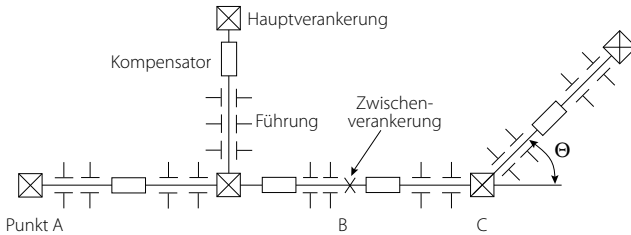


ABBILDUNG 1

Nach dessen Installation gleicht der „Mover“ eine axiale Rohrbewegung von 3"/76 mm aus. Bei diesen Bewegungen kann es sich, je nach den Systemanforderungen, um Rohrexansionen, -kontraktionen oder eine Kombination davon handeln. Darüber hinaus sollte den durch die Installation bei einer Temperatur, die nicht der minimalen oder maximalen Betriebstemperatur entspricht, verursachten Bewegungen durch den Abgleich der Einbaulänge des Kompensators Rechnung getragen werden.

Die zur vollständigen Komprimierung von Victaulic Kompensatoren nötigen Aktivierungskräfte, entsprechen den Kräften, die zur Überwindung eines Innendrucks von ca. 15 psi/103 kPa erforderlich sind. Die erforderlichen Kräfte sind für den Kompensator Mover des Typs 150 sowie den Kompensator des Typs 155 ähnlich und sind, den jeweiligen Größen entsprechend, in Tabelle 3 aufgelistet.

Für Rohrgrößen, für die der Mover nicht erhältlich ist, bietet Victaulic Ihnen den Kompensator des Typs 155. Kompensatoren des Typs 155 sind eine Kombination aus Kupplungen und kurzen Nippeln, die zum Tandem zusammengefasst sind, um einer größeren Expansion Rechnung tragen zu können. Die Nippel sind präzise genutet, um an allen Verbindungsstellen die vollständige lineare Toleranz zu gewährleisten.

Die Standard-Einheiten werden mit Kupplungen der Typen 77 oder 75 vorbereitet und mit Nippeln in der vollständig geöffneten Position für eine vollständige Expansion montiert. Darüber hinaus sorgen Standard-Einheiten für eine axiale Bewegung von bis zu 1,88"/47,752 mm (¾ – 3"/20 – 80 mm Größen) oder 1,75"/44,45 mm (4 – 24"/100 – 600 mm Größen). Kompensatoren des Typs 155, mit mehr oder weniger ausgeprägter Axialbewegungsfähigkeit, erhält man durch einfaches Hinzufügen oder Entfernen von Kupplungs- und Nippel-Einheiten. Zu Kontraktionszwecken sind die Einheiten vollständig komprimiert. In Fällen, in denen Expansions- und Kontraktionstoleranzen nötig sind, werden die Abstände proportional zur Installationstemperatur sowie den Temperaturextremen (gemäß Kundenspezifikation) gesetzt.

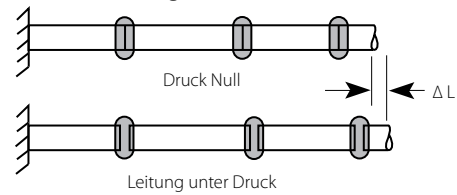
Victaulic Kompensatoren des Typs 155 können als flexible Verbindungen verwendet werden. Sie können jedoch nicht gleichzeitig für eine vollständige Expansion und eine vollständige Durchbiegung sorgen. Waagrecht installierte Kompensatoren erfordern eine unabhängige Unterstützung, um einer Durchbiegung vorzubeugen, die die verfügbare Expansion verringert.

TABELLE 3

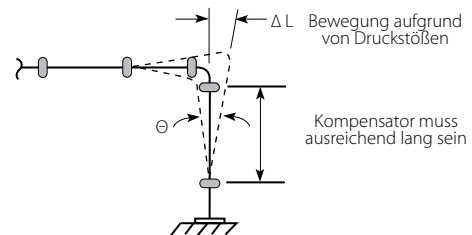
Rohrgröße		Aktivierungskraft	Rohrgröße		Aktivierungskraft
Nennmaß Zoll/mm	Tatsächlicher Außendurchmesser Zoll/mm	Lbs. N	Nennmaß Zoll/mm	Tatsächlicher Außendurchmesser Zoll/mm	Lbs. N
1	1.315	20	10	10.750	1365
25	33,7	89	250	273,0	6074
1½	1.900	45	12	12.750	1915
40	48,3	200	300	323,9	8522
2	2.375	70	14	14.000	2310
50	60,3	312	350	355,6	10280
3	3.500	145	16	16.000	3015
80	88,9	645	400	406,4	13417
4	4.500	240	18	18.000	3820
100	114,3	1068	450	457,0	16999
6	6.625	520	20	20.000	4715
150	168,3	2314	500	508,0	20982
8	8.625	880	24	24.000	6785
200	219,1	3916	600	610,0	30193

2 Frei gleitendes System

Bei frei gleitenden Systemen handelt es sich um Rohrleitungssysteme, die sich ohne den Einsatz von Kompensatoren thermisch ausdehnen/ zusammenziehen können, vorausgesetzt, dass diese Bewegungen keine Biegemomentbelastungen an Abzweigen hervorrufen oder sich schädigend auf Verbindungsstellen oder Umlenkungen, oder auf Teile der Konstruktion oder andere Einrichtungen auswirken. Dies erreicht man durch die unregelmäßige Installation von Verbindungsstellen, oder, falls gewünscht, durch die Installation von Führungen zur Lenkung der Bewegungsrichtung. Bei Verwendung flexibler genuteter Kupplungen, müssen die Auswirkungen von Druckstößen einkalkuliert werden, da Rohre, die gleiten können, sich bis zum vollen Ausmaß der verfügbaren Rohrendabstände hin bewegen.



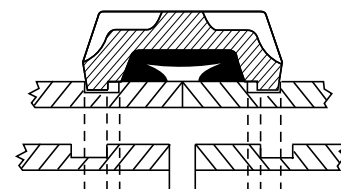
Stellen Sie sicher, dass die Abzweige und Kompensatoren ausreichend lang sind, damit die maximale winklige Durchbiegung der Kupplung (die in den Leistungsdaten der jeweiligen Kupplung zu finden ist) zu keinem Zeitpunkt überschritten wird und sie die zu erwartende Gesamtbewegung der Rohre ausgleichen kann. Verankern Sie das System andernfalls und lenken Sie die Bewegungen. Stellen Sie des Weiteren sicher, dass angrenzende Rohre sich frei bewegen können, um zu erwartende Bewegungen zu unterstützen.



3 Victaulic flexible genutete Kupplungen, die sich ihre linearen Bewegungs- und Durchbiegungsfähigkeiten zunutze machen

Bei der Planung von mittels flexibler mechanischer genuteter Kupplungen verbundener Rohrleitungen ist es notwendig, bestimmten Leistungsmerkmalen dieser Kupplungen Rechnung zu tragen. Diese Merkmale unterscheiden flexible genutete Kupplungen von anderen Typen und Verfahren zum Verbinden von Rohren. Wenn er sich darüber im Klaren ist, kann der Konstrukteur sich die zahlreichen Vorteile dieser Kupplungen zunutze machen.

Die an flexiblen genuteten Rohrverbindungen zur Verfügung stehende lineare Bewegung finden Sie in den Leistungsdaten der einzelnen Victaulic Kupplungen. Bei diesen Werten handelt es sich um MAXIMA. Bei der Planung und beim Einbau sollten diese Werte um folgende Faktoren verringert werden, um Rohrtoleranzen Rechnung zu tragen.



TOLERANZ LINEARE BEWEGUNG

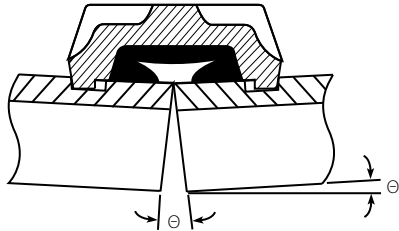
¾ – 3 1/2"/20 – 90 mm – verringern Sie die angegebenen Werte um 50%
 4"/100 mm und darüber – verringern Sie die angegebenen Werte um 25%
 Herkömmliche rollgenutete Rohre ermöglichen die Hälfte der Expansion/ Kontraktion oder Durchbiegung wie gleich große handelsübliche fräsgenutete Rohre.

Berechnung und Ausgleich von Wärmeausdehnungen in Rohrleitungen

Wenn eine vollständige lineare Bewegungsfreiheit erforderlich ist, kann der Victaulic Kompensator des Typs 155, zusammen mit speziellen, präzise genuteten Nippeln, eingesetzt werden. Beziehen Sie sich hinsichtlich weiterer Informationen auf den Abschnitt 09.05.

Die an flexiblen genuteten Rohrverbindungen vorliegende winklige Durchbiegung finden Sie in den Leistungsdaten der einzelnen Victaulic Kupplungen. Bei diesen Werten handelt es sich um MAXIMA. Bei der Planung und beim Einbau sollten diese Werte um folgende Faktoren verringert werden, um Rohrtoleranzen Rechnung zu tragen.

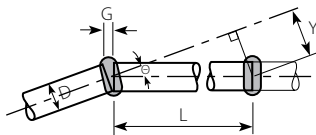
Θ = Maximale winklige Durchbiegung zwischen Mittellinien, wie in den Leistungsdaten dargelegt.



TOLERANZ WINKLIGE BEWEGUNG

$\frac{3}{4} - 3 \frac{1}{2} / 20 - 90 \text{ mm}$ – verringern Sie die angegebenen Werte um 50% $4" / 100 \text{ mm}$ und darüber – verringern Sie die angegebenen Werte um 25%
 Herkömmliche fräsgenutete Rohre ermöglichen eine doppelt so große Expansion/Kontraktion oder Durchbiegung wie gleich große handelsübliche rollgenutete Rohre.

Die an flexiblen genuteten Rohrverbindungen von Victaulic vorliegende winklige Durchbiegung dient der Vereinfachung und Beschleunigung der Installation.



$$Y = L \sin \Theta$$

$$\Theta = \sin^{-1} \frac{G}{D}$$

$$Y = \frac{G \times L}{D}$$

Y = Versatz (Zoll)

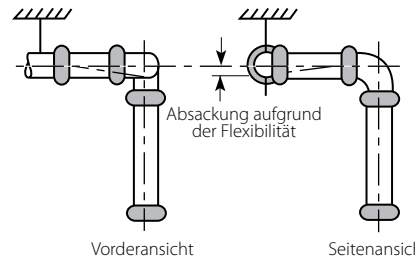
G = Maximal zulässige Rohrbewegung (Zoll), wie in den Leistungsdaten angegeben, (wobei dieser Wert um die Auslegungstoleranz verringert werden muss)

Θ = Maximale Durchbiegung (Grad) von der Mittellinie, wie in den Leistungsdaten angegeben, (wobei dieser Wert um die Auslegungstoleranz verringert werden muss)

D = Außendurchmesser des Rohrs (Zoll)

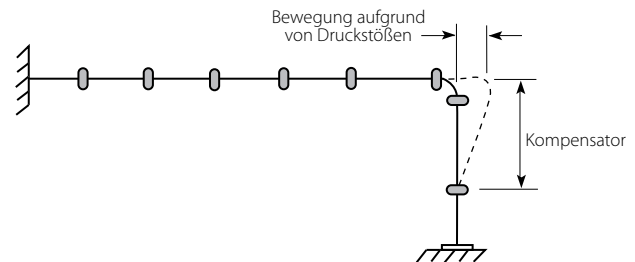
L = Rohrlänge (Zoll)

ANMERKUNG: Vollständig durchgebogene Verbindungsstellen lassen keine lineare Bewegung mehr zu. Teilweise durchgebogene Verbindungsstellen lassen ein gewisses Maß an linearer Bewegung zu. Flexible genutete Kupplungen sorgen dafür, dass an Verbindungsstellen sowohl Winkelflexibilität als auch Drehbewegungsfreiheit gegeben ist. Diese Eigenschaften bieten Vorteile bei der Planung und Installation von Rohrleitungssystemen, sie müssen jedoch bei der Festlegung der Abstände von Aufhängungen und Unterstützungen berücksichtigt werden.



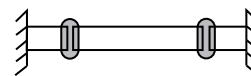
Wie oben dargestellt ist es offensichtlich, dass dieses System weitere Aufhängungen (oder starre Zero-Flex® Kupplungen) benötigen würde, um das auftretende Absacken der Rohre zu vermeiden. Die Positionen der Aufhängungen müssen im Verhältnis zu den an den Verbindungsstellen auftretenden winkligen und Drehbewegungen gewählt werden.

Flexible Kupplungen ermöglichen lineare Bewegungen, daher müssen Druckstöße berücksichtigt werden, aufgrund derer die Rohrenden sich alle bis zu dem von der Kupplung maximal zugelassenen Maß hin bewegen würden und diese Bewegung sich als Ganzes am Ende des Systems sammeln würde, wenn alle Verbindungsstellen auf Stoß oder lediglich teilweise geöffnet installiert worden wären, wenn diese unter Druck stehen.

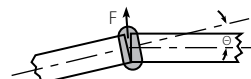


Kompensatoren müssen in der Lage sein, eine ausreichende Durchbiegung zuzulassen, da es andernfalls zu potentiellen Schäden hervorgerufenen Biegemomenten an den Verbindungsstellen des Kompensators kommen würde. Bitte beachten Sie, dass es bei einer Expansion der Rohre aufgrund thermischer Veränderungen auch zu deren weiterer Ausdehnung an den Enden kommt.

Eine winklige Durchbiegung ist an aneinanderstoßenden oder vollständig getrennten Verbindungsstellen nicht möglich, es sei denn, die Rohrenden können sich je nach Bedarf zusammenziehen und ausdehnen.

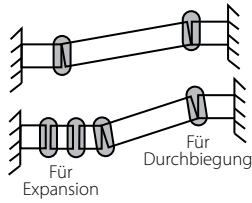


In ihrer Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkte gebogene Verbindungsstellen, richten sich, unter dem Einfluss axialer Druckstöße oder anderer, Rohre auseinanderziehender Kräfte, gerade. Wenn die Verbindungsstellen gebogen bleiben sollen, müssen die Leitungen verankert werden, um Druckstößen und Endzugkräften entgegenzuwirken, da andernfalls eine ausreichend große, seitliche Kraft ausgeübt werden muss, um die Biegung der Verbindungsstelle aufrechtzuerhalten.



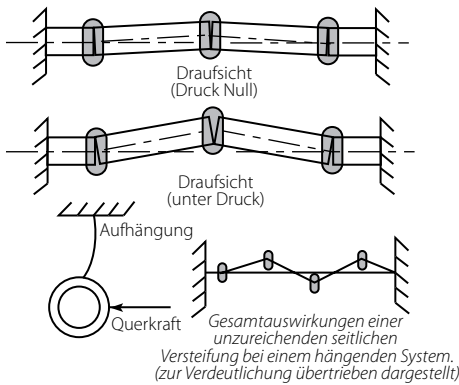
Aufgrund des Innendrucks werden auf gebogene Verbindungsstellen immer Querkraften (F) ausgeübt. Eine vollständig gebogene Verbindungsstelle ist nicht mehr in der Lage, für die dort normalerweise mögliche lineare Bewegung zu sorgen.

Berechnung und Ausgleich von Wärmeausdehnungen in Rohrleitungen

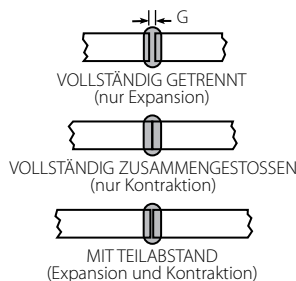


Das genutete Rohrverbindungsverfahren schließt eine gleichzeitige maximale lineare und winklige Bewegung an ein und derselben Verbindungsstelle aus. Wenn beide dieser Bewegungen gleichzeitig erwünscht sind, sollten die Systeme mit einer ausreichend großen Anzahl von Verbindungen ausgestattet sein, die dies ermöglichen. Dabei müssen des Weiteren die empfohlenen Toleranzen berücksichtigt werden.

Bei verankerten Systemen, bei denen die Druckstöße nicht dafür sorgen, dass die Verbindungsstellen unter Spannung bleiben, oder bei Systemen, bei denen die Verbindungsstellen absichtlich gebogen wurden (z.B. Bögen), müssen Sie eine seitliche Begrenzung bereitstellen, um zu verhindern, dass sich die Rohre aufgrund an den Bögen wirkender Druckstöße bewegen. Zur Verhinderung von Seitwärtsbewegungen von Rohren sind leichte Aufhängungen ungeeignet. Man muss davon ausgehen, dass es bei allen geraden Leitungen zu geringfügigen Durchbiegungen kommt und somit Seitenschübe auf die Verbindungsstellen ausgeübt werden.

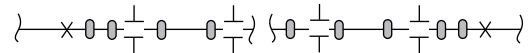


Flexible Kupplungen sehen die Expansion oder Kontraktion von Rohrleitungen nicht automatisch vor. Machen Sie sich immer Gedanken bezüglich der besten Platzierung für Rohrendabstände. Bei verankerten Systemen müssen die Abstände so platziert werden, dass sie mit Kombinationen aus Expansion und Kontraktion fertig werden. Bei frei gleitenden Systemen müssen ausreichend lange Kompensatoren verwendet werden, um Bewegungen ohne eine übermäßige Biegung der Verbindungsstellen auszugleichen.



Stellen Sie sicher, dass Sie angemessene Verankerungen und Unterstüzungen wählen. Wählen Sie Verankerungen, um Bewegungen von Abzweigen und der Konstruktion abzulenken oder kritischen Richtungsänderungen vorzubeugen. Die zum Ausgleich zu erwartender Rohrbewegungen verwendete Art von Unterstüzungen sowie deren Abstände sollten berücksichtigt werden. (Beziehen Sie sich

hinsichtlich empfohlener Halterungsabstände auf das Victaulic I-100 Taschenhandbuch sowie den Abschnitt 26.01 des Allgemeinkatalogs.) Sich aufgrund thermischer Veränderungen ergebende Bewegungen in Rohrleitungssystemen, können mittels des genuteten Rohrverlegeverfahrens ausgeglichen werden. Zum Ausgleich der zu erwartenden Bewegungen, einschließlich der Bewegungstoleranzen, muss eine ausreichend große Anzahl flexibler Verbindungsstellen vorhanden sein. Falls die Gesamtanzahl der im System vorhandenen Verbindungsstellen für die zu erwartenden Bewegungen unzureichend ist, sollten zusätzliche Expansionsmöglichkeiten in Form von Victaulic Kompensatoren der Typen 150 Mover oder 155 verwendet werden. (Beziehen Sie sich auf Abschnitt 09.04 oder 09.05.)



BEISPIEL: 400"/122 m langes, gerades Rohrleitungssystem; 6"/150 mm; 20"/6 m Wiederhollängen; installiert bei 60°F/16°C (gleichzeitig niedrigste Betriebstemperatur); maximale Betriebstemperatur 180°F/82°C. Standard-Expansionstabellen zeigen, dass dieses System eine zu erwartende Gesamtbewegung von 3.7"/94 mm aufweist. (Beziehen Sie sich auf Abschnitt 26.02.)

20	Verbindungsstellen zwischen Verankerungspunkten
$X \frac{1}{4}$ "	Bewegung pro Kupplung (fräsgenutete Typ 77 Leistungsdaten)
5"	Verfügbare Bewegung
- 25%	Bewegungstoleranz
3.75"	

In obigem Beispiel hätten starre Zero-Flex Kupplungen des Typs 07 eingesetzt werden und den Expansions- und/oder Kontraktionsanforderungen mittels zusätzlicher flexibler Kupplungen und/oder, je nach Bedarf, Kompensatoren des Typs 150, 155, Rechnung getragen werden können.

4 Dehnungsschleifen, die sich flexible Kupplungen und Formstücke von Victaulic zunutze machen

Victaulic bietet Konstrukteuren den Vorteil, in Dehnungsschleifen flexible Kupplungen und Formstücke von Victaulic einsetzen zu können, ohne dadurch Belastungen auf die Rohre, Bögen oder Verbindungsstellen aufzubringen. Die Durchbiegungsfähigkeit flexibler Kupplungen ermöglicht eine Absorption thermischer Ausdehnungen/Kontraktionen in den Kupplungen an den Bögen, sobald die thermischen Kräfte zu Durchbiegungen führen. Des Weiteren muss darauf geachtet werden, dass in Dehnungsschleifen keine starren Kupplungen (Victaulic Typ 07, HP-70) eingesetzt werden, da diese kein Winkelspiel zulassen.

Zur Vervollständigung jeder Dehnungsschleife sind insgesamt acht (8) flexible Kupplungen von Victaulic, vier (4) genutete 90° Bögen von Victaulic und drei (3) Rohrspulen erforderlich. Sie werden, wie in Abb. A dargestellt, angeordnet. Wenn die Systemtemperaturen sinken und die Rohrleitung sich zusammenzieht (siehe Abb. B), dehnt die Schleife sich aus und die Durchbiegungsfähigkeiten der Kupplungen gleichen diese Bewegungen aus. Wenn die Systemtemperaturen ansteigen (siehe Abb. C), tritt der entgegengesetzte Effekt ein, die Rohrleitung dehnt sich aus und die Schleife zieht sich zusammen, wobei die Kupplungen die Durchbiegungen in die entgegengesetzte Richtung ausgleichen.

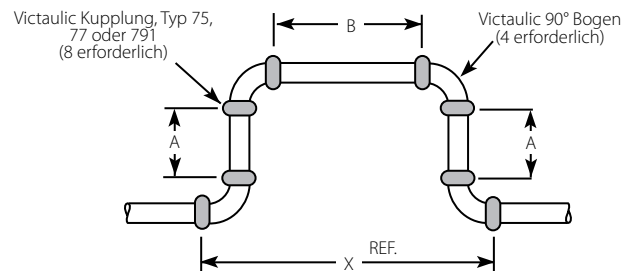


ABBILDUNG A
Dehnungsschleife

Berechnung und Ausgleich von Wärmeausdehnungen in Rohrleitungen

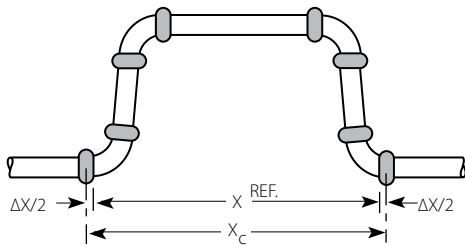


ABBILDUNG B

Thermische Kontraktion

Rohrleitung zieht sich zusammen – Schleife dehnt sich aus

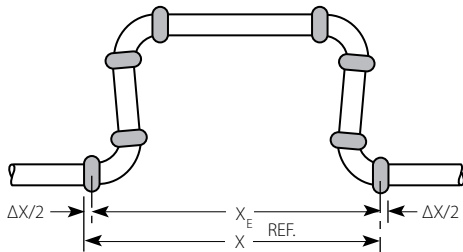


ABBILDUNG C

Thermische Expansion

Rohrleitung dehnt sich in die Schleife aus – Schleife zieht sich zusammen

Die Gesamtheit der thermischen Expansion/Kontraktion, ΔX , sollte vom Systemplaner, basierend auf der Länge der Rohrleitung zwischen den Verankerungen sowie den zu erwartenden Temperaturabweichungen von der Installationstemperatur (siehe Tabelle 1 für Einzelheiten), festgelegt werden. Bei der an den einzelnen Kupplungen verfügbaren winkligen Durchbiegung, handelt es sich um ein Auslegungsmerkmal, das der Größe und dem Typ der Kupplung sowie der Art der Nut (fräs- oder rollgenutet) inhärent ist. Die Länge der senkrechten Abzweige der Schleife (Maß A), wird von der zu erwartenden Expansion/Kontraktion (ΔX) der Rohrleitung sowie der pro Verbindungsstelle verfügbaren Durchbiegung bestimmt. Maß A sollte auf beiden Seiten der Schleife gleich sein. Die Länge des Parallelabzweigs der Dehnungsschleife (Maß B) wird von ΔX bestimmt und er muss ausreichend lang sein, so dass die Bögen des Rohrabschnitts während der thermischen Ausdehnung nicht aneinanderstoßen. Es wird empfohlen, dass Maß B um mindestens 2"/50,8 mm länger ist als ΔX .

Der Konstrukteur kann zur Erleichterung der Expansionsplanung die Abbildungen D und E, „Planung von Dehnungsschleifen mit Hilfe flexibler Kupplungen und Formstücke von Victaulic“, heranziehen. Diese Schleifen beinhalten alle Planungsinformationen für jede Größe der flexiblen Kupplungen von Victaulic, einschließlich der Toleranz für winklige Bewegungen, wie in Abschnitt 3 dargelegt. Das Rohrinnenmaß und entweder die geplante thermische Expansion (ΔX) oder die Länge senkrechter Abzweige (A), müssen bekannt sein, damit der andere Wert bestimmt werden kann. Für eine ordnungsgemäß funktionierende Dehnungsschleife ist es unerlässlich, dass sie ohne Kupplungsdurchbiegung installiert wird und die Rohrleitung richtig verankert und geführt ist. Soweit möglich, sollte die Dehnungsschleife innerhalb von vier (4) Rohrdurchmessern neben einer Verankerung liegen. Die erste und zweite Ausrichtführung auf der gegenüberliegenden Seite der Dehnungsschleife, sollte maximal vier (4), bzw. vierzehn (14) Rohrdurchmesser entfernt liegen. Zusätzliche Zwischenführungen zur Rohrausrichtung, könnten über das gesamte System hinweg erforderlich sein. Falls die Dehnungsschleife nicht neben einer Verankerung liegen kann, bringen Sie, wie erwähnt, auf beiden Seiten der Einheit Führungen an.

Beispiel: Verwenden Sie die im Beispielproblem des vorangegangenen Abschnitts ermittelten Parameter, 6"/150 mm Rohrinnenmaß und 3.75"/95,2 mm zu erwartende Gesamtbewegung und beziehen Sie sich auf die Abbildungen D und E, um die Länge senkrechter Schleifenabzweige, sowohl für fräs- als auch für rollgenutete Rohre, zu ermitteln.

$\Delta X = 3.75"/95,2 \text{ mm}$

Rohrinnenmaß = 6"/150 mm

für fräsgenutete Rohre (Abbildung D)

A = 2.7"/0,82 m Minimum

für rollgenutete Rohre (Abbildung E)

A = 5.4"/1,65 m Minimum

Berechnung und Ausgleich von Wärmeausdehnungen in Rohrleitungen

ABBILDUNG D
AUSFÜHRUNG DEHNUNGSSCHLEIFE MIT HILFE FLEXIBLER KUPPLUNGEN UND FORMSTÜCKE VON VICTAULIC*
VICTAULIC FRÄSGENUTETE ROHRE

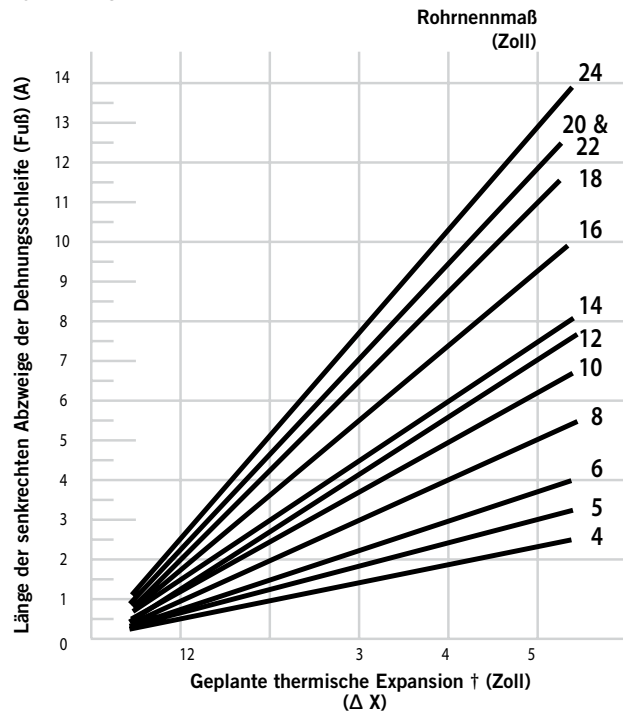
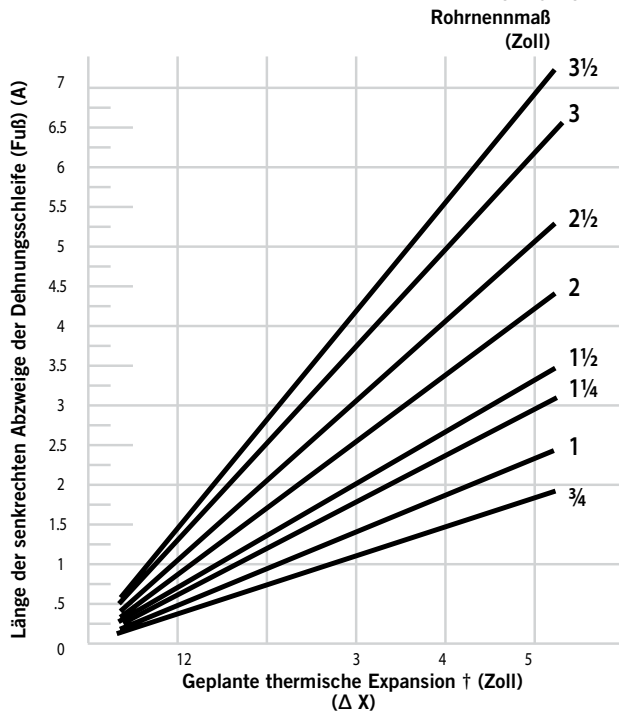
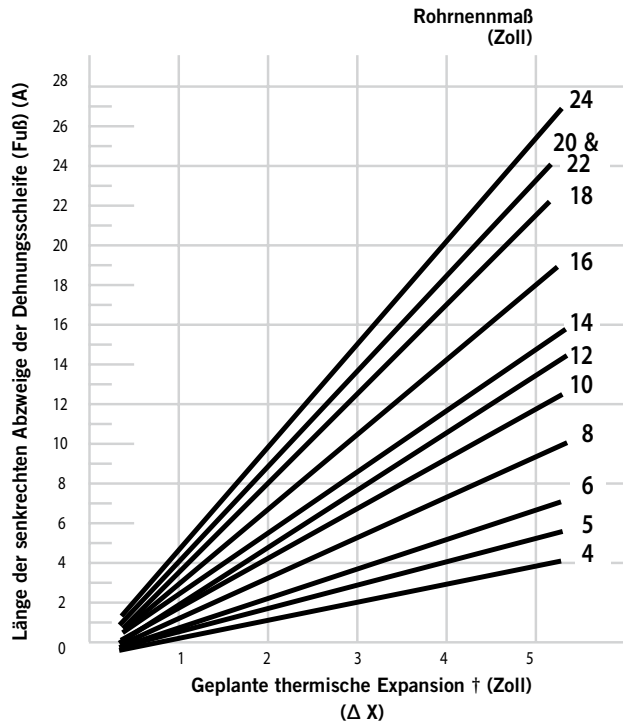
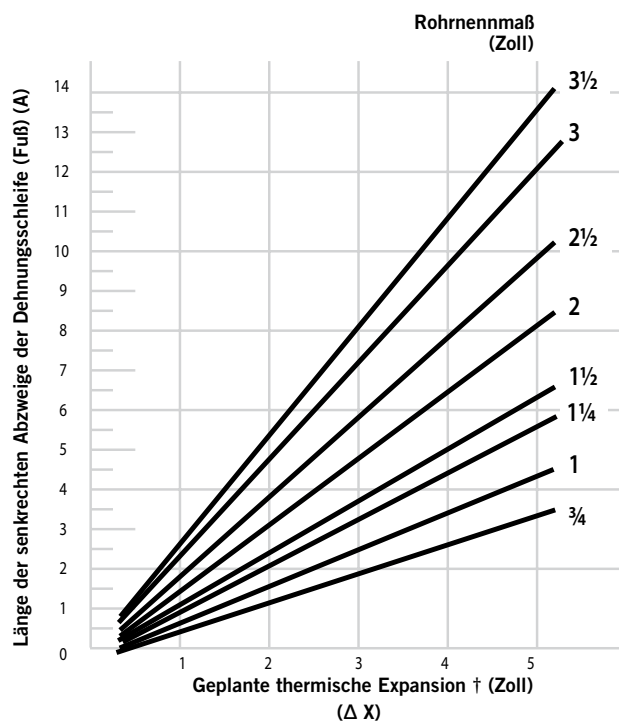


ABBILDUNG E
AUSFÜHRUNG DEHNUNGSSCHLEIFE MIT HILFE FLEXIBLER KUPPLUNGEN UND FORMSTÜCKE VON VICTAULIC*
VICTAULIC ROLLGENUTETE ROHRE



* Basierend auf gemäß Victaulic Spezifikationen genuteten Rohren.

† Absperventile berücksichtigen Auslegungstoleranzen: 50% Reduzierung für Größen unter 4"/25% Reduzierung für Größen von 4" und darüber.

Berechnung und Ausgleich von Wärmeausdehnungen in Rohrleitungen

Um eine Dehnungsschleife für das beschriebene System vorsehen zu können, müssen die beiden Abzweige bei fräsgenuteten Rohren mindestens 2.7/0,82 m und bei rollgenuteten Rohren mindestens 5.4/1,65 m lang sein. Der Parallelabzweig der Dehnungsschleife muss um mindestens 2"/50,8 mm länger sein als ΔX.

$$B = \Delta X + 2$$

$$B = 3.75" + 2" = 5.75" \text{ Minimum (95 mm + 54 = 4845 mm)}$$

In diesem Fall kann ein Standard Nut x Nut Victaulic Nr. 43 Adapternippel mit einem Streckenmaß von 6"/152,4 mm als Parallelabzweig, sowohl für fräs- als auch für rollgenutete Rohre, verwendet werden.

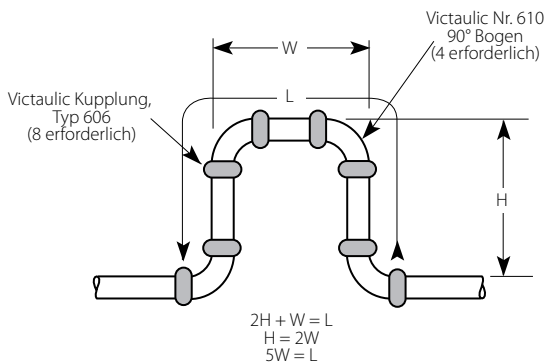
5 Dehnungsschleifen zur Verbindung von Kupferrohren mittels Kupferverbindungsprodukten von Victaulic

Dehnungsschleifen oder U-Bögen werden häufig zum Ausgleich der aufgrund thermischer Veränderungen auftretenden Expansionen und/oder Kontraktionen verwendet. Kupferrohre, wie alle anderen Rohre auch, dehnen sich bei Temperaturwechseln aus und ziehen sich wieder zusammen. In Tabelle 1, in Abschnitt 26.02, finden Sie die tatsächliche Expansion 100/30,5 m langer Kupferrohre. Ein Beispiel zur Berechnung der zu erwartenden Expansionen/Kontraktionen finden Sie unter 26.02.

Die für bei Kupferrohren nötigen Längen von Dehnungsschleifen können mittels folgender Formeln berechnet werden (1) (2):

$$L = \sqrt{\frac{3 E D e}{S}}$$

L = Schleifenlänge, in Zoll, wie in untenstehender Abbildung dargestellt:



E = Elastizitätsmodul von Kupfer in psi = 15.600.000 psi/ 107 546 400 kPa

S = zulässige Biegebelastung des Materials, in psi = 6000 psi/ 41 364 kPa

D = Außendurchmesser von Kupferrohren, in Zoll

e = zu absorbierende Expansion, in Zoll

Vereinfachung der Formel:

$$L = 88.32 \sqrt{De}$$

In untenstehender Tabelle finden Sie die für verschiedene Expansionen errechneten Schleifenlängen:

TABELLE 4

Schleifenlänge „L“, Zoll/mm, für die dargestellten Rohrgrößen					
Expansion Zoll/mm	2 ½ 63,5	3 76,2	4 101,6	5 127,0	6 152,4
½	102	111	127	142	155
12,7	2590,8	2819,4	3225,8	3606,8	3937,0
1	144	157	180	200	219
25,4	3657,6	3987,8	4572,0	5080,0	5562,6
1½	176	192	220	245	268
38,1	4470,4	4876,8	5588,0	6223,0	6807,2
2	203	221	254	283	310
50,8	5156,2	5613,4	6451,6	7188,2	7874,0
2½	227	247	284	317	346
63,5	5765,8	6273,8	7213,6	8051,8	8788,4
3	248	271	311	347	379
76,2	6299,2	6883,4	7899,4	8813,8	9626,6

ANMERKUNG: Die Dehnungsschleife sollte zwischen zwei Verankerungen liegen und das Rohr geführt werden, damit die Bewegungen in die Schleife geleitet werden.

Referenzen:

- (1) Kupfer/Messing/Bronze Produkthandbuch, Copper Development Association, Inc.
- (2) Quellenbuch Kupfer und Kupferlegierungen, American Society for Metals.

GARANTIE

Beziehen Sie sich hinsichtlich Einzelheiten auf den Garantieabschnitt der aktuellen Preisliste oder setzen Sie sich mit Victaulic in Verbindung.

ANMERKUNG

Dieses Produkt wird von Victaulic oder nach Spezifikationen von Victaulic hergestellt. Alle Produkte müssen gemäß den derzeit gültigen Installations- bzw. Montageanleitungen von Victaulic installiert werden. Victaulic behält sich das Recht vor, an Produktspezifikationen, Designs und Standardgeräten jederzeit und ohne dass daraus Verpflichtungen entstehen, Änderungen vorzunehmen.

