



druckluft technik ev
airgroup

Zertifizierter
Druckluftservice -
bundesweit,
24 Stunden, 7 Tage

Zuverlässiger Service für
Energiemanagementsysteme
nach ISO 50001:2011

Technisches Handbuch
für Druckluftnetze

+GF+

GEORG FISCHER
PIPING SYSTEMS

Allgemeine Hinweise

Zeichenerklärung

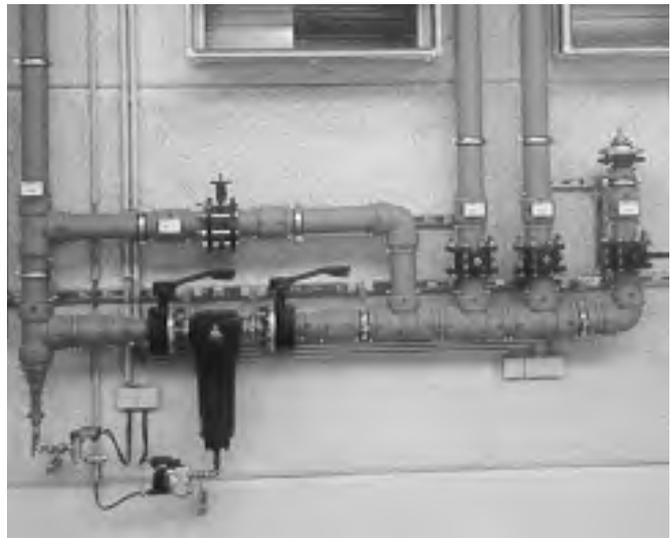
PB	Polybuten
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
EPDM	Ethylen-Propylen-Kautschuk
d	Außendurchmesser des Leitungsrohres
s	Wandstärke des Leitungsrohres
dCu	Außendurchmesser des Kupferrohres
DN	Nennweite
D	Durchmesser
Z	Z-Maße
G	Rohrgewinde, für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen (mit Flachdichtung) nach ISO 228
R	Rohraußengewinde, kegelig, für im Gewinde dichtende Verbindungen nach ISO 7
Rp	Rohrinnengewinde, zylindrisch, für im Gewinde dichtende Verbindungen nach ISO 7
M	Metrisches Gewinde nach ISO 261
m	Meter
GP	Groß-Packung. Die angegebene Zahl entspricht der Menge, die im Großpack enthalten ist.
SP	Standard-Packung. Die angegebene Zahl entspricht der Menge, die im Standardpack enthalten ist.
kg	Gewicht in Kilogramm
H	Höhe
L	Länge

**Wir verweisen auf unsere
Allgemeinen Verkaufsbedingungen von
Georg Fischer GmbH und Airgroup Drucklufttechnik**

Inhaltsübersicht

Druckluftanwendung	1
Planungskriterien	1
Kriterien einer Druckluftleitung	2
Luftmenge	3
Betriebsdruck	4
Einteilung einer Druckluftanlage	5
Werkstoffauswahl / Systemauswahl	8
Leistungsplanung und -verlegung	13
Dimensionierung	18
Sanierung bestehender Anlagen	24
Verbindungstechnologie	25

Anwendungen Druckluft



Druckluftanwendungen

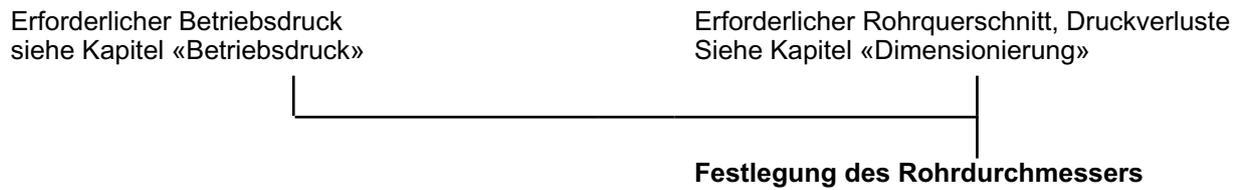
Allgemein

Planungskriterien für Druckluftleitungen

Kriterien für die Werkstoffauswahl



Kriterien für die Dimensionierung



Kriterien einer Druckluftleitung

Eine Druckluftleitung ist eine Energieleitung, die verdichtete atmosphärische Luft möglichst verlustfrei vom Erzeuger zum Verbraucher transportieren soll.

Atmosphärische Luft ist chemisch gesehen ein Gasgemisch, bestehend aus Stickstoff ($\approx 78\%$), Sauerstoff ($\approx 21\%$) und Argon ($\approx 1\%$) sowie Spuren von Kohlendioxid und anderen Gasen.

Die Druckluftleitung soll die Druckluft vom Erzeuger zum Verbraucher leiten, ohne Reduzierung

- der Luftqualität und
- der Luftmenge.

Unnötig hohe Qualitätsansprüche und zu grosse Auslegung verteuern die Druckluft. Deshalb ermitteln Sie vor dem Auslegen den genauen Bedarf. Die benötigte Luftqualität bestimmt die Art der Aufbereitung und den Rohrwerkstoff der Verteilungen.

Luftqualität

Die Anwendungsrichtlinien mit den empfohlenen Güteklassen nach Pneurop 6611 basieren auf der Klassifizierung für

- die Teilchengrösse,
- den höchsten Ölgehalt und
- den Drucktaupunkt.

Klasse	Maximale Teilchengrösse	Maximale Teilchendichte	Drucktaupunkt	Höchster Ölgehalt	Wassergehalt maximaler Drucktaupunkt	
	[μm]	[mg/m^3]	[$^{\circ}\text{C}$]	[mg/m^3]	ISO 8573.1	Pneurop 6611
1	0,1	0,1	-70	0,01	-70	-40
2	1	1	-40	0,1	-40	-20
3	5	5	-20	1,0	-20	2
4	15	nicht spezifiziert	+3	5,0	+3	10
5	40	10	+7	25,0	+7	-

Der Drucktaupunkt bestimmt den höchsten zulässigen Wassergehalt der Luft.

- 40 $^{\circ}\text{C} \triangleq 0,177 \text{ g}/\text{m}^3$

- 20 $^{\circ}\text{C} \triangleq 0,88 \text{ g}/\text{m}^3$

2 $^{\circ}\text{C} \triangleq 5,57 \text{ g}/\text{m}^3$

10 $^{\circ}\text{C} \triangleq 9,36 \text{ g}/\text{m}^3$

Die Qualitätsanforderungen an die Druckluft richten sich nach dem Einsatzgebiet. Die Qualität ist vom Druckluftproduzenten zu erbringen und darf durch das Verteilernetz nicht gemindert werden.

Klasse:

1. z. B. Fotoindustrie
2. z. B. Luftfahrt
3. z. B. Verpackungsindustrie
4. z. B. allgemeine Industrie
5. z. B. Bergbau

Luftmenge

Die benötigten Luftmengen werden durch die zu versorgenden Verbraucher definiert.

Luft- und somit Energieverluste, die durch Undichtheiten im Verteilernetz und an den Maschinen auftreten, führen zu hohen unnötigen Betriebskosten.

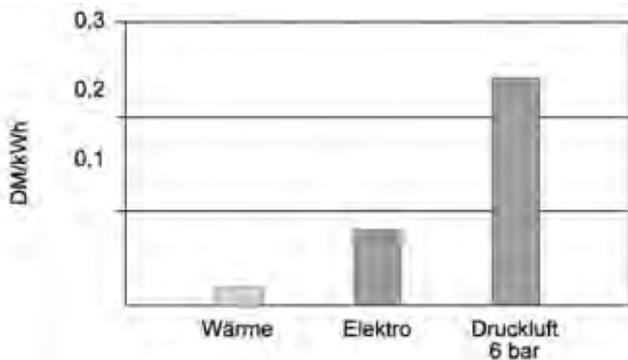
Leckagen können nicht komplett beseitigt werden. Sie vermindern die Wirtschaftlichkeit und sollten soweit wie möglich minimiert werden.

Wirtschaftlich vertretbare Verluste von der Gesamtanlage

- kleine Netze max. 5 %
- mittlere Netze max. 7 - 8 %
- grosse Industrienetze 15 %

Für Kesselanlagen sind die länderspezifischen Vorschriften zu beachten.

Druckluft – eine teure Energieform



Die Leckagemengen in sanierungsbedürftigen Druckluftanlagen verteilen sich zu $\approx 30\%$ auf das Netz und zu $\approx 70\%$ auf Schläuche und Werkzeuge.

Lochdurchmesser [mm]	Luftverlust [l/s] bei		Leistungsbedarf für die Verdichtung [kWh] bei	
	6 bar	12 bar	6 bar	12 bar
1	1,2	1,8	0,3	1,0
3	11,1	20,8	3,1	12,7
5	30,9	58,5	8,3	33,7
10	123,8	235,2	33,0	132,0

Um 1 m³ Luft auf 6 bar zu verdichten, werden 0,075 kWh benötigt.

Leckmessungen sind am einfachsten mittels Druckbehälterentleerung durchzuführen.

$$\dot{V}_L = \frac{V_B \times (p_A - p_E)}{t}$$

- V_L = Leckmenge
- V_B = Behältervolumen
- p_A = Anfangsdruck
- p_E = Enddruck
- t = Messzeit

Betriebsdruck

Die benötigten Luftmengen werden durch die zu versorgenden Verbraucher definiert.

Luft- und somit Energieverluste, die durch Undichtheiten im Verteilernetz und an den Maschinen auftreten, führen zu hohen unnötigen Betriebskosten.

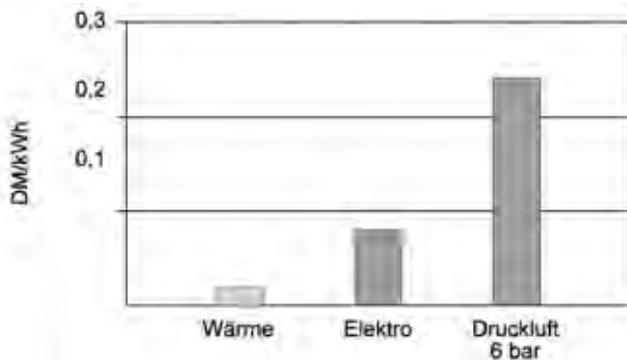
Leckagen können nicht komplett beseitigt werden. Sie vermindern die Wirtschaftlichkeit und sollten soweit wie möglich minimiert werden.

Wirtschaftlich vertretbare Verluste von der Gesamtanlage

kleine Netze	max. 5 %
mittlere Netze	max. 7-8 %
grosse Industrienetze	15 %

Für Kesselanlagen sind die länderspezifischen Vorschriften zu beachten.

Druckluft – eine teure Energieform



Die Leckagemengen in sanierungsbedürftigen Druckluftanlagen verteilen sich zu $\approx 30\%$ auf das Netz und zu $\approx 70\%$ auf Schläuche und Werkzeuge.

Lochdurchmesser [mm]	Luftverlust [l/s] bei		Leistungsbedarf für die Verdichtung [kWh] bei	
	6 bar	12 bar	6 bar	12 bar
1	1,2	1,8	0,3	1,0
3	11,1	20,8	3,1	12,7
5	30,9	58,5	8,3	33,7
10	123,8	235,2	33,0	132,0

Um 1 m^3 Luft auf 6 bar zu verdichten, werden 0,075 kWh benötigt.

Leckmessungen sind am einfachsten mittels Druckbehälterentleerung durchzuführen.

$$\dot{V}_L = \frac{V_B \times (p_A - p_E)}{t}$$

- V_L = Leckmenge
- V_B = Behältervolumen
- p_A = Anfangsdruck
- p_E = Enddruck
- t = Messzeit

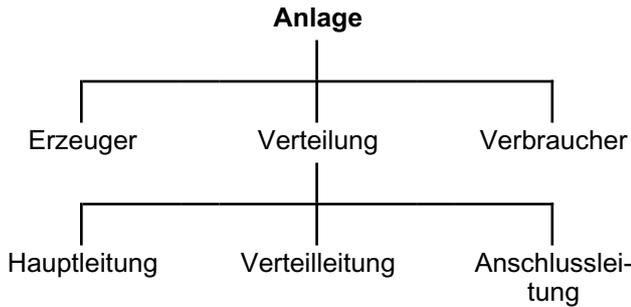
Einteilung einer Druckluftanlage

Eine Druckluftanlage wird in drei Segmente unterteilt

- in Erzeugung,
- in Verteilung und
- in Verbraucher.

Die Verteilung gliedert sich wiederum in

- Hauptleitung,
- Verteilung und
- Anschlussleitung.



Erzeuger

Zeitgemässe Erzeugerstationen werden heute als massgeschneiderte Komplettlösungen von verschiedenen Herstellern angeboten. Die Anlagen berücksichtigen die Anforderungen an die Luftqualität und zu welcher Zeit welche Luftmenge mit welchem Betriebsdruck benötigt wird.

Die Druckluftherzeugung unterteilt sich in

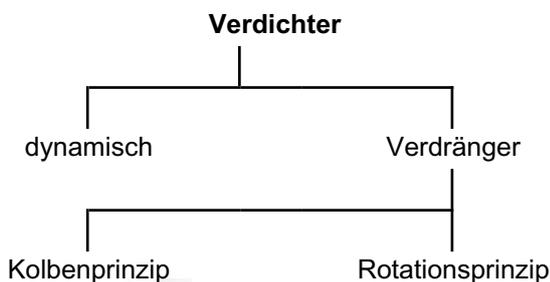
- Herstellung,
- Aufbereitung und
- Lagerung.

Herstellung

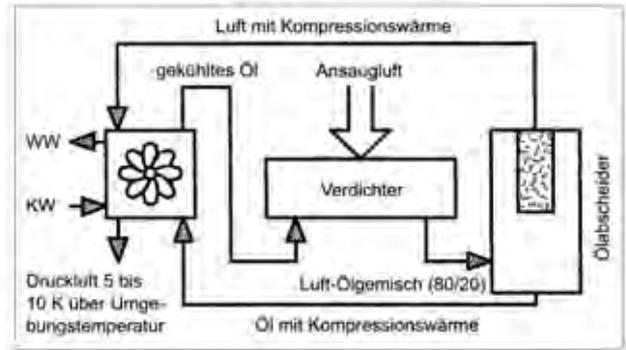
Die Druckluftherstellung erfolgt mittels Luftverdichtern (Kompressoren). Diese lassen sich in dynamische und in Verdrängungsverdichter unterteilen. Die Verdrängungsverdichter teilen sich wiederum in Rotations- und Kolbenverdichter auf. Bei den dynamischen Verdichtern wird Bewegungsenergie in Druckenergie umgewandelt (z. B. Flugzeugtriebwerk).

Moderne Herstellungsanlagen sind heute mit Wärmerückgewinnung ausgerüstet. Die einem Kompressor zugeführte elektrische Energie wird fast vollständig in Wärme umgewandelt. Bei optimaler Wärmenutzung können bis zu 90 % der zugeführten elektrischen Leistung zurückerwonnen werden.

Bei den Verdrängungsverdichtern wird ein Volumen zusammengedrückt (z. B. Luftpumpe).



Prinzip der Herstellung mit Wärmerückgewinnung



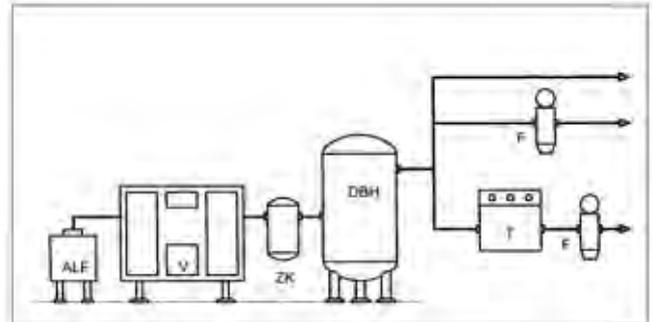
Aufbereitung

Je nach geforderter Druckluftqualität bedarf es einer bestimmten Aufbereitung. Die Aufbereitung gliedert sich in Reinigung (Filter), Trocknung sowie Öl- und Wasserabscheidung.

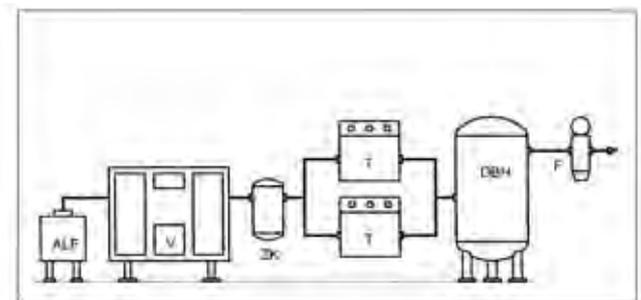
Lagerung

Der Druckbehälter ist die Pufferstation zwischen Verdichter und Verteilernetz. Die Anordnung des Druckbehälters kann vor oder nach der Aufbereitung erfolgen. Sie ist davon abhängig, ob für alle Verbraucher die gleiche oder eine unterschiedliche Luftqualität erforderlich ist.

Prinzipien einer Druckluftherzeugung



Druckluftverteilung unterschiedlicher Qualitätsstufen



Druckluft einer Qualitätsstufe

- ALF = Ansaugluftfilter
- V = Verdichter
- ZK = Zyklonabscheider
- DBH = Druckbehälter
- F = Filter
- T = Trockner

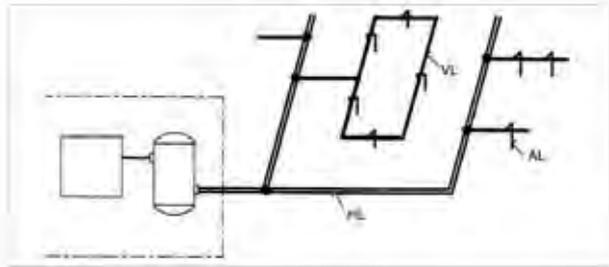
Verteilung

Das Druckluftnetz unterteilt sich in

- Hauptleitung (HL),
- Verteilleitung (VL) und
- Anschlussleitung (AL).

Wir empfehlen, das Rohrnetz den Anforderungen entsprechend nach Funktion und Einsatz in Segmente aufzuteilen.

Um Leckagen in der Verteilleitung zu minimieren, sollten Sie Rohrverbindungen stoffschlüssig ausführen und wenn möglich auf Verschraubungen und Flanschverbindungen verzichten. Klemmverbindungen für Kunststoffrohre sollten druck- und vakuumdicht ausgelegt sein und ohne Elastomerdichtungen abdichten.

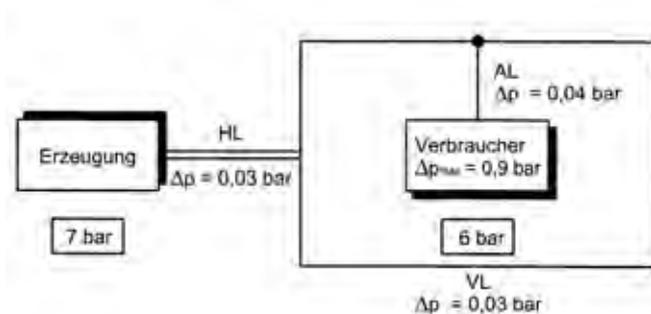


Bei optimal ausgelegten Druckluftnetzen unterteilt man den Druckabfall in

- 0,03 bar für die HL,
- 0,03 bar für die VL und
- 0,04 bar für die AL.

Der **Gesamtdruckverlust** der Anlage inklusive Filter, Abscheider, Trockner, Wartungseinheiten und Anschlussschläuche sollte **0,1 bar** nicht überschreiten.

$$\Delta p_{\text{Netz}} \leq 0,1 \text{ bar}$$



$$\Delta p_{\text{Ges.}} \leq 1,0 \text{ bar}$$

Der Druckabfall vom Druckbehälter bis zum Verbraucheranschluss sollte 0,1 bar nicht überschreiten.

Bei einem Betriebsdruck des Verbrauchers von 6 bar muss die Erzeugerstation mit 7 bar gefahren werden.

Hauptleitung (HL)

Die Hauptleitung verbindet die Erzeugerstation (Kompressorenraum) mit dem Verteilernetz. Die Hauptleitung sollte so dimensioniert sein, dass für zukünftige Erweiterungen Reserven vorhanden sind.

Der Druckabfall in der Hauptleitung sollte $\Delta p_{\text{HL}} \leq 0,03 \text{ bar}$ nicht überschreiten.

Verteilleitung (VL)

Die Verteilleitung verteilt die Luft innerhalb eines Verbraucherabschnittes. Sie kann als Stich- oder Ringleitung bzw. als Ringleitung mit integrierten Stichleitungen ausgelegt werden.

In Maschinenhallen ohne spezifische Anforderungen an die Druckluftverteilung werden Ringleitung bevorzugt. Wenn Leitungen auf Maschinen- oder Anlagengruppen ausgelegt sind, ist es vorteilhaft, kleinere Ringleitungen zu verwenden. Wo dies nicht möglich ist und nur eine grosse Ringleitung verlegt werden kann, ist es sinnvoll, diese mit Stichleitungen zu versehen. Durch gezielten Einsatz von Absperrarmaturen können für Wartungs- und Erweiterungsarbeiten einzelne Leitungssegmente abgesperrt werden.

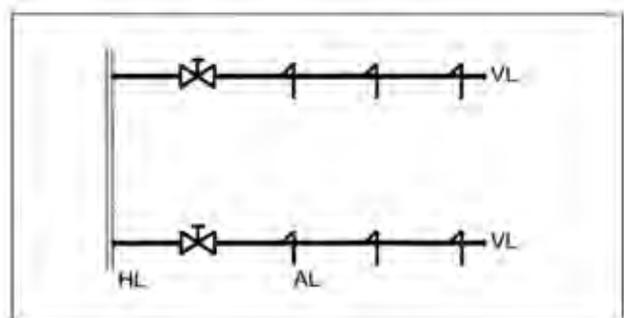
Bei Leitungen mit spezifischen Vorgaben für Maschinengruppen oder Fertigungsstrassen werden auch einzelne Stichleitungen ausgeführt. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn Produktionsprozesse und -anlagen (Montagelinien) öfter umgestellt werden müssen. Somit ändert sich auch immer die Infrastruktur.

Der Druckabfall in der Verteilleitung sollte $\Delta p_{\text{VL}} \leq 0,03 \text{ bar}$ nicht überschreiten.

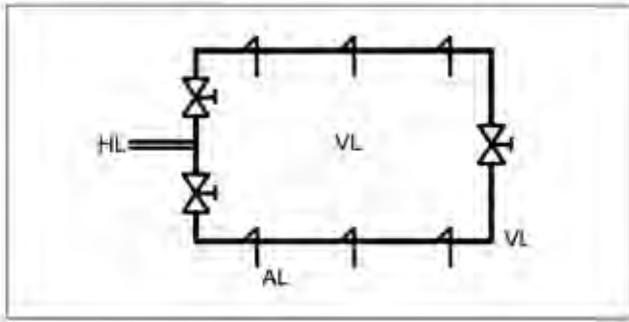
Nennweite (NW) der HL oder VL bei einer Länge von bis zu 100 m und einem Betriebsdruck von 6 bar.

Q [l/s], [m³/min]	DN [mm]	PB/PE d [mm]
233/14,0	90	110
135/8,1	75	90
100/5,0	63	75
53,3	50	63
30/1,8	40	50
15/0,9	32	40
10/0,6	25	32

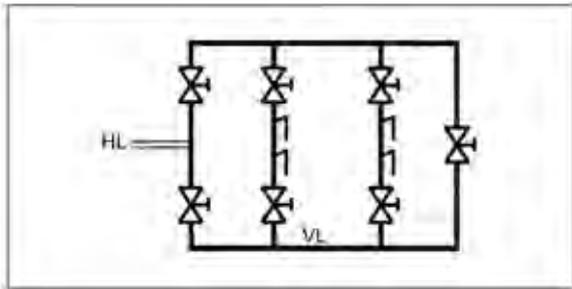
Stichleitung:



Ringleitung:



Ringleitung mit Stichleitungen:



Anschlussleitung (AL)

Die Anschlussleitung ist die Verbindung zwischen Verteilung und Maschinen- oder Anlagenzapfstelle. Die Anbindung der Anschlussleitung an der Verteilung ist von der Luftqualität abhängig. Bei nicht getrockneter Luft sollte die Anschlussleitung oben aus der Verteilung geführt werden. Damit soll vermieden werden, dass Kondensat mit der Luft austritt. Bei trockener Luft kann die Anschlussleitung direkt nach unten geführt werden.

Anschlussleitungen sollten an ihrem Ende immer mit einer Absperrarmatur versehen sein. Bei Einzelanschlüssen kann die Absperrung in das weiterführende Anschlussformteil integriert sein. Bei Gruppenanschlüssen über Verteiler empfiehlt es sich, eine separate Absperrung in die Leitung zu integrieren.

Bei direktem Anschluss einer Maschine oder Produktionseinheit an die Verteilung empfiehlt es sich, die Absperrarmatur mit einem elektrisch betätigten Antrieb zu versehen. Beim Abschalten der Maschine wird somit auch die Luftzufuhr unterbrochen. So werden Luftverluste durch Leckagen innerhalb der Maschine vermieden.

Der Druckabfall der Anschlussleitung sollte $\Delta p_{AL} \leq 0,04$ bar nicht überschreiten.

Q [l/s], [m ³ /min]	DN [mm]	PB d [mm]
0,42/0,25	12	16
9,2/0,55	15	20

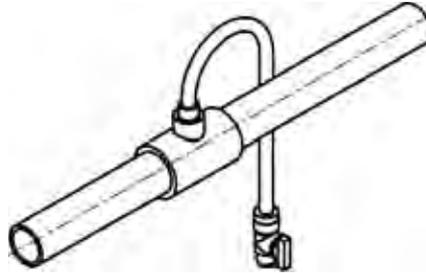
L = 10 m/p = 6 bar

Nennweiten (NW) der AL bei einer Länge von 10 m und einem Betriebsdruck von 6 bar.

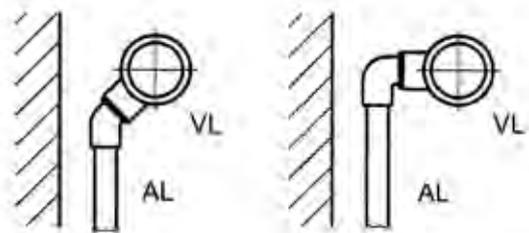
Q [l/s], [m ³ /min]	DN [mm]	PB d [mm]
16,6/1	20	25
33,3/2	25	32

L = 10 m/p = 6 bar

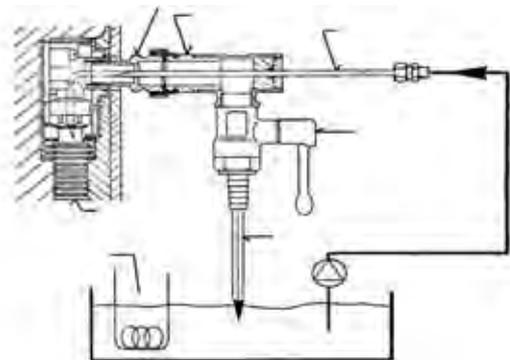
Anbindung der Anschlussleitung bei nicht getrockneter Luft:



Anbindung bei trockener Luft:



Gruppenanschluss mit Absperrung:



Werkstoffauswahl/Systemauswahl

Anforderungen an eine Druckluftleitung:

- dicht
- wartungsfrei
- ausreichend dimensioniert

Die Rohrmaterialien für Druckluftleitungen lassen sich in zwei Gruppen einteilen: **Metallwerkstoffe** und **Kunststoffwerkstoffe**.

Werkstoffe aus Metall:

- Stahl
- Kupfer
- Edelstahl

Werkstoffe aus Kunststoff:

- Polybuten (PB)
- Polyethylen (PE)
- Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)

Aufgrund der steigenden Qualitätsansprüche in der Drucklufttechnik hinsichtlich Sauberkeit, leichter Montage und einfacherer Wartung werden Rohrsysteme aus Kunststoff immer populärer.

Einen idealen Werkstoff für Druckluftleitungen gibt es generell nicht. Die jeweils gestellten Anforderungskriterien bestimmen den Werkstoff.

Wichtige Auswahlkriterien:

- Einsatzort
- Druck-/Temperaturgrenzen
- Lebensdauer
- Sicherheit
- Verbindungstechnik
- Verlegetechnik
- Dimensionierung
- Sortiment

Im Regelfall sollte für eine Druckluftinstallation immer nur ein Rohrsystem zum Einsatz kommen, um vor allem den Korrosionsproblemen von Metallsystemen vorzubeugen. Mischsysteme aus Kunststoff und Metall sind diesbezüglich problemlos.

Wir von GF Piping Systems empfehlen aufgrund unserer jahrzehntelangen Erfahrung im Rohrleitungsbau für Druckluftleitungen die Werkstoffe

- **Polybuten PB und**
- **Polyethylen PE.**

Auswahlkriterien

Einsatzort

Polybuten PB

Der Grossteil der Druckluftnetze, **über 80 %**, ist in Werk- und Produktionshallen sowie innerhalb von Gebäuden verlegt. Somit kann von einer Umgebungstemperatur von 15 bis 25 °C ausgegangen werden. Es ist

jedoch zu beachten, dass in Werkhallen mit Glasdächern bei Sonneneinstrahlung Temperaturen von bis zu 50 °C und höher auftreten.

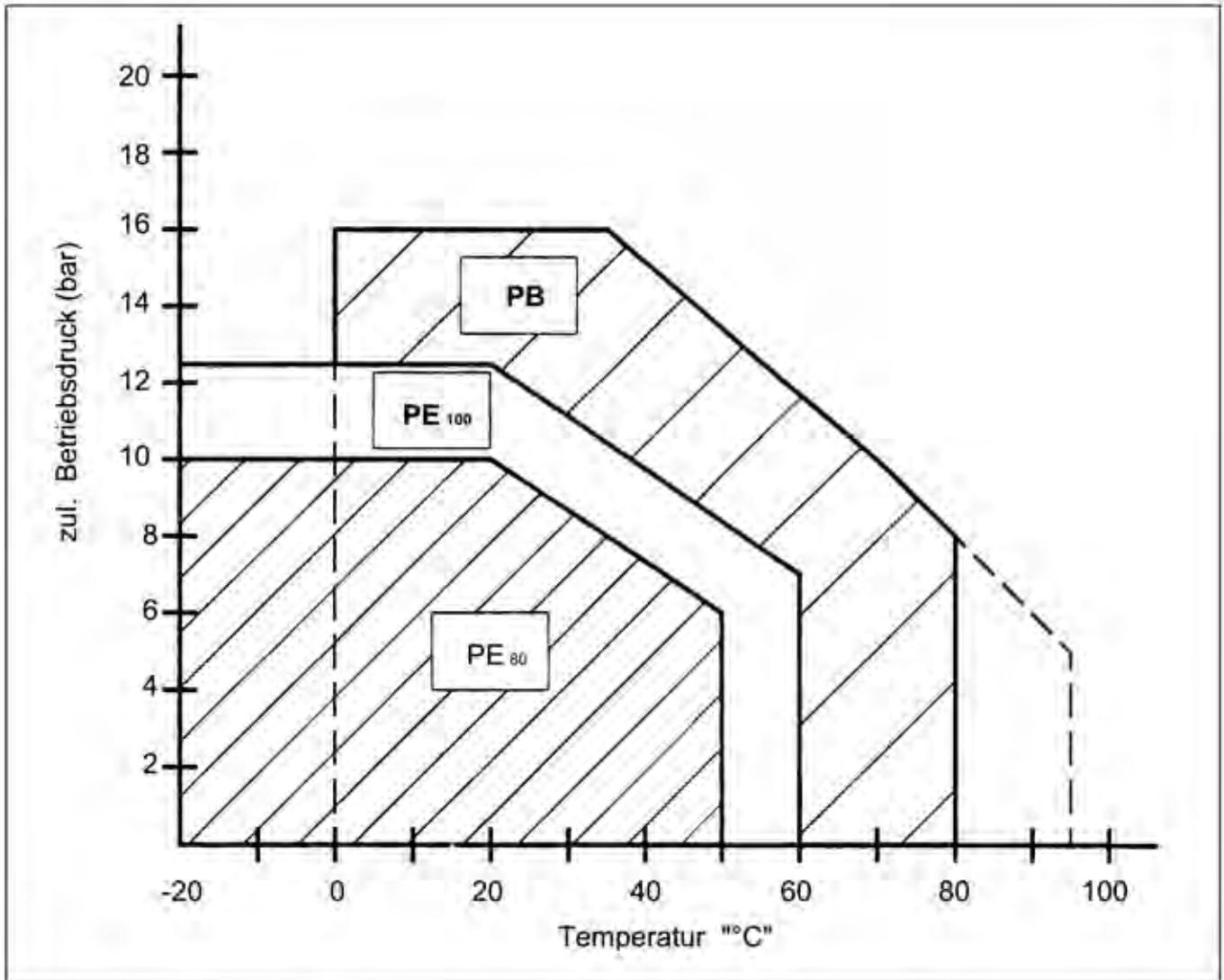
Druck-/Temperaturgrenzen/Lebensdauer

Druck-/Temperaturgrenzen

Das nachfolgend aufgeführte Diagramm zeigt die Einsatzgrenzen der von uns empfohlenen Werkstoffe Polybuten (PB) und Polyethylen (PE).

Lebensdauer

Die **Lebensdauer** der Systeme wurde auf **25 Jahre** berechnet, wobei ein **Sicherheitsfaktor** von **1,5** für die Festlegung des zulässigen Betriebsdruckes berücksichtigt wurde.



Die Einsatzgrenzen wurden aus den entsprechenden Zeitstanddiagrammen der einzelnen Werkstoffe ermittelt.

Für PB und PE wurde jeweils die **Rohrserie S5** nach **ISO 4065** zugrunde gelegt. Daraus ergeben sich folgende Rohrabmessungen:

- d16 x 2,2
- d20 x 2,3
- d25 x 2,3
- d32 x 2,9
- d40 x 3,7
- d50 x 4,6
- d63 x 5,8
- d75 x 6,8
- d90 x 8,2
- d110 x 10,0

Für weitere Berechnungen des effektiven Sicherheitsfaktors in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Betriebsdruck, siehe Einteilung der Drucklage und Verteilung.

Sicherheit

Unter dem Begriff «Sicherheit» sind mehrere Aspekte zu betrachten, wie z. B.:

- **Bruchverhalten**
- **Beständigkeit** gegenüber UV-Strahlung und Kompressorölen
- **Korrosion**
- **Brandverhalten**

Im Gegensatz zu Wasser ist Druckluft komprimierbar. So kommt es bei mechanischer Beschädigung der Leitung zur explosionsartigen Entspannung. Es ist daher ausserordentlich wichtig, dass von einer durch mechanische Einwirkung beschädigte Druckluftleitung keine Gefahren für die Umgebung ausgehen. In der Drucklufttechnik und bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt sollten nur Kunststoffwerkstoffe für Rohre mit **duktilen Bruchverhalten** eingesetzt werden.



Duktiler Bruchverhalten liegt dann vor, wenn bei gewaltsamer Beschädigung einer Leitung und somit verbundener explosionsartiger Entspannung der Druckluft **keine Splitterbildung** entsteht. Somit geht keine unmittelbare Gefahr für die Umgebung aus.

Die Grenztemperatur für duktilen Bruchverhalten liegt für Polybuten (PB) bei $\leq -5\text{ °C}$ und für Polyethylen (PE) bei $\leq -40\text{ °C}$.

In einem Druckluftnetz ist immer mit Spuren von Kompressoröl und Kondensat zu rechnen. Im Hinblick auf eine lange Lebensdauer der Anlage und der damit verbundenen Zuverlässigkeit muss der eingesetzte Rohrwerkstoff den Belastungen aus dem Betrieb standhalten.

Ölresistenz von Polybuten (PB) und Polyethylen (PE)

Mineralöle, esterhaltige Öle sowie Öle mit Anteilen von aromatischen Aminen haben je nach Konzentration negative Einflüsse auf die Lebensdauer der Kunststoffe.

Achtung:

Stellen Sie sicher, dass bei der Verwendung von INSTAFLEX für Druckluftleitungen nur ölfreie Luft in das Rohrleitungssystem gelangt.

Die Werkstoffe PB und PE bieten den Vorteil, dass sie gegen Korrosionsangriffe von innen und aussen beständig sind. Feuchte und korrosive Atmosphäre führt bei Stahlleitungen unweigerlich zu Korrosion von aussen, Restfeuchte in der Druckluft führt zu Korrosion von innen.

Rohrsysteme aus **PB** und **PE** sind **korrosionssicher**, so dass die Qualität der zu befördernden Luft nicht beeinträchtigt wird.

PB und **PE** sind Kunststoffe der **Brandklasse B2** nach DIN 4102 (normalentflammbar).

Unter Einwirkung von offenem Feuer brennen PB und PE mit heller Flamme. Die Brandgase riechen nach Wachs und Paraffin. Bei Polyolefinen wie PB und PE ist aufgrund der nichtvorhandenen Halogene (Chlor) die Entstehung von toxischen sowie korrosiven Verbrennungsprodukten ausgeschlossen, anders als bei PVC und PVC-C.

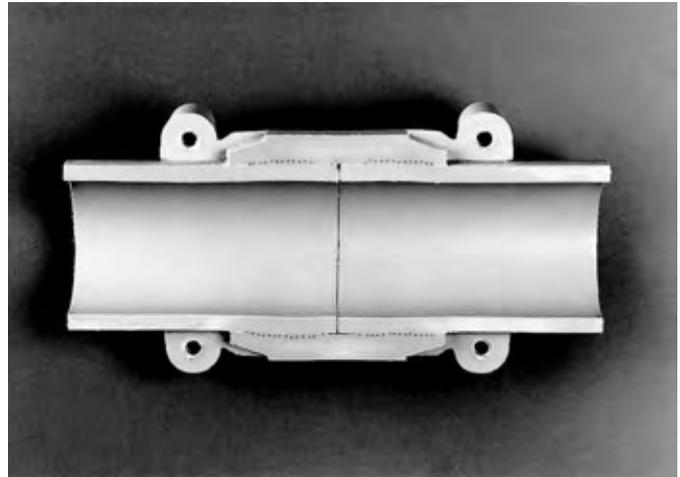
Wir empfehlen beim Einsatz von Polybuten (PB) und/oder Polyethylen (PE) das Verteilnetz möglichst ölfrei zu betreiben.

Verbindungstechnik

Druckluftnetze müssen dicht sein, um Verlustmengen und damit verbundene Kosten zu vermeiden. Undichte Stellen entstehen in einem Druckluftnetz vorwiegend in den Verbindungsstellen.

Leitungsrohre und Formstücke sollten **stoffschlüssig** verbunden werden, z. B. durch Schweißen. Unter einer stoffschlüssigen Verbindung versteht man eine direkte homogene Bindung zwischen Rohr- und Formteil, ohne Zusatzstoffe. Diese Verbindung kann nur zerstörend gelöst werden.

Heizwendelschweissung, PB und PE:

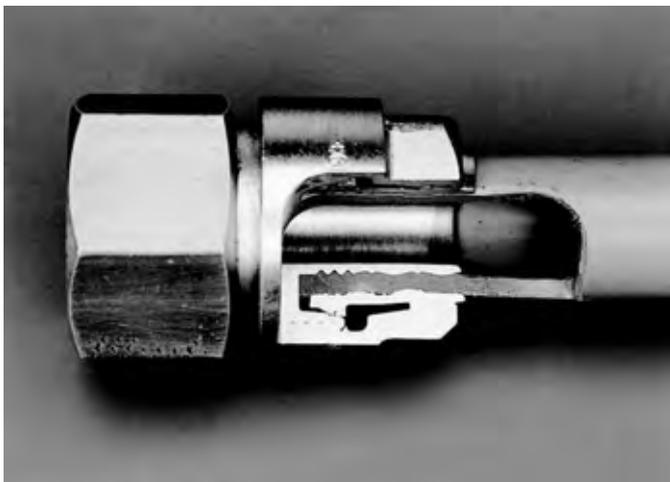


Muffenschweissung, PB und PE:



Klemmverbindungen für Kunststoffrohre sollten dauerhaft **druck- und vakuumdicht** sein. Die Abdichtung zwischen Rohr und Formteil sollte **ohne Elastomerdichtungen** erzielt werden.

Die patentierte **INSTAFLEX-Klemmverbindung** für PB-Rohre ist aufgrund der **DVGW-Registrierung** und der dazu notwendigen Prüfungen nach Arbeitsblatt W534 eine dauerhaft dichte Verbindung.



Die bei Metallrohrleitungen üblichen Verbindungen wie Gewindeverbindungen mit Hanfabdichtung, Pressverbindungen mit Elastomerdichtung, Verschraubungen und Flanschverbindungen mit Flachdichtungen führen aufgrund der heute üblichen «**trockenen**» Druckluft nach bestimmten Betriebszeiten zu Leckagen.

Dort wo Verschraubungen oder Flanschverbindungen unumgänglich sind (Behälteranschlüsse), sollten diese so ausgeführt werden, dass Dichtungen problemlos ausgewechselt werden können.

Vibrationen

Vibrationen sind der Ursprung der meisten Unregelmäßigkeiten in einem Druckluftnetz.

Es ist daher sinnvoll, ein Leitungssystem einzusetzen, das die Fortpflanzung von Vibrationen verhindert. Polybuten(PB)-Rohrsysteme sind gegenüber Metallrohrsystemen flexibel und können somit als vibrationslose Rohrsysteme bezeichnet werden.

Verlegetechnik

Die Verlegetechnik wird hier nur unter dem Aspekt «Werkstoffauswahl» betrachtet.

Die von uns empfohlenen Kunststoffrohre aus Polybuten (PB) und Polyethylen (PE) im Druckluftbereich sind um **ca. 80% leichter** gegenüber Stahlrohren nach DIN 2440. Durch die Flexibilität und das geringe Gewicht ergeben sich für Kunststoffrohre neue Perspektiven in der Verlegetechnik.

Einfache und schnelle Verlegung, geringerer Befestigungsaufwand und rationelle Vorfertigung sind ausschlaggebend für **günstige Installationskosten**.

Durch das geringe Gewicht der Rohre und Formteile können die Druckluftleitungen in oder an bestehenden **Kabelkanälen** verlegt und befestigt werden.

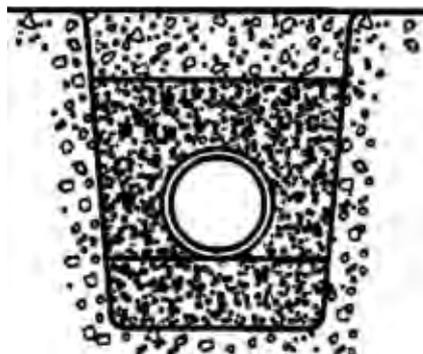


Je nach Rohrdimension können die Leitungen mit **Rohrklips** oder **Kabelbindern** befestigt werden.

Da Kunststoffe nicht elektrisch leiten, ist die Verlegung im Kabelkanal eine besonders komfortable Alternative.

Bei der Verlegung in explosionsgeschützten Räumen ist darauf zu achten, dass sich Kunststoffrohre bei entsprechender Luftfeuchtigkeit statisch entladen.

Bei der Verlegung im Erdreich eignen sich Kunststoffrohre besonders, weil kein Korrosionsschutz notwendig ist. Die entsprechenden Verlegerichtlinien (Sandbett usw.) sind jedoch einzuhalten.



Dimensionierung

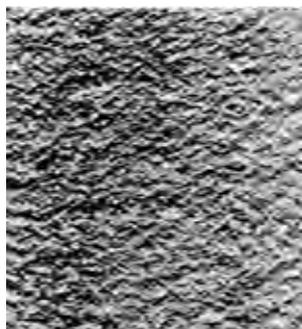
Eine Druckluftleitung ist eine **Energieleitung** und sollte deshalb sorgfältig dimensioniert werden.

Wenn aus Unkenntnis nach «Wasserleitungsgesichtspunkten» dimensioniert wird, vernichten die Druckluftleitungen über 50 % der Energie, bevor sie beim Verbraucher ankommt.

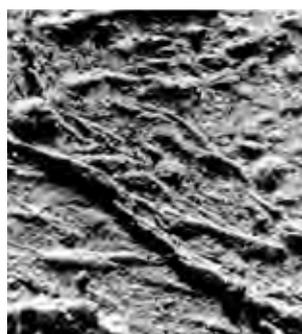
Kunststoffrohre aus **Polybuten (PB)** und **Polyethylen (PE)** transportieren Druckluft wirtschaftlicher als Stahlrohre aufgrund der günstigeren Eigenschaften. Die glatte Oberfläche der **Kunststoffrohre** mit **k = 0,007** (Stahlrohr k = 0,15) gestattet bei gleichem Rohrinnenquerschnitt einen höheren Luftdurchsatz bei gleichen Druckverhältnissen.

k = Rauigkeitsfaktor des Rohres

Oberfläche eines Kunststoffrohres:



Oberfläche eines Stahlrohres:



Sortiment



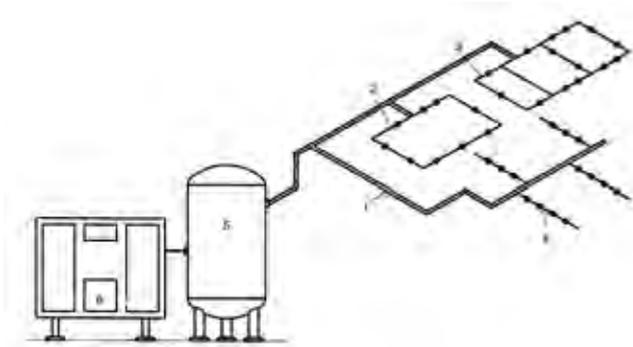
Das INSTAFLEX-Polybuten(PB)-Rohrleitungssystem zeichnet sich durch ein ausgewogenes Sortiment aus: Rohre von d16 bis d225, flexibel und in Stangen, Formteile und Anschlusselemente.

Vor allem die **Heizwendelschweissmuffen** und **Formteile** erleichtern dem Installateur die Montage der Leitungen mit Hilfe der produktkodierten Steckeranschlüsse und dem somit einfachst zu bedienendem Schweissgerät.

Leistungsplanung und -verlegung

Bei der Leistungsplanung ist es wichtig, die bauseitigen Gegebenheiten genau zu kennen. Die Bündelung von Energieleitungen in oder auf gemeinsame Trägerelemente senkt Montagezeiten und Kosten. Da Kunststoffleitungen ca. 80 % leichter sind als Metallleitungen, ist auch der Befestigungsaufwand dementsprechend geringer.

Als erstes sollte Sie bei der Planung eine schematische, isometrische Zeichnung der Anlage erstellen.



- 1 = Hauptleitung (HL)
- 2 = Verteilung (VL-Ring)
- 3 = Verteilung (VL-Ringleitung mit Querspannen)
- 4 = Verteilung (VL-Sticleitung)
- 5 = Druckbehälter
- 6 = Verdichter

Wenn sich Druckluftleitungen im Bereich von Durchfahrtstellen, im Schwenkbereich von hängenden Lasten und ähnlichen Gefahrenzonen befinden, ist bei der Planung darauf zu achten, dass Druckluftleitungen gegen mechanische Beschädigung und Schlag- oder Stossbelastung geschützt werden.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass Kunststoffrohre auf Temperaturänderungen mit Ausdehnung oder Schrumpfung reagieren. Bei Druckluftleitungen sind die Temperaturschwankungen nur auf die Umgebungstemperatur zurückzuführen.

Generell stehen für die Verlegung von **Polybuten (PB)**- und **Polyethylen (PE)**-Leistungen zwei Verlegearten zur Disposition.

- 1. Biege- oder Federschenkelmontage**
Hierbei wird der thermisch bedingten Längenänderung Rechnung getragen.
- 2. Starre Montage**
Hierbei muss das Rohr die thermisch bedingte Längenänderung in sich aufnehmen.

Achtung:
Bei der Planung sollten die Haupt-, Verteil- und Anschlussleitungen einzeln betrachtet werden.

Hauptleitung (HL)

Wir empfehlen für Hauptleitungen, bis d63 (d75) die starre Montage anzuwenden. Dimensionen ab d75 sollten mit Biege- oder Federschenkelmontage ausgeführt werden.

Fixpunkte sollten Sie so wählen, dass möglichst das Abgangs-T-Stück zur Verteilung fixiert wird.

Am HL-Abgang sowie an Verzweigungen sollte immer ein Absperrorgan plaziert werden. So können einzelne Netzteile stillgelegt werden, ohne dass der Gesamtbetrieb gestört wird.

Bestimmung des Biegeschenkels:

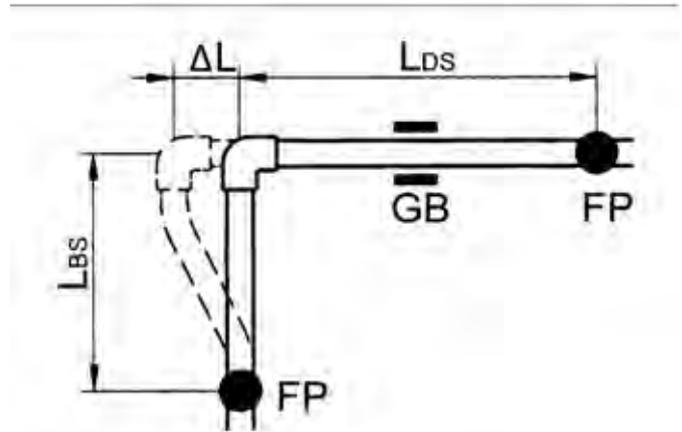
$$L_{BS} = C \times \sqrt{\Delta L \times d}$$

- C für
- P = 10
 - B
 - P = 27
 - E
 - S = 91
 - t

$$\Delta L = L_{DS} \times \alpha \times \Delta \vartheta$$

- α für
- P = 0,130 mm/mK
 - B
 - P = 0,200 mm/mK
 - E
 - S = 0,012 mm/mK
 - t

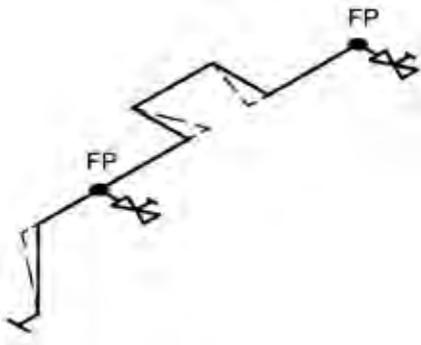
Richtungsänderung:



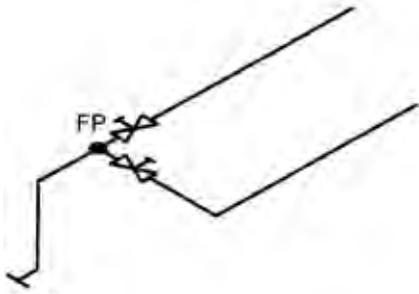
FP = Fixpunkt
GB = Gleitbefestigung

- ΔL = Längenänderung
- L_{DS} = Länge des Dehnungsschenkels
- L_{BS} = Länge des Biegeschenkels
- α = Wärmedehnungskoeffizient
- d = Rohraussendurchmesser
- C = Werkstoffkonstante
- Δ = Temperaturdifferenz

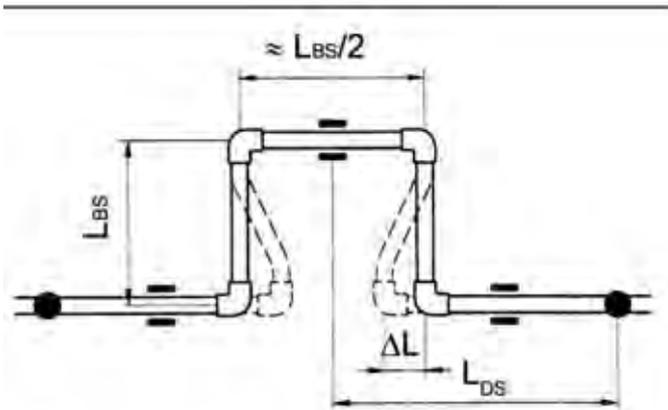
HL-Abgänge zur Verteilung:



HL-Verzweigung:



Dehnungsbogen:



Beispiel:

Biegeschenkelbestimmung

- L_{DS} = 20 m
- $\Delta\vartheta$ = 20 K
- Rohr = d32

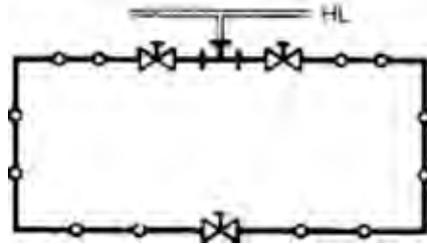
$$L_{BS} = C \times \sqrt{L_{DS} \times \alpha \times \Delta\vartheta \times d}$$

- L_{BS} für PB = 32 cm
- L_{BS} für PE = 108 cm
- L_{BS} für St = 91 cm

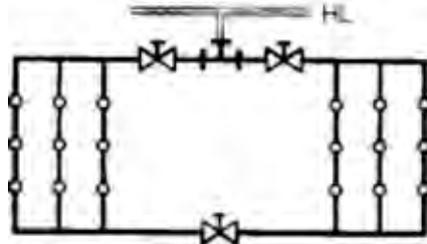
Verteilung (VL)

Die drei vorwiegenden Leitungsführungsprinzipien für Verteilungen:

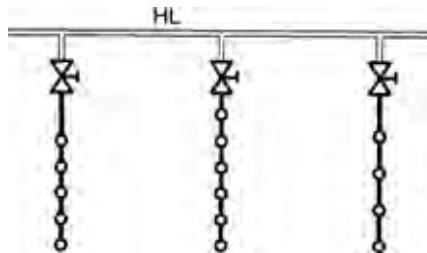
Ringleitung



Ringleitung mit Querspangen



Stichleitungen

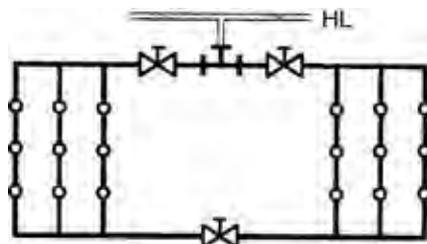


Durch geschickte Anordnung der Absperrorgane können einzelne Verteilungszonen stillgelegt werden, ohne den kompletten Betrieb zu unterbrechen. Die Unterteilung der Verteilungen (Ring- und Stichleitungen) muss den jeweiligen Gegebenheiten und Anforderungen angepasst werden.

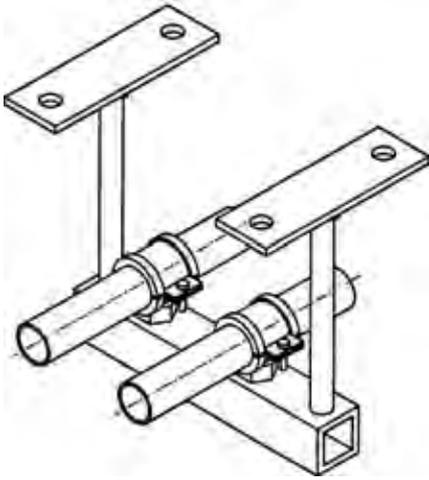
Bei der Leitungsverlegung der Verteilungen ist darauf zu achten, dass bestehende Trägersysteme anderer Energieleitungen mitbenutzt werden. Die Verlegung der Verteilung in oder **an Elektrokabelkanälen** ist die einfachste und rationellste Art der Verlegung. Da Kunststoffe nicht elektrisch leitend sind, gibt es keine Beeinträchtigungen.

Befestigungsarten

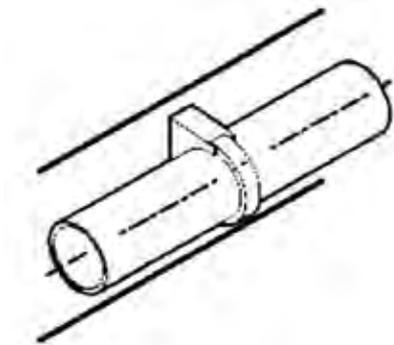
Normale Befestigung an Decken, Wänden oder anderen Trägern mit Rohrschellen:



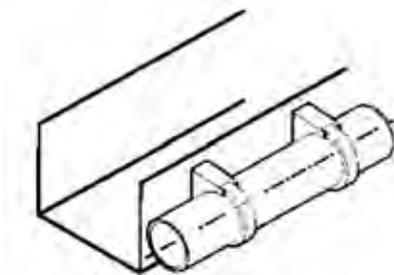
Befestigung auf/an Leitungsstrassierungen mit Rohrschellen:



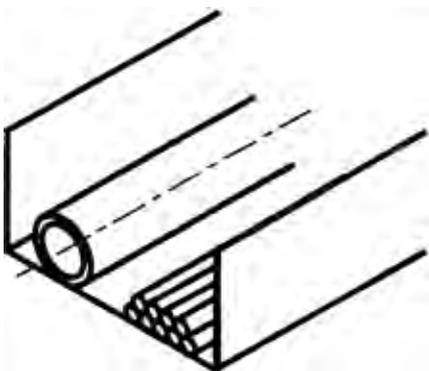
Befestigung mit Rohrklips:



Befestigung am Kabelkanal mit Rohrklips:



Verlegung im Kabelkanal:



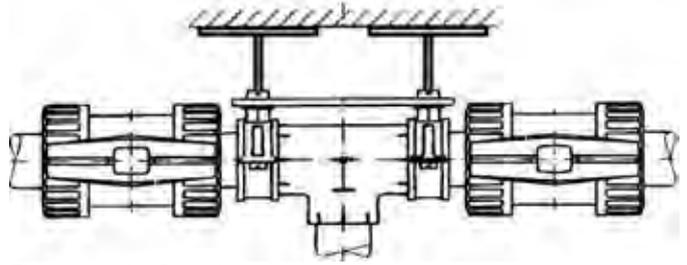
Im Kabelkanal kann die Leitung mit Kabelbindern befestigt werden.

Starre oder flexible Rohrmontage

Je nach Verlegetechnik, starr oder flexibel, ist die richtige Anordnung von Fixpunkten sehr wichtig.

Bei **Stichleitungen** sind Fixpunkte, wenn nötig, entsprechend den örtlichen Gegebenheiten anzuordnen.

Bei **Ringleitungen** sind Fixpunkte am Ringeingang, bei Absperrorganen und je nach Gegebenheit auch bei den Knotenpunkten der Querspangen anzuordnen.



Fixpunkt beim Ringeingang

Achtung:

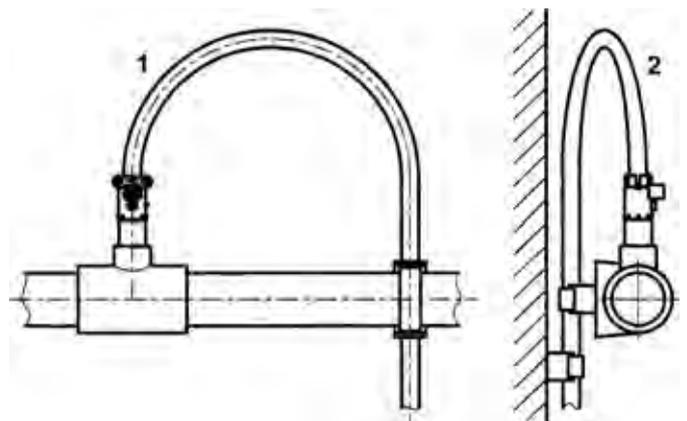
In der Leitung montierte Ventile oder Apparate, sind sie gesondert zu befestigen.

Anschlussleitung (AL)

Die Art der Anbindung der Anschlussleitung (AL) an die Verteilleitung (VL) ist von der Luftqualität und von der Dimension der Anschlussleitung abhängig.

Bei **feuchter Druckluft** sind AL von oben an die VL anzubinden.

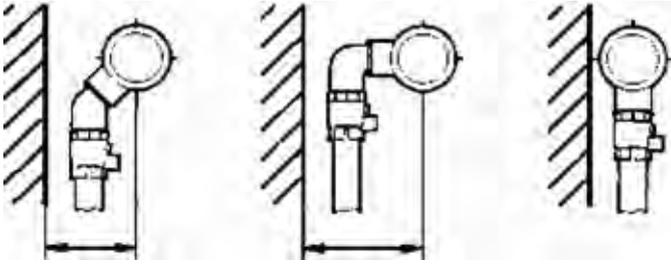
Bei **trockener Druckluft** können die AL beliebig an die VL angebunden werden.



- 1 Schwanenhals mit Polybuten (PB)-Rohren Dimension d16 und d20
- 2 - T-Stück mit HWS-Abgang-PB
- Rohr 16 x 2,2 oder 20 x 2,8 kann als Schwanenhals gebogen werden
- Biegeradius mind. 8 x d

Achtung:

Für Werkstoffe wie z. B. PE muss der Schwanenhals zusammengesetzt werden.



Anbindung der AL mit d16 oder grösser

Zur Anbindung der Anschlussleitung empfehlen wir, den Abgang der Verteilung mit einem Heizwendelschweiss-Übergang zu versehen. Dies verkürzt und vereinfacht die Montage.

Der Anschlussknotenpunkt für Maschinen-, Geräte- oder Apparate am Ende der Anschlussleitung kann als Einzel- oder Mehrfachknoten ausgeführt werden.

Mehrfachknotenpunkt

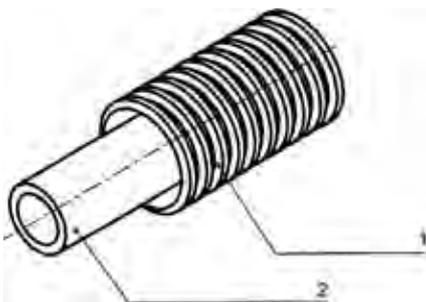
INSTAFLEX-Ventil und -Verteiler:



Verteiler aus Buntmetall mit Anschlussgewinden G 1/2", Verteilerbefestigung mit Rohrschellen oder Rohrklips

Wenn Sie Anschlussleitungen im **nicht sichtbaren Bereich** verlegen wollen, z. B. in Labor-, Schulungs- und Versuchsräumen, bietet das **INSTAFLEX-Rohr-in-Rohr-System** mit **Polybuten-Rohren** einen weiteren Nutzungsvorteil. Das Schutzrohr trennt, isoliert und schützt das Mediumrohr vom umschliessenden Baukörper, egal ob die Verlegung im Mauerschlitze oder hinter einer Wandverkleidung ausgeführt wird.

Ein breites Sortiment an Anschlussformteilen mit entsprechendem Montage- und Befestigungsmaterial steht Ihnen für diesen Anwendungsbereich im INSTAFLEX-Lieferprogramm zur Verfügung.



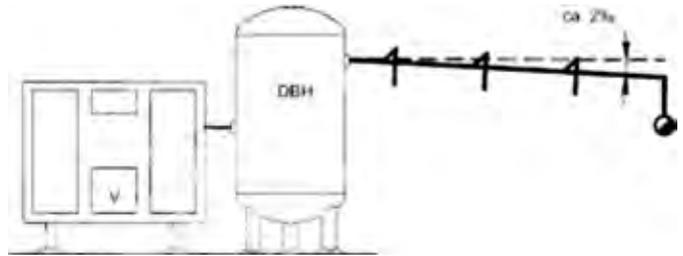
1 Schutzrohr
2 PB-Mediumrohr d16/d20/d25



Besondere Verlegefälle

Wenn Druckluftnetze in der Aufbereitung **ohne Trockner** arbeiten, müssen die Haupt- und Verteilungen mit **ca. 2 % Gefälle** verlegt werden. Am Leitungsende ist ein Kondensatableiter zu montieren.

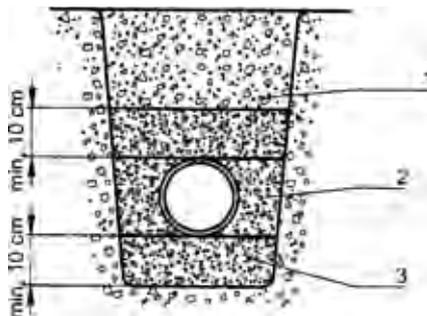
Wenn Druckluftnetze **mit trockener Druckluft** betrieben werden, können die Leitungen horizontal verlegt werden.



Erdverlegung

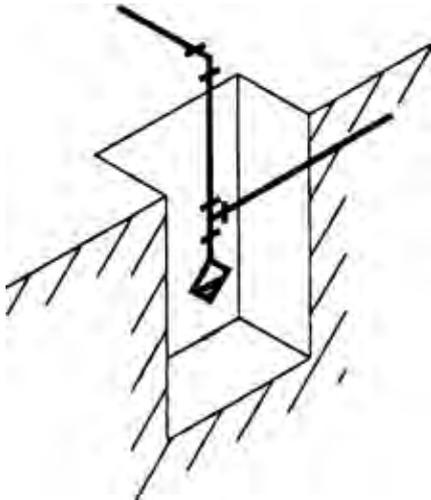
Polybuten (PB)-Rohre eignen sich wegen ihrer Korrosionsbeständigkeit auch für die Erdverlegung.

Bei der Erdverlegung sind die Leitungen in frostsicherer Tiefe zu verlegen. Steine und andere scharfe Gegenstände müssen entfernt werden. Die Grabensohle wird mit ca. 10 cm Sand oder ähnlichem feinkörnigem Material ausgelegt. Auch die Aufschüttung, die mit der Leitung in Berührung kommt, sollte mit dem gleichen Material wie die Grabensohle ausgefüllt sein. Das Rohr sollte nochmals mindestens 10 cm mit dem feinkörnigen Material überdeckt sein, bevor die Erdschicht darüber kommt.



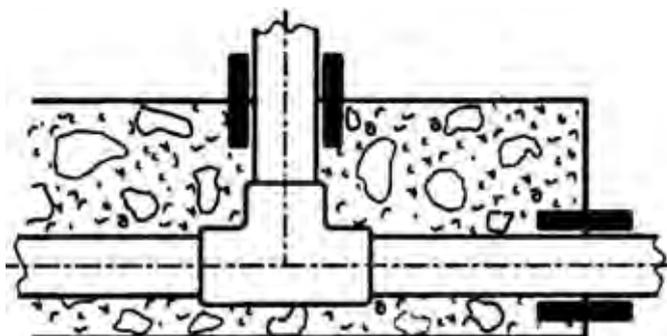
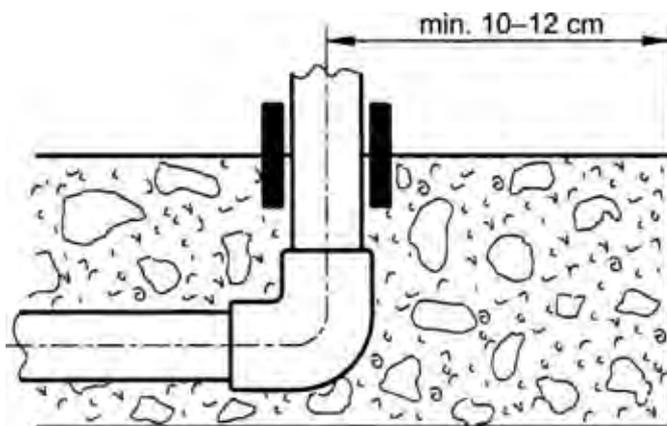
1 Erdreich
2 Sand
3 Sand

Wegen möglicher Kondensatbildung bei erdverlegten Leitungen sollte an einem niedrigen Punkt ein Wasserabscheider vorgesehen werden.

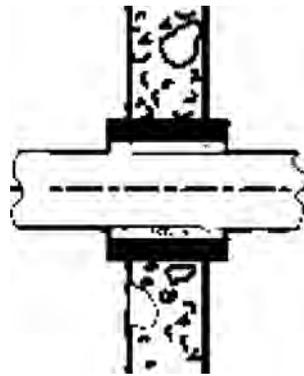


Kanalverlegung

Wenn bei der Verlegung in Bodenkanälen mit einer Betonschüttung geschlossen wird, ist darauf zu achten, dass die Leitungen formschlüssig umschlossen werden. Bei Ein- und Ausführung der Leitungen schützen Sie diese gegen Beschädigung durch entsprechende Massnahmen.



Bei Decken- oder Wanddurchführungen ist die Leitung durch eine Hülse oder durch Isolationsmaterial vom Baukörper zu trennen. Die Hülse sollte beidseitig am Baukörper vorstehen.



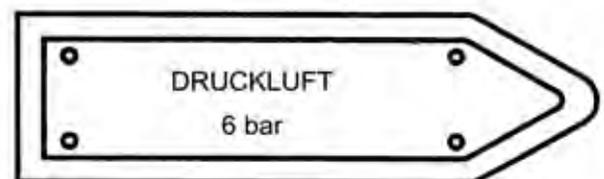
Kennzeichnung

Nach **VEG 1 § 49** und **DIN 2403** sind Rohrleitungen zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung mit der Art des Durchflussmediums ist unerlässlich im Interesse der Sicherheit und der wirksamen Brandbekämpfung.

Die Kennzeichnung erfolgt

- am Anfang und am Ende der Rohrleitung,
- an Abzweigungen und Durchführungen und
- an Armaturen.

Medium	Gruppe	Farbe-RAL-
Wasser	1	grün 6018
Druckluft	3	grau 7001
Gas	4/5	gelb 1012
Säure	6	orange 2000
Laugen	7	violett 4001
Sauerstoff	0	blau 5015
Dampf	2	rot 3003



Dimensionierung

Die **Energieträger «Druckluftleitung»** muss sorgfältig dimensioniert und berechnet werden.

Eine Druckluftleitung ist keine Wasserleitung.

Wenn eine Druckluftleitung nach den Wasserleitungsprinzipien berechnet wird, weist sie Energieverluste von $\geq 50\%$ auf.

Für die Dimensionierung müssen die drei Hauptfaktoren bekannt sein:

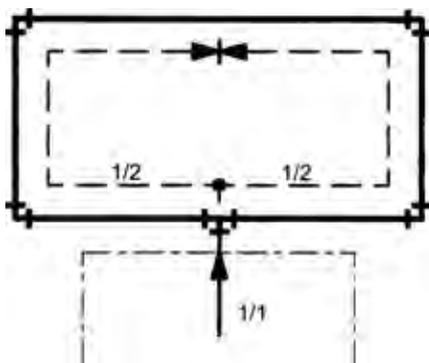
1. Netzkonzept
2. Leitungswerkstoff
3. Gesamtluftbedarf

Netzkonzept

Ein Netz besteht aus:

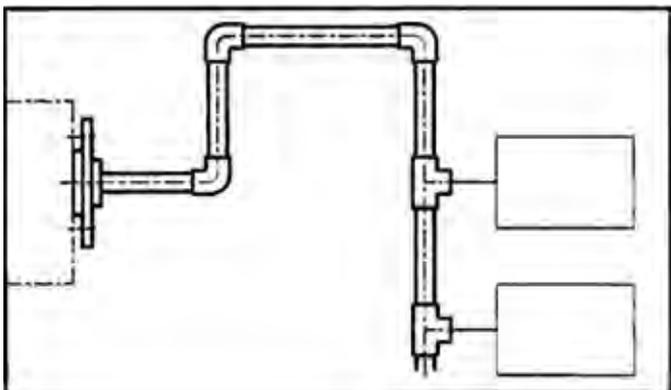
- **Anschlussleitung**, maximaler Druckabfall von $\Delta p \leq 0,04$ bar
Verbindung zwischen Verteilleitung und Verbraucheranschluss
- **Verteilleitung**, maximaler Druckabfall von $\Delta p \leq 0,03$ bar
als Ringleitung oder als Stichleitung ausführbar

Ringleitungen haben gegenüber Stichleitungen den Vorteil, dass sie ein doppelt so grosses Leistungsvermögen aufweisen. Wir empfehlen sie besonders, wenn die Verbraucher möglichst gleichmässig verteilt sind.



Die Ringleitung wird in der Mitte aufgeteilt und mit der halben Nennlänge und dem halben benötigten Luftbedarf berechnet, analog einer Stichleitung.

- **Hauptleitung**, maximaler Druckabfall von $\Delta p \leq 0,03$ bar
Verbindung zwischen Druckbehälter und Verteilleitung



In der Hauptleitung sammelt sich die gesamte Luftmenge der angeschlossenen Verteilleitungen.

Hauptleitungen sind meistens nicht sehr lang. Sie sollten diesen Bereich etwas grosszügiger dimensionieren und Reserven einbauen, um eventuell spätere Erweiterungen abzufangen und Kosten zu sparen.

Leitungswerkstoff

Vor der Dimensionierung ist unbedingt die Werkstoffauswahl zu treffen, da sie einen entscheidenden Faktor bei der Berechnung des Druckverlustes darstellt. So ist die Rohrinnenoberfläche eine wichtige Grösse, rau bei Stahl ($k = 0,15$) oder glatt bei Kunststoff ($k = 0,007$). Die Rohrwanddicke (s) bei Kunststoffrohren ist abhängig von der Werkstofffestigkeit bei Temperaturbelastung. Bei gleichen Anwendungsbedingungen (z. B. $20\text{ °C}/16\text{ bar}/\text{NW } 25$) weist ein Polybuten-Rohr einen Aussendurchmesser von $d32$ auf, ein Polyethylen-Rohr jedoch einen von $d40$ aufgrund der benötigten grösseren Wanddicke.

Gesamtluftbedarf

Der Luftbedarf wird aus den Angaben der angeschlossenen Geräte, Apparate und Maschinen ermittelt und addiert.

Damit das Leitungsnetz jedoch nicht unnötig überdimensioniert wird, ist der **Nutzungsgrad** zu ermitteln und entsprechend zu berücksichtigen.

Wir empfehlen, bei der Bestimmung des benötigten Luftbedarfs Zuschläge und Reserven einzuplanen.

Zuschläge für:

- Leckagen 10 %
- Fehleinschätzungen 10 %
- Reserven 20 %

Beispiel:

Ermittlung des Gesamtluftbedarfs

Maschinen-Nummer	1	2
Luftbedarf \dot{V} [l/min]	300	500
Anzahl Maschinen n	2	1
Nutzungsgrad	50	25
η = %		
Luftbedarf \dot{V} [l/min]	300	125
Gesamtluftbedarf	425 l/min	

$$\dot{V} = \dot{V} \times n \times \eta$$

Luftbedarf einschliesslich Zuschläge

$$\dot{V} = 600 \text{ l/min}$$

Formblatt 1 zur Bestimmung des Gesamtluftbedarfs siehe INSTAFLEX.

INSTAFLEX

Ermittlung des Gesamtluftbedarfs										Formblatt Nr. 1
Werkzeug/Maschine Nr.:										
Versorgungsdruck P_u										
Luftbedarf V (l/min)										
Anzahl Maschinen n										
Nutzungsgrad η (%)										
Benötigter Luftbedarf l/min										
$V = V \times n \times \eta$										
Gesamtluftbedarf Σ <input type="text"/> l/min										
Objekt: _____										Erstellt von: _____
										Datum: _____
										Visum: _____

Leitungsdimensionierung

Durch die Netzkonzipierung ergeben sich die Längen von Anschluss-, Verteil- und Hauptleitung. Die eingesetzten Formteile (Winkel/T-Stücke/u.a.) und Armaturen werden entsprechend ihrem äquivalenten Rohrlängenwert der Leitungslänge hinzuaddiert.

Die Vordimensionierung der Leitung kann mit Hilfe der **Tabelle 1** vorgenommen werden.

Die maximalen Durchflussmengen der verschiedenen Rohrdurchmesser bei unterschiedlichem Betriebsdruck basieren auf einem Druckverlust von 0,03 bar bei 100 m Leitungslänge.

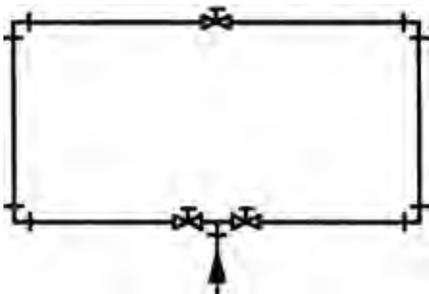
Tabelle 1

Betriebsdruck [bar]	4	6	8	10	12	16
Rohr- \varnothing	Max. Durchflussmenge [m ³ /min]					
16	-	-	-	-	0,10	0,15
20	-	-	-	0,18	0,20	0,25
25	0,20	0,28	0,30	0,34	0,38	0,45
32	0,48	0,55	0,62	0,70	0,75	0,85
40	0,78	0,90	1,00	1,30	1,50	1,70
50	1,40	1,75	2,00	2,20	2,60	3,00
63	2,50	3,25	3,80	4,20	4,60	5,20
75	4,10	5,00	6,00	7,00	7,50	8,20
90	7,00	8,10	9,95	11,00	12,50	14,00
110	11,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00

Rohrlänge L = 100 m
 Druckverlust Δp = 0,03 bar

$$1 \text{ m}^3/\text{min} \triangleq 1000 \text{ l/min} = 16,7 \text{ l/s}$$

Äquivalente Rohrlängen für Formteile siehe **Tabelle 2** des Unterabschnitts «Nomogramm».



Beispiel:

VL = 110 m
 p = 0,03 bar
 p = 6,0 bar
 V = 4500 l/min

Verteilleitung	d75	L = 110 m
1 T-Stück		2,5 m
4 Winkel 90°		6,0 m
3 Kugelhähne		ca. 1,6 m
Gesamtlänge		120,1 m

Aus Tabelle 1 ergibt sich bei einem Betriebsdruck von 6 bar und einem Luftbedarf von 4500 l/min (4,5 m³/min) ein Rohrdurchmesser von **d75**.

$$1 \text{ bar} \triangleq 10^5 \text{ Pa}$$

Nomogramm

Das nachfolgende Nomogramm dient zur Ermittlung des Rohrdurchmessers bei Druckluftleitungen aus PB und PE-HD. Es ist ein schneller und einfacher Weg zur Ermittlung der richtigen Rohrabmessung.

Vorgehensweise:

1. Bestimmen Sie Rohrlänge [m] **A** und Durchflussmenge [m³/min] **B** und verbinden Sie sie mit Linie **1**.
2. Verbinden Sie Druckverlust [bar] **E** und Betriebsdruck [bar] **D** mit Linie **2**.
3. Verbinden Sie die beiden Schnittpunkte **1/C** und **2/F** mit Linie **3**.
4. Der Schnittpunkt der Linie **3** mit **G** zeigt die Rohrabmessung auf.

Beispiel:

L = 120 m
 V = 4,5 m³/min
 Δ = 0,03 bar
 p = 6 bar

Ergebnis Rohrabmessung: d = 75

Nomogramm zur Ermittlung des Rohrdurchmessers bei Druckluftleitungen aus PB (PN 16) und PE-HD

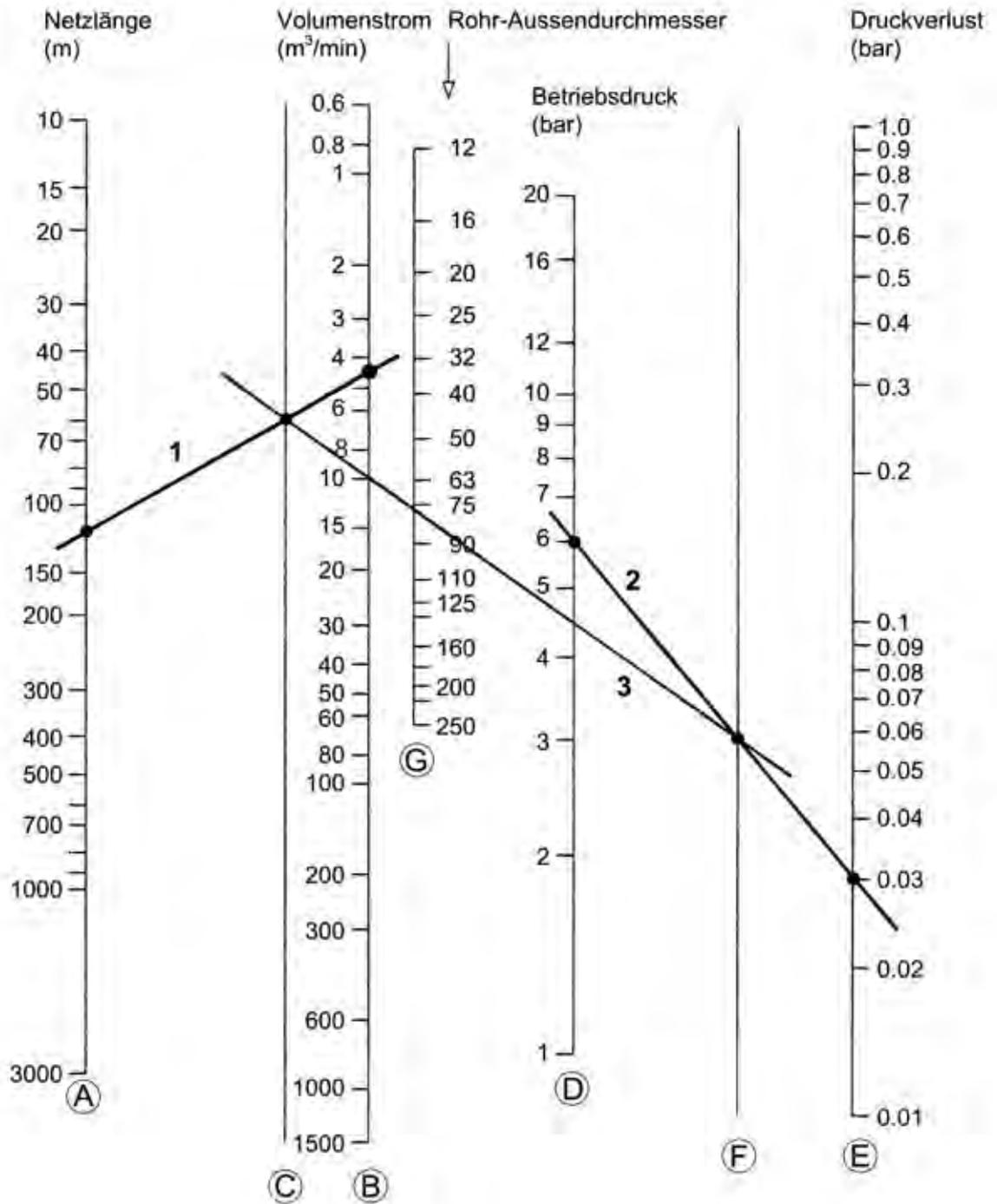
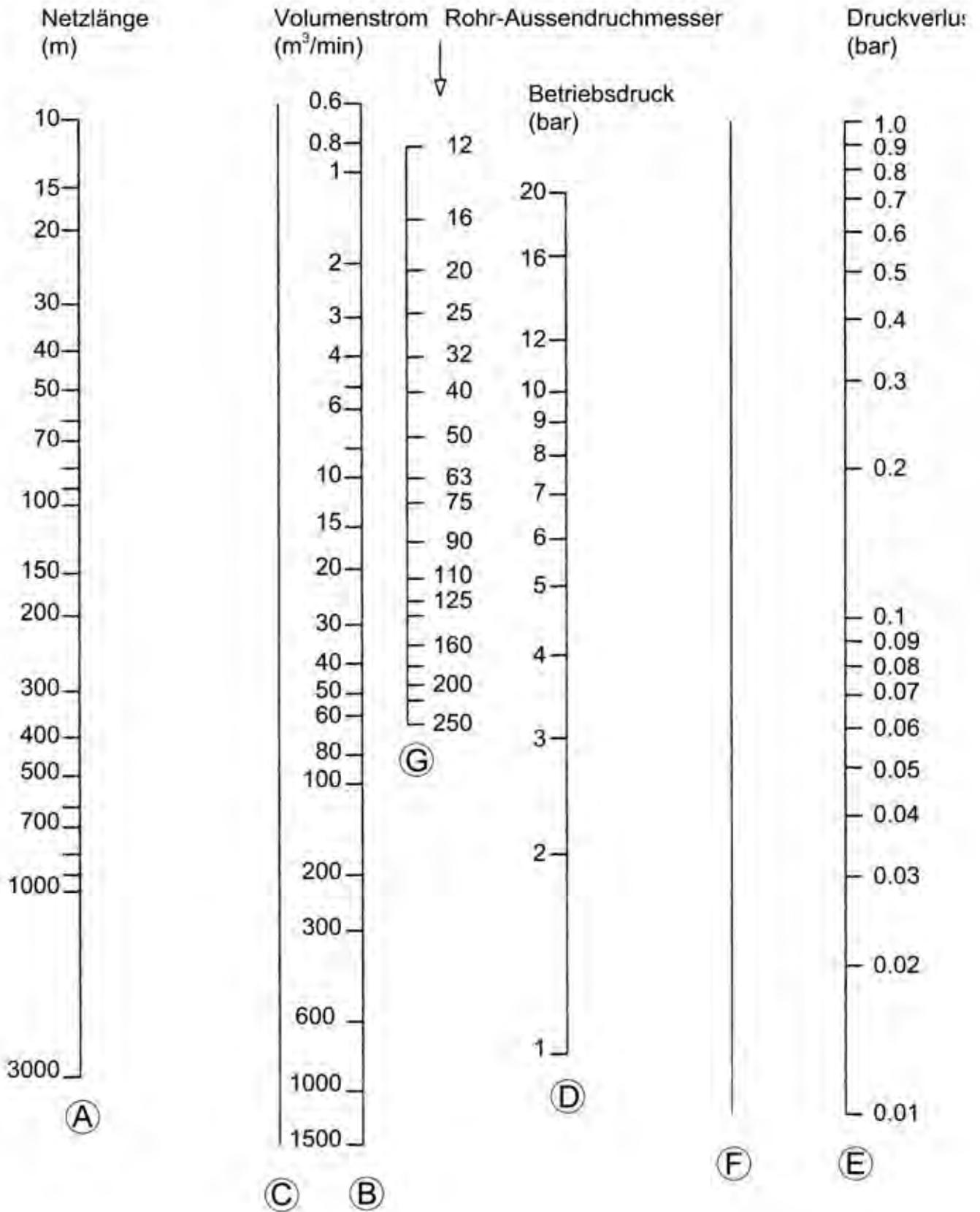


Tabelle 2

Äquivalente Rohrlängen für Formteile und Armaturen aus Kunststoff (Polybuten/Polyethylen)

Rohr-ø A	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110
Formteile Winkel 90° 	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,25	1,50	1,80	2,50
Winkel 45° 	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,75	0,9	1,25
T-Stück Durchgang 	0,10	0,15	0,15	0,20	0,25	0,35	0,45	0,60	0,75	1,00
T-Stück Abzweig 	0,50	0,65	0,80	1,00	1,25	1,50	1,90	2,30	2,90	3,50
T-Stück Trennung 	0,65	0,80	1,00	1,25	1,50	1,80	2,10	2,50	3,10	3,80
Reduktion 	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,70	0,90	1,20	1,50	1,90
Schwanen- hals-Ab- gang 	0,70	0,85	1,00	-	-	-	-	-	-	-
Armaturen Kugelhahn/ PB-Schie- ber 	-	0,16	0,18	0,20	0,24	0,28	0,40	0,52	0,65	0,80
Membran- ventil 	-	0,90	1,20	1,60	2,10	2,60	3,30	4,10	5,00	6,20

Nomogramm zur Ermittlung des Rohrdurchmessers bei Druckluftleitungen aus PB (PN 16) und PE-HD (PN 10)



Sanierung bestehender Anlagen

Für den Betreiber einer Druckluftanlage sind die wirtschaftlichen Daten der Anlage von entscheidender Wichtigkeit.

Zwei Faktoren stehen dabei im Vordergrund:

- Druckverluste
- Leckageverluste

Druckverluste

Wenn aufgrund von Berechnungsfehlern oder Investitionskosteneinsparung zu kleine Dimensionierungen gewählt werden, erhöhen sich die Druckverluste. Somit führt es auch zu erhöhten Energiekosten bei der Bereitstellung der Druckluft.

Im nachfolgenden Beispiel sind die erhöhten Energiekosten für die Kompensation des Druckverlustes aufgezeigt.

Betriebsdruck	6 bar
Netzlänge	200 m
Volumenstrom	12 m ³ /min

DN _R	Druckabfall Δp [bar]	Energiekosten EUR p.a.
90	0,04	200,00
70	0,2	800,00
50	0,86	4400,00

Wie lange es dauert, bis sich die etwas höheren Investitionskosten der grösseren Leitung im Vergleich zu den erhöhten Energiekosten der kleineren Leitung lohnen, ist eine einfache Rechnung.

Einsparungen bei den Erstellungskosten werden durch die hohen Folgekosten schnell aufgebraucht.

Leckageverluste

Man sollte unbedingt wissen, wo und wieviel der produzierten Druckluft auf der Strecke zwischen Erzeuger und Verbraucher verloren geht.

Kleinere Leckagen sind meist nur unter Einsatz von Lecksuchsprays zu orten, wohingegen grössere Leckstellen aufgrund von Zischgeräuschen einfacher zu orten sind.

Für die Ermittlung des Leckagevolumens kommt hauptsächlich die Messmethode **Druckbehälterentleerung** oder **Einschaltzeitmessung** des Kompressors zum Einsatz.

Druckbehälterentleerung

Der Druckbehälter (V_B) wird mit einem beliebigen Druck (p_A) gefüllt. Dann wird die Zeit (t) gemessen, in der der Behälterdruck auf einen Druck (p_E) absinkt.

Beispiel:

$$\begin{aligned}
 V_B &= 1000 \text{ l} \\
 p_A &= 8 \text{ bar} \\
 p_E &= 6 \text{ bar} \\
 t &= 5 \text{ min} \\
 V_L &= \text{Leckage-} \\
 &\quad \text{volumen [l/} \\
 &\quad \text{min]}
 \end{aligned}$$

$$V_L = \frac{V_B \times (p_A - p_E)}{t}$$

$$V_L = \frac{1000 \text{ l} \times (8-6)}{5 \text{ min}} = 400 \text{ l/min}$$

Damit nur die Leckagen des einzelnen Netzes gemessen werden, schliessen Sie die Absperrorgane am Ende der Anschlussleitungen.

Heizwendelschweissen (HWS)

Die INSTAFLEX-Heizwendelschweiss(HWS)-Verbindung von d16 bis d110

Für INSTAFLEX-Rohre und -Formteile wird das gleiche Polybuten(PB)-Material verwendet. Dadurch ist die ideale Voraussetzung für eine stoffschlüssige Schweissverbindung gegeben.

Allgemeine Anforderungen

INSTAFLEX-HWS-Formteile aus PB sind für Betriebsdrücke bis 16 bar bei 20 °C und 10 bar bei 70 °C geeignet. Die jeweiligen länderspezifischen sowie die für eine stoffschlüssige Verbindung notwendigen Anforderungen wurden bei der Entwicklung berücksichtigt.

Das Heizwendelschweiss(HWS)-Verfahren

Beim Heizwendelschweissen werden Rohr und Formteil überlappend und ohne Verwendung von Zusatzstoffen verschweisst. Die zum Verschweissen von Rohr und Formteil benötigte Wärme wird mit Hilfe der in der Muffe eingebetteten Widerstandsdrähte eingebracht.

Die geregelte Zufuhr elektrischer Energie erfolgt über das **INSTAFLEX HWSG-3-Schweisgerät**. Der zum Schweissen erforderliche Schweissdruck wird durch die masslich aufeinander abgestimmten INSTAFLEX-Rohre und INSTAFLEX-HSW-Formteile erreicht. Rohre und Formteile können nicht mit anderen Systemen kombiniert werden.



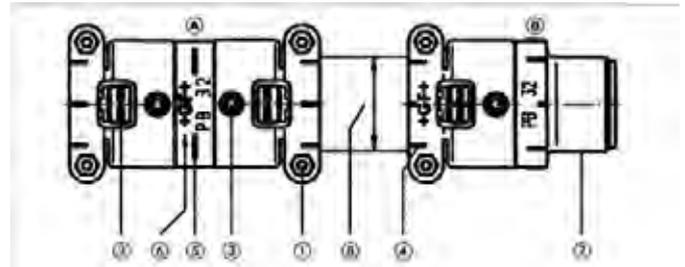
INSTAFLEX-HWS-Formteil

Bei der Entwicklung der INSTAFLEX-Heizwendelschweiss(HWS)-Muffe mussten die spezifischen Gegebenheiten des Haustechnik-Rohrleitungsbaus berücksichtigt werden:

- Verzicht auf Haltevorrichtungen
- Möglichst keine Rohrendenbearbeitung
- Kein axiales Verschieben der Rohre bei der Montage
- Einfache funktions- und bedienungssichere Kabelverbindung
- Gut sichtbare Kennzeichnung und Schweissanzeige
- Einfacher Übergang von Heizwendel- auf Heizelement-Muffenschweissen

Alle diese Forderungen waren Grundlage bei der Entwicklung der INSTAFLEX-HWS-Formteile. Darüber hinaus wurden auch die Vorteile der INSTAFLEX-Heizelement-Muffenschweiss-Formteile mit berücksichtigt.

Merkmale der INSTAFLEX-HWS-Formteile

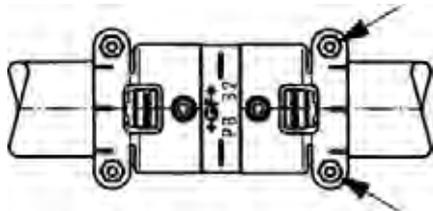


- 1 Integrierte Rohrfixierung
- 2 Kodierter Ein-Stecker-Anschluss für das Schweisskabel
- 3 Optische Schweissanzeige
- 4 Gradmarkierung (alle 45°) für Bauteilkombinationen
- 5 Einstecktiefenmarkierung
- 6 Bezeichnung für Hersteller, Werkstoff und Dimension
- 7 Stutzen für Heizelement-Muffenschweissung
- 8 Formteilinnendurchmesser, ausgelegt als Überschiebmuffe

Vorteile der INSTAFLEX-Heizwendelschweiss(HWS)-Formteile

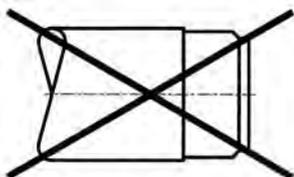
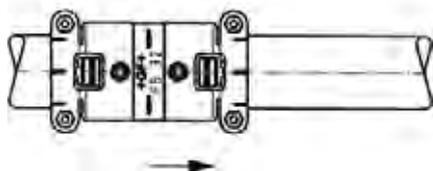
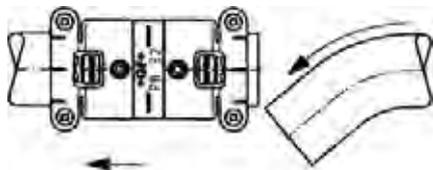
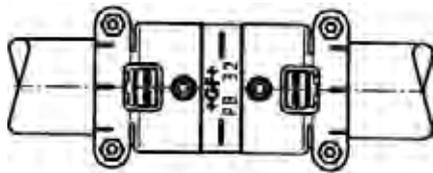
Integrierte Rohrfixierung

Durch die im Formteil integrierte Rohrfixierung kann beim Verschweissen auf zusätzliche Haltevorrichtungen verzichtet werden. Besonders bei schlecht zugänglichen Orten der Leitungsführung (störende Heizungsrohre, Lüftungskanäle) wie im Sanierungsbereich ist der Wegfall von Haltevorrichtungen ein entscheidender Vorteil.



Überschiebmuffe

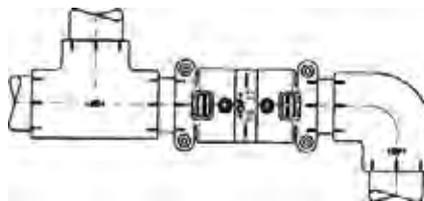
Die Masse der INSTAFLEX-Rohre und -HSW-Formteile sind aufeinander abgestimmt. Die HWS-Muffe ist als Überschiebmuffe ausgebildet und der Mittenanschlag muss noch ausgebrochen werden, aber eine spanabhebende Bearbeitung der Rohrenden ist nicht nötig.



Achtung!
Die HWS-Muffe darf nicht zum Längenausgleich verwendet werden. Beide Rohrenden müssen bis zum Anschlag in die Muffe eingeschoben werden.

Formteilmarkierungen

Die auf dem Formteil aufgebrachte Gradmarkierung (alle 45°) erlaubt das positionsgenaue Verbinden von vorgefertigten Leitungskombinationen.



INSTAFLEX HWSG-3-Schweißgerät



Das INSTAFLEX HWSG-3-Schweißgerät ist speziell auf die Verschweissung der INSTAFLEX-Heizwendelschweissfittings mit Rohr konzipiert.

Die Merkmale des INSTAFLEX HWSG-3-Schweißgerätes sind:

- Erkennung der angeschlossenen Dimension durch Messung des elektrischen Widerstandes
- Fehler durch falsches Einstellen von Parametern sind ausgeschlossen
- Vollautomatischer Schweißprozess
- Beginn und Ende des Schweißprozesses werden akustisch und visuell übermittelt
- Störung des Schweißprozesses wird angezeigt
- Gleichzeitige Schweißung drei unterschiedlicher Dimensionen möglich



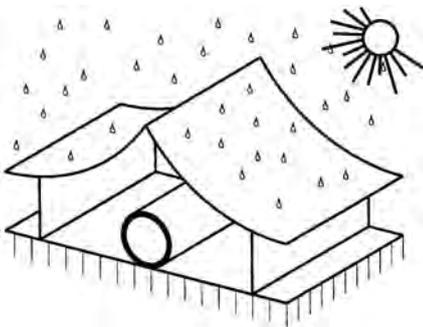
HWS-Fittinge

Schweissparameter

Rohraussen- durchmesser d [mm]	Einstecktiefe l		Schweiszeit t [s]
	Muffe [mm]	Formteil [mm]	
16	38	38	37
20	40	40	47
25	42	42	55
32	42	42	70
40	47	47	120
50	49	49	145
63	51	51	180
75	67	67	185
90	74	74	200
110	80	80	210

Schweissvorbereitung

Schützen Sie das Schweißgerät und den Schweißbereich vor Nässe- und Schmutzeinwirkung.



Trennen Sie die Rohre rechtwinklig ab und entgraten Sie sie innen.

Fasen Sie die Rohrenden **nicht** an! Verwenden Sie den Rohrschneider für Kunststoffrohre.



Reinigen Sie die Verbindungsflächen der zu verschweißenden Teile - Formteil und Rohrende - unmittelbar vor dem Beginn des Schweißens. Benutzen Sie zum Reinigen ein saugfähiges, nichtfaserndes Papier und Reinigungsmittel **Tangit KS-Reiniger, Art.-Nr. 799 298 023**. Entfernen Sie die Reinigungsflüssigkeit restlos mit dem Reinigungspapier.



Reinigung des Formteils



Reinigung des Rohrendes

Einstecktiefe markieren

Zeichnen Sie die Einsteck- und Fügetiefe entsprechend an beiden Rohren an. Achten Sie darauf, dass der Markierungsstrich beim Fügen sichtbar bleibt.

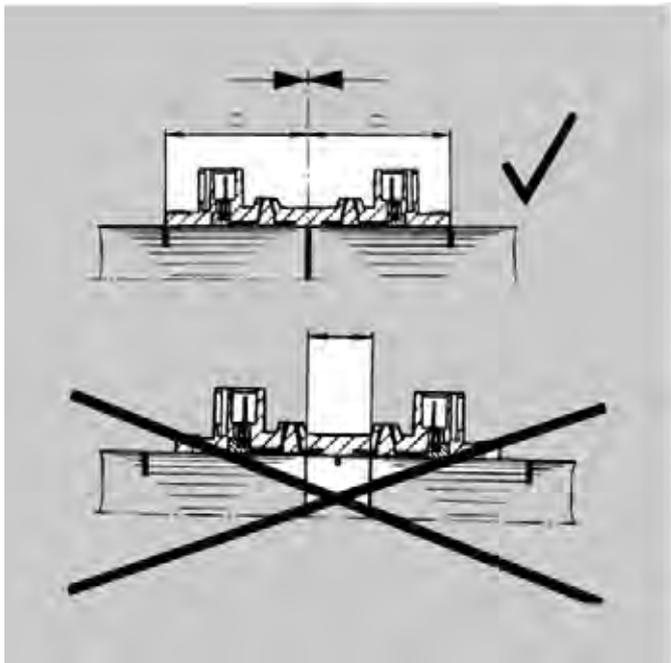
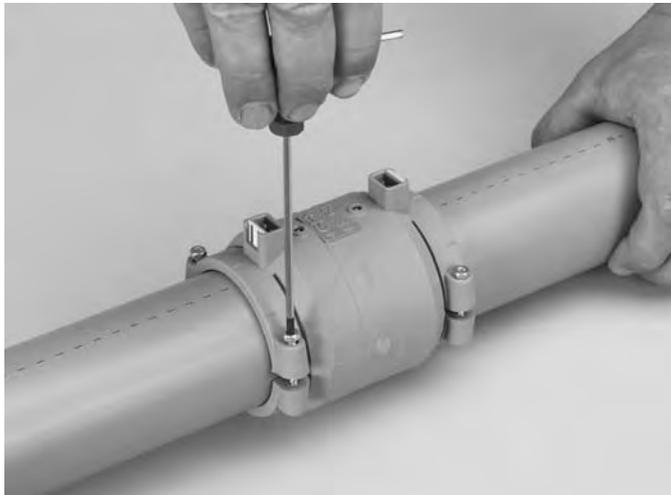
Keinen Fettstift verwenden.



Stecken Sie die Rohre bis zur Markierung in das Formteil. Achten Sie darauf, dass die Rohre stirnseitig in der Mitte der Muffe zusammenstossen. Ziehen Sie die Schrauben der integrierten Rohrfixierung abwechselnd fest an.

Hinweis:

Bei einer Rohroberflächentemperatur von über 40 °C und der damit verbundenen Ausdehnung lässt sich das Formteil, aufgrund der notwendigen engen Toleranzen, erschwert auf das Rohr aufschieben.



Rohre müssen in der Mitte der Muffe zusammenstossen

Schweissung «starten»

Schliessen Sie das Schweißgerät am Netz an.

Stecken Sie das Schweißkabel am Formteil ein. Sie können bis zu drei Schweissungen gleichzeitig ausführen.

Starten Sie die Schweissung mit der Taste:



Rohrdimension d [mm]	Schweisszeit t [s]	Abkühlzeit t ₁ [min]
16	37	2
20	47	2
25	55	2
32	70	4
40	120	4
50	145	4
63	180	6
75	150	6
90	200	6
110	210	6

Während des Schweissprozesses dürfen die zu verschweisenden Teile - Formteil und Rohr - nur mit den aus der vorschriftsmässigen Verlegung (Leitungsfixierung) auftretenden Kräften belastet werden.



Abkühlzeit:

Die verschweissten Teile - Formteil und Rohr - dürfen erst nach Ablauf der Abkühlzeit durch die weiteren Verlegearbeiten beansprucht werden.

Kontrolle der Schweissung

Kontrollieren Sie die Schweissung durch die optische Schweissanzeige. Eine verschweisste HWS-Muffe ist an einem austretenden Materialstift erkennbar.



Funktionsbeschreibung INSTAFLEX HWSG-3-Schweisgerät

1. Schliessen Sie das Gerät ans Netz an. Alle Kontrollleuchten leuchten zwei Sekunden auf. Die Anzeige Netz leuchtet auf:



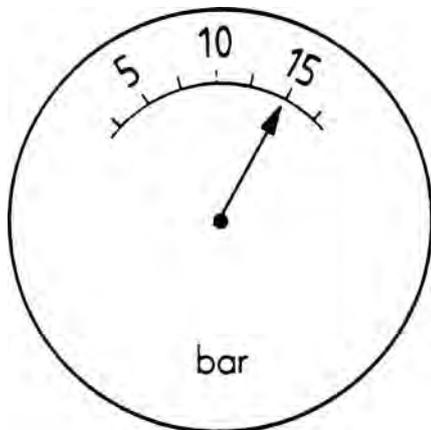
2. Schliessen Sie das Schweißkabel an das entsprechende Formteil an. Die Kontrollleuchte Bereit leuchtet auf:



Jeder angeschlossene Schweisskanal erkennt unabhängig das angeschlossene Formteil und dessen Dimension. Es können bis zu drei Schweissungen in unterschiedlichen Dimensionen gleichzeitig ausgeführt werden. Schweisskanäle, die nicht angeschlossen sind, sind während des Schweissprozesses blockiert (stromlos).

Druckprobe

Zum Beginn der Druckprobe müssen alle Schweissungen völlig abgekühlt sein. Halten Sie eine Wartezeit von mindestens **einer Stunde** nach dem Beenden des letzten Schweissvorganges ein.



Siehe hierzu auch Kapitel Druckprüfung.

Funktionen des INSTAFLEX HWSG-3-Schweisgerätes

Damit das Schweißgerät fehlerfrei funktioniert müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

Netzspannung	min. 185 V	max. 264 V
Netzfrequenz	min. 47 Hz	max. 65 Hz
Temperatur	min. -15°C	max. 40°C

Diese Größen werden vom Schweißgerät während des Schweissvorganges permanent geprüft. Bei Abweichungen wird der Schweissprozess unterbrochen und die Kontrollleuchte **Störung** blinkt auf.



3. Starten Sie den Schweißprozess mit der Taste:



Die Anzeige Schweißen blinkt und ein Signalton ertönt zu Beginn des Schweißprozesses:



Die Anzeige Bereit des angeschlossenen Schweißkanals leuchtet:



Zum Stoppen der Schweißung drücken Sie die Taste:



Achtung:

Der Vorgang kann danach nicht fortgesetzt werden und die Schweißung ist nicht vollständig.



5. Trennen Sie das Schweißkabel vom Formteil. Die Anzeige Netz leuchtet auf:



Alle drei Schweißkanäle sind für die nächste Schweißung frei gegeben.



4. Die Schweißung ist nach Ablauf der längsten Schweißzeit beendet. Ein Signalton ertönt und die Kontrollleuchte Ende leuchtet auf:



Die Anzeige 'Bereit der Kanäle mit kürzeren Schweißzeiten' (unterschiedliche Dimensionen) erlischt, wenn die Schweißung beendet ist:



Technische Daten

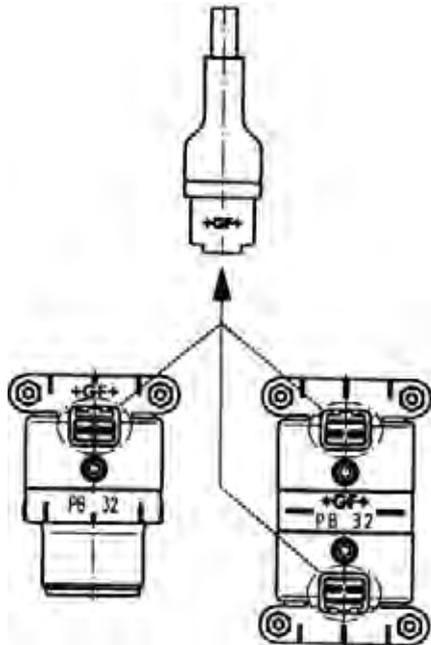
Spannung:	U_{Prim}	230 V
	U_{Sek}	185 V
Frequenz:	50/60 Hz	
Strom:	I_{Prim}	7.5 A
	I_{Sek}	3 x 2.5 A
Leistung:	P_{Prim}	25 - 1400 W
Geräte-Nr.		

England:

Spannung:	U_{Prim}	110 V
	U_{Sek}	185 V
Frequenz:	60 Hz	
Strom:	I_{Prim}	13 A
	I_{Sek}	3 x 2.5 A
Leistung:	P_{Prim}	1500 W
Geräte-Nr.		

Formteilanschluss

Die Kodierung in der Steckerpartie jedes HWS-Formteils übermittelt dem Schweißgerät das angeschlossene Formteil und dessen Dimension.



Anschlüsse der HWS-Formteile

Reinigung

Reinigen Sie das Gerät bei Verschmutzung mit einem feuchten Lappen. Benutzen Sie für die Frontplatte und die Schilder nur Alkohol oder Spiritus, **keinen** Verdünnern oder Lösungsmittel verwenden.

Fehlermeldungen

Ursache	Behebung
1. Anschliessen des Gerätes ans Netz	
Alle Kontrolleuchten blinken: <ul style="list-style-type: none"> • Netzspannung liegt nicht im vorgesehenen Bereich (185–264 V) • Umgebungstemperatur zu hoch oder zu tief (-15– +40 °C) 	Andere Stromquelle wählen. Gerät vor Kälte- oder Wärmequelle schützen.
Keine Anzeige: <ul style="list-style-type: none"> • keine Netzspannung • Gerätefehler 	Netz-Sicherung kontrollieren. Gerät auswechseln. Gerät durch GF Piping Systems oder Servicestelle kontrollieren lassen.
2. Anstecken des Schweisskabels an das Formteil	
Kontrollleuchte «Bereit» leuchtet nicht: <ul style="list-style-type: none"> • Defektes Schweisskabel • Defektes Formteil 	Kabel auswechseln. Formteil auswechseln.
3. Kontrollleuchte «Störung» blinkt	
<ul style="list-style-type: none"> • Nicht erkennbare Ursache nach Punkt 1 und 2 	Gerät auswechseln. Gerät durch GF Piping Systems oder Servicestelle kontrollieren lassen.
4. Schweissabbruch	
Kontrollleuchte «Störung» blinkt: <ul style="list-style-type: none"> • Formteiltrennung vom Schweisskabel • Änderung der zulässigen Netzspannung • Änderung der zulässigen Umgebungstemperaturen 	Schweisskabel vom Formteil trennen. Netzkabel vom Netz trennen. Schweissung nach mindestens einer Stunde Wartezeit nochmals durchführen. Bei anhaltender Störung: Defektes Gerät auswechseln. Gerät durch GF Piping Systems oder Servicestelle kontrollieren lassen.

Verbindliche Handhabung und Sicherheitshinweise sind aus der Anleitung für die PB-Heizwendelschweissung d16–d110 mit HWSG-3 zu entnehmen.

Wartung HWSG – 3

Checkliste für Funktionstest HWSG durch den Anwender

Firma: _____

Strasse: _____

PLZ/Ort: _____

Prüfer: _____

Serie-Nr.: _____

Prüfung/Test	Ja	Nein ¹
• Leuchten beim Einschalten alle LEDs ca. 2 Sekunden auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• ertönt beim Einschalten ein langer und ein kurzer Piepton?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Beim Anschliessen des Fittings meldet LED „Bereit“ und ertönt ein kurzer Piepton? (Test mit allen Anschlüssen einzeln durchführen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Kann die Schweissung mit der „Start“-Taste gestartet werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Blinkt während des Schweissvorgangs die LED „Schweissen“?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Kann die ausgelöste Schweissung vollständig durchgeführt werden und leuchtet am Schluss die LED „Ende“, ertönt am Schluss zugleich ein kurzer Piepton und sind nach erfolgreicher Verschweissung alle LED „Bereit“ erloschen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Geht das Gerät auf „Störung“ beim Einschalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	beim Start des Schweissvorganges?	<input type="checkbox"/>
	während des Schweissvorganges?	<input type="checkbox"/>
• Wackelkontakte im Netzkabel (Stecker und Kabeleinführung kontrollieren durch Bewegen des Kabels?)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wackelkontakte im Schweisskabel (Kontaktstifte im Stecker und Kontaktstifte im Anschlussstecker für Fittings durch Bewegen des Kabels kontrollieren)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Gerät mechanisch in Ordnung (Frontfolie und Gehäuse nicht gebrochen)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Zyklische Wartung bei offizieller Servicestelle durchgeführt (vor max. 2 Jahren)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Hat es lose Teile im Inneren des Gerätes (schütteln)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen vom Prüfer: _____

Datum/Visum des Prüfers: _____

Unterhalt: Gerät bei Verschmutzung mit feuchtem Lappen reinigen. Gehäuse, Frontplatte und Schilder nur mit Alkohol oder Spiritus reinigen, keinen Verdünner oder Lösungsmittel benutzen.

¹ Kann die Fehlermeldung/Ursache nicht selbst behoben werden, ist das HWSG-Gerät unverzüglich an Brüsch Elektronik AG, Nüsatzstrasse 11, CH-8248 Uhwiesen, inkl. Prüfbericht und Lieferschein zur Wartung zu senden.

INSTAFLEX BIG

Montageanleitung der INSTAFLEX Heizwendelschweiss(HWS)-Verbindung von d125 bis d225

Montage HWS-Muffen INSTAFLEX BIG

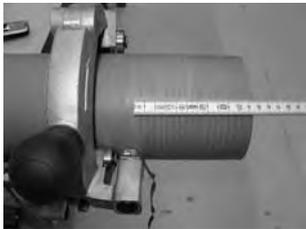


Längen Sie das Rohr rechtwinklig ab.



Hobeln Sie die oberste Schicht in einem Durchgang mit Schälwerkzeug ab.

Schällängen für Elektromuffenschweissungen

Dimension	Schällänge	Längenbedarf total (mit Schälwerkzeug)	Breite des Schälwerkzeuges
			
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
d125	90	190	360
d160	95	190	380
d225	110	210	450



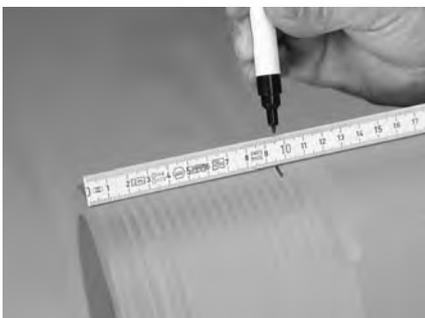
Reinigung der Muffe

Reinigen Sie die Verbindungsflächen der Muffe und des Rohrendes. Benutzen Sie zum Reinigen ein saugfähiges, nichtfaserndes Papier und Reinigungsmittel **Tangit KS-Reiniger, Art.-Nr. 799 298 023**. Entfernen Sie die Reinigungsflüssigkeit restlos mit dem Reinigungspapier.



Reinigung des Rohrendes

Reinigen Sie die Verbindungsflächen der Muffe und des Rohrendes. Benutzen Sie zum Reinigen ein saugfähiges, nichtfaserndes Papier und Reinigungsmittel **Tangit KS-Reiniger, Art.-Nr. 799 298 023**. Entfernen Sie die Reinigungsflüssigkeit restlos mit dem Reinigungspapier.



Zeichnen Sie die Einsteck- und Fügetiefe entsprechend des Rohres an. Achten Sie darauf, dass der Markierungsstrich während dem Schweißen sichtbar bleibt.



Schieben Sie die Muffe auf das Rohr.



Fixieren Sie die Muffe mit dem Spannband auf dem Rohr.



Schliessen Sie die Schweißkabel des MSA 250 Ex Multi Plus an die Elektroschweißmuffe an.



Scannen Sie die Codierung mit Barcodeleser ein. Dadurch werden die Schweißdaten an das Schweißgerät übermittelt.

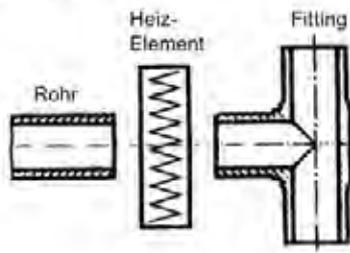


Starten Sie den Schweißprozess.

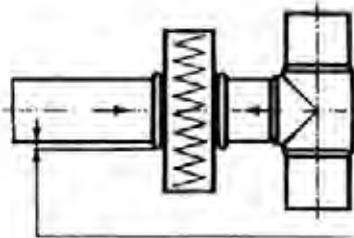
Stumpfschweißen

Heizelement für Stumpfschweißung

Prinzip des Schweißverfahrens

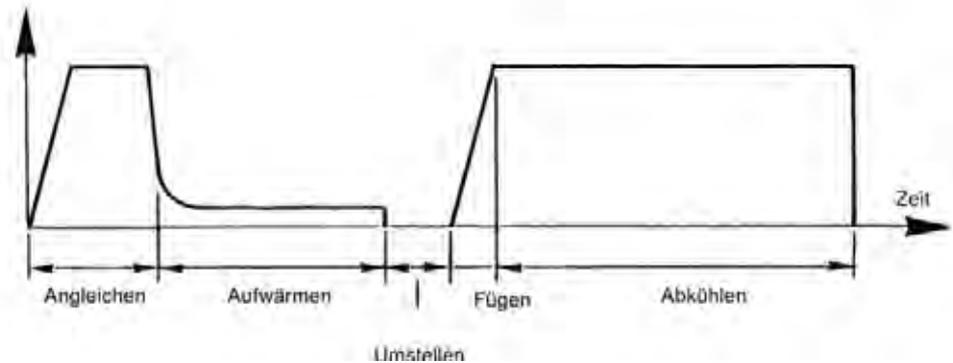
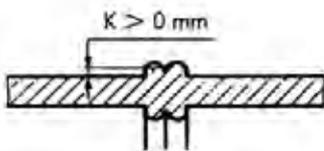
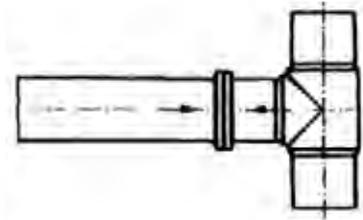


Angleichen und Aufwärmen



Angleichzeit:
bis zur Wulstbildung von 0.5 to
1.5 mm

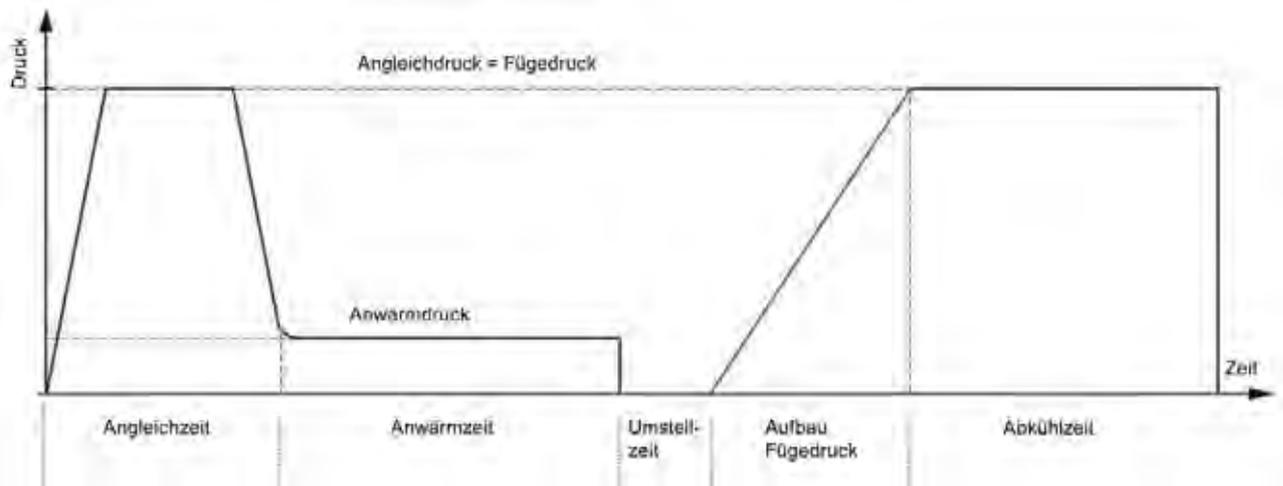
Fügen und Abkühlen



Die Schweißfläche entspricht der Kreisringfläche des Rohres. Damit entspricht die Festigkeit des Rohres der Festigkeit der Schweißnaht. Dadurch verliert das Rohr aber an Festigkeit, wenn die Schweißparameter gering abweichen.

Schweißungen dürfen nur durch von GF Piping Systems **ausgebildete Personen** oder Personen mit entsprechender Urkunde durchgeführt werden. Jede Schweißung muss mit einem Schweißprotokoll dokumentiert werden.

Schweiss-Parameter für GF SG 315



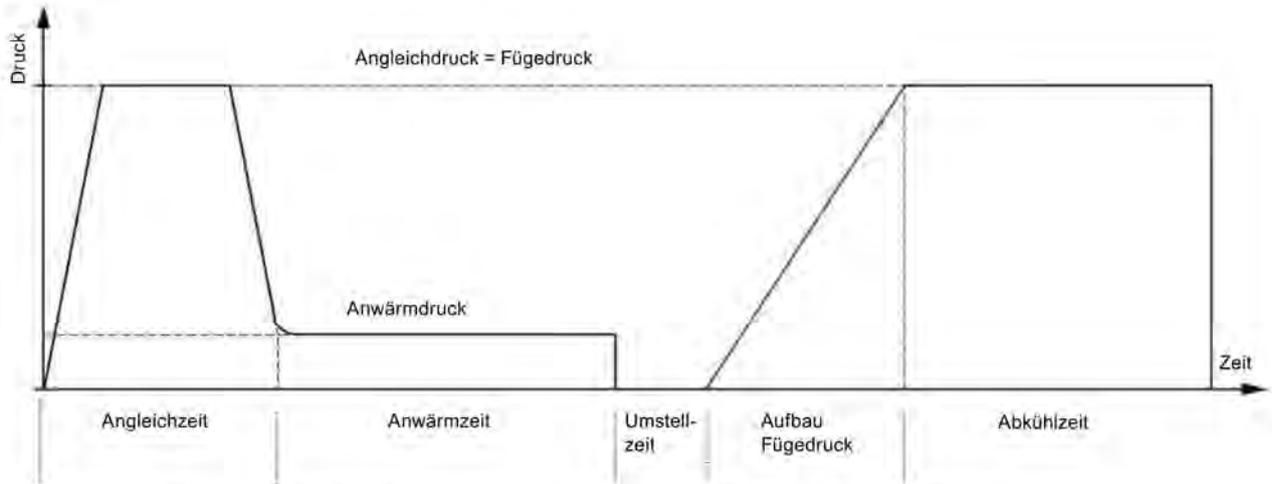
Rohr- dimension dxs [mm]	Anleichdruck $p = 0,1 \text{ N/mm}^2$		Anwärmdruck $p = 0,01 \text{ N/mm}^2$		Umstell- zeit [sec]	Aufbauzeit Fügedruck [sec]	Fügedruck $p = 0,1 \text{ N/mm}^2$	
	Anleich- druck [daN]	Wulst- höhe [mm]	Anwärm- druck [daN]	Anwärm- zeit [sec]=[min]			Anleich- druck [daN]	Kühlzeit [min]
110x10.0	31	1	3	95=1.35	6	8-12	31	10-16
125x11.4	41	1	4	95=1.35	6	8-12	41	10-16
160x14.6	67	1	7	145=2.25	7	10-15	67	17-24
225x20.5	132	1.5	13	220=3.40	8	10-15	132	20-30

Heizelementtemperatur $260 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$

Addieren Sie die Fügekraft zum Bewegungswiderstand des Schlittens.

Wird eine andere Stumpfschweißmaschine als GF SG 315 verwendet, müssen die definitiven Werte auf die jeweilige Schweißmaschinenausführung angepasst werden. Siehe auch Stumpfschweißparameter auf den folgenden Seiten. Sie können unsere GF Schweißmaschinen auch mieten. Bitte kontaktieren Sie hierzu Ihren zuständigen Verkaufsberater oder die Georg Fischer Haustechnik AG, Abteilung CSO. Tel. +41 (0)52 631 36 59, Fax +41 (0)52 631 28 57.

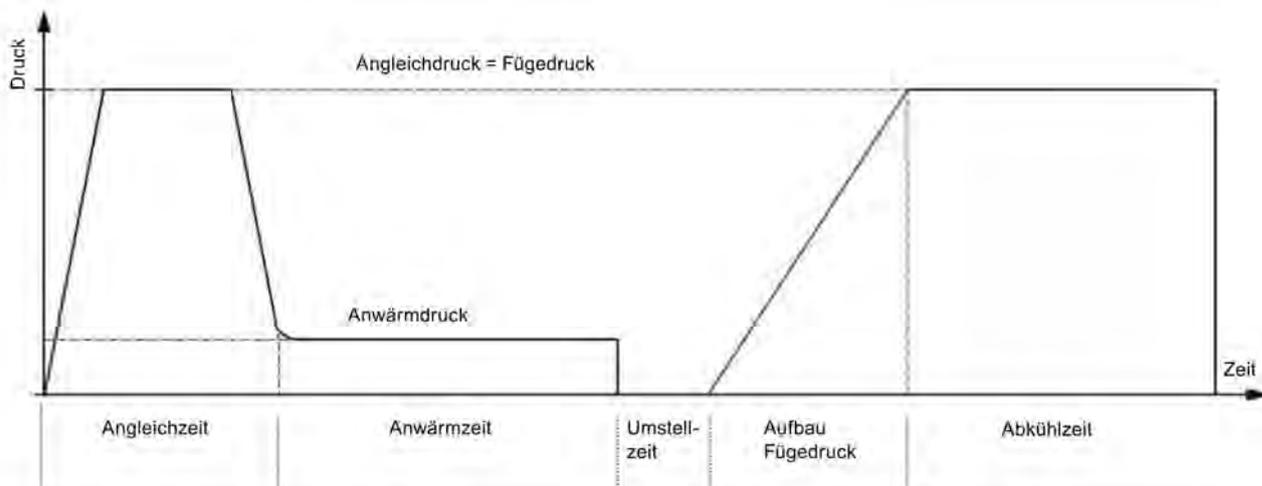
Stumpfschweissparameter für GF 160, TM 160, KL 160



Rohr- dimension dxs [mm]	Angleichdruck $p = 0,1 \text{ N/mm}^2$		Anwärmdruck $p = 0,01 \text{ N/mm}^2$		max. Umstellzeit [sec]	Aufbauzeit Fügedruck [sec]	Fügedruck $p = 0,1 \text{ N/mm}^2$	
	Angleich- druck [daN]	Wulst- höhe [mm]	Anwärm- druck [daN]	Anwärm- zeit [sec]=[min]			Angleich- druck [daN]	Kühlzeit [min]
110x10.0	9	1	1	95=1.35	6	8-12	9	10-16
125x11.4	12	1	1	95=1.35	6	8-12	12	10-16
160x14.6	19	1	2	145=2.25	7	10-15	19	17-24

Heizelementtemperatur $255 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$
 Addieren Sie die Fügekraft zum Bewegungswiderstand
 des Schlittens.

**PB Stumpfschweissparameter für GF 250, GF 314,
KL 250, KL 315, TM 250, TM 315**



Rohr- dimension dxs [mm]	Angleichdruck $p = 0,1 \text{ N/mm}^2$		Anwärmdruck $p = 0,01 \text{ N/mm}^2$		Umstell- zeit [sec]	Aufbauzeit Fügedruck [sec]	Fügedruck $p = 0,1 \text{ N/mm}^2$	
	Angleich- druck [daN]	Wulst- höhe [mm]	Anwärm- druck [daN]	Anwärm- zeit [sec]=[min]			Angleich- druck [daN]	Kühlzeit [min]
110x10.0	6	1	1	95=1.35	6	8-12	6	10-16
125x11.4	8	1	1	95=1.35	6	8-12	8	10-16
160x14-6	13	1	1	145=2.25	7	10-15	13	17-24
225x20.5	26	1.5	3	220=3.40	8	10-15	26	20-30

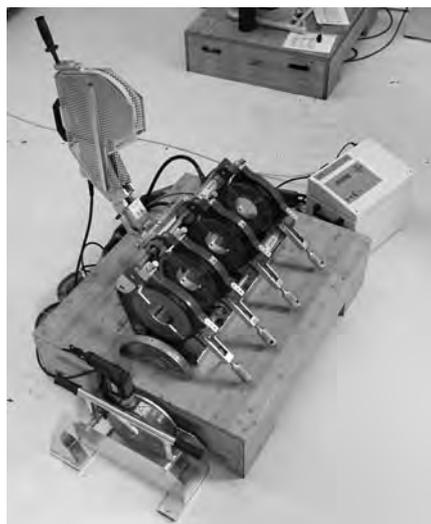
Heizelementtemperatur $225 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$

Addieren Sie die Fügekraft zum Bewegungswiderstand des Schlittens.

Montage der Stumpfschweißverbindung

Schweißmaschine: GF 250

Steuereinheit: Suvi 400



Komplette Schweißeinheit, bestehend aus Schweißmaschine GF 250, Steuereinheit Suvi 400, Hobel und Schweißspiegel



Schalten Sie die Steuereinheit Suvi 400 mit dem Geräteschalter an der rechten Geräteseite ein.



Auf dem Display erscheint: Start Schweißen Starttaste. Drücken Sie die grüne Taste I.



Prüfen Sie die Einstellungen. Wenn die Einstellungen richtig sind, bestätigen Sie mit der grünen Taste Enter.



Auf dem Display erscheint: GF250CNC 1531.



Wählen Sie das verwendete Material mit den blauen Pfeiltasten. Bei INSTAFLEX BIG wählen Sie PB.

	Erklärung
GF250	Bezeichnung der Schweißmaschine
CNC	Steuereinheit Suvl 400
1531	Maschinennummer

Wenn die Maschine abgeschaltet war z.B. am Morgen, drücken Sie die graue Taste I. Dadurch wird der Schweißspiegel eingeschaltet.

	Material
PB	Polybuten
PP	Polypropylen
HDPE	PE hoher Dichte
PE 80	Polyethylen 80
PE 100	Polyethylen 100



Bestätigen Sie mit der grünen Taste Enter.



Auf dem Display blinkt: Druckstufe: SDR 11, S 5. Die Druckstufe gibt an, für welchen Druck das Rohr ausgelegt ist. INSTAFLEX Big = PN10



Wählen Sie die Rohrdimension mit den blauen Pfeiltasten.



Auf dem Display erscheint: Wandstärke. Wenn die Wandstärke richtig ist, bestätigen Sie mit der grünen Taste Enter.



Bestätigen Sie mit der grünen Taste Enter.



Auf dem Display erscheinen die folgenden Angaben: Das Material, die Dimension und die Druckstufe. Prüfen Sie die Angaben.



Auf dem Display erscheint: Daten o.k.? Bestätigen Sie mit der grünen Taste Enter.



Auf dem Display erscheint: Rohr(e) einspannen. Bestätigen Sie mit der grünen Taste Enter.



Schrauben Sie die Fixier-
vorrichtungen für Rohr / Fitting
der passenden Dimension in
die Spannvorrichtung ein.



Spannen Sie die Rohre und / oder Fit-
tings in die Fixier-
vorrichtung ein.



Auf dem Display erscheint: Bewegungsdruck messen. Drücken
Sie die grüne Taste >bis die rote Kontrollleuchte in diesem Feld
leuchtet.

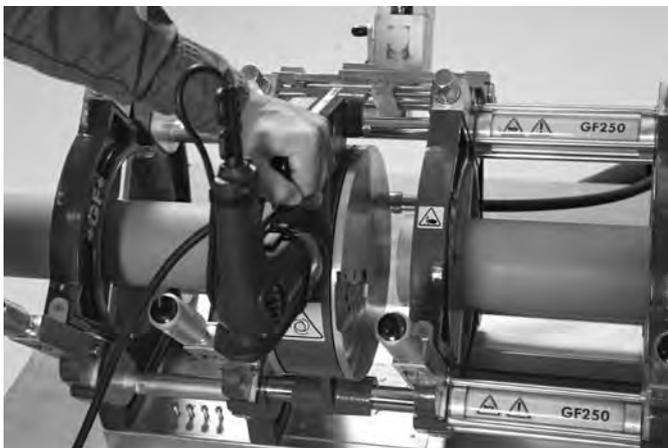




Auf dem Display blinkt abwechselnd: Hobel einlegen und Stirnseite hobeln.



Auf dem Display erscheint: Hobel entfernen. Der Hobelvorgang ist beendet und der Hobel schaltet automatisch ab. Wenn der Hobel abgeschaltet ist, nehmen Sie ihn aus der Schweissvorrichtung und stellen ihn zurück in die dafür vorgesehene Haltevorrichtung.



Legen Sie den Hobel in die Schweissvorrichtung ein und schalten Sie den Antrieb des Hobels ein.

Achtung:

Der Hobel startet erst, wenn der Arbeitsschritt auf der Steuereinheit bestätigt wird.



Auf dem Display erscheint: Einspannkontr. Drücken Sie die grüne Taste >. Das Schweissgerät führt eine automatische Kontrolle der Einspannung durch.



Auf dem Display erscheint: Stirnseiten glätten. Drücken Sie die grüne Taste > bis die rote Kontrollleuchte in diesem Feld leuchtet. Wenn auf beiden Rohrenden ein Hobelspan ohne Unterbrechungen abgehobelt wurde, bestätigen Sie mit der grünen Taste > bis die rote Kontrollleuchte in diesem Feld leuchtet.



Auf dem Display erscheint: Versatz ok <JA> + Auffahren. Der Versatz zwischen den Rohren oder Rohr und Fitting ist kleiner als >1 mm. Drücken Sie die grüne Taste Enter. Ist der Versatz <1 mm zwischen den Rohrenden oder Rohr und Fitting können Sie die Rohrenden auffahren, die Rohre verdrehen, so dass der Versatz 1 mm ist.



Auf dem Display erscheint: Gereinigt? <Ja>.



Auf dem Display erscheint: Heizelement einschwenken.



Reinigen Sie die Verbindungsflächen der zu verschweißenden Teile - Fitting und Rohrende. Benutzen Sie zum Reinigen ein saugfähiges, nichtfaserndes Papier und Reinigungsmittel **Tangit KS-Reiniger, Art.-Nr. 799 298 023**. Entfernen Sie die Reinigungsflüssigkeit restlos mit dem Reinigungspapier.



Schwenken Sie das Heizelement ein.
Achtung: Verbrennungsgefahr. Das Heizelement hat eine Temperatur von 260 °C.



Auf dem Display erscheint: Gereinigt? Bestätigen Sie mit der grünen Taste Enter.



Auf dem Display erscheint: Schweißung starten. Drücken Sie die grüne Taste >bis die rote Kontrolllampe in diesem Feld leuchtet. Die beiden Rohre oder das Rohr und das Fitting fahren zusammen.



Warten Sie bis sich auf beiden Seiten am Schweisspiegel eine Wulst von etwa 1 mm Höhe gebildet hat.



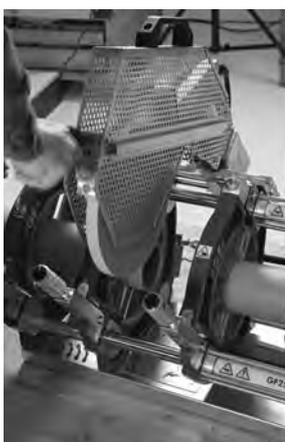
Das Schweissgerät fährt die Rohre oder Rohr und Fitting zusammen. Die Abkühlzeit beginnt.



Auf dem Display erscheint: Wulsthöhe: 1.0mm erreicht. Diese Angabe muss durch den Schweisser optisch kontrolliert werden. Bestätigen Sie mit der grünen Taste Enter. Das Schweissgerät senkt den Anpressdruck auf den Schweissspiegel.

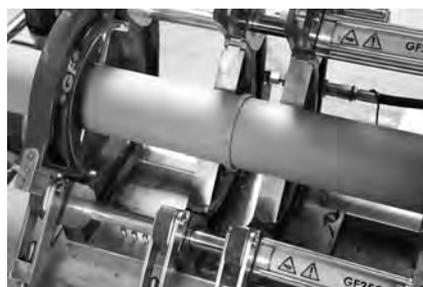


Auf dem Display wird angezeigt, wenn die Abkühlzeit beendet ist. Drücken Sie die grüne Taste Enter. Das Schweissgerät entlastet die Schweissung.



Das Schweissgerät beginnt zu piepsen. Nach 10 Sekunden nehmen Sie den Schweisspiegel aus der Schweissvorrichtung und stellen ihn zurück in die dafür vorgesehene Haltevorrichtung.

Achtung: Verbrennungsgefahr. Das Heizelement hat eine Temperatur von 260 °C.



Entnehmen Sie die verschweissten Rohre oder Rohr und Fitting. Resultat: Sie haben eine Stumpfschweissverbindung geschweisst.

Schweisprotokoll

Schweisprotokolle sind bei Anforderung auszustellen.

Muster siehe Folgeseite.

Aufschweiss-Sättel d50 bis d110

Montageanleitung Aufschweiss-Sättel Dimensionen d50 bis d110

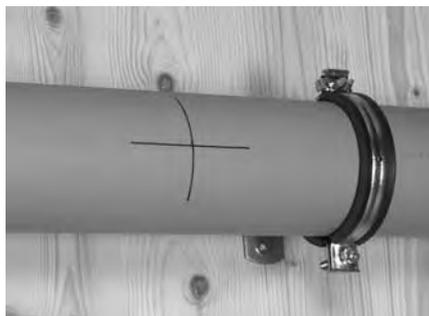


Auswahl der Bohrerdimension:

- Ein Bohrer für Abgang: 20, 25, 32
- Ein Bohrer für Abgang: 40, 50



Heizbuchsen für die jeweilige Dimension



Markieren Sie die Bohrstelle.



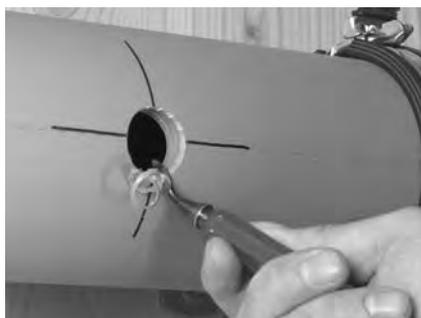
Setzen Sie ca. 15 bis 20 cm neben der Bohrstelle eine Rohrschelle, damit das Rohr sich während der Montage nicht ausbiegen kann.



Durchbohren Sie die Rohrwand mit dem Bohrer-Code: 761 068 033. Benutzen Sie eine drehzahlgeregelte Bohrmaschine mit 300–350 U/Min.

Wichtig:

Durchbohren Sie die Rohrwand im rechten Winkel.



Fassen Sie die Bohrung an. Dadurch lässt sich die Heizbuchse im nächsten Arbeitsschritt leichter in die Bohrung einführen.



Reinigen Sie das Rohr und die Bohrung mit Tangit KS-Reiniger, Art.-Nr. 799 298 023. Entfernen Sie die Reinigungsflüssigkeit restlos mit dem Reinigungspapier.



Reinigen Sie den Aufschweiss-Sattel mit Tangit KS-Reiniger, Art.-Nr. 799 298 023. Entfernen Sie die Reinigungsflüssigkeit restlos mit dem Reinigungspapier. Achten Sie darauf, dass Sattel- und Rohrdimension übereinstimmen.



Montieren Sie die Heizbuchsen auf den Schweiß-Spiegel.



Schieben Sie den Aufscheiss-Sattel und das Rohr gleichzeitig auf die Heizbuchsen. Anwärmzeiten siehe Tabelle 1.



1 Schmelzwulst
Nach dem Anwärmen von Rohr und Sattel hat sich am Rohr um die Bohrung eine gleichmässige Schmelzwulst gebildet.



Nach dem Abziehen von den Heizbuchsen drücken Sie sofort den Aufscheiss-Sattel in das Rohr. Achten Sie darauf, den Sattel dabei nicht zu verdrehen. Halte- und Abkühlzeiten siehe Tabelle 1.



Reinigen Sie nach jeder Schweissverbindung die Heizbuchsen. Für die nächste Schweissverbindung darf kein Polybuten auf den Heizbuchsen sein.



Resultat: Der Sattel ist auf das Rohr geschweisst.



Sie können an den Schweiß-Sattel variable Anschlüsse anbringen.

Aufschweiss-Sättel d125 bis d225

Montageanleitung Aufschweiss-Sättel Dimension d125 bis d225



Auswahl der Bohrerdimension:

- Ein Bohrer für Abgang: 20, 25, 32
- Ein Bohrer für Abgang: 40, 50



Heizbuchsen für die jeweilige Dimension



Markieren Sie die Bohrstelle.



Durchbohren Sie die Rohrwand mit einem Bohrer. Benutzen Sie eine drehzahl-geregelte Bohrmaschine mit 300–350 U/Min.

Wichtig:

Durchbohren Sie die Rohrwand im rechten Winkel.



Fassen Sie die Bohrung um 3–4 mm an. Dadurch lässt sich die Heizbuchse im nächsten Arbeitsschritt leichter in die Bohrung einführen.



Reinigen Sie das Rohres und die Bohrung mit Tangit KS-Reiniger, Art.-Nr. 799 298 023. Entfernen Sie die Reinigungsflüssigkeit restlos mit dem Reinigungspapier.



Reinigen Sie den Aufschweiss-Sattel mit Tangit KS-Reiniger, Art.-Nr. 799 298 023. Entfernen Sie die Reinigungsflüssigkeit restlos mit dem Reinigungspapier. Achten Sie darauf, dass Sattel- und Rohrdimension übereinstimmen.



Montieren Sie die Heizbuchsen auf den Schweiß-Spiegel.



Schieben Sie den Aufscheiss-Sattel und das Rohr gleichzeitig auf die Heizbuchsen. Anwärmzeit siehe Tabelle 2.



Resultat: Der Sattel ist auf das Rohr geschweisst.



1 Schmelzwulst
Nach dem Anwärmen von Rohr und Sattel hat sich am Rohr um die Bohrung eine gleichmässige Schmelzwulst gebildet.



Sie können an den Schweiss-Sattel variable Anschlüsse anbringen.



Nach dem Abziehen von den Heizbuchsen drücken Sie sofort den Aufscheiss-Sattel in das Rohr. Achten Sie darauf, den Sattel dabei nicht zu verdrehen. Halte- und Abkühlzeiten siehe Tabelle 2.



Reinigen Sie nach jeder Schweissverbindung die Heizbuchsen. Für die nächste Schweissverbindung darf kein Polybuten auf den Heizbuchsen sein.

Aufschweiss-Sättel Schweisszeiten

Schweisszeiten

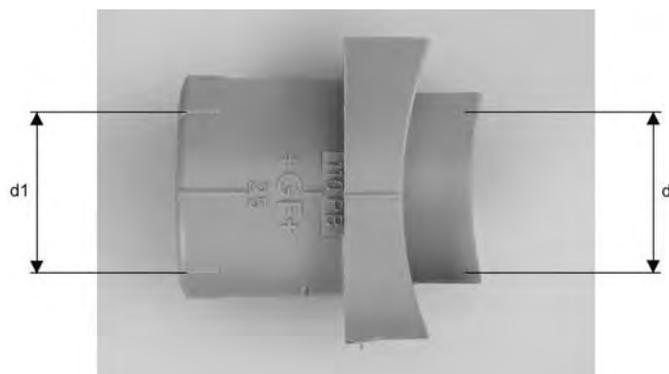


Tabelle 1:

Dim. d - d1 [mm]	Temp. [°C]	Aufschweiss-Sattel auf Rohr			Rohr in Aufschweiss-Sattel		
		Anwärmzeit [s]	Haltezeit [s]	Abkühlzeit Min.	Anwärmzeit [s]	Haltezeit [s]	Abkühlzeit Min.
50 - 20	260	22 - 24	30	4	6	15	2
50 - 25	260	22 - 24	30	4	6	15	2
50 - 32	260	22 - 24	30	4	10	20	4
63 - 20	260	22 - 24	30	4	6	15	2
63 - 25	260	22 - 24	30	4	6	15	2
63 - 32	260	22 - 24	30	4	10	20	4
75 - 20	260	24 - 26	30	4	6	15	2
75 - 25	260	24 - 26	30	4	6	15	2
75 - 32	260	24 - 26	30	4	10	20	4
90 - 20	260	26 - 28	30	4	6	15	2
90 - 25	260	26 - 28	30	4	6	15	2
90 - 32	260	26 - 28	30	4	10	20	4
110 - 20	260	28 - 32	30	4	6	15	2
110 - 25	260	28 - 32	30	4	6	15	2
110 - 32	260	28 - 32	30	4	10	20	4

Tabelle 2:

125 - 32	260	29 - 33	30	4	10	20	4
125 - 40	260	31 - 35	30	4	14	20	4
125 - 50	260	31 - 35	30	4	18	30	4
160 - 32	260	28 - 30	120	4	10	20	4
160 - 40	260	42 - 45	120	4	14	20	4
160 - 50	260	42 - 45	120	4	18	30	4
225 - 32	260	25 - 30	120	4	10	20	4
225 - 40	260	45 - 50	120	4	14	20	4
225 - 50	260	45 - 50	120	4	18	30	4

Aufschweiss-Sättel Abstände

Abstände der Aufschweiss-Sättel

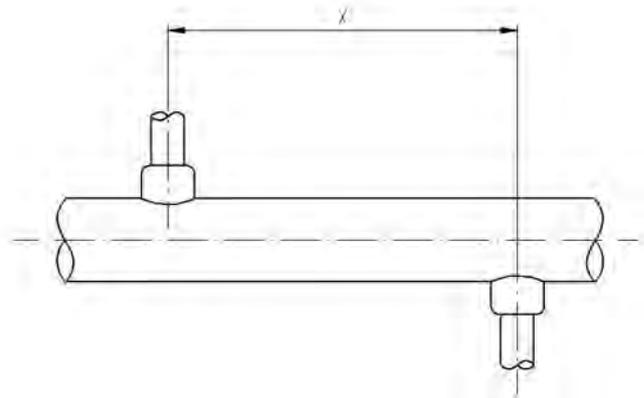
Bei der Positionierung der Aufschweiss-Sättel auf dem INSTAFLEX-Rohr müssen Sie folgende Abstände berücksichtigen:

- Abstand zwischen zwei Aufschweiss-Sätteln
- Abstand der Aufschweiss-Sättel über den Umfang
- Abstand zwischen Aufschweiss-Sattel und Fitting

Achten Sie ausserdem darauf, dass die Satteldimensionen rohrrseitig mit der Rohrdimension übereinstimmt.

Abstand zwischen zwei Aufschweiss-Sätteln

Der minimale Abstand X zwischen zwei Aufschweiss-Sätteln muss mindestens **30 mm** betragen. Diese Angabe ist gültig für die Rohrdimensionen 50–225 mm mit allen Abgängen. Für die Ermittlung des Abstandes wurden an den eingeschweissten Sätteln Berst- und Pulsationsprüfungen durchgeführt.

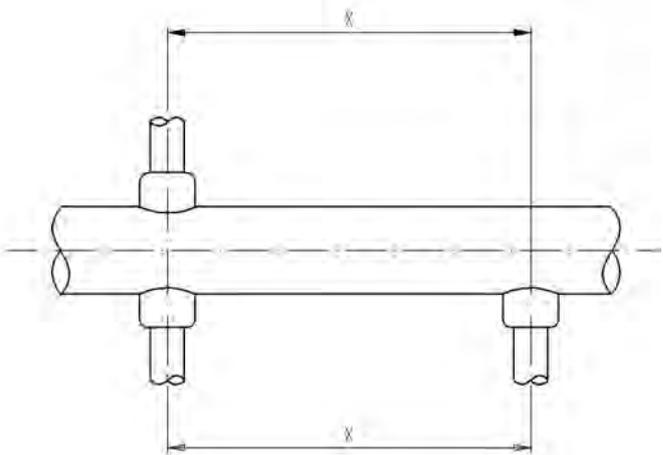


Zulässig

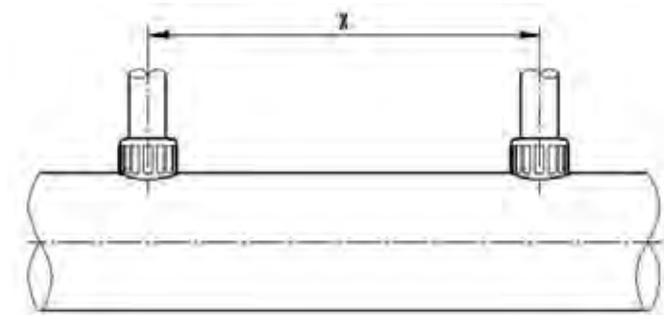
Rohrdimension d110 bis d225

Wurde bei den Dimensionen d110 bis d225 an dem jeweiligen Rohr ein Aufschweiss-Sattel eingeschweisst, **ist es zulässig** über den Umfang um 180° versetzt einen weiteren Aufschweiss-Sattel einzuschweissen. Der Mindestabstand von $X = 30$ mm von Sattel zu Sattel ist auch hier zwingend einzuhalten.

Es ist unzulässig mehr als 2 Sättel über den Umfang einzuschweissen.



Zulässig



Zulässig

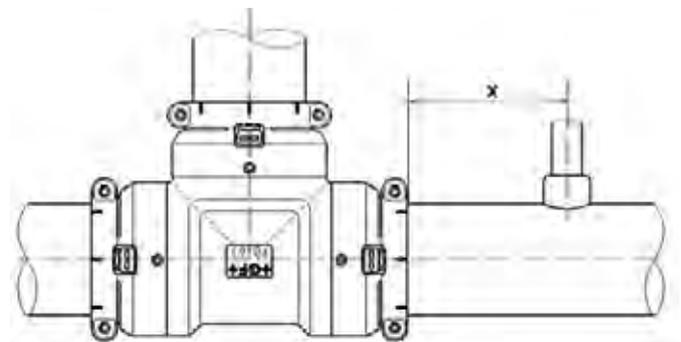
Abstand der Aufschweiss-Sättel über den Umfang

Rohrdimension d50 bis d90

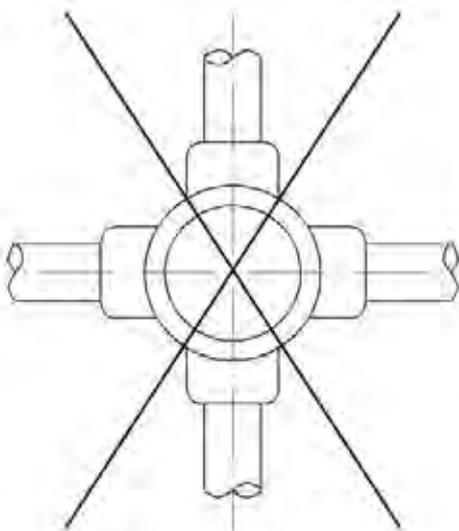
Wurde an dem Rohr ein Aufschweiss-Sattel eingeschweisst, ist es unzulässig über den Umfang an dieser Stelle einen weiteren oder mehrere Aufschweiss-Sättel einzuschweissen. Alternativ kann mit einem Mindestabstand X von 30 mm über den Umfang erneut ein Sattel eingeschweisst werden. Diese Angabe ist gültig für die Rohrdimensionen 50 bis 90 mm mit einem Abgang d20, d25 und d32 mm.

Abstand zwischen Aufschweiss-Sattel und Fitting

Der minimale Abstand X zwischen Aufschweiss-Sattel und Fitting muss mindestens 30 mm betragen. Diese Angabe ist gültig für die Dimensionen 50–225 mm unabhängig von der Dimension des Abganges.

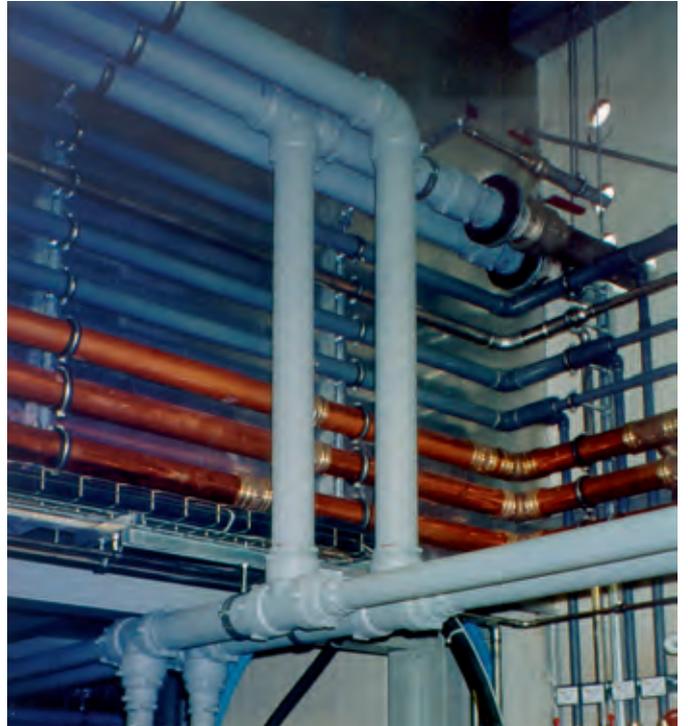


Zulässig



Nicht zulässig!

Anwendungen Druckluft



Unsere Mitglieder sind ganz in Ihrer Nähe.



druckluft technik ev
airgroup



Petko GmbH

Am Haupttor Gebäude 5211
06237 Leuna
Telefon 03461 434044
www.petko-gmbh.de

druckluft-technik Chemnitz GmbH

Goetheweg 20
09247 Chemnitz
Telefon 03722 500123
www.druckluft-chemnitz.de

Drucklufttechnik Schmitz GmbH

Jürgen Schmitz
Gießereistraße 6
42551 Velbert
Telefon 02051 28570
www.druckluft-schmitz.de

Druckluft Evers GmbH

Kurt-Fischer-Straße 36
22926 Ahrensburg
Telefon 04102 891380
www.druckluft-evers.de

Wille GmbH

Norderoog 4
28259 Bremen
Telefon 0421 57636-0
www.wille-gmbh.de

Fey Druckluft GmbH & Co. KG

Desekenberg 5
30880 Laatzen
Telefon 0511 98392-0
www.fey-druckluft.de

GROSS GmbH

Im Ostpark 13-15
35435 Wetztenberg
Telefon 0641 96616-0
www.gross-gmbh.info

Druckluft-Krengel GmbH

Lüttgenröder Straße 6
38835 Osterwieck
Telefon 039421 8893-0
www.druckluft-krengel.de

Indrutec GmbH

Rohwedder Straße 4
44369 Dortmund
Telefon 0231 936969-0
www.indrutec.de

D&N Drucklufttechnik GmbH & Co. KG

Spenger Straße 38
49328 Melle
Telefon 05226 59488-0
www.dn-drucklufttechnik.de

Krämer Maschinen und Druckluftsysteme GmbH

Daimlerstraße 11
50259 Pulheim
Telefon 02234 98448-0
www.dskraemer.de

Schäfer Drucklufttechnik GmbH

Friedrich-Wilhelm-Straße 115 c
57074 Siegen
Telefon 0271 72575
www.schaefer-druckluft.de

AIRCO SystemDruckluft GmbH

Stroofstraße 27, Gebäude 3001
65933 Frankfurt
Telefon 069 380374-0
www.airco-druckluft.de

JACOB Drucklufttechnik Vertriebs GmbH

An der Fuchshöhle 7
66740 Saarlouis
Telefon 06831 645880
www.jacob-drucklufttechnik.de

G. Wegener GmbH

Schauerheimer Straße 11
67136 Fussgönheim
Telefon 06237 9264-0
www.kompressorenservice.com

Mader GmbH & Co. KG

Daimlerstraße 6
70771 Leinfelden-Echterdingen
Telefon 0711 79720
www.mader.eu

dt drucklufttechnik gmbh

Münchener Straße 31
85123 Karlskron bei Ingolstadt
Telefon 08450 9369-0
www.druckluft-technik.de

Galek & Kowald GmbH

Asbacher Weg 19
98574 Schmalkalden
Telefon 03683 6973-0
www.galek-kowald.de

Galek & Kowald GmbH

Trefffurter Weg 16
99974 Mühlhausen/Thüringen
Telefon 03601 8349-0
www.galek-kowald.de

Verkaufsgesellschaft Deutschland

Georg Fischer GmbH, Daimlerstraße 6, 73095 Albershausen, Telefon 07161/302-0
info.de.ps@georgfischer.com, www.georgfischer.de