



HANSA FLEX

TECHNISCHE
INFORMATIONEN
VERBINDUNGSTECHNIK
ROHRLEITUNGEN

Technische Information Verbindungstechnik Rohrleitungen

Inhaltsverzeichnis

1. Rohrleitungen

- 1.1 Material
- 1.2 Hinweise zur Normung und Druckberechnung
- 1.3 Auslegung
- 1.4 Verlegung
- 1.5 Befestigung

2. Bestimmung des Druckverlustes in Rohrleitungen

3. Aufbau und Funktion von Bördelverschraubungen

- 3.1 37°-Bördelform mit Verwendung des HANSA-FLEX ZROO Doppelkegelrings
- 3.2 Rohrlängenbestimmung bei 37°-Bördelverschraubung
- 3.3 37°-Bördelform Bördelverschraubung ISO 8434-2
- 3.4 37°-Montagevorbereitungen und Montage der Bördelform

1. Rohrleitungen

Rohrleitungen werden zur Energieübertragung an Anlagen verwendet. Diese kommen sowohl in der Stationären als auch in der Mobilien Hydraulik zum Einsatz.

Bei der Auslegung von Rohrleitungen müssen zahlreiche Belastungen beachtet werden, welche die Lebensdauer einer Rohrleitung beeinflussen können.

Unter anderem sind das:

- Druckbelastungen
- Belastungen durch Verlegung und Gestaltung des Rohrleitungssystems
- Temperaturbelastungen
- Wärmeausdehnung

Die Einhaltung aller Parameter kann die Lebensdauer der Rohre bzw. Rohrleitungen entscheidend beeinflussen und erhöht die Sicherheit für das Personal und die Umgebung.

1.1 Material

Für die Verwendung von Hydraulik- und Pneumatik-Druckleitungen in Verbindung mit Rohrverschraubungen und Schneidringverbindungen werden nahtlose kaltgezogene Präzisionsstahlrohre verwendet. Diese Rohre zeichnen sich durch Ihre genau definierten Grenzabmaße und die festgelegte maximale Oberflächenrauigkeit aus.

Verwendete Stahlsorten:

Werkstoff	Rohr	Bezeichnung	Werkstoff	Norm
Stahl	PR (M)*	E235+N	1.0308	EN 10305-4
Stahl	PR VZ CF (M)*	E235+N	1.0308	EN 10305-4
Stahl	PR ST52 (M)*	E355+N	1.0580	EN 10305-4
Edelstahl	PR V1 (M)*	X5CrNi18-10	1.4301	EN 10216-5
Edelstahl	PR V2 (M)*	X6CrNiTi18-10	1.4541	EN 10216-5
Edelstahl	PR V4 (M)*	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	EN 10216-5

* M = Metrische Rohre

1.2 Hinweise zur Normung und Druckberechnung

Es gibt verschiedene Normen und Standards für die Auslegung und Berechnung von Rohrleitungen.

Zum Beispiel:

- DIN 2413: Nahtlose Stahlrohre für öl- und wasserhydraulische Anlagen – Berechnungsgrundlage für Rohre und Rohrbögen bei schwellender Beanspruchung
- DIN ISO 10763: Fluidtechnik. Nahtlose und geschweißte Präzisionsstahlrohre. Maße und Nenndrücke
- DIN EN 13480-3: Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 3: Konstruktion und Berechnung
- DIN EN 13480-4: Metallische industrielle Rohrleitungen – Teil 4: Fertigung und Verlegung
- DIN 2445-2: Nahtlose Stahlrohre für schwellende Beanspruchung - Teil 2: Präzisionsstahlrohre für hydraulische Anlagen, 100 bar bis 500 bar

Die Druckwerte in unseren Katalogen beziehen sich auf die Berechnungsgrundlagen der DIN 2413 Belastungsfall I vorwiegend ruhend beansprucht bis 120 °C und Belastungsfall III schwellend beansprucht bis 120 °C.

Die Druckwerte beziehen sich jeweils auf gerade Rohre. Für gebogene Rohre sind entsprechende Wanddicken analog zur DIN EN 13480-4 zu berechnen.

Die in unseren Katalogen angegebenen Druckwerte sind nur Anhaltswerte und müssen durch den Anwender/Kunden überprüft bzw. selbst berechnet werden.

Bei der Fertigung von Rohrleitungen müssen zudem die Druckwerte der Verbindungselemente und Anschlüsse betrachtet werden. So bestimmt das Bauteil mit dem geringsten Betriebsdruck den Betriebsdruck der kompletten Rohrleitung.

1.3 Auslegung

Bei der Auslegung von Rohrleitungen sollte nicht nur der max. Betriebsdruck der Rohrleitung betrachtet werden, sondern auch der angestrebte Druckverlust. Dieses wird entscheidend durch die Durchflussgeschwindigkeit (Fließgeschwindigkeit) beeinflusst. Zu hohe Fließgeschwindigkeiten verursachen Turbulenzen, wodurch es zu hohen Druckverlusten und damit auch zu Temperaturanstiegen kommt. Grundsätzlich wirkt sich dieses auf die Wirtschaftlichkeit / Energieeffizienz einer hydraulischen Anlage aus.

In der Regel sollten folgende Werte nicht überschritten werden:

- Druckleitung: max. 6 m/s
- Rücklaufleitung: max. 3 m/s
- Saugleitung: max. 1 m/s

Weitere Informationen zum Thema Druckverlust in Rohrleitungen können Sie unter Punkt 2 „Bestimmung des Druckverlustes in Rohrleitungen“ nachlesen.

1.4 Verlegung

Bei der Planung von Rohrleitungen muss die lineare Längenänderung bei Temperaturveränderung beachtet werden, da die entstehenden Kräfte bei Längenausdehnung sowohl in der Längung als in der Kürzung zu Leckagen an den Anschlussstellen bzw. Verbindungsstellen führen können.

Folgende werkstoffbezogene Wärmeausdehnungskoeffizienten können für eine Berechnung zugrunde gelegt werden:

Werkstoff	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient α [10 ⁻⁶ K ⁻¹ oder $\mu\text{m}/\text{mK}$]			
	20 °C	100 °C	150 °C	200 °C
Stahl	11,9	12,70	13,20	13,70
Edelstahl	16,80	17,70	18,21	18,67

Beispielrechnung:

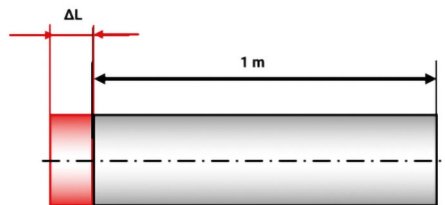
$$\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta t$$

ΔL = Längenänderung

L_0 = Anfangsrohrlänge (Meter)

α = Wärmeausdehnungskoeffizient

Δt = Temperaturänderung



L_0 = 1 Meter

α = 11,9 (Stahl, 20 °C)

Δt = 60 °C oder 60 K (Celsius und Kelvin können hier gleichgesetzt werden)

$$\Delta L = 1 \text{ m} \times \frac{11,9}{10^6 \text{ K}} \times 60 \text{ °C} = 0,000714 \text{ m} = 0,714 \text{ mm}$$

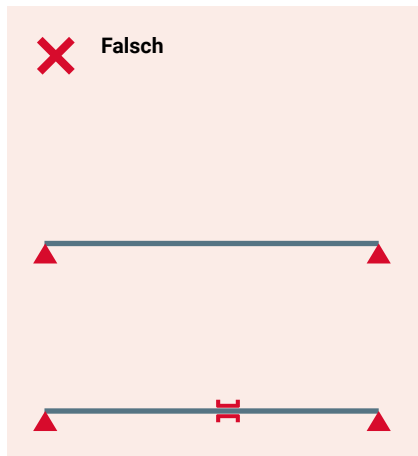
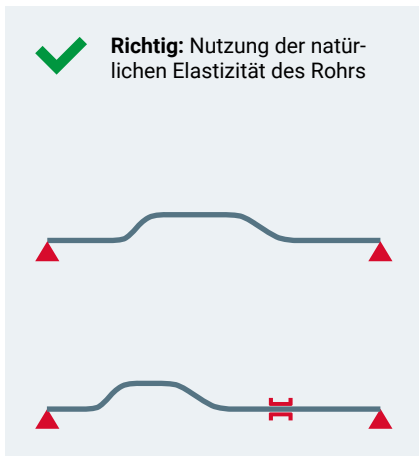
Das bedeutet, eine Rohrleitung von einer Anfangslänge 1000 mm kann seine Länge bei einer Temperaturänderung von 60 °C um 0,714 mm ändern.

Um die Wärmeausdehnung effizient bei der Befestigung zu berücksichtigen, werden folgende Verlegeprinzipien angewendet.

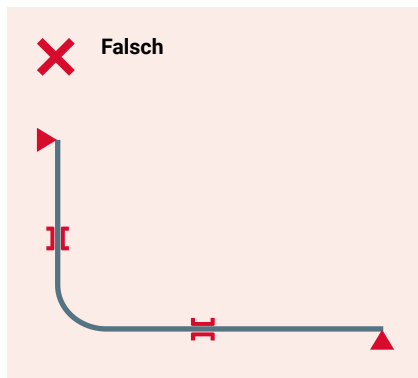
Symbole für die Prinzipdarstellung:

Symbol	Bedeutung
	Festpunkt (Festlager)
	Loslager (Gleitlager)

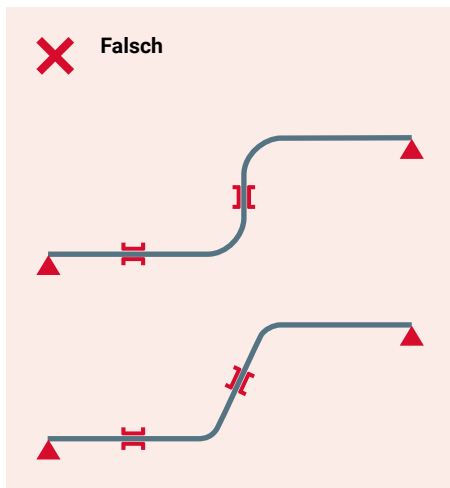
Gerade Rohrausführung:



Bogenausführung:



Rohretagen:

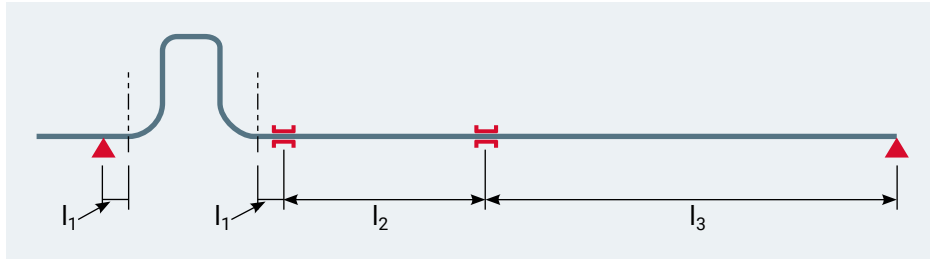


1.5 Befestigung

Rohrleitungsbefestigungen (z.B. SRS-Schellen) halten und führen Rohrleitungen. Sie müssen die auftretenden Kräfte sicher aufnehmen, Bewegungen verhindern und dämpfen.

Die bestimmungsgemäße Auswahl und die Festlegung des anforderungsgerechten Schellenabstands in der Längsstreckung der Rohre richtet sich nach Grundsätzen und kann mit Näherungsformeln berechnet werden.

Empfehlungen für die Abstände der Befestigungspunkte:



l_1 = Kompensation – Loslager Festlager/Festpunkt = $2 \times D^*$ (mm)

l_2 = Loslager – Loslager = $0,7 \times l_3$ (mm)

l_3 = Loslager – Festpunkt = $400 \times \sqrt{D}$ (mm)

* D = Außendurchmesser Rohr

Gerundete Anhaltswerte:

Außendurchmesser	l_1	l_2	l_3
D (mm)	Kompensation – Loslager- / Festpunkt	Loslager - Loslager	Loslager - Festpunkt
6	30*	700	1000
8	30*	800	1150
10	30*	900	1300
12	30*	1000	1400
15	30	1100	1550
16	35	1150	1600
18	40	1200	1700
20	40	1300	1800
22	50	1350	1900
25	50	1400	2000
28	60	1500	2150
30	60	1600	2200
35	70	1700	2400
38	80	1750	2500
42	85	1800	2600

* Baugröße der Schellen bei Festlegung der Abstände l_1 beachten

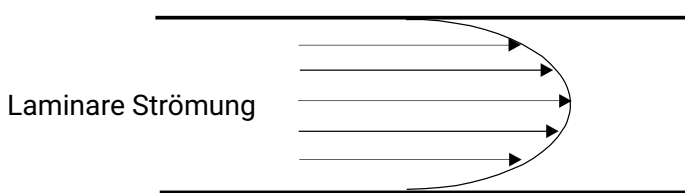
2. Bestimmung des Druckverlustes in Rohrleitungen

Die in hydraulischen Rohrleitungssystemen zwangsläufig auftretenden Druckverluste können entweder messtechnisch oder rechnerisch erfasst werden.

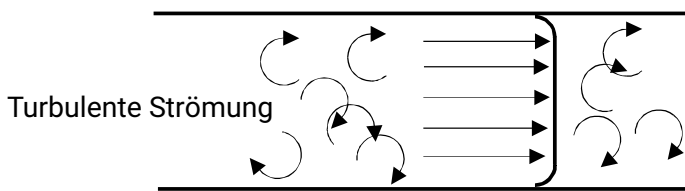
Die genaue rechnerische Bestimmung dieser Verluste ist nur mit einem erheblichen Aufwand möglich, an dieser Stelle sollen jedoch einige einfache Gleichungen zur überschlägigen Bestimmung von Druckverlusten in geraden Rohrleitungen bzw. Verschraubungen gegeben werden.

Die Druckverluste bzw. der Durchflusswiderstand in einem Leitungssystem hängt ab vom Rohrlinnendurchmesser, von der Strömungsgeschwindigkeit und von den Eigenschaften (Dichte und Viskosität) des Hydrauliköls ab. Druckverluste werden durch die sogenannte Flüssigkeitsreibung, d.h. durch die Reibung des Öls an den Rohrwänden und die innere Reibung des Fluids verursacht.

Ab einer bestimmten Geschwindigkeit schlägt die Strömung des Öls von einer laminaren in die turbulente Strömung über, turbulente Strömungen führen zu einer erhöhten Wärmebildung im System und haben weitere Druck- bzw. Leistungsverluste zur Folge.



Das Verhalten der Strömung wird auch durch die sogenannte Reynold'sche Zahl Re gekennzeichnet.



Überschreitet diese Zahl Re einen bestimmten Wert, geht die laminare Strömung des Öls in eine turbulente Strömung über.

In Rohrleitungen wird laminare Strömung angestrebt, in Ventilen, Kupplungen und Kugelhähnen tritt meistens turbulente Strömung auf.

Die Druckverluste in geraden Rohrleitungen lassen sich nach den folgenden Gleichungen überschlägig bestimmen:

$$\Delta p = \lambda \times \frac{l \times \rho \times V^2 \times 10}{d \times 2} \text{ in bar}$$

Δp = Druckverlust bei gerader Rohrleitung (laminare bzw. turbulente Strömung) in bar

λ = Rohrreibungszahl

ρ = Dichte des Hydrauliköls in kg/dm^3 , $\rho = 0,89 \text{ kg}/\text{dm}^3 = 890 \text{ kg}/\text{m}^3$

l = Leitungslänge in Metern m

V = Strömungsgeschwindigkeit des Öls in der Leitung in m/s

d = Innendurchmesser der Leitung in mm

ν = kinematische Viskosität in cSt oder mm^2/s

Q = Flüssigkeitsstrom in der Leitung in l/min

Rohrreibungszahl für laminare Strömung $Re < 2320$
 $\lambda_{\text{lam}} = 64/Re$

Rohrreibungszahl für turbulente Strömung $Re > 2320$
 $\lambda_{\text{turb.}} = \frac{0,316}{4\sqrt{Re}}$

Reynold'sche Zahl
 $Re = \frac{V \times d}{\nu} \times 10^3$

Strömungsgeschwindigkeit
 $V = \frac{Q}{6 \times d^2 \times \frac{\pi}{4}} \times 10^2$

Beispiel:

Gegeben sei eine gerade Rohrleitung mit $l = 1 \text{ m}$ und einem Innendurchmesser $d = 25 \text{ mm}$.

Die Durchflussmenge Q beträgt 150 l/min und die Strömungsgeschwindigkeit des Öls 5 m/s .

Eingesetzt wird ein Standard-Hydrauliköl HLP 46 mit einer kinematischen Viskosität von $\nu = 46 \text{ mm}^2/\text{s} = 46 \text{ cSt}$ und einer Dichte von $0,89 \text{ kg/dm}^3$

Gesucht wird der auftretende Druckverlust über die Gesamtlänge von 1 m .

Lösung:

1. Bestimmung Reynold'schen Zahl Re :

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \times 10^3 = \frac{5 \text{ m/s} \times 25 \text{ mm}}{46 \text{ mm}^2/\text{s}} \times 10^3 = 2713$$

Die Reynoldszahl Re ist in diesem Fall größer als 2320 , daher liegt eine turbulente Strömung vor.

2. Bestimmung der Rohrreibungszahl für turbulente Strömung

$$\lambda_{\text{turb.}} = \frac{0,316}{4\sqrt{Re}} = \frac{0,316}{4\sqrt{2713}} = 0,0437$$

3. Berechnung des Druckverlustes über die Gesamtlänge

$$\Delta p = \lambda \times \frac{l \times \rho \times V^2 \times 10}{d \times 2} = 0,0437 \times \frac{1 \text{ m} \times 0,89 \text{ kg/dm} \times (5 \text{ m/s})^2 \times 10}{25 \text{ mm} \times 2} = 0,194 \text{ bar}$$

Es ist jedoch zu beachten, dass diese Gleichungen nur für gerade Rohrleitungsabschnitte gelten. Ein Rohrleitungssystem setzt sich jedoch aus geraden und gebogenen Abschnitten sowie Verschraubungen und anderen Produkten aus der hydraulischen Verbindungstechnik zusammen.

Daher müssen die Druckverluste der einzelnen Bauteile jeweils getrennt betrachtet werden. Die Ermittlung erfolgt durch Berechnung oder Messung der Bauteile, die anschließend zu einem Gesamtdruckverlust addiert werden.

Bei der überschlägigen Bestimmung von Druckverlusten der einzelnen Bauteile wird mit einem Widerstandsbeiwert ξ gerechnet.

Der Druckverlust eines Bauteils lässt sich nach der folgenden Gleichung bestimmen:

$$\Delta p = \xi \times \rho \times \frac{1}{2} v^2$$

Δp = Druckverlust des Bauteils in bar

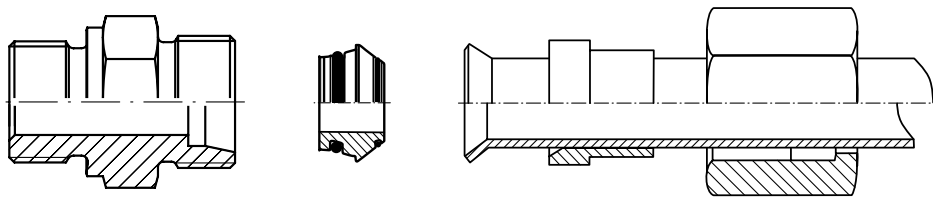
ξ = Widerstandsbeiwert (dimensionslos)

ρ = Dichte des Hydrauliköls in kg/dm^3 , $\rho = 0,89 \text{ kg/dm}^3 = 890 \text{ kg/m}^3$

v = Strömungsgeschwindigkeit des Öls in der Leitung in m/s

Es ist zu beachten, dass noch eine Vielzahl von Faktoren, die in den vorgestellten Bauteilen auftretenden Druckverluste beeinflussen kann und diese Berechnungen nur eine überschlägige Bestimmung ermöglichen. Daher sind in wichtigen Fällen entsprechende Versuche im Prüfstand durchzuführen.

3. Aufbau und Funktion von Bördelverschraubungen



Die HANSA-FLEX Bördelverschraubungen sind für den Hochdruckbereich konzipiert und kommen häufig bei Anwendungen mit starken Schwingungen zum Einsatz.

Sie sind mit den Standard-Verschraubungsstutzen montierbar. Zur Montagevorbereitung muss jedoch das Rohrende mit einem genormten 37°-Bördelkegel versehen werden.

Eine Bördelverschraubung besteht aus dem Verschraubungsstutzen, der geformten 37° Rohrleitung, dem Stützring bzw. Druckring und einer Überwurfmutter.

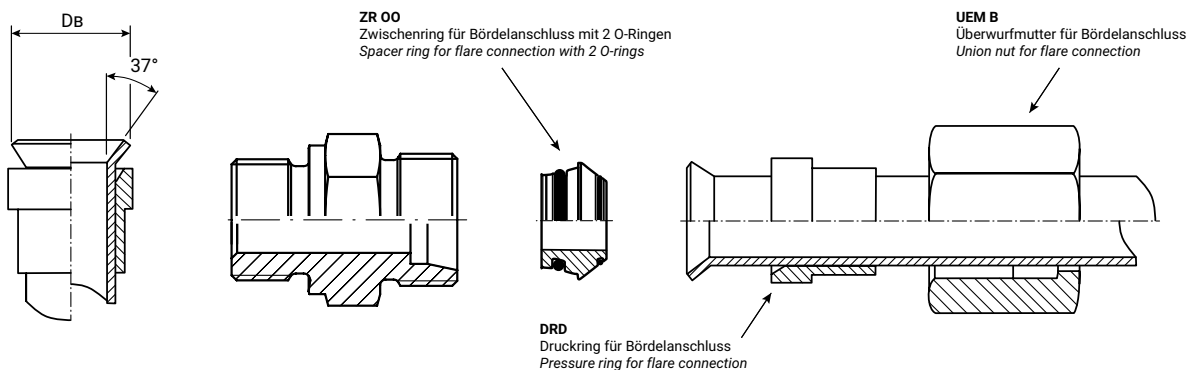
Mit einem zusätzlichen HANSA-FLEX Zwischenring ZROO nach DIN 3949, der Überwurfmutter UEM B und dem Druckring DRD (kpl. Bezeichnung: BOOK), kann eine formschlüssige Verbindung zu einer 24°-Rohrverschraubung nach ISO 8434-1 hergestellt werden.

Die Abdichtung erfolgt verschraubungsseitig durch den O-Ring des Zwischenrings, während standardmäßig die rohrseitige Abdichtung durch die Metallflächen des Bördelkegels und des Zwischenrings erreicht wird.

Das HANSA-FLEX Bördelsystem kann auch direkt mit den HANSA-FLEX Adaptern der Serie HJ (JIC) verwendet werden.

Dazu ist zu beachten, dass die Bördelung (DB), der Stützring (Druckring) und die Überwurfmutter, sich bei der Verwendung mit dem ZROO oder zum Adapter HJ (JIC) unterscheiden, bzw. dass die 37°-Bördeltulpe weiter ausgeformt wird. Siehe dazu Tabelle in 3.1.

3.1 37°-Bördelform mit Verwendung des HANSA-FLEX ZROO Doppelkegelrings



Rohr Außendurchmesser	6	8	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	35	38	42
DB min	9,1	11,3	13,1	15,3	19,1	20,6	23,2	25,6	26,5	31,1	32,7	37,0	41,8	46,0	48,8
DB max	10,0	12,0	14,0	16,0	20,0	22,0	24,0	26,8	27,5	33,0	33,3	38,7	42,7	47,2	49,8

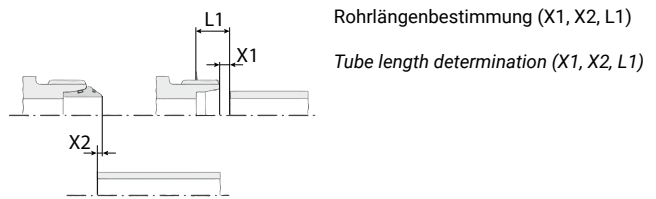
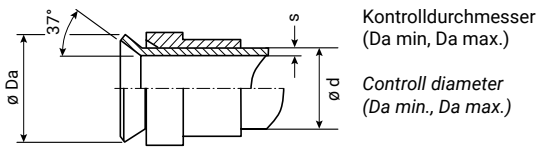
Montage Doppelkegelring:

Der Doppelkegelring (ZROO) wird in den Verschraubungskörper eingesetzt. Anschließend mit einem passendem Schlüssel die Überwurfmutter (UEM B), das gebördelte Rohr und den Druckring (DRD) mit ca. ¼ Umdrehung montieren. Dabei wird der Doppelkegelring fest in den Verschraubungskörper eingepresst. Eine Wiederholmontage erfolgt ohne erhöhten Kraftaufwand.

3.2 Rohrlängenbestimmung bei 37°-Bördelverschraubung

Bei der Verwendung der HANSA-FLEX Bördelverschraubungen mit Zwischenring (BOOK) sollten folgende Abzugsmaße bei der Rohrlängenbestimmung beachtet werden.

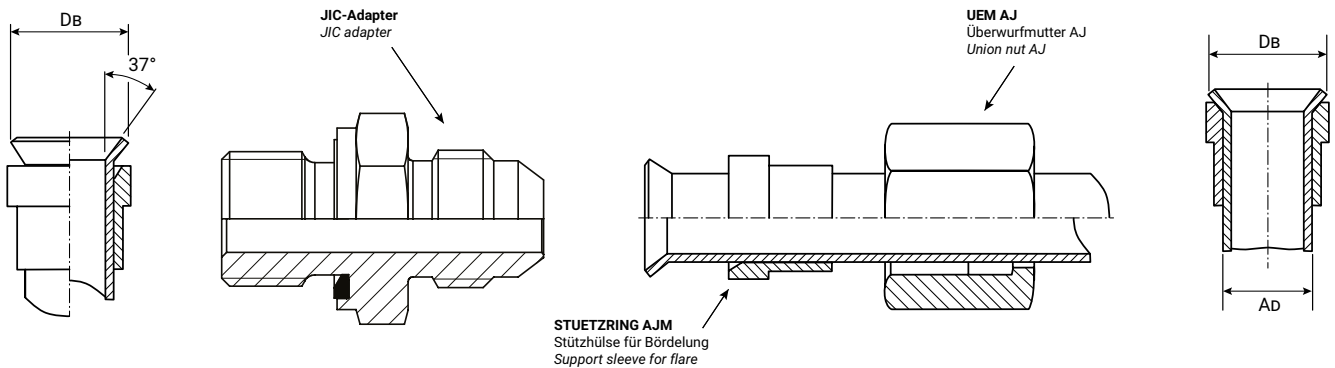
Es ist darauf zu achten, dass die Durchmesser der Bördelung den dargestellten Anforderungen entsprechen.



d	s	X1	X2	L1	Da min	Da max
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6	1	1	3,5	8	9,1	10
	1,5	2	2,5	9		
8	1	1	4	8	11,3	12
	1,5	2	3	9		
10	1	1	4,5	8	13,1	14
	1,5	2	3,5	9		
12	1	1	4,5	8	15,3	16
	1,5	2	3,5	9		
14	1,5	0,5	5,5	8,5	18,6	19,6
	2	1	4	9		
	2,5	2	4	10		
15	1,5	1	4,5	8	19,1	20
	2	2	3,5	9		
	2,5	3	2,5	10		
16	1,5	0	6,5	8,5	20,6	22
	2	1	5,5	9,5		
	2,5	1,5	5	10		
18	1,5	0	5,5	7,5	23,2	24
	2	1	4,5	8,5		
	2,5	1,5	4	9		
20	2	1	7	11,5	25,6	26,8
	2,5	2	6	12,5		
	3	3	5	13,5		
	3,5	4	4	14,5		

d	s	X1	X2	L1	Da min	Da max
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
22	1,5	1	5,7	8,5	26,5	27,5
	2	2	4,7	9,5		
	2,5	3	3,7	10,5		
25	3	3,5	3,2	11	31,1	33
	2	1	7	13		
28	2,5	1,5	6,5	13,5	32,7	33,3
	3	2,5	5,5	14,5		
	4	4	4	16		
30	2	1,5	5,7	9	37	38,7
	2,5	2,5	4,7	10		
	3	3	4,2	10,5		
35	2	-0,5	9	13	41,8	42,7
	2,5	0,5	8	14		
	3	1	7,5	14,5		
38	4	3	5,5	16,5	46	47,2
	5	4,5	4	18		
	2	1,5	6,5	12		
42	2,5	2	6	12,5	48,8	49,8
	3	3	5	13,5		
	4	4,5	3,5	15		

3.3 37°-Bördelform Bördelverschraubung ISO 8434-2



Rohr Außendurchmesser	6	8	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	35	38	42
DB min	8,6	10,2	11,7	16,0	19,3	19,3	23,4	23,4	26,5	29,7	37,6	37,6	43,2	43,2	52,0
DB max	9,7	11,3	12,7	17,3	20,2	20,2	24,7	24,7	27,8	31,0	38,9	38,9	45,3	45,3	54,8

3.4 37°-Montagevorbereitungen und Montage der Bördelform

- Rohr rechtwinklig $\pm 0,5^\circ$ ablängen, dabei darf kein Rohrabschneider verwendet werden.
- Rohr z.B. mit dem HANSA-FLEX ROHR ENTGRATER leicht innen und außen Entgraten.
- Überwurfmutter und Druckring/Stützhülse über das Rohr schieben (siehe Abbildungen).
- Rohr mit entsprechendem Bördelwerkzeug bördeln.
- Die Bördelung muss rechtwinklig und zentriert zu der jeweiligen Hülse sein. Dabei dürfen in dem 37°-Konus der Rohre keine Riefen oder Risse oder ähnliches entstehen.
- Dazu müssen die jeweiligen Grenzabmaße der Bördeldurchmesser DB der Punkte 3.2 und 3.3 beachtet werden.
- Bei der Bördelform 37° (JIC) Bördelverschraubung ISO 8434-2 muss zudem beachtet werden, dass der Bördeldurchmesser DB nicht größer als der Außendurchmesser der Stützhülse ist und nicht kleiner als der Innendurchmesser der Stützhülse an der Stirnfläche.

T