

Versorgung

Technisches Handbuch | Druckrohre für
die Gas und Wasserversorgung

JANSEN

Inhaltsverzeichnis

Verständigung		Beständigkeit 14	
Abkürzungen		Witterungsbeständigkeit 14	
Lateinische Buchstaben	6	Temperaturbeständigkeit 14	
Griechische Buchstaben	7	Korrosionsbeständigkeit 15	
Einheiten		Chemische Beständigkeit 15	
Umrechnung Volumen	8	Mechanische Beständigkeit 15	
Umrechnung Druckeinheit	8	Mikrobiologisches Wachstum 15	
Eigenschaften		Physiologische und toxikologische Eigenschaften 15	
Aktuell: Angebotene Druckrohre aus Polyethylen	9	Diffusion 15	
Aufbau	9	Ökologie 15	
Mechanische Eigenschaften	10	Brandverhalten 15	
Druckstufen	10	Dimensionierung von Druckrohren	
Thermische Eigenschaften	11	Zeitstand-Innendruck-Verhalten 16	
Elektrische Eigenschaften	11	Werkstoffklassifizierung 16	
Allgemeines		Zeitstand-Innendruck-Diagramm für Polyethylen PE 100 17	
Werkstoffe 12		Einteilung nach Rohrserien 18	
Polyethylen PE	12	Einteilung nach SDR 18	
Molekularer Aufbau	12	Dimensionierung von Wasserleitungen 18	
Masse / Baulängen 12		Berechnung der Anwendungsspannung 18	
Kennzeichnung 12		Berechnung des zulässigen Innendrucks von Wasserleitungen 18	
SVGW-Zulassungen 12		Zulässige Betriebsdrücke für Wasserrohre 18	
Anwendungen 13		Zulässige Betriebsdrücke in Abhängigkeit der Temperatur 19	
Normierung 14		Innerer Unterdruck, äusserer Überdruck 20	
Normen für die Planung und Bauausführung	14	Druckstösse 20	
Normen für die Druckrohre aus PE	14		
Richtlinien 14			
Lebenserwartung 14			
Wirtschaftlichkeit 14			

Verbindungstechnik

Einleitung	21
Verschweissung allgemein	21
Einflussgrößen	21
Verschweissbarkeit	21
Heizelementstumpfschweissung	22
Anwendung	22
Einflussgrößen	22
Zu beachten	22
Montage	22
Schweisnahtprüfung	23
Elektroschweissysteme	23
Anwendung	23
Einflussgrößen	23
Zu beachten	23
Montage	24
Oberfläche abarbeiten	25
PF Steckmuffe	25
Anwendung	25
Nenndruck	26
Längskraftschlüssigkeit	26
Zu beachten	26
Montage	
Flanschverbindung	27
Anwendung	27
Zu beachten	27
Montage	27
Verschraubung	28
Anwendung	28
Zu beachten	28
Montage	
Verbindungsbride	29
Anwendung	29
Zu beachten	29
Montage	29
Übergänge auf Fremdmaterialien	29

Verlegetechnik

Richtlinien	30
Begriffe	30
Transport und Lagerung	30
Verlegeprofile	30
Überdeckungshöhe H	30
Grabenbreite SB	30
Rohrumhüllung	31
Anforderungen an das Umhüllungsmaterial	31
Bettungsschicht HU	31
Verdämmung VD	31
Abdeckung HA	31
Schutzschicht HO	31
Verfüllung	31
Verlegung im Schutzrohr	32
Verlegung in Baugruben	32
Hauseinführung	32
Richtungsänderungen	32
Stelleitungen	32
Einmessen der verlegten Rohrleitung	32
Erdung	32
Ortungs- und Warnbänder	32
Temperatureinfluss	33

Freiverlegte Leitungen	33
Einfluss der Temperatur	33
Montage mit Biegeschenkel	33
Starre Montage	34
Rohrschellenabstände	34
Montage der Rohrschellen	36
Isolierte Leitungen	37
Einsatzgebiete	37
Ausführungsvarianten	37
Mediumrohre/Schutzrohre	37
Verbindungen	37
Isolation	37
Übersicht Rohrkombinationen/Isolationsstärken	37
Rohrbegleitheizung	38
Ausschreibungstexte	38
Verlegung	38
Dimensionierung	39
Beispiel	39
Druckprüfung von Wasserleitungen	40
Allgemeines zur Druckprüfung	40
Prüfverfahren und Anwendungsbereich	40
Kontraktionsverfahren für Druckrohrleitungen	40
Festlegen des Prüfabschnittes	40
Bestimmung des Systemprüfdruckes STP	40
Abkürzungen	40
Kontrolle der Luftfreiheit	41
Druckabsenkung	41
Wasservolumen während Druckabsenkung	41
Durchführung der Kontraktionsprüfung	42

Hydraulik

Einleitung	43
Fliessformeln	44
Randbedingungen	44
Materialkennwerte	44
Nomogramme	45
JANSEN Druckrohre Serie 5	45
JANSEN Druckrohre Serie 8	46

Dimensionierung von Gasrohren

Druckstufen	47
Berechnung der Druckverluste bei Gasleitungen	47
Berechnungsgrundlagen	47
Definitionen	47
Nomogramme	48
JANSEN Gasrohr Serie 5	48
JANSEN Gasrohr Serie 8	49
Lösungsbeispiel	50

Verständigung

Abkürzungen

Lateinische Buchstaben		
		Einheit
A	Querschnittfläche	mm ² ; m ²
A _R	Rohrringwandfläche	mm ²
a, a'	Verdämmungsabstand	m
B	Grabenbreite auf Rohrscheitelhöhe	m
C	Gesamtbetriebskoeffizient (Sicherheitsfaktor)	
CRP	Markenbezeichnung eines PE-Materials	
DN	Nennweite	mm
DN/OD	nom. Durchmesser, aussen kalibriert	mm
DN/ID	nom. Durchmesser, innen kalibriert	mm
D _{Pr}	Verdichtungsgrad nach Proctor	%
DVS	Deutscher Verband für Schweisstechnik	
d	mittlerer Rohrdurchmesser d _n - e _n	mm
de	Aussendurchmesser, alte Bezeichnung entspricht d _n	mm
d _n	Nomineller Aussendurchmesser	mm
d _i	Rohrinnendurchmesser	mm
E _B	Verformungsmodul des Bodens	N/mm ²
EN	Europäische Norm	
ENV	Europäische Vornorm	
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (weiches Dichtungsmaterial)	
E _{R, lang}	Kriechmodul des Rohrmaterials (Langzeit-Elastizitätsmodul)	N/mm ²
E _{R, kurz}	Verformungsmodul des Rohrmaterials (Kurzzeit-Elastizitätsmodul)	N/mm ²
e _n	nominelle Wanddicke	mm
F _R	Rohrwandfläche im Längsschnitt	mm ²
F _T	Längskraft infolge Temperaturunterschied	N
f	Durchbiegung	mm
g	Eigengewicht	N/mm ³
g	Erdbeschleunigung (9,81 m/s ²)	m/s ²
H	Überdeckungshöhe über Rohrscheitel	m
HA	Höhe der Abdeckung	m
HO	Höhe der Schutzschicht	m
HU	Höhe der Bettungsschicht	m

HSM	Heizelementschweissmuffe	
HSS	Heizelementstumpfschweissung	
h _v	Verlustrhöhe	mm
I	Trägheitsmoment	mm ⁴
ID	innen kalibrierte Rohre	mm
ISO	International Organization for Standardization	
Js	Sohlengefälle	
Je	Energieliniengefälle	
K	Wärmegrad Kelvin	K
kN	Kilonewton	kN
kb	Rauigkeitswert	mm
l	betrachteter Rohrabschnitt	mm
L _B	Länge Biegeschenkel	mm
L _{RK}	Rohrschellenabstand infolge Knicken	mm
L _{RS}	Rohrschellenabstand infolge Durchbiegung	mm
M	Biegemoment	Nm
MFR	Schmelzindex (Melt Flow Rate)	g/10 Min.
MRS	Minimum Required Strength (Mindestfestigkeit)	N/mm ²
NW	Nennweite als kennzeichnendes Merkmal zueinander passender Rohrteile	mm
OD	aussen kalibrierte Rohre	
P _{ab}	Druckabsenkung	bar
PE	Polyethylen	
PEHD	Polyethylen hoher Dichte	
PN, pn	nomineller Druck	bar
PP	Polypropylen	
PP-QD	Polypropylen, verstärkt mit Silikat (Q) in Pulverform (D)	
prEN	provisorische europäische Norm	
p	Auflast	kN/m ²
p _{cr}	kritischer Beuldruck	N/mm ²
p _{k, zul}	zulässiger Beuldruck	N/mm ²
ph	hydrostatischer Druck	N/mm ²
p _s	Druckstoss-Amplitude	bar
Q	Abfluss	l/s; m ³ /s

Q_v	Abfluss bei voller Füllung	m^3/s
q	Auflast als Flächenlast	kN/m^2
Rh	hydraulischer Radius	m
S	Serie (Rohreinteilung)	
S	Sicherheitsfaktor	
SB	Sohlenbreite	m
SDR	Standard Dimension Ratio	
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein	
SI/VKF	Sicherheitsinstitut / Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen	
SN	Schweizer Norm	
SN	Stiffness Number (Ringsteifigkeit)	kN/m^2
SNV	Schweizerische Normenvereinigung	
SVGW	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches	
T	Grabentiefe	m
T_v	Verlegetemperatur	$^{\circ}C; K$
T_1	maximale Betriebstemperatur	$^{\circ}C; K$
T_2	minimale Betriebstemperatur	$^{\circ}C; K$
TISG	Technisches Inspektorat des Schweizerischen Gasfaches	
U	benetzter Umfang (Hydraulik)	m
U1	Normalverlegeprofile U-Gräben	
U3/U4	Normalverlegeprofile U-Gräben	
UV	Ultraviolett-Strahlung der Sonne	
V1	Normalverlegeprofile V-Gräben	
V3/V4	Normalverlegeprofile V-Gräben	
VD	Höhe der Verdämmung	m
VKR	Verband für Kunststoff-Rohre und Rohrleitungsteile	
VSA	Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute	
v_{min}	minimale Fließgeschwindigkeit	m/s
v	mittlere Fließgeschwindigkeit	m/s
v_n	Geschwindigkeit	m/s
W	Widerstandsmoment	mm^3
X	Deformation des vertikalen Rohrdurchmessers	
z_n	geometrische Höhe	m

Griechische Buchstaben		Einheit
α	Längenänderungskoeffizient	mm/m K
β	Böschungswinkel	$^{\circ}$
γ	Raumgewicht, Dichte	kN/m^3
γ_R	Widerstandsbeiwert	
ΔL	Längenänderung	mm
ΔT	Temperaturdifferenz	$^{\circ}C; K$
ϵ	Dehnung (Längenänderung pro Längeneinheit)	
λ	Widerstandszahl (Hydraulik)	
μ	Querdehnungszahl	
σ	Spannung	N/mm^2
σ_s	Berechnungsspannung	N/mm^2
σ_{zul}	Berechnungsspannung kinematische Zähigkeit	N/mm^2
ν	(Wasser = $1.3 \cdot 10^{-6} m^2/s$) (Wasser = $1.3 \cdot 10^{-6} m^2/s$)	m^2/s
Φ	Wärmeverlust	W/m

Einheiten

Umrechnung Volumen

		m ³	1 dm ³ (1 Liter)	1 cm ³	1 mm ³
1 m ³	=	1	1000	10 ⁶	10 ⁹
1 dm ³ (1 Liter)	=	0.001	1	1000	10 ⁶
1 cm ³	=	10 ⁻⁶	0.001	1	1000
1 mm ³	=	10 ⁻⁹	10 ⁻⁶	0.001	1

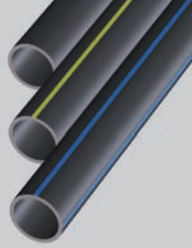
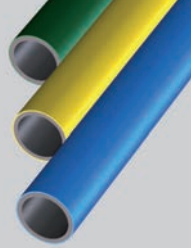
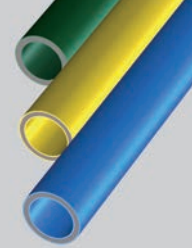


Umrechnung Druckeinheit

		Pa (N/m ²)	N/mm ² (MPa)	bar	m Wassersäule WS	kN/m ²
1 Pa	=	1	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	0.001
1 N/mm ²	=	10 ⁶	1	10	100	1000
1 bar	=	10 ⁵	0.1	1	10	100
1 m WS	=	10'000	0.01	0.1	1	10
1 kN/m ²	=	1000	0.001	0.01	0.1	1

Eigenschaften

Aktuell: Angebotene Druckrohre aus Polyethylen

Aufbau

Eigenschaften	JANSEN acqua / gas	JANSEN SafeTech RC	Wavin TS DOQ	Doppelwand- rohre	Isolierte Rohre
Aussehen					
Aufbau	Vollwand PE 100 RC	Zweischicht 90/10 Innenschicht: PE 100 RC (90%) Aussenschicht: PE 100 RC (10%)	Dreischicht Innen- und Aussenschicht: PE 100 RC höchster Qualitätsstufe Mittelschicht: PE 100 RC	Innen Druckrohr und aussen Kanalisationsrohr	Innen Druckrohr und aussen Kanalisationsrohr Zwischenraum mit PUR Schaum ausgefüllt
Farbe	schwarz mit Streifen blau (Wasser) gelb (Gas)	Innenschicht: schwarz Aussenschicht: blau (Wasser) gelb (Gas)	Mittelschicht: schwarz Innen- und Aussenschicht: blau (Wasser) gelb (Gas)	Aussenrohr Innenschicht: schwarz Aussenschicht: schwarz Innenrohr Innenschicht: schwarz Aussenschicht: schwarz	Innen- und Aussenschicht: schwarz
Witterungs- beständig- keit Mittel- europa	> 10 Jahre	> 10 Jahre	> 10 Jahre	> 10 Jahre	> 10 Jahre

Mechanische Eigenschaften

Eigen-schaften	Einheit	JANSEN acqua / gas	JANSEN SafeTech RC	Wavin TS DOQ	Doppelwand- rohre	Isolierte Rohre
Dichte	g/cm ³ t/m ³	0.96	0.96	0.96	0.96	
Streckspannung	N/mm ²	23	23	23		
Streckdehnung	%	9	9	9		
Ringbiege- spannung _{σ_{oRb,adm}}	N/mm ²	8.0	8.0	8.0		
Elastizitätsmodul E ₀ (Kurzzeit)	N/mm ²	900 - 1100	900 - 1100	900 - 1100		
Rechenwert E _{R, kurz} für Statik	N/mm ²	1000	1000	1000		
Kriechmodul R _{kl} (Langzeit)	N/mm ²	200 - 300	150 - 200	200 - 300		
Rechenwert E _{R, lang} für Statik	N/mm ²	200	200	200		
Ringsteifigkeit SN Mindestwert	kN/m ²	25/90	25/90	25/90		
Querdehnungszahl	[-]	0.40	0.40	0.40		

Druckstufen

Eigenschaften	Einheit	JANSEN acqua / gas	JANSEN SafeTech RC	Wavin TS DOQ	Doppelwand- rohre	Isolierte Rohre

Druckstufen

Fett = Verfügbar Normal = auf Anfrage X = nicht verfügbar

Serie 8; SDR 17	bar	10	X	10	10	10
Serie 5; SDR 11	bar	16	16	16	16	16
Serie 3.2; SDR 7.4	bar	25	X	X	25	25

Thermische Eigenschaften

Eigenschaften	Einheit	Entwässerungsrohre			Druckrohre		
		JANSEN ottimo TF PP-QD	JANSEN nuovo PP-HM	JANSEN bianco PEHD	JANSEN acqua PE 100	Doppelwandrohre	Isolierte Rohre
Längenänderungskoeffizient linear	mm/m K	0.04	0.14	0.18	0.18	0.18	0.18
Dauereinsatztemperatur generell maximal	°C	70	50	40	40	40	40
Kurzzeit-Wärmebeständigkeit max. (spannungsfrei) < 1 h	°C	130	110	90	100	100	100
Kältesprödigkeit	°C	-25	-25	-40	< -40	-40	-40
Brandkennziffer SI/VKF	[-]	IV/3	IV/3	IV/3	IV/3	IV/3	IV/3
Baustoffklasse DN 4102	[-]	B2	B2	B1	B2	B2	B2

Elektrische Eigenschaften

Eigenschaften	Einheit	JANSEN PE 100 RC	JANSEN SafeTech RC	Wavin TS DOQ	Doppelwandrohre	Isolierte Rohre
Elektrische Leitfähigkeit		nicht leitend	nicht leitend	nicht leitend	nicht leitend	nicht leitend
Oberflächenwiderstand	Ohm	> 10 ¹²	> 10 ¹²	> 10 ¹²	> 10 ¹²	> 10 ¹²

Allgemeines

Werkstoff

Für die Herstellung von Druckrohrsystemen aus Kunststoff wird Polyethylen, ein thermoplastischer Werkstoff, eingesetzt. Hergestellt werden die Rohre im Extrusionsverfahren. Dabei wird der erwärmte plastische Werkstoff durch ein Formwerkzeug gedrückt, kalibriert und anschliessend durch Abkühlung in seiner Form erstarrt.

Der Vorgang lässt sich ohne Qualitätseinbusse beliebig wiederholen.

Allen verwendeten Kunststoffen gemeinsam ist die gute chemische Beständigkeit. Geringe Abriebwerte und eine glatte Innenfläche ergeben gute hydraulische Eigenschaften und verhindern Ablagerungen.

Und sehr wichtig: Kunststoff kennt keine Korrosion.

Polyethylen PE / PE RC

Druckrohrsysteme aus PE haben sich langjährig bewährt. Kennzeichnend für PE sind hohe Chemikalienbeständigkeit, geringe Dichte, physiologische Unbedenklichkeit und Flexibilität. Herauszuheben ist die hohe Zähigkeit auch bei Temperaturen weit unter 0 °C sowie die gute Verschweisbarkeit.

Ausgehend vom Monomer Ethylen, dem einfachsten Olefin, entsteht durch Polymerisation Polyethylen, ein Polyolefin. Die zunehmende Dichte wirkt sich in der Erhöhung von Zugfestigkeit, Steifigkeit sowie Chemikalienbeständigkeit aus.

Die Entwicklung von Polyethylenwerkstoffen hat mit einer Auslegungsspannung von 10 N/mm² im Hinblick auf die Druckbelastung ihren vorläufigen Abschluss gefunden. Die Weiterentwicklung hat sich auf die Erschliessung neuer Anwendungsgebiete und Verlegeverfahren vertieft. Durch verfahrenstechnische Optimierung bei der Herstellung multimodaler PE Werkstoffe, wurden PE 100 Rohstoffe mit herausragender Spannungsrissbeständigkeit entwickelt. Diese werden mit PE 100 RC (RC = resistance to crack) bezeichnet und sind in der PAS 1075 spezifiziert.

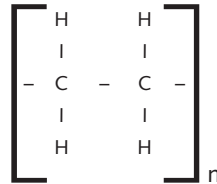
Verwendete Materialqualität:

PE 100 / PE 100 RC
Polyethylen hoher Dichte (PEHD) mit einer Mindestfestigkeit von 10 N/mm²

Die verwendeten Werkstoffe sind:

- UV-stabil
- kälteunempfindlich
- korrosionsfrei
- auf Trinkwassertauglichkeit geprüft

Molekularer Aufbau



Polyethylen (PE)

C: Kohlenstoff
H: Wasserstoff

Masse / Baulängen

Kunststoffrohre sind aussen kalibriert, das heisst, dass sich der nominelle Durchmesser d_n auf den Aussendurchmesser bezieht.

Detailmasse siehe Mass- und Preisliste.

Der folgende Abschnitt beschränkt sich auf Standardprodukte.

Spezialgrössen und -längen sind auf Anfrage erhältlich.

Die Definition von Serie und SDR siehe Dimensionierung.

Kennzeichnung

Die Rohre sind in regelmässigen Abständen mit folgenden Angaben gekennzeichnet:

- 1 = Produktbezeichnung
- 2 = Einsatzbereich (Druck- oder Gasrohr)
- 3 = Werkstoffbezeichnung und Qualität (MRS)
- 4 = evtl. Rohmaterialbezeichnung
- 5 = Dimension
- 6 = Nenndruck
- 7 = Serie und SDR-Wert
- 8 = Normierung
- 9 = SVGW-Zeichen und Zulassungsnummer
- 10 = Produktionsdatum
- 11 = Code für Material und Rückverfolgbarkeit

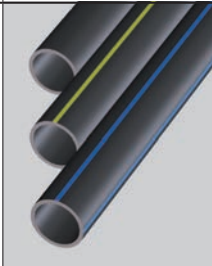
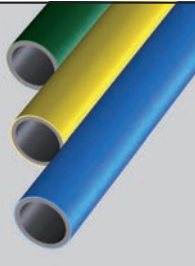
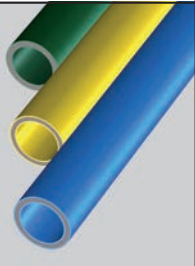

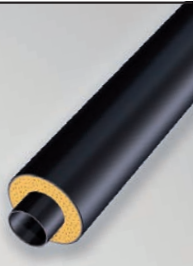
Abweichende Kennzeichnungen bei Rollendruckrohren sind möglich.

SVGW-Zulassungen

Jansen Rohre sind vom SVGW zugelassen. Die Rohre sind nachweislich physiologisch unbedenklich und verfügen über geprüfte Festigkeitseigenschaften. Die festgelegten Eigen- und Fremdüberwachungen sind einem neutralen Prüfinstitut unterstellt.

Für die Zulassung durch den SVGW gilt das folgende Reglement: SVGW GW/TPG-TPW 101: Reglement für die SVGW-Zulassung von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Kunststoff für die Verwendung im Gas- und Trinkwasserbereich.

Anwendung

Eigenschaften	JANSEN acqua / gas	JANSEN SafeTech RC	Wavin TS DOQ	Doppelwand-rohre	Isolierte Rohre
Aussehen					
Anwendung	Wasser Gas Abwasser Industrie	Wasser Gas Abwasser Industrie	Wasser Gas Abwasser Industrie	Gewässer- schutzzonen	Brückenleitung wenig Über- deckung Transport warmer Medien
Dimensionen (d _n)	20 - 400 mm	20 - 400 mm	20 - 400 mm	110 - 400 mm 500, 630 mm (auf Anfrage)	110 - 400 mm 500, 630 mm (auf Anfrage)
Verlegeart	Offener Graben Relining	Offener Graben Relining Spülbohrung	Offener Graben Relining Spülbohrung Berstlining	Offener Graben	Offener Graben Aussenbereich mit Aufhängung

JANSEN Druckrohre aus PEHD bewähren sich seit Jahrzehnten im Leitungsbau. Ein ideales Rohr für Druckleitungen im Trinkwasser- und Gasbereich. Das PE Druckrohr kann sowohl erd- als auch freiverlegt werden. Ferner können für Spezialanwendungen isolierte Doppelwandrohre eingesetzt werden.

Alternative, grabenlose Verlegeverfahren, wie z.B. Relining, Grabenfräsen und Spülbohrungen, fordern neue Werkstoffe: JANSEN PE 100 RC aus modifiziertem PE weisen einen höheren Widerstand gegenüber langsamem Rissfortschritt und Spannungsrissen auf. Der Vorteil des Werkstoffes PE 100 RC ist, dass Kerben und Riefen am Rohr langfristig keinen Schaden an der Leitung verursachen. Daher findet dieser Werkstoff oft Anwendung bei grabenloser Verlegung oder wenn als Umhüllung gebrochenes Material verwendet wird.

JANSEN Rollendruckrohre (ebenfalls aus PE 100 RC) eignen sich für den Transport von Gas und Wasser bei geringen Durchflussleistungen (wie z.B. für Hauszuleitungen). Sie sind vorteilhaft für lange Strecken und flexibel in unruhigem Terrain. Wenige Verbindungen ermöglichen eine schnelle und günstige Verlegung. Ferner sind Rollendruckrohre ebenfalls geeignet für die grabenlose Verlegung (Relining, Grabenfräsen und Microtunneling).

Weitere Anwendungsgebiete von Druckrohren aus PE:

- Allgemeiner Transport von Flüssigkeiten und Feststoffen
- Industrie (Druckluft, Kühlwasser etc.)
- Entsorgung (Pumpendruckleitungen)
- Landwirtschaft (Bewässerungs- und Jaucheleitungen)
- Lebensmittelindustrie
- Kanalisationen für spezielle Fälle (schlechter Baugrund, grosse Überdeckung, Bodenbewegungen)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
JANSEN	acqua	Druckrohr	PE 100	RC	ø110x6.6	PN10	S8	SDR 17	SN EN 12201	K00111 06 56 01 46 = 015636 =
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
JANSEN	gas	Druckrohr	PE 100	RC	ø200x18.2	PN5	S5	SDR 11	SN EN 1555	K00111 xx xx xx xx
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
JANSEN	safetech	Druckrohr	PE 100	RC 90/10	ø200x18.2	PN16	S5	SDR 11	SN EN 12201	K00308 xx xx xx xx
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
JANSEN	safetech	Gasrohr	PE 100	RC 90/10	ø200x18.2	PN5	S5	SDR 11	SN EN 12201	K00308 xx xx xx xx

Normierung

Europäische Normen werden in das Schweizer Normenwerk integriert.

Die gesamte europäische Normung ist im Gange und so sind Normen in verschiedenen Stadien vorhanden.

SN EN Europäische Norm, die bereits im Schweizer Normenwerk integriert ist

prEN Europäische Norm im fortgeschrittenen Entwurfsstadium, ist noch nicht in das Schweizer Normenwerk integriert, sollte aber für eine längerfristige Planung berücksichtigt werden

Normen für die Planung und Bauausführung

SIA 205 (SN 531 205):

Verlegung von unterirdischen Leitungen

SIA 190 (SN 533 190):

Kanalisationen (massgebend für die Grabengestaltung)

SVGW G2:

Richtlinien für Gasleitungen
(Ausgabe April 2001)

SVGW W4:

Richtlinien für den Bau von Trinkwasserleitungen
(Ausgabe 2013)

SN EN 805 (SIA 385.011):

Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile ausserhalb von Gebäuden

Normen für Druckrohre aus PE

SN EN 1555

Kunststoffrohrleitungssysteme für die Gasversorgung – Polyethylen (PE)

SN EN 12201

Kunststoffrohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE)

PAS 1075

Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken

Diese PAS* legt Eigenschaften, Anforderungen und Prüfverfahren für Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken fest.

* PAS: Publicly Available Specification

Dienstleistung des DIN, um die Lücke zwischen der konsensbasierten Normung und Industriestandards zu schliessen. Erfüllt die Forderungen des Marktes nach einer technischen Spezifikation, die schnell verfügbar sein soll.

Richtlinien

Massgebend zur Verlegung von Druckrohren, welche zum Transport von Trinkwasser dienen, sind die jeweils gültigen Richtlinien des SVGW (Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches).

Für die Verlegung von Kunststoffrohren ist die Richtlinie des VKR (Verband Kunststoffrohre und Rohrleitungsteile) RL 02-03d «Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen PE 80 und PE 100» massgebend.

Lebenserwartung

Die Bewährung von Kunststoffrohrleitungssystemen hat sich während mehr als 50 Jahren bestätigt. Mit Medium Wasser bei 20°C ist unter Ausnützung des Nenndruckes eine Betriebsdauer von 100 Jahren wissenschaftlich nachgewiesen. Keine Störfaktoren wie Korrosion oder Inkrustationen beeinträchtigen den Einsatz und die Lebensdauer.

Bei Nachprüfungen an Leitungen, die während Jahren im Einsatz waren, und an Prüflingen, die über 50 Jahre wissenschaftlich getestet wurden, lässt sich nachweisen, dass die Eigenschaften – bezogen auf Nutzungsart und -dauer – unverändert blieben.

Wirtschaftlichkeit

JANSEN Druckrohre aus PE sind wirtschaftlich. Ihr niedriges Gewicht senkt die Transportkosten und erleichtert das Verlegen entscheidend. Die grossen Stangenlängen sowie die Rollenrohre ermöglichen eine einfache und schnelle Verlegung.

Beständigkeit

Witterungsbeständigkeit

Schwarze JANSEN Druckrohre aus PE sind UV-stabil und wenig empfindlich für Witterungseinflüsse. Sie sind daher auch für freiverlegte Leitungen geeignet.

Temperaturbeständigkeit

Generell sollte bei Dauereinsatz die Temperatur des Mediums 40°C nicht überschreiten. Kurzzeitig können höhere Temperaturen toleriert werden. Bei PE bis 1 Stunde max. 100°C.

Wie der Ausdruck Thermoplast schon erkennen lässt, hat die Temperatur einen hohen Einfluss auf die Eigenschaften des Werkstoffes. Grundsätzlich basieren alle Berechnungen auf einer Temperatur von 20°C, bei 16 bar ergibt dies eine minimal zu erwartende Einsatzdauer von 50 Jahren. Mit den heutigen Werkstoffen werden diese Erwartungen nachweislich bei Weitem übertroffen.

Werden dauernd höhere Mediumtemperaturen eingesetzt, reduziert sich der zulässige Betriebsdruck.

Korrosionsbeständigkeit

Korrosion ist die Werkstoffzerstörung durch chemische oder elektromagnetische Einwirkung. Kunststoffe gehen keine chemischen Reaktionen ein. Die Unempfindlichkeit gegenüber Korrosion gehört zu den herausragenden Eigenschaften von PE. Bei Metallrohren ist Korrosion eine der häufigsten Schadensursachen.

Chemische Beständigkeit

Kunststoffe weisen gegenüber Chemikalien und anderen Medien verschiedenster Art und Zusammensetzung eine ausgezeichnete Beständigkeit auf. Kunststoffrohrleitungen widerstehen auch chemischen Einflüssen in natürlich vorkommenden Böden. Die vollständige Liste der Widerstandsfähigkeit gegenüber Chemikalien und anderen Medien finden Sie unter: jansen.com (Chemische Beständigkeit)

Mechanische Beständigkeit

Abrieb entsteht bei mechanischem Widerstand. Eine positive Eigenschaft von Kunststoff ist, dass mechanischen Beanspruchungen, wie Feststoffen im Medium, kein harter Widerstand entgegengesetzt wird. Sein plastisches Verhalten wirkt dämpfend und reduziert somit das Abriebverhalten. Kunststoffrohre sind auch bei hohen Fließgeschwindigkeiten praktisch abriebfest.

Ablagerungen in Rohren entstehen durch mitgeführte Schwebstoffe und sind stark abhängig von der Fließgeschwindigkeit und der Strömung. Dank der glatten Oberfläche haften Sedimente schlecht auf dem Kunststoff. Somit bleibt die Durchflussleistung gewährleistet.

Mikrobiologisches Wachstum

Ursache von Biofilmbildung innerhalb von Rohrleitungssystemen ist die Vermehrung von Mikroorganismen, die sich im Wasser befinden. Die benötigte Nahrung sind Mineralien, die sich ebenfalls in ausreichender Menge im Wasser befinden. Lichteinflüsse können in geschlossenen Leitungssystemen ausser Acht gelassen werden. Kleine Rohrdurchmesser, höhere Temperaturen, geringe Wasserbewegungen oder lange Standzeiten begünstigen ein Wachstum. Somit sind die Einflüsse systembedingt aber nicht materialabhängig.

Aus einem Prüfbericht des DVGW über mikrobiologische Untersuchung geht hervor, dass PE aus mikrobiologischer Sicht für den Einsatz im Trinkwasserbereich unbedenklich ist.

Physiologische, toxikologische Eigenschaften

Die Unbedenklichkeit der für Trinkwasser eingesetzten Rohre bzw. deren Rohstoffe sind durch das Bundesamt für Gesundheit (BAG) bestätigt. Die Zulassung durch den SVGW beinhaltet diese Anforderung.

Diffusion

Unter Diffusion und Permeation versteht man die Durchlässigkeit von gasförmigen Stoffen durch feste Stoffe. Die Permeation ist abhängig von der Dichte des Materials. Kunststoffrohre aus PE sind begrenzt diffusionsdicht. Gasverluste durch Permeation sind bei Rohren und Rohrleitungsteilen aus PE 100 ohne Bedeutung, da sie wegen der relativ grossen Wanddicken äusserst gering sind. Gasverluste treten mehrheitlich bei Verbindungen infolge der weichen Dichtungen auf. Da Polyethylenrohrleitungen für die Gasversorgung grundsätzlich durch Schweißen verbunden werden, sind an den Verbindungsstellen keine Gasverluste zu erwarten.

Ökologie

Kunststoffrohre sind ökologisch. PE überzeugt durch geringen Ressourcenverschleiss, positive Ökobilanz und geringes Gewicht. Die Rohre lassen sich zu 100% recyceln. Rohre aus PE sind kein Gefahrgut, haben keine schädliche Wirkung auf die Umwelt, sind chemisch inaktiv und lassen sich schadstoffarm thermisch recyceln.

Brandverhalten

JANSEN PE Druckrohre gelten als mittel brennbar und mittel bis schwach qualmend, Brandkennziffer gemäss SI/VKF 4.3, Brandstoffklasse DIN 4102: IV/3 (entsprechend etwa Holz). PE entzündet sich bei Flammeneinwirkung, brennt mit schwach leuchtender Flamme auch ausserhalb der Zündquelle weiter und tropft brennend ab.

Dimensionierung von Druckrohren

Zeitstand-Innendruck-Verhalten

Die wichtigste Eigenschaft der im Druckbereich eingesetzten Kunststoffe ist das Zeitstand-Innendruck-Verhalten (siehe Diagramm auf der Folgeseite). Darunter versteht man die experimentelle und rechnerische Bestimmung der Lebenserwartung der Rohre und Rohrleitungsteile unter gegenseitig abhängigen Randbedingungen wie Innendruck, Temperatur und Zeit. Entgegen metallischen Werkstoffen ist die zulässige Spannung immer in Abhängigkeit der Zeit zu betrachten. Das Langzeitverhalten der Rohre kann nicht über die gesamte Gebrauchsdauer von mehr als 100 Jahren getestet werden. Durch Erhöhen der Prüftemperaturen kann bei kürzerer Prüfzeit verlässlich Rückschluss auf das Langzeitverhalten bei 20°C gezogen werden.

Werkstoffklassifizierung

PE 100 RC ist als PE 100 klassifiziert. Alle Angaben in diesem Kapitel haben Gültigkeit für PE 100 und PE 100 RC. Die Eigenschaften bezüglich des Zeitstandverhaltens der Druckrohrkunststoffe werden nach einem normierten Klassifizierungssystem unterschieden.

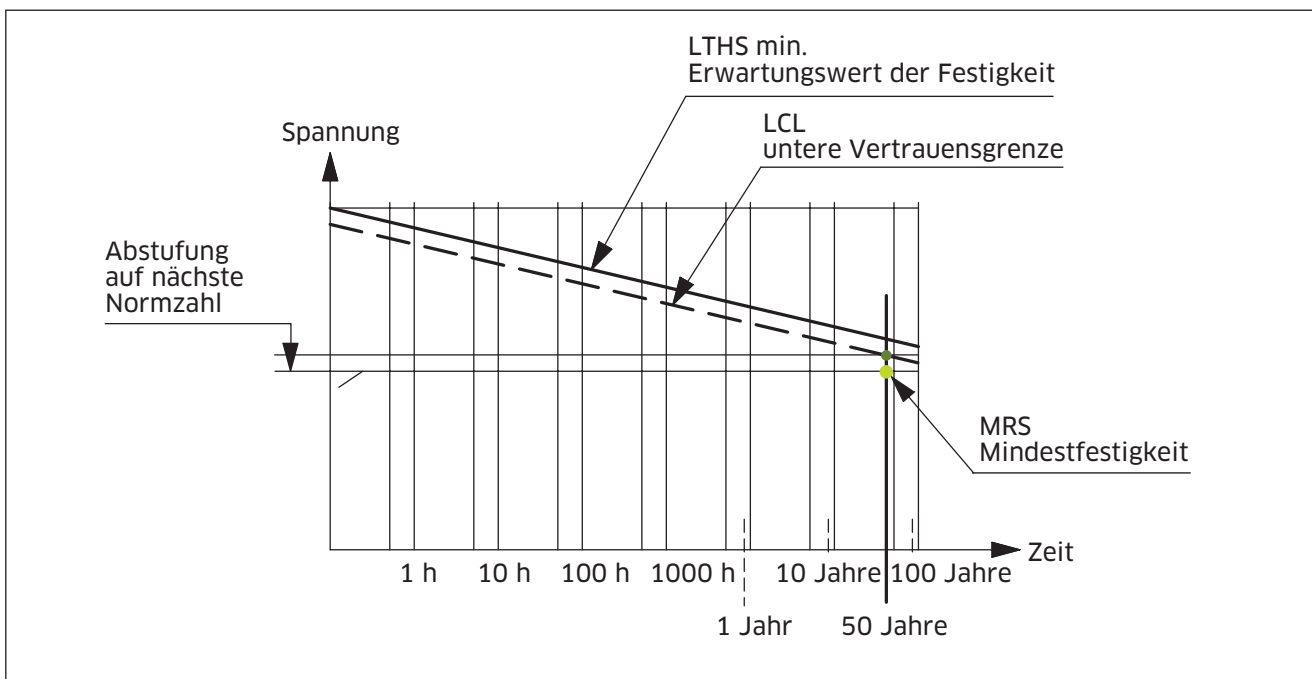
Ausgangspunkt für die Klassifizierung bildet die Ermittlung von Zeitstand-Innendruck-Diagrammen und deren Auswertung nach der Standard-Extrapolationsmethode. Es wird die maximale Spannung bei konstanter Temperatur in Abhängigkeit der Zeit ermittelt.

Der Erwartungswert LTHS (Long Therm Hydrostatic Strength) bildet die theoretische Kurve der ermittelten Prüfwerte. Mit der unteren Vertrauensgrenze LCL (Lower Confidence Limit) werden Reserven geschaffen, damit Streuungen aus den Versuchen abgedeckt werden können (LCL = 97.5% LTHS). Die so ermittelte Spannung bei 50 Jahren (abgerundet auf die nächst niedrige Normzahl) bildet den MRS-Wert (Minimum Required Strength), die materialspezifische Mindestfestigkeit.

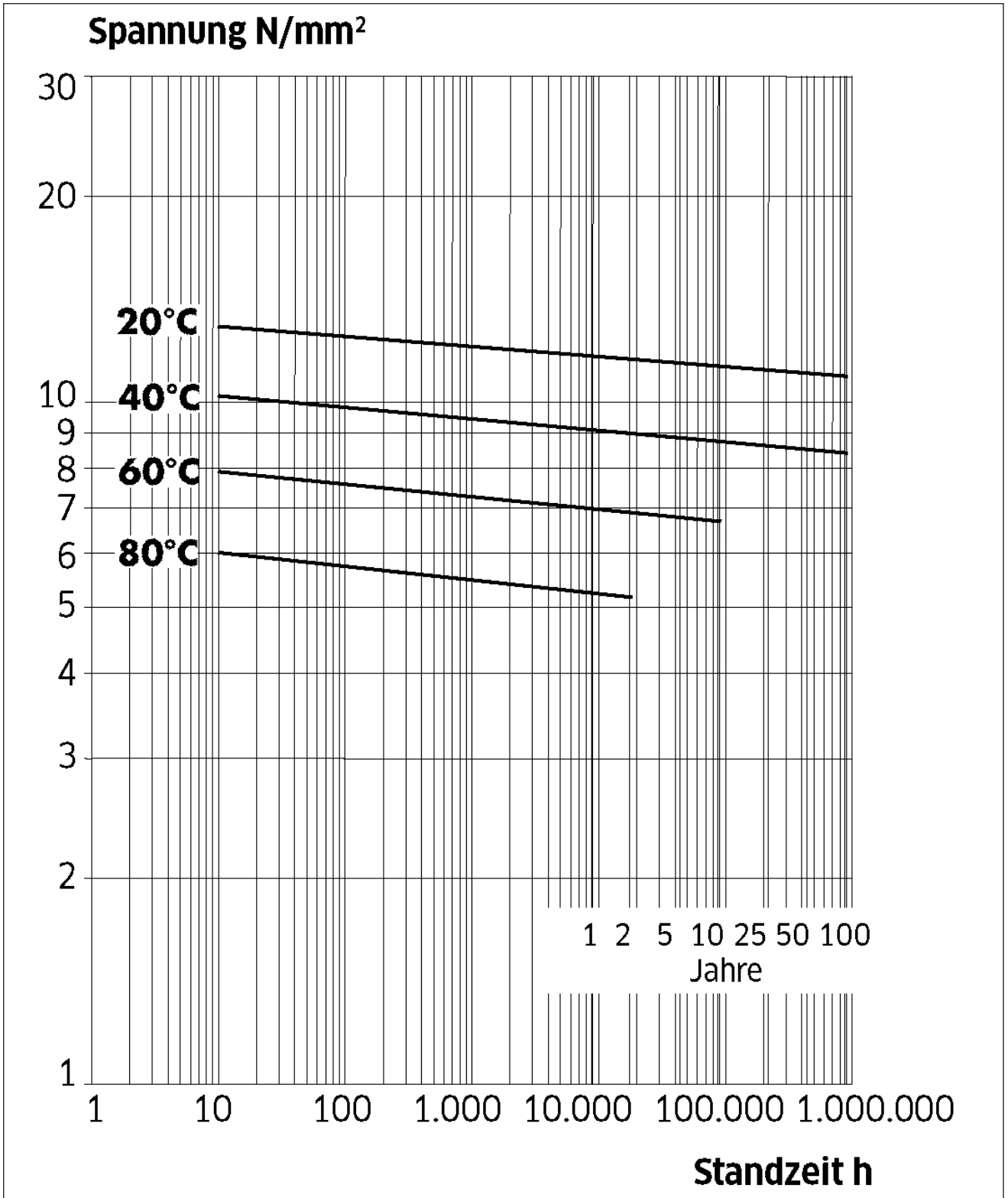
Die Werkstoffklassifizierung entspricht dem 10-fachen MRS-Wert

MRS = 10 N/mm²
Klassifizierungsbezeichnung PE 100

MRS = 8 N/mm²
Klassifizierungsbezeichnung PE 80



Zeitstand-Innendruck-Diagramm für Polyethylen PE 100



Einteilung nach Rohrserien

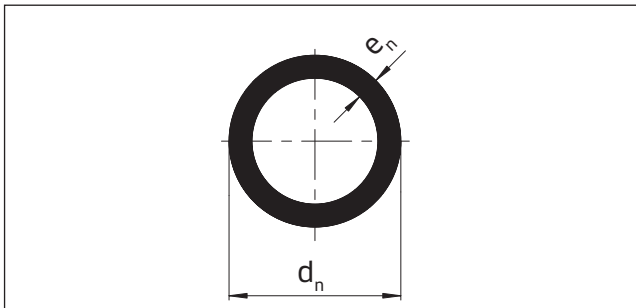
Kunststoffrohre für die Ver- und Entsorgung werden in Rohrserien eingeteilt. Gebräuchlich sind in der Gas- und Wasserversorgung:

PE Serie S 8, S 5 und S 3.2

Die Definition der Rohrserie S ist ein Verhältnis zwischen Rohrdurchmesser und Wandstärke:

$$S = \frac{d_n - e_n}{2e_n}$$

d_n = Aussendurchmesser Rohr
 e_n = Wandstärke



Einteilung nach SDR

Vermeehrt wird auch der SDR-Wert (Standard Dimension Ratio) verwendet. Er ist das direkte Verhältnis zwischen Durchmesser und Wandstärke.

$$SDR = \frac{d_n}{e_n} \quad \text{entspricht ca. } 2S + 1$$

- Serie 8 = SDR 17
- Serie 5 = SDR 11
- Serie 3.2 = SDR 7.4

Dimensionierung von Wasserleitungen

Berechnung der Anwendungsspannung

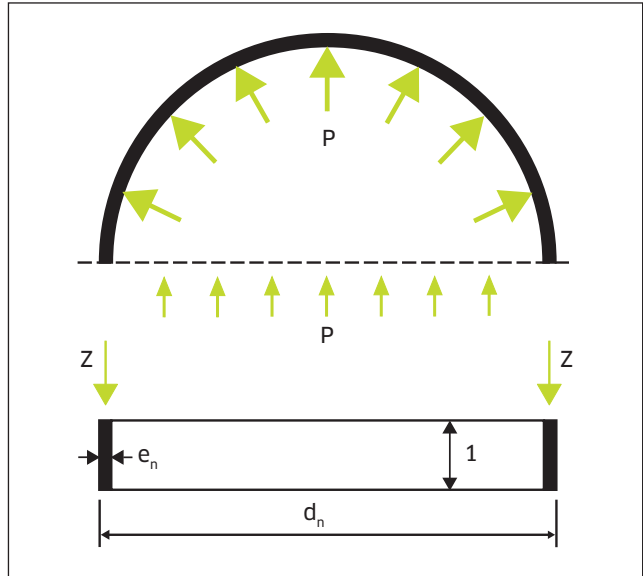
Die zulässigen Belastungen sind nebst dem Wandstärkenverhältnis (S oder SDR) von den zulässigen Werkstoffeigenschaften abhängig. Die für die Dimensionierung erforderliche Berechnungsspannung erhält man durch die Teilung des MRS-Wertes durch den Sicherheitsbeiwert C (Gesamtbetriebskoeffizient).

$$\sigma_{zul} = \frac{MRS}{C}$$

Material	MRS	Sicherheitsbeiwert C (Wasser, 20°C)	Anwendungsspannung σ_{zul}
PE 100	10 N/mm ²	1.25	8.0 N/mm ²
PE 80	8 N/mm ²	1.25	6.3 N/mm ²

Berechnung des zulässigen Innendrucks von Wasserleitungen

Mit der sogenannten Kesselformel kann bei gegebenem Innendruck und den Abmessungen die Spannung in der Rohrwandung berechnet werden.



$$\sigma = \frac{p \cdot (d_n - e_n)}{10 \cdot 2 \cdot e_n}$$

σ = Rohrwandspannung N/mm²
 p = Druck bar
 e_n = Wanddicke mm
 d_n = Aussendurchmesser mm

Entsprechend kann mit der Anwendungsspannung σ_{zul} gemäss (Berechnung der Anwendungsspannung) und den gegebenen Rohrabmessungen der zulässige Innendruck ermittelt werden.

$$PN = 10 \cdot \sigma_{zul} \frac{2e_n}{d_n - e_n}$$

oder mit Hilfe der Serie S

$$PN = 10 \cdot \frac{\sigma_{zul}}{S}$$

Zulässige Betriebsdrücke für Wasserdruckrohre

PN = Zulässiger Innendruck in bar, dem ein Rohr bei 20°C mit Wasser im Minimum 50 Jahre standhalten muss. Mit den heute eingesetzten Werkstoffen ist eine Betriebsdauer von 100 Jahren wissenschaftlich nachgewiesen.

PE 80	Serie S 8	PN = 8 bar
PE 80	Serie S 5	PN = 12.5 bar
PE 80	Serie S 3.2	PN = 16 bar
PE 100	Serie S 8	PN = 10 bar
PE 100	Serie S 5	PN = 16 bar
PE 100	Serie S 3.2	PN = 25 bar

Die zulässigen Innendrucke gemäss DIN 8074 in Abhängigkeit der Temperatur und der Zeit sind auf der nächsten Seite.

Zulässige Betriebsdrücke in Abhängigkeit der Temperatur nach DIN 8074:2011-12

Die folgende Tabelle gilt für JANSEN Druckrohre aus PE 100 für das Medium Wasser, in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer.

Gesamtbetriebskoeffizient C = 1.25

Betriebstemperatur °C	Betriebsjahre	Berechnungsspannung [N/mm ²]	Serie 8	Serie 5	Serie 3.2
			PN 10	PN 16	PN 25
Zulässiger Betriebsdruck in bar					
10	5	10.1	12.5	19.9	31.6
	10	9.9	12.3	19.5	30.9
	25	9.7	12.0	19.1	30.3
	50	9.5	11.9	18.9	30.0
	100	9.5	11.7	18.5	29.4
20	5	8.8	10.5	16.7	26.5
	10	8.5	10.4	16.5	26.2
	25	8.3	10.1	16.1	25.6
	50	8.1	10.0	16.0	25.0
	100	8.0	9.8	15.5	24.6
30	5	7.5	8.9	14.1	22.4
	10	7.2	8.8	13.9	22.1
	25	7.0	8.6	13.7	21.8
	50	6.9	8.5	13.5	21.5
40	5	6.1	7.6	12.1	19.2
	10	6.0	7.5	11.9	18.9
	25	5.9	7.4	11.7	18.6
	50	5.8	7.3	11.5	18.3
50	5	5.6	6.6	10.5	16.7
	10	5.4	6.5	10.3	16.4
	15	5.3	6.5	10.3	16.4
60	5	4.8	5.6	9.1	14.5
70	2	3.6	5.2	8.3	13.2

Innerer Unterdruck; äusserer Überdruck

Bezogen auf das Rohr sind der innere Unterdruck und der äussere Überdruck identisch. Massgebend ist der Beulwiderstand der Leitung. Unterschieden wird zwischen kurzzeitiger Belastung (weniger als 1 Stunde) und langfristiger Belastung.

Innerer Unterdruck

kann entstehen, wenn durch die dynamischen Abflussverhältnisse oder durch schnelles Schliessen von Armaturen eine saugende Wirkung entsteht. Diese Belastungen treten meist kurzfristig auf.

Äusserer Überdruck

entsteht zum Beispiel als langfristige Belastung bei erdverlegten Leitungen durch Grundwasser.

Beuldruckberechnung

Der zulässige Beuldruck errechnet sich folgendermassen:

$$P_{k,zul} = \frac{P_{cr}}{S} \quad \text{N/mm}^2$$

S = Sicherheitsfaktor ≥ 2

P_{cr} = kritischer Beuldruck in N/mm²

$$P_{cr} = \frac{2 \cdot E_R}{1 - \mu^2} \cdot \left(\frac{e_n}{d} \right)^3 \cdot \left(\frac{1 - \frac{x}{d}}{\left(1 + \frac{x}{d} \right)^2} \right)^3$$

1 bar = 0.1 N/mm²

e_n = Wanddicke des Rohres mm

d = mittlerer Rohrdurchmesser $d_n - e_n$ mm

x = Deformation des vertikalen Rohrdurchmessers mm

E_R = Verformungsmodul des Rohres N/mm²

μ = Querdehnungszahl Rohrmaterial [-]

	$E_{R,kurz}$	$E_{R,lang}$	μ
PE	1000	150	0.4

Für Leitungen ohne Vordeformation errechnen sich folgende zulässigen Beuldrücke:

Druckrohrsystem	Zulässiger Beuldruck $P_{k,zul}$ N/mm ²	
	Kurzzeitwert < 1h	Langzeitwert
PE Serie 5	1.20	0.18
PE Serie 8	0.31	0.04

$P_{k,zul}$ von 0.04 bedeutet, dass für das runde Rohr ein zulässiger Unterdruck von -0.4 bar zulässig ist.

Druckstösse

Druckstösse sind für Polyethylenrohre weitgehend unschädlich, solange die Mittelspannung nicht über der Spannung des maximalen zulässigen Betriebsdrucks liegt. Die Druckamplitude für ein Rohr der Serie S 5 mit einem maximalen Betriebsdruck von 16 bar darf zum Beispiel höchstens 0 bis 32 bar betragen.

Die Grösse der Druckamplitude für Wasser bei 20° C und für Polyethylenrohre errechnet sich mit folgender Gleichung (Ableitung der Joukowsky-Formel):

$$P_s = \pm \frac{14.49}{\sqrt{1 + \frac{1.25 \cdot (d_n - e_n)}{e_n}}} \cdot v_o$$

P_s	Druckamplitude	[bar]
v_o	Strömungsgeschwindigkeit des Wassers	[m/s]
d_n	Rohraussendurchmesser	[mm]
e_n	Wanddicke des Rohres	[mm]

Verbindungstechnik

Einleitung

Bei der Planung von Rohrleitungssystemen müssen neben den Anforderungen an den Rohrwerkstoff auch die Verbindungen und die Systemkomponenten geprüft werden. Mit der Verschweisbarkeit von Polyethylen ist sichergestellt, dass die Verbindungen ebenfalls die gestellten Anforderungen an Dichtheit, Langlebigkeit etc. erfüllen.

Situationsbedingte Einflüsse können dazu führen, dass eine andere Verbindungstechnik vorzuziehen ist.

Verschweissung allgemein

Vom Verleger wird eine korrekte und saubere Arbeitsweise verlangt, damit die geforderte Qualität der Verbindung auch erreicht wird. Daher empfiehlt Jansen, die Arbeiten nur durch Verleger ausführen zu lassen, die nachweislich eine entsprechende Ausbildung besitzen und Wiederholungskurse besucht haben (Schweissausweis vom VKR oder SVS). Dieser Ausweis wird in der W4 Kapitel 6.14.1 (Ausgabe 2013) als Pflichtausbildung zur Verschweissung von PE Druckrohren deklariert! Temperatur, Zeit und Druck sind die Einflussgrößen, die bei jeder Verschweissung korrekt eingehalten werden müssen. Das Verschweissen von PE ist praxiserprobt und hat sich bewährt.

Einflussgrößen

Temperatur:

Je nach Verfahren 200 – 260° C

Zu tief: ergibt nur oberflächliche Haftung

Zu hoch: zerstört das Material; Zerfall beim Abkühlen

Zeit für Anwärmung und Schweissung:

Zu kurz: Zu wenig Material, das ineinander verschmelzen kann. (Kaltschweissung)

Zu lang: Werkstoffersetzung; zu viel Material wird aufgeschmolzen

Zeit für Abkühlung:

Zu kurz: Gefahr von plastischer Formänderung

Druck beim Zusammenfügen:

Zu tief: zu wenig tiefes Ineinandergleiten der Molekülfäden

Zu hoch: plastisches Material wird aus dem Schweissbereich gepresst

Verschweisbarkeit

Die heute auf dem Markt vorhandenen Werkstoffe PE 80 und 100 lassen sich untereinander problemlos verschweissen. Die Kompatibilität von vorhandenen Systemen ist gewährleistet. Die Verschweisbarkeit wird durch ähnliche Fließfähigkeiten der Materialien im plastischen Zustand bestimmt.

Ausgedrückt durch den Schmelzindex (MFR: Melt Flow Rate) MFR 190/5: Messung der Durchflussmenge bei 190° C und 5 kg Belastung während 10 Minuten durch eine definierte Düse.

Materialien mit einem MFR 190/5 innerhalb 0.2 bis 1.4 g/10 Min. dürfen miteinander verschweisst werden.

Bei Anschluss an Rohre älterer Generationen sollte der Schmelzindex überprüft werden. Prüfungen z.B. durch Prüfinstitut oder Hersteller.

Zu beachten:

Wichtige Regeln müssen vom Verarbeiter beachtet werden:

- Sauberkeit
- Witterung
- Sicherstellung Energieversorgung
- Installation Schweissplatz

Heizelementstumpfschweissung (HSS)

Die Heizelementstumpfschweissung ist eine homogene, längskraftschlüssige, nicht lösbare Verbindung zweier PE Röhre. Schweissungen dürfen nur von ausgebildetem Fachpersonal ausgeführt werden. Der VKR (Verband Kunststoffrohre und Rohrleitungsteile) bietet entsprechende Verarbeitungskurse an.



Anwendung

Gas- und Wasserversorgung

Die Stumpfschweissung wird hauptsächlich bei langen Leitungssträngen oder beim sogenannten Relining eingesetzt. Vom SVGW empfohlen ab d_n 90 mm (SVGW W4).

Es dürfen nur Röhre mit gleicher Wandstärke miteinander verschweisst werden.

Schweissmaschinen sind ab d_n 63 mm bis d_n 1200 mm erhältlich, wobei die Verfügbarkeit ab Durchmesser d_n 280 mm begrenzt ist.

Einflussgrößen

Temperatur:

Der Richtwert für die Heizelementtemperatur liegt bei 220°C ($\pm 10^\circ\text{C}$).

Zeit:

Angaben aus der Schweisstabelle des jeweiligen Schweissgeräthehersteller.

Druck:

Fügedruck 0.15 N/mm^2 (Querschnittfläche Rohr)

Anwärmdruck $0.01 - 0.02\text{ N/mm}^2$

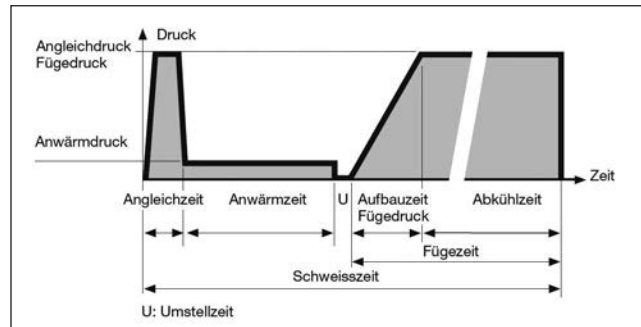
Wird durch hydraulischen Druck in der Maschine aufgebaut. Maschinendruck nach Angaben Herstellers.

Zu beachten

- Verleger mit Ausbildung, korrekte saubere Arbeitsweise
- Aussentemperaturen -10°C bis 45°C
- Trockene Aufstellung, windgeschützt, kein Durchzug im Rohr
- Spannungsfreie Verschweissung, kein Bewegungswiderstand durch Leitung
- Zulässiger Versatz max. 10% Wandstärke
- Spalt bis d_n 315 mm: max. 0.5 mm; bis d_n 630 mm: max. 1 mm
- Druckprüfung frühestens 1 Stunde nach Abkühlen der letzten Schweissung

Montage

Ablauf



- Stromversorgung sicherstellen
- Vor Witterungseinflüssen schützen
- Geräte und Zubehör reinigen
- Röhre einspannen und Schweissdruck einstellen (Bild 1)
- Rohrenden planhobeln
- Temperatur Heizelement prüfen
- Schweissfläche mit Papier und Spezialreiniger reinigen
- Angleichen unter Druck bis Wulstbildung (Bild 2)
- Druck reduzieren zum Anwärmen
- Schnell umstellen / Heizelement entfernen
- Zusammenfügen unter Druck
- Abkühlen
- Kontrolle Wulst

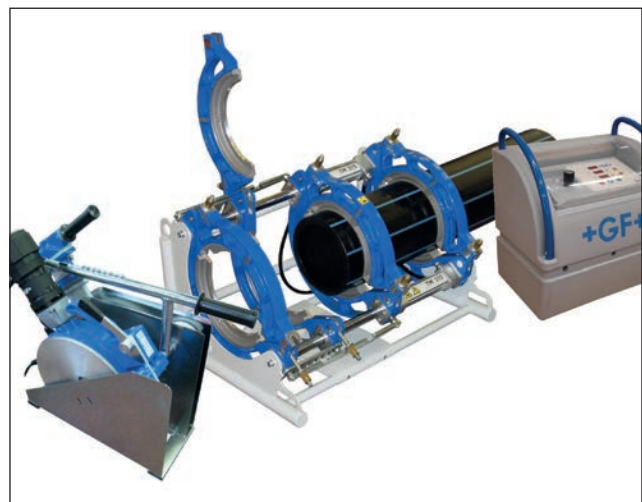
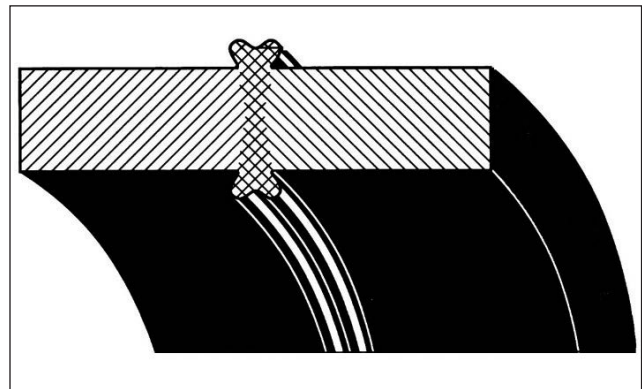


Bild 1

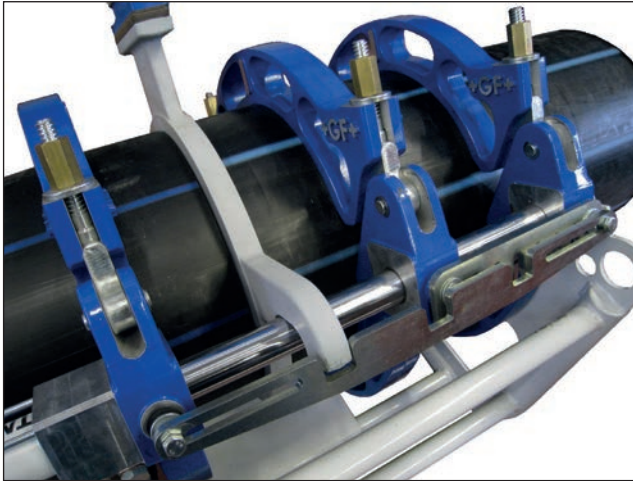


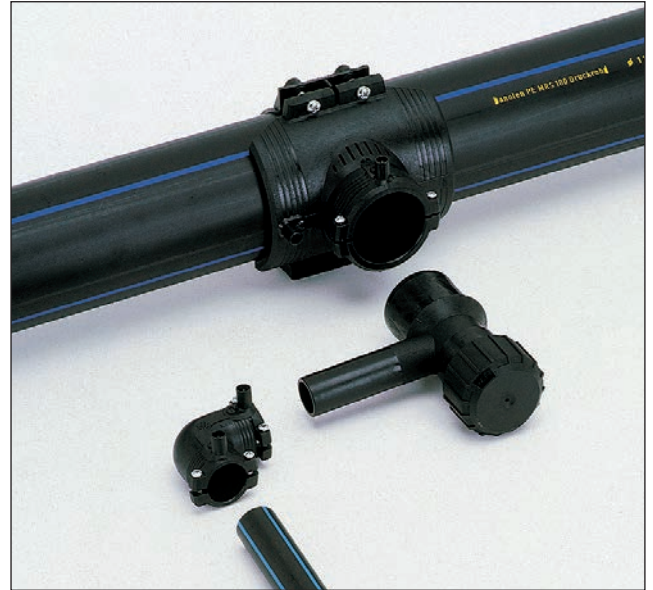
Bild 2

Schweissnahtprüfungen

Nebst der optischen Prüfung der Schweissnaht auf der Baustelle (Form der Schweisswulst nach DVS 2206) sind Prüfungen der Schweissnähte im Labor möglich.

Elektroschweissysteme (HSM)

Beim Elektroschweissen (Heizwendelschweissen) werden Rohr und Fitting mit Hilfe von Widerstandsdrähten erwärmt und verschweisst. Die Widerstandsdrähte sind auf der Innenseite des Fittings angeordnet. Die Energiezufuhr erfolgt mit Hilfe eines Schweißtransformators. Beim Fitting werden durch die Erwärmung genau bemessene Schrumpfspannungen ausgelöst, welche sicherstellen, dass der zum Schweißen erforderliche Schweißdruck aufgebracht wird.



Anwendung

Gas- und Wasserversorgungen bis d_n 1200 mm. Umfangreiches Formstückprogramm.

Einflussgrößen

Temperatur:

Die Temperatur wird durch das System gesteuert und entsteht durch den Widerstand im stromdurchflossenen legierten Draht (ca. 280° C) innerhalb der Muffe.

Abhängig von Wicklung, Legierung und Dicke erzeugt der Draht die notwendige Wärme.

Zeit:

automatisiert durch das Einlesen der Schweißdaten in das Schweißgerät mittels Strichcode oder Magnetstreifen. Die Zeit wird der Aussentemperatur automatisch angepasst.

Druck:

Quellen des aufgeheizten Materials und Schrumpfen der Muffe erzeugen den benötigten Schweißdruck.

Zu beachten

- Ausreichende Stromversorgung
- Verleger mit Ausbildung, korrekte saubere Arbeitsweise
- Aussentemperaturen -10° C bis 45° C
- Trockener Verbindungsbereich
- Spannungsfreie Verschweissung
- Abkühlzeiten einhalten
- Betriebsdruck und Prüfdruck nach vollständiger Abkühlzeit gemäss Angaben Systemanbieter
- Verbindungsschweissungen bei Gas unter Betrieb nicht erlaubt (Ausnahme Aufschweissattel)
- Nach Abbruch Schweißvorgang und vollständiger Abkühlung ist nochmaliges Schweißen möglich
- Kontrolle der Schweissung durch mechanische Schweissanzeigen an der Muffe

Montage

Ablauf

Der Ablauf ist je nach Schweißgerät automatisiert. Die automatische Kontrolle des Gerätes überprüft den vorhandenen Widerstand in der Muffe mit dem eingelesenen Wert.

Wichtige Vorbereitungsarbeiten:

- Stromversorgung sicherstellen
- Vor Witterungseinflüssen schützen
- Oberfläche Rohr abarbeiten (schälen)
- Reinigen
- Einstecktiefe anzeichnen
- Zusammenführen und spannungsfrei halten (Bild 1)
- Daten in Schweißgerät einlesen (Bild 2)
- Schweißung starten und überwachen
- Abkühlzeit abwarten



Bild 1



Bild 2

Schweißgeräte

Zur Verschweißung von Elektroschweissmuffen und Anbohrschellen mit Strichcode-Datenerfassung können alle auf dem Markt erhältlichen polyvalenten Schweißgeräte eingesetzt werden.

Für genauere Informationen betreffend den Schweißgeräten wenden Sie sich an den Hersteller.

Schweißvorbereitung

Schweißgerät und Schweißbereich sind vor Nässe und Schmutzeinwirkung zu schützen.

Absicherung des Netzes: 10 A träge oder 10 A normal. Ein Stromaggregat muss so ausgelegt sein, dass eine effektiv nutzbare Leistung von mindestens 3 kVA verfügbar ist. Über 1500 m.ü.M. kann dies unter Umständen nicht genügen. Erkundigen Sie sich bei den Geräteherstellern.

Oberfläche abarbeiten (schälen)

Die UV-Strahlung bewirkt an der PE Oberfläche eine Veränderung der molekularen Struktur. Dadurch wird der Verbindungsmechanismus beim Schweißvorgang eingeschränkt. Daher muss die oberste Schicht (0.1 - 0.2 mm) vor dem Schweißen spanabhebend entfernt werden.

Die Elektroschweissfittings sind durch ihre Verpackung vor UV-Strahlen geschützt. Nach dem Auspacken innerhalb von 1/2 h verarbeiten.

Erforderliche Werkzeuge

Neben dem vorerwähnten Schweißgerät werden Werkzeuge benötigt, die im Kunststoffrohrleitungsbau bekannt und üblich sind. Es sind dies:

- Rotationsschaber zum Bearbeiten der Schweißflächen von Rohren
- Rohrschneider oder feinzahnige Säge
- Weisses, saugfähiges, nichtfaserndes Papier
- Reinigungsmittel, z.B. Tangit-Reiniger oder spezielles Entfettungstuch

Ausserdem werden in Abhängigkeit von der Rohrgrösse und den Verlegebedingungen für die Verarbeitung von Elektroschweissmuffen folgende Haltevorrichtungen benötigt:

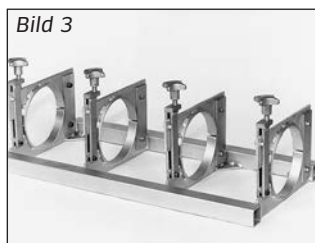
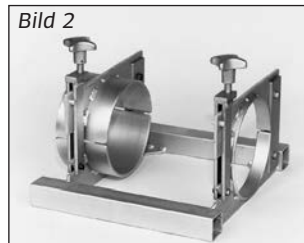
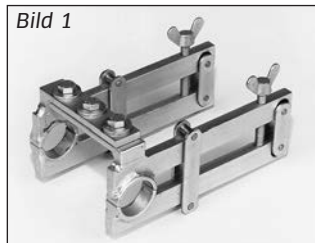
- Einstellbare Doppelklemme für PE Rohre (Stangen- oder Rollendruckrohre) und Stutzenschweissfittings mit Aussendurchmessern von d_n 20 - 63 mm (Bild 1)
- Kurze Doppelklemme für PE Rohre (nur Stangenrohre) und Stutzenschweissfittings mit Aussendurchmessern von d_n 90 - 225 mm (Bild 2) oder Haltevorrichtung Zweifachausführung für die Dimensionsbereiche d_n 63 - 125 mm, d_n 110 - 225 mm und d_n 225 - 400 mm
- Vierfachklemme für PE Rohre (nur Stangenware) und Stutzenschweissfittings mit Aussendurchmessern von d_n 90 - 225 mm (Bild 3) oder wie oben, aber Haltevorrichtung Vierfachausführung
- Universelle Haltevorrichtung für mehrere Dimensionen

Die kurze Doppelklemme ist bei beengten Platzverhältnissen an der Schweißstelle zu empfehlen und kann idealerweise auch für die Herstellung von Elektroschweissverbindungen mit Stutzenschweissfittings eingesetzt werden. Sie ermöglicht das Einspannen des Fittings auch bei komplizierten Rohrinstallationen.

Die Vierfachklemme gewährleistet höhere Stabilität und zügige Verlegung bei günstigen Platzverhältnissen.

Rundrückklemmen (Bild 4) bringen ovale PE Rohre wieder in die runde Form, positionieren die Muffe und schützen die zu verschweisenden Teile während des Schweißvorganges und der Abkühlzeit vor äusserer Krafteinwirkung.

Es ist zu empfehlen, je Dimension und Baustelle zwei oder drei Haltevorrichtungen sowie die entsprechende Anzahl Rundrückklemmen bereitzuhalten.



PF Steckmuffe

Die längskraftschlüssige PF Steckmuffe vereint die Vorteile einer Steckmuffenverbindung mit der Zugfestigkeit einer Schweißverbindung. Ein in der Muffe integrierter glasfaserverstärkter Klemmring bewirkt durch die konische Führung bei Zugbeanspruchung eine Verkeilung mit dem Rohr. Nach Abschluss dieses Vorgangs erfolgt die Übertragung der Zugkräfte vom Rohr über der Verzahnung des Klemmringes und von diesem auf die Muffe. Es entstehen keine weiteren radialen Krafteinwirkungen auf das eingeschobene Rohr. Es ist kein Stützring im Rohr erforderlich. Ein Nachlassen der Zugfestigkeit der Verbindung durch Kriecherscheinungen des PE ist im Rahmen der garantierten Nenndrücke ausgeschlossen.



Die PF Steckmuffen (System Push-Fast) werden im Spritzgussverfahren hergestellt und mittels Heizelementstumpfschweißung an JANSEN Druckrohre und Formstücke angeschweisst. Das Spitzende der Rohre ist angefast, die Einstecktiefen sind eingezeichnet.

Die Dichtung erfolgt durch einen separaten Dichtungsring aus EPDM.

Anwendung

Nur für die Wasserversorgung. In der Gasversorgung nicht erlaubt.

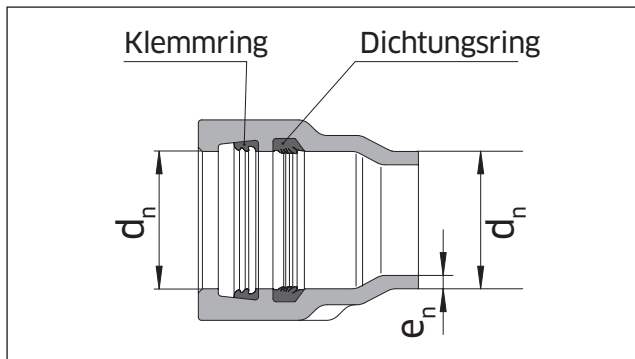
Die Muffe ist eine Alternative zum Schweißen, wenn ohne Gerätschaft und energieunabhängig verlegt werden muss, z.B. ausserhalb des Baugebietes, aber auch in schlecht zugänglichen Gebieten oder in Bergregionen. Bei witterungs- und temperaturunabhängiger Verlegung sowie bei saisonbedingten Baustellen. Oder wenn eine schnelle, etappierte Verlegung gefragt ist. Zum Beispiel innerhalb Strassenbaustellen unter Verkehr (keine Abkühlzeit).

Nenndruck

d_n mm	PN bar
90	16
110	16
125	16
160	16
180	16
225	16
250	16
315	16

Längskraftschlüssigkeit

Die aus den Nenndrücken entstehenden Zugkräfte werden mittels Klemmring aufgenommen und auf das Rohr übertragen.

**Zu beachten**

Die maximale Auswinkelung des Rohres in der PF Muffe darf maximal 7° nicht übersteigen.

Eine Beschädigung der Rohroberfläche (Kratzer) sowie Schmutz im Bereich des Dichtungsringes können die Qualität beeinflussen.

Wichtige Masse:

d_n mm	Einstecktiefe mm	Schlupf bis Verkeilung mm	Minimale Länge der Ansträgung bei Spitzende mm
90	160	8	7
110	131	17	7
125	143	20	7
160	194	24	14
180	202	25	14
225	225	26	18
250	250	27	20
315			

Montage der PF Steckmuffenverbindung

Die PF Muffe, wie auch das Spitzende sind werkseitig durch Schutzkappen vor Verunreinigung geschützt. Diese sind vor der Verlegung zu entfernen.

Ablauf:

- Spitzende 15 - 30° anschrägen und Einstecktiefe anzeichnen (nur bei bauseits gekürzten Rohren erforderlich).
 - Einwandfreien Sitz von Klemm- und Lippendichtring überprüfen (Bild 1).
 - Spitzende, Klemm- und Lippendichtring reinigen.
 - Spitzende und Lippendichtring mit Jansen Gleitmittel versehen (Bild 2).
 - Spitzende bis zur angezeichneten Einstecktiefe einschieben (Bild 3).
- Für PF Muffen $d_n > 180$ mm empfehlen wir eine Zusammenziehhilfe, welche bei uns erhältlich ist.
- Die Verkeilung des Klemmrings ist durch eine Rückwärtsbewegung des eingesteckten Rohres vor der Grabenverfüllung auszulösen.
 - Die Verkeilung bei Übergängen auf Armaturen mit Einschweissenden kann nicht garantiert werden.

Kürzen von Leitungen

Das Ablängen der PE Druckleitungen ist mit geeignetem Werkzeug (feinzahnige Säge, Rohrabschneider) zu bewerkstelligen. Das Ansträgen der abgelängten Rohre kann mittels speziellem Ansträgergerät oder mit einer Grobfeile ausgeführt werden.



Bild 1



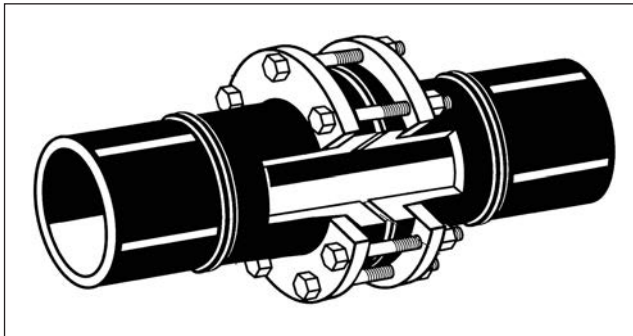
Bild 2



Bild 3

Flanschverbindung

Flanschverbindungen kommen insbesondere beim Übergang auf Absperrorgane oder bei Materialwechsel von PE auf Fremdmaterialien wie z.B. Stahl- oder Gussrohre zum Einsatz.



Anwendung

Gas- und Wasserversorgung

Zur Herstellung einer Flanschverbindung werden 2 Vorschweissbunde, 2 Losflansche (aus PP mit Metalleinlage oder Metallflansch) sowie eine Dichtung und eine bestimmte Anzahl Schrauben (AL) benötigt (siehe nachfolgende Tabelle). Die Vorschweissbunde werden mittels einer Heizelementstumpfschweissung oder durch eine Elektromuffenschweissung mit den glattendigen Rohren verschweisst. Das Aufschweissen der V-Bunde kann werkseitig, oder auf der Baustelle durch den Fachmann erfolgen.

Um Beschädigungen von Flanschen und Vorschweissbunden zu vermeiden, sollten die Schrauben mit einem Drehmomentschlüssel angezogen werden (siehe nachfolgende Tabelle). Die dazu gehörenden Schrauben sind im Fachhandel zu beziehen und gemäss den Herstellervorschriften zu montieren.

Zu beachten

- Spannungsfreie Montage
- Unterschied der Innendurchmesser bei Materialwechsel
- Lochkreisdurchmesser
- Zulässige Druckstufe
- Anziehen der Schrauben gegenseitig mit Drehmomentschlüssel gemäss Herstellerangaben
- 3 x nachziehen
- Korrosion der metallischen Bauteile
- Richtige Dichtung mit Zulassung Gas und/oder Wasser verwenden
- Bei Reduzierflanschen Schraubenlänge für Anschlüsse an PE überprüfen

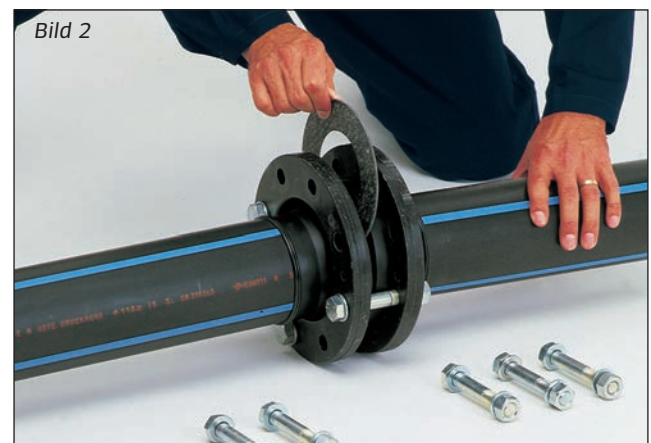
Montage der Flanschverbindung

Nach dem Reinigen der beiden Dichtungsflächen (Bild 1) je eine Schraube mit U-Scheibe unten und seitlich durch die Löcher der Losflansche einführen. Durch eine Mutter mit U-Scheibe sichern. Die gereinigte Flachdichtung zwischen die beiden lose montierten Bunde einsetzen (Bild 2). Sie wird durch die 3 eingesetzten Schrauben zentriert.

Einsetzen der restlichen Schrauben und Mutttern inkl. U-Scheiben. Alle Schrauben lose anziehen (übers Kreuz). Kontrolle: Ist die Dichtung noch zentriert?

Anziehen der Schrauben mit einem Drehmomentschlüssel (Bild 3). Erforderliches Drehmoment siehe Tabelle auf der folgenden Seite.

Kontrolle, ob alle Schrauben festgezogen sind.



Losflansche aus PP mit Gusseinlage

d _n	NW DN	PN max.	Lochkreis	Dreh- moment	Anzahl Löcher	Schrauben- grösse	PE-PE	PE-Stahl/Guss
							Schrauben- länge ¹	Schrauben- länge ¹
mm	mm	bar	mm	Nm	Stk.	M	mm	mm
32	25	16	85	10	4	12	70	60
40	32	16	100	20	4	16	80	70
50	40	16	110	25	4	16	90	80
63	50	16	125	30	4	16	100	80
75	65	16	145	35	4	16	100	90
90	80	16	160	40	8	16	100	90
110	100	16	180	45	8	16	110	90
125	100	16	180	45	8	16	120	100
140	125	16	210	50	8	16	130	100
160	150	16	240	60	8	20	140	110
180	150	16	240	70	8	20	140	110
200	200	16	295	75	8 ²	20	160	130
225	200	16	295	75	8 ²	20	160	120
250	250	16	350 ³	80	12	20	170	140
280	250	16	350 ³	80	12	20	170	140
315	300	16	400 ³	90	12	20	180	150
355	350	16	460 ³	160	16	20	210	170
400	400	16	515 ³	160	16	24	240	190

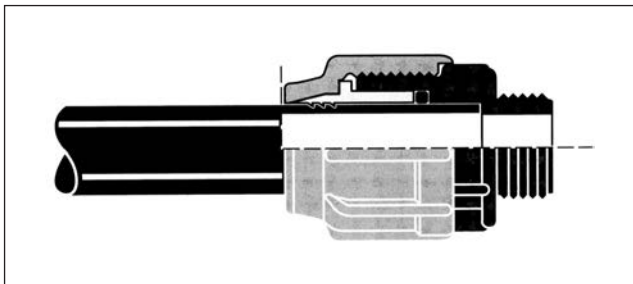
¹⁾ Die Schraubenlänge kann je nach Flanshdicke verschieden sein.

²⁾ Anzahl Löcher entspricht DIN 2501, PN 10

³⁾ Lochkreis entspricht DIN 2501, PN 10

Verschraubung

Einfache und schnelle Handhabung. Ohne Montagehilfe und ohne Vorbereitungsarbeiten.



Anwendung

Anwendung in der Gas- und Wasserversorgung. Vornehmlich bei kleinen Durchmessern, z.B. bei Hausanschlüssen oder schnellen Reparaturen.

Schraubverbindungen werden vorwiegend bei PE Rollendruckrohren eingesetzt. Sie können aber auch auf Stangenrohre mit kleinen Durchmessern montiert werden.

Nebst der einfachen Handhabung sind weitere Vorteile aufzuführen, wie problemloser Übergang von PE auf Stahlleitungen sowie Längskraftschlüssigkeit.

Die Schraubverbindungen sind gemäss den Herstellervorschriften zu montieren.

Zu beachten

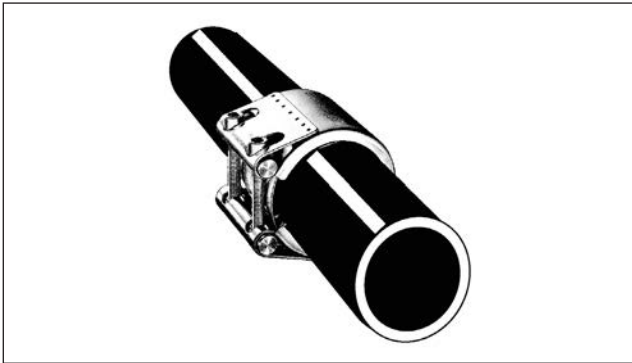
Bei Polyethylenrohren sind eventuell Stützhülsen zu verwenden (gemäss Angaben der Hersteller).

Montage

- Rohrenden rechtwinklig zur Achse schneiden
- Einstecktiefe anzeichnen
- Leichtes Anfasen der Rohrenden ist von Vorteil
- Rohrenden und Verschraubung reinigen und mit Gleitmittel versehen
- Rohre bis zum Mittelschlag einstecken
- Verschraubung von Hand fest anziehen

Verbindungsbride

Einfache und schnelle Handhabung. Ohne Montagehilfe und ohne Vorbereitungsarbeiten.



Anwendung

Anwendung in der Gas- und Wasserversorgung. Vielfach einzige Möglichkeit bei Anschlüssen an glattendige Fremdmaterialien, sofern Aussendurchmesser nicht zu stark abweichen. Kleine Durchmesserunterschiede können durch die Gummimanschette aufgenommen werden.

Zu beachten

Bei Polyethylenrohren sind eventuell Stützhülsen zu verwenden (gemäß Angaben der Hersteller).

Die Angaben der Hersteller bezüglich Längskraftschlüssigkeit sind zu beachten.

Montage

- Rohrenden rechtwinklig zur Achse schneiden
- Einstecktiefe anzeichnen
- Leichtes Anfasen der Rohrenden ist von Vorteil
- Rohrenden und Verschraubung reinigen und mit Gleitmittel versehen
- Rohre bis zum Mittelanschlag einstecken
- Anziehen der Schrauben in Umfangrichtung

Übergänge auf Fremdmaterialien

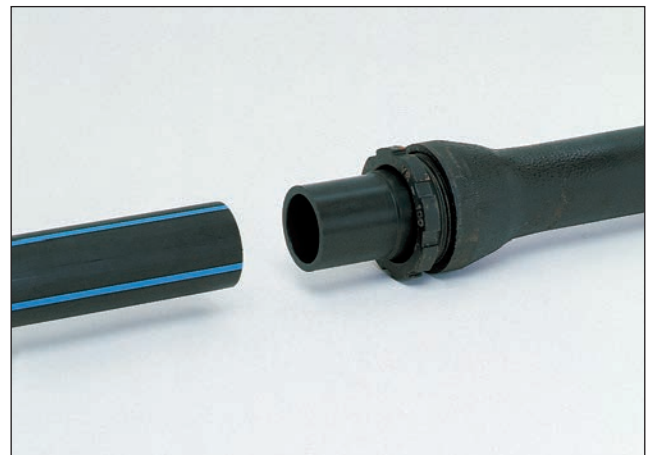
Generell kann gesagt werden, dass mittels einer Flanschverbindung von PE auf jedes andere Material gewechselt werden kann (siehe Flanschverbindungen).

Für Anschlüsse an glattendige Fremdmaterialien empfehlen sich Verbindungsbriden (siehe Verbindungsbride).

Übergang auf Schraubmuffenguss



Übergang von PE auf Schraubmuffenguss inkl. Konusring



Fertig montiert, bereit zur Verschweissung des PE Stützens mit dem PE Rohr

Verlegetechnik

Richtlinien

Bei der Verlegung von Wasserleitungen müssen die Richtlinien des SVGW befolgt werden.

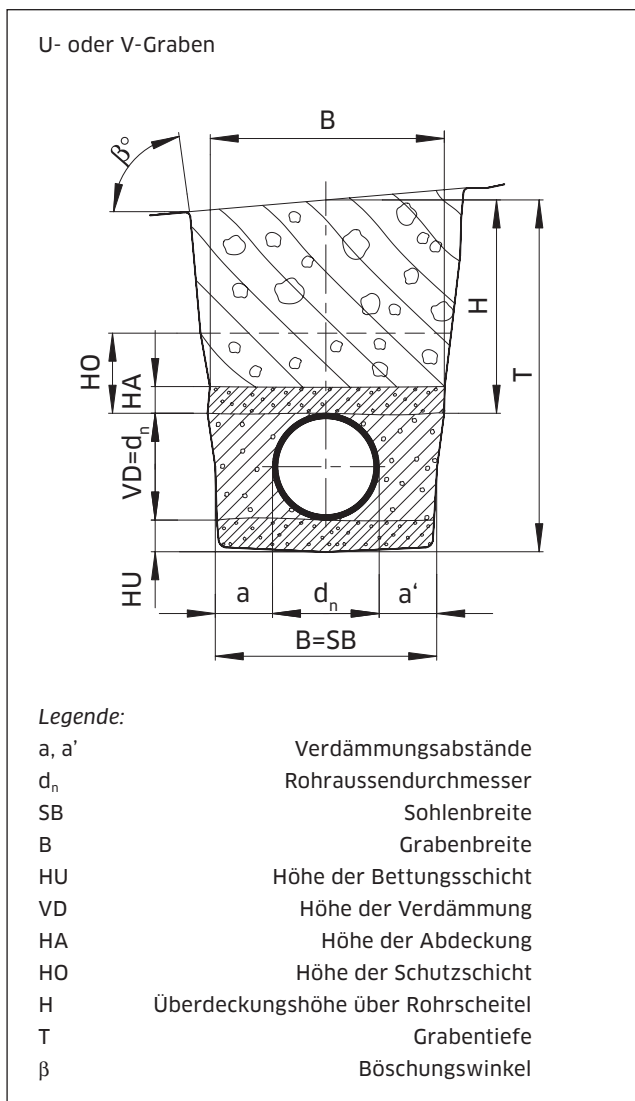
Richtlinie SVGW-W4

Richtlinie SVGW-G2

Im Weiteren sind die SIA-Normen sowie die BauAV (Bauarbeitenverordnung) und die entsprechenden SUVA-Vorschriften zu berücksichtigen.

Für die Anwendung von Kunststoffrohren ist die Richtlinie VKR RL 02-03d «Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen PE 80 und PE 100» zu beachten.

Begriffe



Transport und Lagerung

Die Rohre sind mit geeigneten Fahrzeugen zu befördern und fachgerecht auf- und abzuladen. Sie sollen während des Transportes möglichst auf ihrer ganzen Länge aufliegen. Sämtliche Leitungsteile sind so zu lagern, dass sie innen nicht verunreinigt werden und keine unzulässigen Verformungen oder Beschädigungen eintreten.

Das Schleifen der Rohre über den Boden ist zu vermeiden. Riefen und Kratzer dürfen nicht tiefer als 10% der Rohrwanddicke sein.

Die maximal zulässige Stapelhöhe bei Druckrohren aus PE beträgt 1 Meter.

Verlegeprofil

Grabenprofile für PE Wasserleitungen haben grundsätzlich das selbe Aussehen wie Grabenprofile für andere Rohrleitungsmaterialien und sind gemäss SIA-Norm 190 zu erstellen.

Überdeckungshöhe H

Der Rohrgraben ist so auszuheben, dass alle Teile der Rohrleitung in frostfreier Tiefe verlegt werden können. Die Überdeckungshöhe soll mindestens 1.0 m betragen. Normalerweise wird eine Überdeckungshöhe von 1.3 m angestrebt.

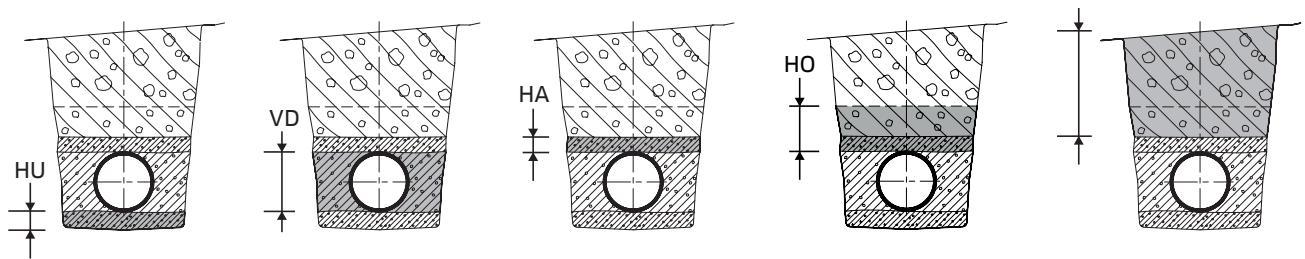
Grabenbreite SB

Die Mindestgrabenbreite ergibt sich aus den zwei seitlichen Arbeitsräumen (a und a') und dem Rohrdurchmesser. Anforderungen an die Arbeitssicherheit sind gemäss BauAV und SUVA-Richtlinien zu berücksichtigen.

Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit der Rohrennweite gemäss SIA 190

Nennweite der Rohre d _n	Mindestgrabenbreite SB = a + d _n + a'	
	a in m	a' in m
≤ 350	0.25	0.25
> 350 bis ≤ 700	0.35	0.35
> 700 bis ≤ 1200	0.425	0.425

Rohrumhüllung



Anforderungen an das Umhüllungsmaterial

Die Rohrzone bis mindestens 0,3 m über dem Scheitel ist von Hand einzufüllen und gut zu verdichten, bis zu einer Proctordichte von 95%. Folgende Verfüllmaterialien können verwendet werden:

- Ungebrochener Betonkies 0 - 16 mm
- Brechsand bis 6 mm
- Kiesersatzmaterialien

Die Verwendung von Kiesersatzmaterialien, wie zum Beispiel gebrochenes Glas, ist in der Empfehlung SVGW GW 1000 für Kunststoffrohre wie folgt geregelt: «Die Lebensdauer der im Einflussbereich des Ersatzmaterials vorhandenen Rohrleitungen darf im Vergleich zu einer Sand- oder Kiesbettung nicht negativ beeinflusst werden. Die maximale Korngrösse des Glasbruchmaterials darf wegen zunehmender Scharfkantigkeit 5 mm nicht überschreiten. Das gebrochene Glas muss aus kantengerundeten Körnern bestehen. Im Einbettungsbereich soll die maximale Korngrösse 5 mm nicht überschreiten». Bei Verwendung von anderen Materialien werden Rohrschutzmatten oder Schutzrohre eingesetzt.

Bettungsschicht HU

Die Bettungsschicht ist die Unterlage der Leitung, welche die flächenhafte Auflagerung des Rohres und das korrekte Gefälle sicherstellt.

Die Höhe der Bettungsschicht HU beträgt im Minimum:

- 100 mm bei normalen Bodenverhältnissen
- 150 mm bei Fels oder festgelagerten Böden

Im Muffenbereich ist eine entsprechende Vertiefung auszunehmen, damit das Rohr auf der gesamten Länge sauber aufliegen kann.

Falls die Grabensohle eine zu geringe Tragfähigkeit aufweist, können folgende Massnahmen in Betracht gezogen werden:

- Zusätzlicher Bodenaustausch
- Stabilisierung des Bodens
- Holzlage (im Grundwasserbereich imprägnierte, mit Konservierungsmittel behandelte Hölzer verwenden)
- Geotextile, reduzieren ungleichmässige Setzungen

Allfällige Auflager des Rohres wie z.B. Kalksandsteine sind zu entfernen. Auflager aus Holz dürfen nicht unter dem Rohr verbleiben, da die Hölzer durch Wasseraufnahme quellen und zu Eindrücken in den Rohren führen.

Verdämmung VD

Seitliche, verdichtete Auffüllung zwischen Grabenwand und Leitung bis OK Rohr. Die Verdichtung soll mit geeigneten

Werkzeugen oder Geräten ohne maschinellen Einsatz erfolgen. Allfällige Spriessung des Grabens muss gleichzeitig mit der Verdämmung gezogen werden. Bei Kunststoffrohren ist die Qualität der seitlichen Verdichtung wichtig. Darum ist ein lagenweiser Einbau zwingend. Bedingt durch die Platzverhältnisse kann die Verdichtung mit dem Fuss oder dem Handstamper erfolgen. Dementsprechend ist die Tiefenwirkung der Verdichtung auf ca. 10 - 15 cm begrenzt. Beim Einsatz von Verdichtungsgeräten ist darauf zu achten, dass die verlegte Leitung nicht aus der Lage verschoben wird. Die Verdämmung sollte so ausgeführt werden, dass das Eindringen von Material der Leitungszone in den anstehenden Boden verhindert wird. Unter Umständen kann die Verwendung von Geotextilien erforderlich sein.

Abdeckung HA

Die Materialschicht über dem Rohr wird aus dem selben Material und der selben Qualität wie die Verdämmung ausgeführt.

Der Mindestwert der Abdeckung beträgt über dem Rohr 150 mm und über der Muffe mindestens 100 mm.

Schutzschicht HO

Die Schutzschicht verhindert Beschädigungen des Rohres durch grosse dynamische Kräfte während des Einfüllens und Verdichten des Grabens. Im Bereich der Schutzschicht werden die Materialien von Hand eingebracht.

Die Höhe der Schutzschicht HO richtet sich nach den Verdichtungsgeräten, die zum Einsatz gelangen. Die Mindesthöhe beträgt 30 cm.

Verfüllung

Die Gräben dürfen erst aufgefüllt werden, wenn die Leitung von der Bauleitung kontrolliert worden ist. Die Höhe der Auffüllung über dem Rohrscheitel, in die nur von Hand verdichtet werden darf, richtet sich nach der Schutzschicht.

Das Material für die Auffüllung sowie die Verdichtungsgeräte sind so zu wählen, dass weder an der Rohrleitung noch bei angrenzenden Bauteilen Beschädigungen oder spätere Setzungen eintreten können.

Die Auffüllung und Verdichtung innerhalb des Strassenbereichs muss in gleichmässigen Schichten erfolgen. Verdichtungswerte lassen sich in den Normen SNV 640'585 und SNV 640'588 finden.

Bei Auffüllungen im Kulturland ist die Kulturerde in der ursprünglichen Dicke einzubringen und die Auffüllung, sofern keine Verdichtung vorgeschrieben ist, den erwartenden Setzungen entsprechend zu erhöhen.

Verlegung im Schutzrohr

Als Schutz gegen äussere Einflüsse können die Druckrohre in gewellten Schutzrohren verlegt werden. Dies ermöglicht den Einsatz von gebrochenem Bettungsmaterial.

Beim Schutzrohr ist ein nachträglicher Einzug der Druckrohrleitung möglich. Gewellte Schutzrohre mit Klickmuffen sind in den Farben Blau für Wasser, Gelb für Gas und schwarz mit Streifen bei uns erhältlich.



Verlegung in Baugruben

Müssen Leitungen im Bereich von Baugruben oder instabilem Gelände verlegt werden, ist die Grabensohle vorgängig mechanisch zu verdichten und gegebenenfalls mit Bindemittel zu stabilisieren.

Bei Hauseinführungen ist im Bereich der Baugrube die Leitung mit einem Betonriegel gegen Senkung und Abscherung zu schützen, wenn durch andere Massnahmen ein Absenken der Leitung nicht vermieden werden kann.

Hauseinführung

Ein direktes Einmauern des Kunststoffrohres ist nicht zulässig. Für Hauseinführungen sind spezielle Formstücke zu verwenden. Solche sind zugfest, gas- und wasserdicht einzumauern bzw. mit spezieller Masse zu vergiessen.

Richtungsänderungen

Für Richtungsänderungen können folgende Elemente verwendet werden:

- gespritzt Formstücke gespritzt
- aus Segmenten zusammengeschweisste Formstücke
- Rohrbogen

Ferner kann das Rohr als solches gebogen werden. Die minimalen Biegeradien sollten dabei nicht unterschritten werden. Die minimalen Biegeradien für dickwandige Druckrohre werden begrenzt durch die Randfaserdehnung, die aus der Summe aller Beanspruchungen 2.5% nicht überschreiten soll. Daher ist der zulässige Biegeradius für dickwandige Rohre von der Rohrserie unabhängig.

Zulässige Biegeradien (mm) für Rohre aus PEHD:

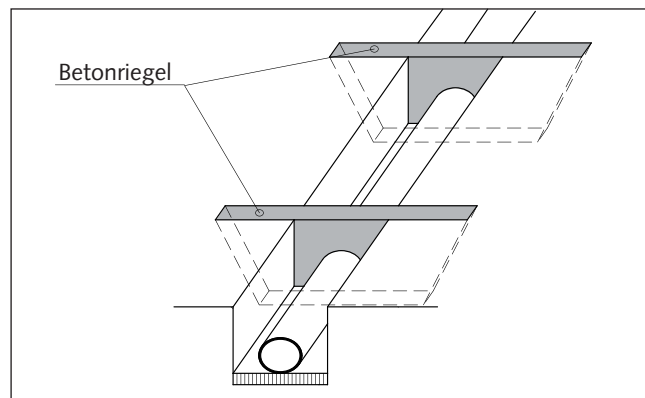
Serie	zulässiger minimaler Biegeradius		
	20° C	10° C	0° C
8	20 d _n	35 d _n	50 d _n
5	20 d _n	35 d _n	50 d _n

Ohne mechanische Hilfen lassen sich die Rohre nicht auf diese engen Radien biegen.

Steilleitungen

Bei starken Gefällstrecken muss durch den Einbau von Betonriegeln das Ausschwemmen des Feinmaterials aus der Rohrumhüllung verhindert werden. Zudem müssen entstehende Längskräfte auf den gewachsenen Boden übertragen werden. Wegen der geringen Haftung des Betons auf dem Kunststoff werden Elektroschweissmuffen aufgeschweisst und als Haltepunkte mit einbetoniert.

Es ist darauf zu achten, dass sich hinter dem Riegel durch abfliessendes Grundwasser kein Wasserdruck aufbauen kann. Eventuell müssen Durchflussmöglichkeiten im Sohlenbereich geschaffen werden.



Einmessen der verlegten Rohrleitung

Bevor die verlegte Leitung zugedeckt wird, ist sie einzumessen und auf den entsprechenden Plan zu übertragen. Darstellungsarten und Beispiele finden Sie in den Richtlinien W4 des SVGW.

Erdung

Weil PE zu den Nichtleitern zählt, müssen Installationen, sofern erforderlich, mit Fundamenterdern gemäss Vorschriften des VSE abgesichert sein.

Die ganze Erdung von Kunststoffrohrleitungssystemen muss mit dem zuständigen Elektrizitätswerk abgesprochen werden. Lösungsmöglichkeiten für die Erdung mit und ohne Benützung des Wasserleitungsnetzes werden in der Norm SN 414'118 (Leitsätze des SEV) umschrieben.

Ortungs- und Warnbänder

Kunststoffrohrleitungen lassen sich mit den heutigen technischen Möglichkeiten problemlos orten. Bei Bedarf können auch Ortungsbänder mitverlegt werden. Sofern ein Warnband mitverlegt wird, sollte dieses mindestens 30 cm über dem Rohrscheitel liegen.

Temperatureinfluss

Temperaturbedingte Längenänderungen sind zu berücksichtigen. Direkte Sonneneinstrahlung auf das Rohr vor dem Überdecken sollte vermieden werden. (Berechnung von Längenausdehnungen siehe freigelegte Leitungen).

Verhalten beim Einfrieren

PE Rohre werden durch die Volumenvergrößerung von gefrorenem Wasser nicht beschädigt. Rohre aus Metall können in solchen Fällen bersten. In Rohrleitungen eingefrorenes Wasser ist mit Sorgfalt aufzutauen (siehe Kapitel: isolierte Leitungen).

Freiverlegte Leitungen

Dank dem guten UV-Schutz und der Verschweißbarkeit ist Polyethylen prädestiniert für den Einsatz von freiverlegten Leitungen.

Einfluss der Temperatur

Bei freiverlegten Leitungen muss auf den Einfluss der Temperatur Rücksicht genommen werden. Entgegen metallischen Werkstoffen ist das Spannungs-Dehnungs-Verhalten von thermoplastischen Kunststoffen stark abhängig von der Temperatur sowie der Geschwindigkeit der Temperaturwechsel. So sind der Längenänderungskoeffizient und der E-Modul über den Temperaturbereich von -20° C bis +60° C nicht konstant. Viskoelastische Werkstoffe haben die Fähigkeit, auftretende Spannungen über die Zeit abzubauen (Relaxation). Entscheidend dabei ist, wie schnell der Temperaturwechsel erfolgt. Dies wird dazu führen, dass die Spannungen bei langsam steigenden Temperaturen nicht unbedingt zunehmen. Unterstützt wird dieses Verhalten durch die Tatsache, dass der E-Modul mit steigenden Temperaturen abnimmt. Beeinflusst wird das thermische Verhalten ebenfalls durch die Innentemperatur des Rohres. Bei relativ konstanter Temperatur des fließenden Mediums wird der Einfluss der äusseren Temperaturen gedämpft.

Es zeigt sich, dass eine exakte Berechnung der zu erwartenden Längenänderung und Kräfte relativ komplex wird. Die theoretisch errechneten Werte werden in der Praxis normalerweise unterschritten.

Zu berücksichtigen gilt, dass die Längenänderung sowie die Zug- und Druckkräfte sich immer auf eine Ausgangstemperatur (Montagetemperatur) beziehen.

Die Längenänderung wird nach der folgenden Formel errechnet:

$$\Delta L_n = L \cdot \Delta T \cdot \alpha$$

Hierbei bedeuten:

ΔL_n	= Längenänderung	[mm]
L	= Länge der Rohrleitung	[m]
ΔT	= Temperaturdifferenz, ausgehend von der Montagetemperatur	[K oder °C]
α	= Längenänderungskoeffizient für PE 100: $\alpha = 0.18 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$	

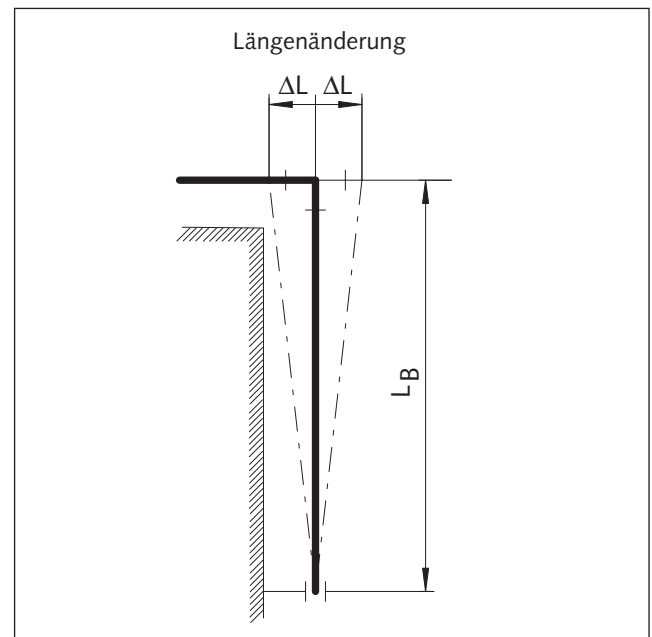
Ist die Betriebstemperatur höher als die Verlegetemperatur, ergibt sich eine Verlängerung der Leitung. Ist sie hingegen niedriger als die Verlegetemperatur, verkürzt sich das Rohr.

Montage mit Biegeschenkel

Durch den niedrigen Elastizitätsmodul von Polyethylen ist die günstige Möglichkeit gegeben, Längenänderungen durch elastische Ausfederungen von dafür vorgesehenen Abschnitten der Rohrleitung aufnehmen zu können.

Die Länge des Biegeschenkels wird im Wesentlichen vom Durchmesser des Rohres und der Grösse der aufzunehmenden Längenänderung bestimmt.

Natürliche Biegeschenkel ergeben sich stets an Richtungsänderungen sowie an Abzweigungen.



Bestimmung der Länge des Biegeschenkels für Rohre aus PE

$$L_B = 10 \sqrt{d_n \cdot \Delta L_n}$$

L_B = Länge des Rohrschenkels
 d_n = Rohraussendurchmesser in mm
 ΔL_n = maximale Längenänderung in mm (+ oder -)

Mit dem Diagramm kann die Länge des Biegeschenkels auf einfache Weise bestimmt werden. Zu beachten gilt es den Durchhang innerhalb des Biegeschenkels. Allfällige Auflager mit möglicher seitlicher Verschiebung sind vorzusehen.

Lösungsbeispiel:

Am Beispiel einer Prozessleitung wird die Handhabung erläutert:

- Rohrlänge vom Fixpunkt bis zur Abzweigung, an der die Längenänderung aufgenommen werden soll: $L = 8 \text{ m}$
- Rohraussendurchmesser: $d_n = 110 \text{ mm}$
- Verlegetemperatur: $T_v = 15^\circ \text{ C}$
- max. Betriebstemperatur: $T_1 = 50^\circ \text{ C}$
- min. Betriebstemperatur: $T_2 = 5^\circ \text{ C}$

Verlängerung bzw. Verkürzung des Leitungsabschnittes während des Betriebes:

$$\Delta L_1 = L \cdot (T_1 - T_v) \cdot \alpha = 8 \cdot (50-15) \cdot 0.18 = +50 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = L \cdot (T_v - T_2) \cdot \alpha = 8 \cdot (15-5) \cdot 0.18 = -14 \text{ mm}$$

1. Verlängerung eines Rohres vorteilhaft mit « + » und Verkürzung mit « - » bezeichnen.

2. Für die Bestimmung der Länge des Biegeschenkels ist das grössere Mass der Längenänderung ΔL_{max} massgebend.

Aus dem Diagramm auf Seite 35 kann nun mit dem errechneten Wert der max. Ausdehnung sowie mit dem festgelegten Rohraussendurchmesser die Biegeschenkel-länge abgelesen werden:

Max. Längenänderung	$\Delta L =$	50 mm
Rohraussendurchmesser	$d_n =$	110 mm
Biegeschenkel-länge (aus Diagramm)	$L_B =$	750 mm

Starre Montage

Eine Kunststoffrohrleitung kann auch gezwängt erstellt werden. Das heisst, dass die Längenänderung des Rohres verhindert wird und die so entstehenden Kräfte durch Fixpunkte aufgenommen werden müssen. Der niedrige E-Modul ergibt im Vergleich zu metallischen Werkstoffen geringere Kräfte. Zudem gelten dieselben Gesetzmässigkeiten, sodass die errechneten Kräfte in der Praxis kaum auftreten.

Nachfolgend werden nur die Berechnungen der Längskräfte infolge Temperaturunterschied und Innendruck aufgezeigt. In der Praxis müssen ferner konstruktiv bedingte Kräfte mitberücksichtigt werden.

Längskräfte infolge Temperaturunterschied

Die Längskräfte errechnen sich aus der Temperaturdifferenz und den Rohrdaten. Die entstehenden Längskräfte sind bei starrer Montage von der Leitungslänge unabhängig!

$$F_T = \sigma \cdot A_R$$

$$F_T = \text{Längskraft, Zug oder Druck}$$

infolge Temperaturunterschied [N]

$$\sigma = \text{Spannung in der Rohrwandung}$$

durch behinderte Längenänderung [N/mm²]

$$A_R = \text{Rohrwandringfläche } \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_i^2) \quad [\text{mm}^2]$$

Als Grundlage zur Spannungsberechnung dient das Hooksche Gesetz.

$$\sigma = E_R \cdot \varepsilon$$

$$E_R = \text{E-Modul; um schnelle Temperaturwechsel berücksichtigen zu können, empfiehlt es sich, für PE mit einem Mittelwert von } E_{R,mittel} = 500 \text{ N/mm}^2 \text{ zu rechnen} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\varepsilon = \text{Dehnung} = \text{Längenänderung pro Längeneinheit}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad [\text{mm/mm}][\text{-}]$$

$$\Delta L = \alpha \cdot L^I \cdot \Delta T$$

$$\alpha = \text{Längenänderungskoeffizient}$$

für PE 100 $\alpha = 0.18$ [mm/m · K]

$$L = \text{Betrachteter Rohrabschnitt in} \quad [\text{mm}]$$

$$L^I = \text{Betrachteter Rohrabschnitt in} \quad [\text{m}]$$

$$\Delta T = \text{Temperaturdifferenz ausgehend von der Verlegetemperatur, je nach dem Druck oder Zug}$$

Längskräfte infolge Innendruck

$$F_p = \frac{\pi \cdot d_i^2 \cdot p \cdot \mu}{40} \quad [\text{N}]$$

$$d_i = \text{Rohrinnendurchmesser} \quad [\text{mm}]$$

$$p = \text{Innendruck} \quad [\text{bar}]$$

$$\mu = \text{Querdehnungszahl für PE} = 0,4 \quad [-]$$

Rohrschellenabstände

Rohrschellenabstände infolge Durchbiegung

Massgebend für die Rohrschellenabstände ist die tolerierte Durchbiegung der Leitung. Zu berücksichtigen sind auch eventuelle Auflasten (z.B. Schnee).

Die Berechnung der Rohrschellenabstände beruht auf der Formel für die Durchbiegung eines Durchlaufträgers.

$$f = \frac{q \times L_{RS}^4}{384 E_{R,lang} I}$$

$$L_{RS} = \sqrt[4]{\frac{384 \times E_R \times I}{q} \times f}$$

$$f = \text{Durchbiegung} \quad [\text{mm}]$$

$$L_{RS} = \text{Rohrschellenabstand} \quad [\text{mm}]$$

$$I = \text{Trägheitsmoment Kreisring} \quad [\text{mm}^4]$$

$$I = \frac{\pi \cdot (d_n^4 - d_i^4)}{64}$$

$$d_n = \text{Aussendurchmesser Rohr} \quad [\text{mm}]$$

$$d_i = \text{Innendurchmesser Rohr} \quad [\text{mm}]$$

$$E_{R,lang} = \text{E-Modul als Langzeitwert}$$

empfohlene Rechenwerte für PE bei durchschnittlich 20° C: $E_{R,lang} = 300 \text{ N/mm}^2$

bei direkter Sonneneinstrahlung: $E_{R,lang} = 200 \text{ N/mm}^2$

$$q = \text{gleichmässige Belastung aus Eigengewicht und Nutzlast}$$

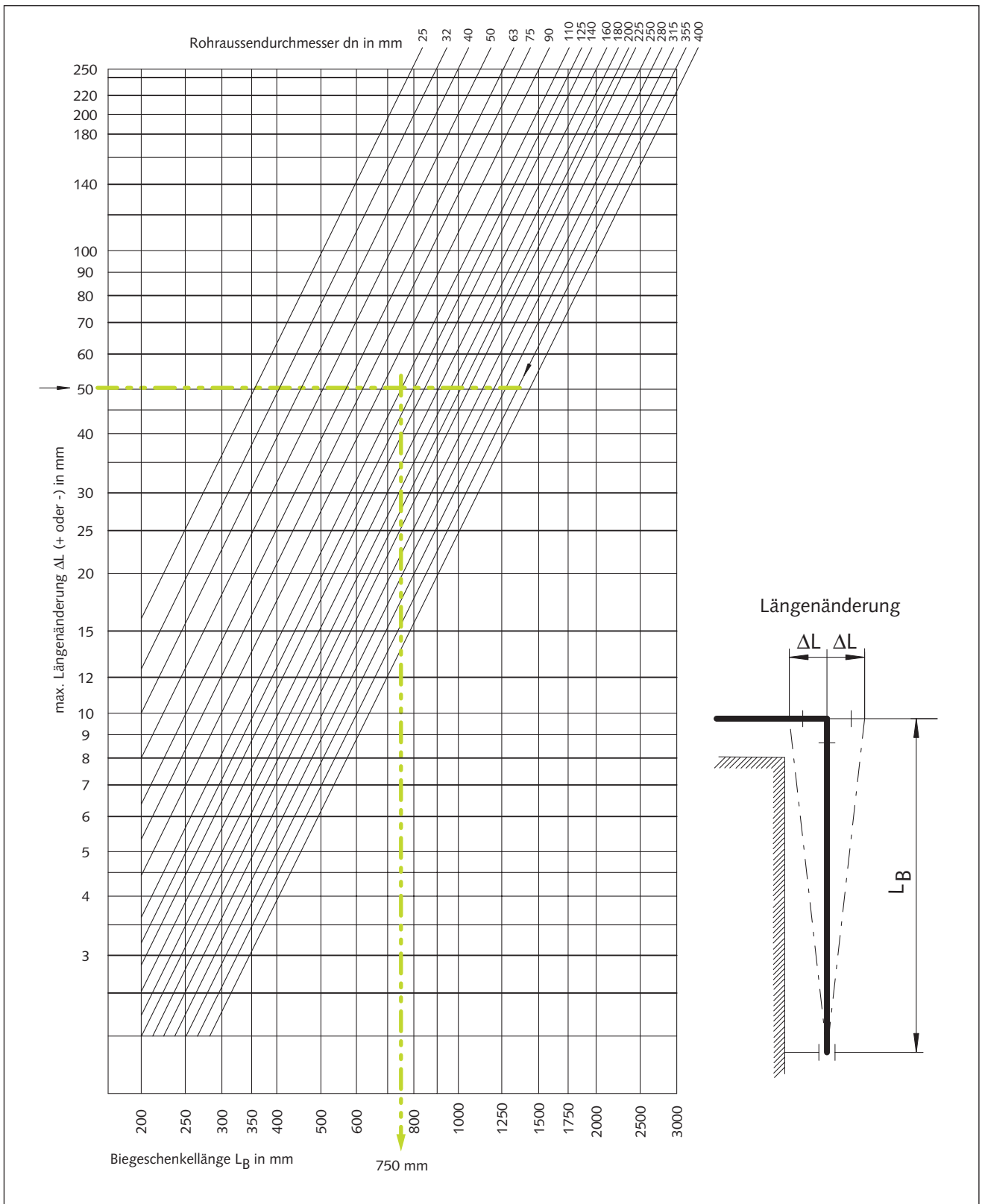
$$q = g + p \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$g = \text{Eigengewicht Rohr siehe Preisliste}$$

$$p = \text{Gewicht Rohrfüllung zuzüglich allfälliger Auflasten auf der Leitung}$$

$$p = \text{für Wasser: } \frac{d_i^2 \cdot \pi}{4 \cdot 10^5} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Diagramm zur Bestimmung der Biegeschenkellänge L_B in Abhängigkeit der Längenänderung ΔL für Rohre aus PE



Für Wasser können die Rohrschellenabstände aus der folgenden Tabelle abgelesen werden. Die Angaben beziehen sich auf eine zulässige Durchbiegung von 10 mm.

Rohrschellenabstände senkrecht verlaufender Leitungen können gegenüber den Tabellenwerten um ca. 30% erhöht werden. Bei höheren Temperaturen sowie bei kleinen Durchmessern kann eine durchlaufende Unterstützung wirtschaftlicher und vorteilhafter sein als eine Befestigung mit Rohrschellen. Die Verlegung in Tragschalen aus metallischen oder duroplastischen Werkstoffen hat sich dabei bewährt.

Rohrschellenabstände [m] in Abhängigkeit von der Temperatur

d _n mm	20° C Aussentemperatur (300 N/mm ²)		direkte Sonnenbe- strahlung (200 n/mm ²)	
	S 8	S 5	S 8	S 5
40	1.46	1.58	1.32	1.43
50	1.63	1.77	1.48	1.60
63	1.84	1.99	1.66	1.80
75	2.00	2.17	1.91	1.96
90	2.19	2.37	1.98	2.15
110	2.42	2.63	2.19	2.37
125	2.58	2.80	2.33	2.53
140	2.73	2.96	2.46	2.68
160	2.92	3.17	2.64	2.86
180	3.10	3.36	2.80	3.04
200	3.26	3.54	2.95	3.20
225	3.46	3.76	3.13	3.40
250	3.65	3.96	3.29	3.58
280	3.86	4.19	3.49	3.79
315	4.10	4.45	3.70	4.02
355	4.35	4.72	3.93	4.27
400	4.62	5.01	4.17	4.53

Rohrschellenabstände infolge veränderter Bewegung

Bei starrer Montage und veränderter Längenausdehnung der Leitung sollten die Rohrschellenabstände auf Knicken untersucht werden.

Folgende Berechnung des zulässigen Rohrschellenabstandes beinhaltet eine Knicksicherheit von 2.0.

$$L_{RK} = \pi \sqrt{\frac{I}{\varepsilon \cdot A_R}}$$

L_{RK} = Rohrschellenabstand infolge Knicken

I = Trägheitsmoment Kreisring [mm⁴]

$$I = \frac{\pi \cdot (d_n^4 - d_i^4)}{64}$$

ε = veränderte Längendehnung aus Temperaturdifferenz

ε = α · ΔT [-]

α = Längenänderungskoeffizient für PE 100 α = 0.18 mm/m · K

ΔT = Temperaturdifferenz ausgehend von der Verlegetemperatur, je nach dem Druck oder Zug

A_R = Rohrringwandfläche [mm²]

Montage mit Rohrschellen

Anforderungen an Rohrschellen

Der Innendurchmesser der Rohrschelle muss im befestigten Zustand grösser sein als der Rohraussendurchmesser, um die Längenänderung der Leitung an den dafür bestimmten Stellen nicht zu behindern.

Die Kanten der Innenseite der Rohrschelle müssen so ausgebildet sein, dass eine Beschädigung der Rohroberfläche nicht möglich ist.

Anordnung von Losschellen

Die axiale Bewegung der Rohrleitung darf nicht durch neben der Rohrschelle angeordnete Fittings oder sonstige Durchmesseränderungen behindert werden.

Eine Bewegung der Leitung in mehrere Richtungen wird durch Gleitschellen ermöglicht. Ein am Fuss der Rohrschellen angebrachter Gleitschuh erlaubt auf einer ebenen Unterstütsungsfläche beliebige Verschiebungen. Gleit- oder Pendelschellen werden im Bereich von Richtungsänderungen der Leitung notwendig, wenn eine Verschiebbarkeit sichergestellt werden muss.

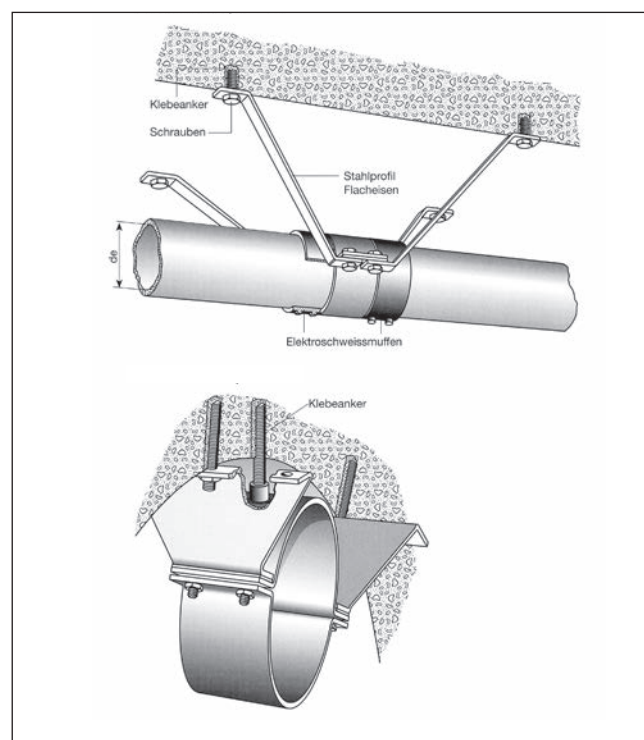
Anordnung von Fixpunktroherschellen

Durch die Anordnung der Fixpunktroherschellen unmittelbar neben einer Heizwendelmuffe (E-Muffe) wird die Längenänderung der Leitung nur auf einer Seite begrenzt.

Ist es notwendig, die Längenänderung der Leitung nach beiden Seiten zu begrenzen, empfiehlt es sich, die Rohrschelle zwischen zwei E-Muffen anzuordnen oder als Doppelschelle auszubilden.

Damit die aus der Längenänderung der Rohrleitung entstehenden Kräfte aufgenommen werden können, muss die Rohrschelle stabil sein und gut befestigt werden. Pendelschellen sind als Fixpunkte ungeeignet. Die Herstellerangaben sind zu beachten.

Beispiel einer Fixpunktmontage



Rohrbegleitheizung

Trotz Isolation führen lange Verweilzeiten in der Leitung zu hohen Temperaturverlusten. Um ein Einfrieren der Rohrleitung zu verhindern, kann das Mediumrohr, falls erforderlich, werkseitig mit einer Rohrbegleitheizung ausgestattet werden. Die Anschlüsse und Verbindungen sind durch einen Elektrofachmann auszuführen.

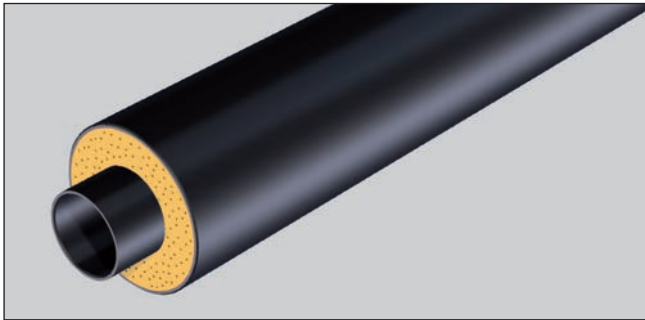
Ausschreibungstexte (Beispiele)

Isolierte Rohrleitung bestehend aus:

- Mediumrohr: JANSEN acqua Druckrohr aus PE 100 RC
d_n 125 mm, S 5, glattendig, in Stangen
à 10 m (falls erforderlich: Rohrbegleit-
heizung mit Thermostat)
- Verbindung: Elektroschweissmuffe
- Schutzrohre: JANSEN bianco Kanalisationsrohr aus PEHD
d_n 200 mm, S 16, spitzendig angefast,
in Stangen à 10 m
- Verbindung: Überschiebemuffen aus PEHD
- Zwischenraum: PUR-Schaum (FCKW-frei)

Isolierter Segmentbogen 45° bestehend aus:

- Mediumrohr: JANSEN acqua Druckrohr aus PE 100 RC
d_n 125 mm, S 5, glattendig, (falls erforder-
lich: Rohrbegleitheizung mit Thermostat)
- Verbindung: Elektroschweissmuffe
- Schutzrohr: JANSEN bianco Kanalisationsrohr aus PEHD
d_n 200 mm, S 16, spitzendig angefast
- Verbindung: Überschiebemuffe aus PEHD
- Zwischenraum: PUR-Schaum (FCKW-frei)



Verlegung

Allgemeines

Die Verlegeprofile isolierter Leitungen sind dieselben, wie bei nicht isolierten Rohren. Die Montage unterscheidet sich jedoch in einigen Punkten:

- Die Überschiebemuffe (ÜM) ist vorgängig auf das Schutzrohr (SR) aufzuschieben.
- Das Mediumrohr (MR) mit der Elektroschweissmuffe verschweißen.
- Bei Verwendung einer Begleitheizung ist deren Verbindung durch einen Fachmann (z.B. Elektriker) auszuführen und zu prüfen.
- Die ÜM über fertig ausgekühlte Verbindung schieben und zentrieren.
- Zur nachträglichen Ausschäumung der Verbindung sind zwei Löcher mit Durchmesser 22 mm durch die ÜM zu bohren.
- Den Hohlraum z.B. mit Dosenschaum ausschäumen. Um Luft einschüsse zu vermeiden, wird der Schaum nur durch ein Loch eingefüllt.
- Nach vollständiger Expansion des Schaumes, der durch beide Löcher austreten sollte, können diese mit PE Verschlusszapfen verschlossen werden.

Aufhängungen

Bei isolierten Leitungen wirkt der Verbund aus Schutzrohr, Mediumrohr und Isolation versteifend, sodass die maximalen Rohrschellenabstände gegenüber den Diagrammwerten theoretisch erhöht werden können.

Ausdehnung

Die Temperatur des fließenden Mediums und somit des Mediumrohres bleibt meistens konstant. Durch den Verbund von Mediumrohr, Isolation und Schutzrohr ergeben sich gegenüber einem einfachen Kunststoffrohr reduzierte Längenänderungen.

Das Mediumrohr wird verschweisst. Die gesamte Längenausdehnung muss an den Auflager- oder Fixpunkten aufgenommen werden.

Die Schutzrohre dehnen sich unabhängig voneinander aus und können in den Überschiebemuffen dilatieren. Durch geeignete Anordnung der Rohrschellen wird ein Verschieben der Überschiebemuffen verhindert.

Richtungsänderungen

Der Verbund aus Mediumrohr, Isolation und Schutzrohr ist sehr starr. Dadurch ist eine mögliche Biegung der Rohre schwer abzuschätzen. Durch das Biegen der Rohre dürfen keine Auswinkelungen und Spannungen in den Verbindungen entstehen.

Bogen können analog den Stangenrohren in isolierter Ausführung hergestellt werden.

Dimensionierung

Der Wärmeverluststrom durch die Isolierung kann nach folgender Formel berechnet werden. Der Einfluss der Rohrwandungen wird nicht berücksichtigt. Bei längeren Standzeiten des Wassers kann das Einfrieren auch mit einer dicken Isolation längerfristig nicht verhindert werden. In diesem Fall empfiehlt es sich, eine Begleitheizung oder ein Stetslauf (permanenter minimaler Durchfluss) vorzusehen, um die Aufenthaltsdauer in der Leitung zu begrenzen.

$$\Phi = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \ln\left(\frac{d_{i2}}{d_{n1}}\right) + \frac{1}{\alpha_a d_{i2}}} \quad [\text{W/m}']$$

- t_1 Temperatur des Mediums im Rohr [K]
- t_2 Temperatur der äusseren Umgebung [K]
- λ Wärmeleitfähigkeit des Isolierstoffes [W/mK]
 $\lambda = 0,03$ W/mK für PUR-Schaum
- α_a Wärmeübergangskoeffizient aussen am Rohr (gemäss Tabelle 1) [W/m²K]
- d_{n1} Aussendurchmesser Mediumrohr [m]
- d_{i2} Innendurchmesser Schutzrohr [m]

Der Temperaturverlust Δt ergibt sich aus dem Massenstrom V , dem Wärmeverluststrom Φ und der spezifischen Wärmekapazität c_p des Mediums.

$$\Delta t = \frac{\Phi}{c_p \cdot v} \quad [\text{K/m}]$$

- Φ Wärmeverluststrom [W/m]
- c_p spezifische Wärmekapazität Medium, für Wasser: $c_p = 4128$ [J/kgK]
- V Massenstrom = Wassermenge Q [kg/s]

Der totale Temperaturverlust ΔT kann aus Δt und der Länge l der Leitung berechnet werden.

$$\Delta T = \Delta t \cdot l \quad [\text{K}]$$

l = Länge der Leitung [m]

Beispiel

Isolierte Leitung bestehend aus:

Mediumrohr: JANSEN acqua Druckrohr aus PE 100
 d_n 200 mm, S 5

Schutzrohr: JANSEN bianco Kanalisationsrohr aus PE
 d_n 315 mm, S 16

Leitungslänge: $l = 200$ m

Wassermenge: $Q = 0.5$ l/s

Massenstrom: $V = 0.5$ kg/s

Temperatur: Medium $t_1 = 7^\circ\text{C}$

Temperatur: äussere Umgebung $t_2 = -20^\circ\text{C}$

$$\Phi = \frac{\pi(t_1 - t_2)}{\frac{1}{2\lambda} \ln\left(\frac{d_{i2}}{d_{n1}}\right) + \frac{1}{\alpha_a d_{i2}}} \quad [\text{W/m}']$$

$$= \frac{\pi(7 - (-20))}{\frac{1}{2 \cdot 0.03} \ln\left(\frac{0.2956}{0.200}\right) + \frac{1}{25.5 \cdot 0.2956}} = 12.77 \text{ W/m}$$

$$\Delta T = \frac{\Phi}{c_p \cdot v} = \frac{12.77 \text{ W/m}}{4128 \text{ J/kgK} \cdot 0.5 \text{ kg/s}} = 0.006 \text{ K/m}$$

$$\Delta T = \Delta T \cdot l = 0.006 \text{ K/m} \cdot 200 \text{ m} = 1.2 \text{ K} = 1.2^\circ\text{C}$$

Endtemperatur $t_1 - \Delta T = 7^\circ\text{C} - 1.2^\circ\text{C} = 5.8^\circ\text{C}$

Die gewählte Isolationsstärke ist genügend. Bei den angenommenen Randbedingungen ist nicht mit einem Einfrieren des Mediums zu rechnen.

Tabelle 1: Der Wärmeübergangskoeffizient α_a in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und Durchmesser (W/m²K)

Windstärke		Aussendurchmesser Schutzrohr in mm				
Beaufortskala	m/s	100	150	200	300	500
1 leiser Zug	0.6 - 1.7	15.3	13.7	12.8	11.6	10.6
3 schwach	3.4 - 5.2	34.2	30.6	28.3	25.5	22.3
7 steif	12.5 - 15.3	68.4	60.9	55.1	48.3	42.9
11 schwerer Sturm	25.2 - 29.0	96.3	83.5	77.7	68.4	60.9

Druckprüfung von Wasserleitungen

Allgemeines zur Druckprüfung

Jede Trinkwasserleitung ist einer Druckprüfung zu unterziehen, um die Dichtheit bzw. ordnungsgemäße Ausführung und den Einbau der Rohre und Rohrleitungsteile sicherzustellen. Die Druckprüfung dient dazu, die Festigkeit und die Dichtheit des gesamten Rohrleitungssystems festzustellen und zu dokumentieren. Auf Grund dieser Prüfung wird ein Protokoll erstellt, das der Abnahme des Objektes dient. Die Druckprüfung ist keine umfassende Verbindungs- bzw. Schweissnahtprüfung. Sie kann eine sorgfältige, kontrollierte Materialwahl und -verarbeitung nur ergänzen. Ergänzende Angaben sind der aktuell gültigen Richtlinie W4 zu entnehmen.

Prüfverfahren und Anwendungsbereich

Es stehen drei grundlegende Prüfmethode zur Verfügung:

- Druckverlustmethode
- Wasserverlustmethode
- Sichtprüfung unter Betriebsdruck (z.B. bei Reparaturen)

Bei der Druckverlust- und der Wasserverlustmethode kommen für neu verlegte PE Wasserleitungen in der Regel folgende Verfahren zur Anwendung:

- das Kontraktionsverfahren für Rohrleitungen aus PE bis Nennweite d_n 400 und Volumen bis 20 m^3
- das Normalverfahren für alle Nennweiten

Im Folgenden wird nur auf das üblicherweise sinnvolle Kontraktionsverfahren eingegangen.

Kontraktionsverfahren für Druckrohrleitungen aus PE

Das Kontraktionsverfahren ist ein schnelles und sicheres Prüfverfahren zur Innendruckprüfung von Druckrohren aus Polyethylen bis Nennweite d_n 400 und einem Leitungsvolumen bis 20 m^3 .

Für Rohrleitungen aus PE 100 SDR 17 sowie für Leitungen mit grossem Volumen $\geq 20 \text{ m}^3$ wird die Anwendung des Normalverfahrens empfohlen. Bei grösseren Volumen ist die Wassermenge zum Hochpumpen dieser Leitungen auf den Prüfdruck innerhalb von 10 Minuten sowie auch zum raschen Ablassen des Drucks zur Einleitung der Kontraktion zu gross.

Festlegen des Prüfabschnittes

Die Druckprüfung ist grundsätzlich mit einem höheren Druck als dem höchsten Systembetriebsdruck MDP durchzuführen. Für Versorgungsnetze ist von einem MDP nicht unter 10 bar auszugehen. Für alle Rohrleitungen ist der Systemprüfdruck STP zu bestimmen. Dieser ist an der tiefsten Stelle zu messen. Bei Höhendifferenzen von mehr als 40 m ist die Leitung in mehreren Teilabschnitten zu prüfen.

Bestimmung des Systemprüfdruckes STP

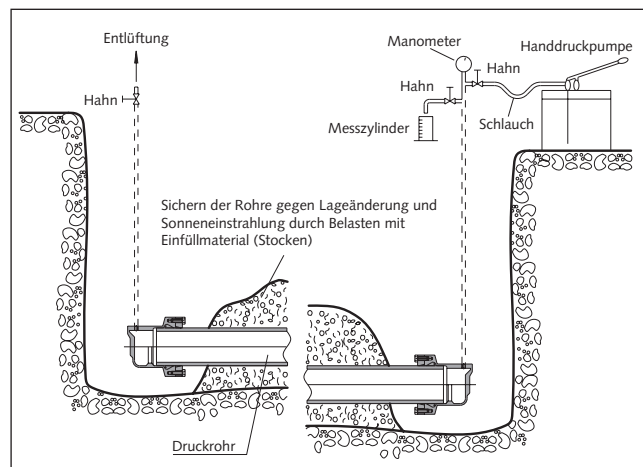
Am höchsten Punkt des Prüfabschnittes	STP min. $1.1 \times \text{MDP}$
Bei eingerechnetem Druckstoss	$\text{STP} = \text{MDP}_c + 1 \text{ bar}$
Bei nicht berechnetem Druckstoss (Kleinerer Wert ist massgebend)	MDP_a min. $\text{DP} + 2 \text{ bar}$ $\text{STP} = \text{MDP}_a \times 1.5 /$ $\text{STP} = \text{MDP}_a + 5 \text{ bar}$
Rohrleitungen aus PE 100 SDR 17	max. 12 bar
Rohrleitungen aus PE 100 SDR 11	max. 21 bar

Abkürzungen:

DP	Systembetriebsdruck (Netzdruck)
MDP	Höchster Systembetriebsdruck (inkl. Druckstoss)
STP	Systemprüfdruck
a	angenommen
c	berechnet
g	gemessen
ab	abgesenkt (Druck), abgelassen (Wasser)
zul	zulässig

Bei der Vorbereitung sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Rohrleitung vor direkter Sonnenbestrahlung schützen; Rohrwandtemperatur max. 20°C
- Rohre gegen Lageveränderung schützen (z.B. Umhüllungsmaterial einbringen)
- Verbindungsstellen der zu prüfenden Leitung gut zugänglich halten
- Absperrarmaturen müssen wasser- und luftdicht sein!



Kontrolle der Luftfreiheit

Der Druckrohrleitung wird ein Wasservolumen entnommen, das einer Druckabsenkung von 1 bis 3 bar entspricht. Das Wasservolumen ΔV_g und der entstehende Druckabfall Δp_g werden gemessen. Die sich aus dem gemessenen Druckabfall Δp_g theoretisch ergebende Volumenänderung ΔV_{zul} bei Luftfreiheit wird mit der tatsächlich gemessenen Wassermenge ΔV_g verglichen.

Eine Leitung ist ausreichend luftfrei, wenn:

$$\Delta V_g \leq \Delta V_{zul}$$

ΔV_g gemessenes Wasservolumen in ml

ΔV_{zul} maximal zulässiges Wasservolumen in ml

Druckabsenkung Δp_g

PE 80	S 5, SDR 11	2.2 bar
PE 80	S 3.2, SDR 7.4	3.6 bar
PE 100	S 8, SDR 17	2.0 bar
PE 100	S 5, SDR 11	3.2 bar

Berechnung des zulässigen Wasservolumens V_{zul}

$$\Delta V_{zul} = 0.1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot d_i^2 \cdot L}{4} \cdot \Delta p_g \cdot \left(\frac{1}{K_w} + \frac{d_i}{E_r \cdot e} \right)$$

$$\Delta V_{zul} \leq V_k \cdot L \quad (V_k \text{ siehe Tabelle unten})$$

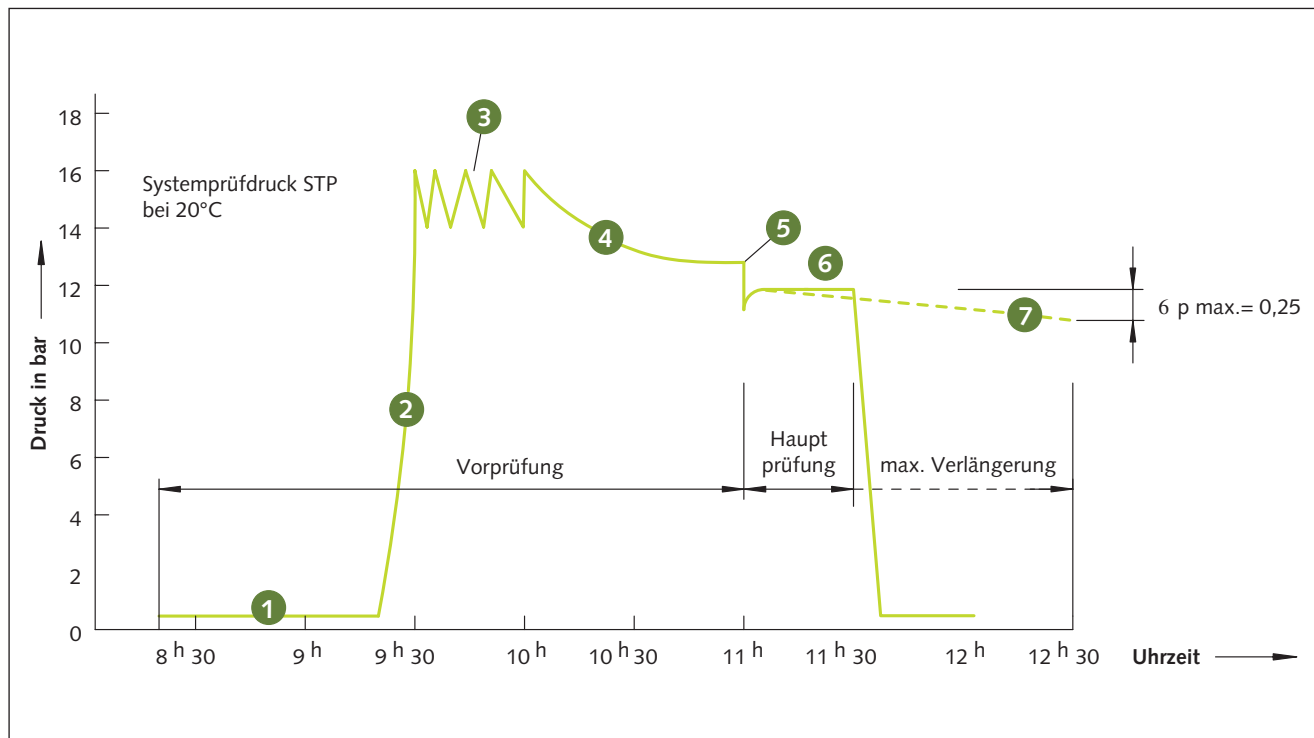
- f Ausgleichsfaktor für unvermeidliche Luftreste (f = 1.05)
- d_i Rohrrinnendurchmesser in mm
- L Länge des Prüfabschnittes in m
- Δp_g gemessene Druckabsenkung in bar
- K_w Kompressionsmodul von Wasser = 2027 N/mm²
- E_r Elastizitätsmodul PE (gemäss Definition SVGW W4)
80 = 800 N/mm² / PE 100 = 1200 N/mm²
- e Rohrwandstärke in mm
e = (e_n + e_n * 0.1 + 0.2) * 0.5
(Korrekturfaktor für Toleranzwerte der Wanddicken)

Maximal zulässiges Wasservolumen V_k in ml pro Meter Leitungslänge während der Druckabsenkung

OD / d_n	PE 80 (S 5 / SDR 11)	PE 80 (S 3.2 / SDR 7.4)	PE 100 (S 8 / SDR 17)	PE 100 (S 5 / SDR 11)
32	1.29	0.98		1.28
40	1.96	1.54		1.95
50	3.12	2.41		3.10
63	4.98	3.94		4.95
75	7.28	5.53	8.30	7.22
90	10.43	8.07	12.01	10.35
110	15.70	11.98	18.02	15.57
125	20.20	15.61	23.76	20.04
140	25.60	19.50	29.81	25.38
160	33.17	25.61	38.93	32.90
180	42.13	32.55	49.26	41.79
200	52.17	40.01	60.81	51.74
225	65.96	50.77	76.96	65.41
250	81.95	62.80	95.90	81.27
280	103.04	78.85	120.17	102.17
315	130.31	99.79	151.94	129.22
355	165.88	127.21	192.81	164.48
400	210.54	161.25	246.02	208.76

Durchführung der Kontraktionsprüfung

- 1 Entspannungphase**
Nach dem Befüllen und Entlüften der Wasserleitung ist der Prüfabschnitt während 60 Minuten drucklos zu halten. Die Rohrtemperatur darf während des ganzen Prüfungsverlaufes nicht mehr als 20° C betragen.
- 2 Druckaufbau**
Den Systemprüfdruck STP innerhalb von 10 Minuten aufbauen, bei längeren Leitungsabschnitten notfalls mit einer Motorpumpe.
- 3 Druckhaltephase**
Der Systemprüfdruck STP wird während 30 Minuten durch stetes Nachpumpen gehalten.
- 4 Ruhephase**
Anschliessend folgt eine einstündige Ruhephase. In dieser Zeit verformt sich die Leitung viskoelastisch. Innerhalb 60 Minuten darf der STP max. 20% absinken.
Anmerkung: Zu grosser Druckabfall deutet auf eine Undichtheit oder auf eine unzulässige Rohrwandtemperatur hin. Falls dies zutrifft, ist die Prüfung zu wiederholen.
- 5 Druckabsenkung / Druckabfallprüfung (Entlüftungskontrolle)**
Zur Unterbrechung der weiteren viskoelastischen Dehnung der Leitung wird der Druck innerhalb von max. 2 Minuten abgesenkt. Die sich aus dem gemessenen Druckabfall theoretisch ergebende Volumenänderung bei Luftfreiheit wird mit der tatsächlich gemessenen Wassermenge ΔV_g verglichen. Eine Leitung ist ausreichend luftfrei, wenn die gemessene abgelassene Wassermenge kleiner ist als das berechnete maximal zulässige Wasservolumen ΔV_{zul} .
- 6 Hauptprüfung**
Die Leitung gilt als dicht, wenn im Verlauf der 30-minütigen Kontraktion die Drucklinie eine steigende bis gleichbleibende Tendenz aufweist.
- 7 Verlängerte Hauptprüfung**
In Zweifelsfällen kann die Prüfung um 1 Stunde auf 1½ Stunden verlängert werden. Dabei darf der Druckabfall nicht mehr als 0,25 bar vom höchsten, erreichten Wert nach der Druckabsenkung betragen. Die Ergebnisse des Prüfungsverlaufes sollten ständig aufgezeichnet und protokolliert werden.



Protokoll siehe www.vkr.ch

Fließformeln

Für die praktische Anwendung wird die Reibungsformel mit der Formel für die Verlusthöhe kombiniert. Dies ergibt die Geschwindigkeitsformel.

Fließformel nach Prandtl-Colebrook

$$|v| = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot d_i} \cdot Je \cdot \log \left(\frac{kb}{3.71 \cdot d_i} + \frac{2.51 \cdot v}{d_i \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot d_i} \cdot Je} \right)$$

Wobei:

v	= mittlere Fließgeschwindigkeit	[m/s]
g	= Erdbeschleunigung	9.81 [m/s ²]
Je	= Energieliniengefälle	[-]
d _i	= Rohrinne Durchmesser	[m]
kb	= Rauigkeitswert	0.1 • 10 ⁻³ [m]
v	= kinematische Zähigkeit	1.31 • 10 ⁻⁶ [m ² /s]

Bei einer vorgewählten Geschwindigkeit lässt sich entsprechend das Energieliniengefälle Je berechnen. Je = 0.03 entspricht 3 m/100 m, entspricht 0.3 bar Druckverlust auf 100 m Leitungslänge.

Die Berechnungen basieren auf Annäherungen und Versuchen, die praxisnahe Ansätze beinhalten, und somit praxisnahe Lösungen bringen. Sie können aber nie exakte Resultate liefern. Dementsprechend sind die Resultate zu relativieren.

Die Durchflussleistung ergibt sich wie folgt:

Q	= v • A	
Q	= Wassermenge	[m ³ /s]
v	= mittlere Geschwindigkeit	[m/s]
A	= Rohrinnequerschnitt	[m ²]

Die Bestimmung der Geschwindigkeit oder der Druckverlusthöhe bei gegebenem Durchflussvolumen lässt sich am besten anhand eines Nomogrammes herauslesen.

Randbedingungen

Als Richtgrößen für die Dimensionierung können folgende Werte verwendet werden:

- Die Fließgeschwindigkeit sollte im Verteilnetz auf max. 1 m/s dimensioniert werden.
- Hauptleitungen werden auf max. 2 m/s dimensioniert.
- Die Minimalgeschwindigkeit sollte grösser als 0.03 m/s sein.

Materialkennwerte

Man unterscheidet zwischen der Materialrauigkeit, Wandrauigkeit und der betrieblichen Rauigkeit.

Materialrauigkeit

Kunststoff hat gemäss Angaben aus der Fachliteratur eine Materialrauigkeit von 0.007 mm. Diese Werte finden sich zum Teil auch in Normen und Tabellen.

Dieser Wert hat aber mit der praktischen Anwendung wenig zu tun.

Wandrauigkeit

Die Wandrauigkeit wirkt im Zusammenspiel mit verschiedenen Faktoren, wie z.B. Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsart (laminar, turbulent), oder Temperatur und Viskosität des Medium (Wasser).

Da in der Praxis wechselnde Verhältnisse vorkommen, kann keine allgemein gültige Aussage gemacht werden. Zudem ist die Wandrauigkeit nur auf das Rohr bezogen und nicht auf ein System in Kombination mit Abgängen etc.

Betriebliche Rauigkeit

Untersuchungen haben gezeigt, dass der Einfluss der Wandrauigkeit auf den hydraulischen Transport in der Praxis oft eine untergeordnete Rolle spielt. Massgebend sind die Rohrverbindungen, Bögen, Einbauten und Abgänge.

Diese praktischen Einflüsse lassen sich aber schwer in eine rechnerische Grösse fassen.

Somit gibt es je nach Literatur und Untersuchungen eine breite Streuung der Rechenwerte.

Dementsprechend empfehlen wir folgende Werte:

- Für Druckleitungen ohne Anschlüsse kb = 0.1 mm
- Druckleitungen mit seitlichen Anschlüssen kb = 0.5 mm

Nomogramme

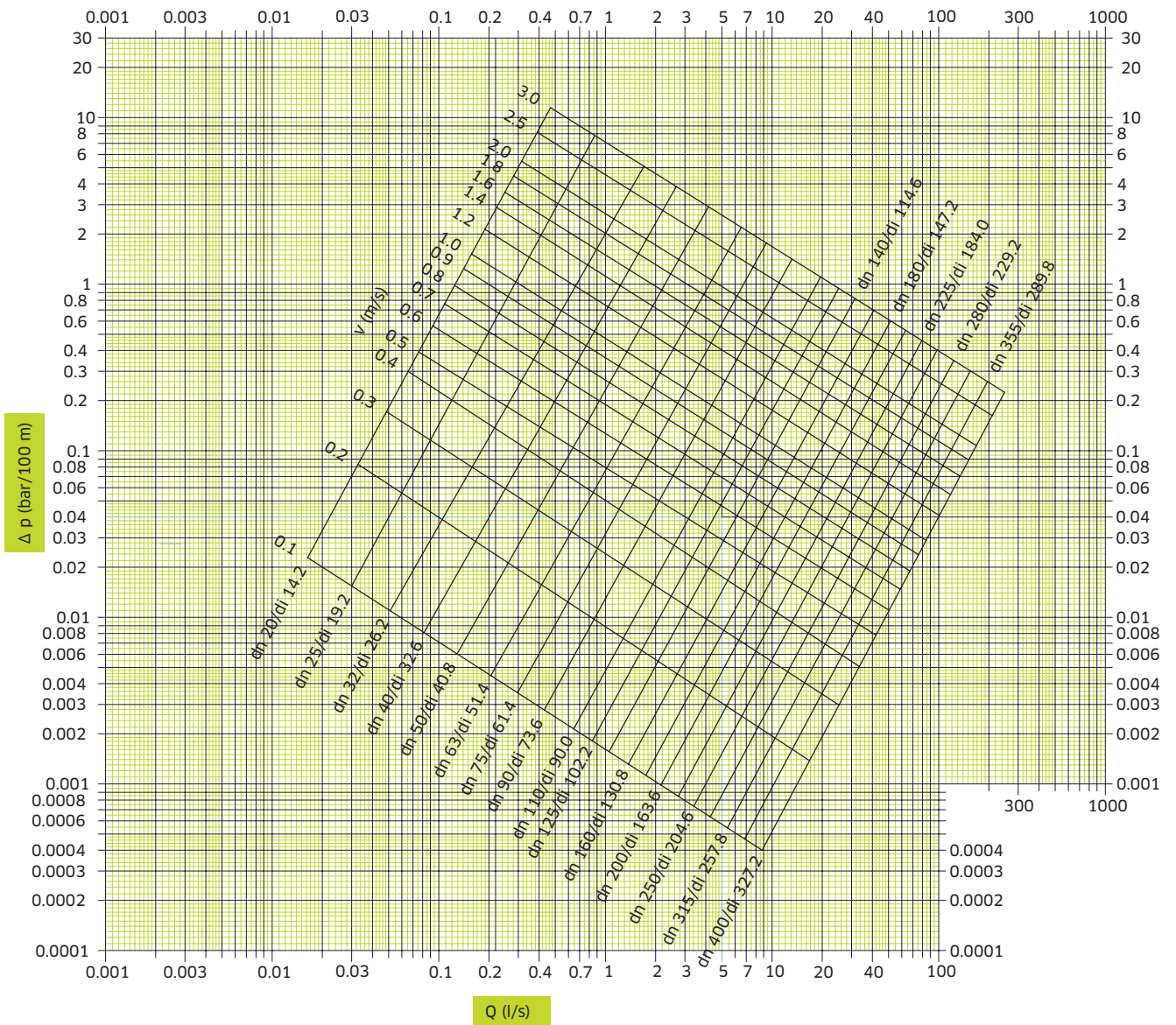
JANSEN Druckrohre Serie 5, SDR 11

Basis:

Fließformel nach Prandtl-Colebrook

Betriebliche Wandrauigkeit $k_b = 0.1 \text{ mm}$

Serie 5 Wasser



Ein vergrößertes Nomogramm finden Sie im Kapitel Verlegetechnik

Nomogramme

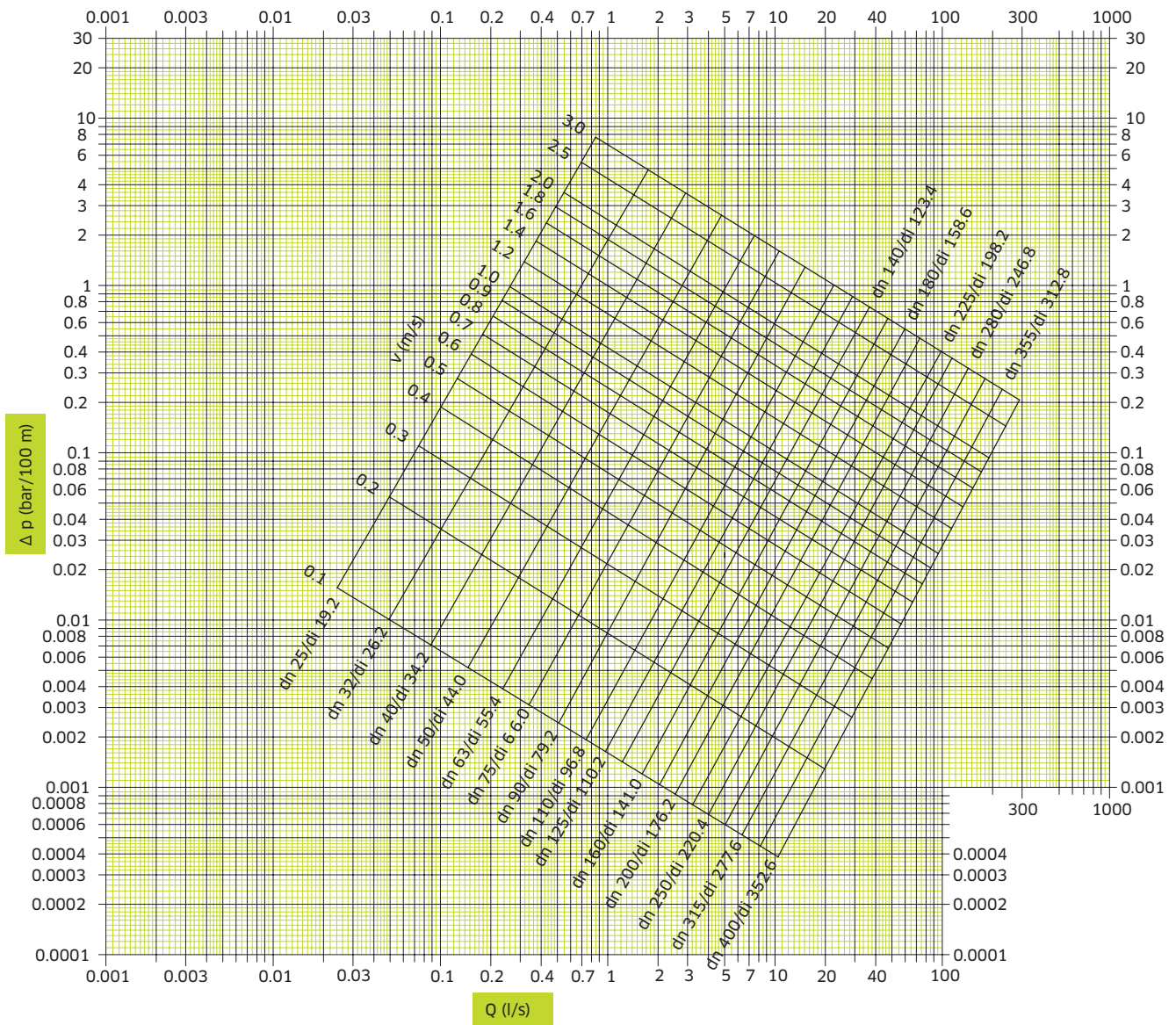
JANSEN Druckrohre Serie 8, SDR 17

Basis:

Fließformel nach Prandtl-Colebrook

Betriebliche Wandrauigkeit $k_b = 0.1 \text{ mm}$

Serie 8 Wasser



Ein vergrößertes Nomogramm finden Sie im Kapitel Verlegetechnik

Dimensionierung Gasrohre

Druckstufen

Die zulässigen Innendruckbelastungen bei Gasleitungen (Erdgas) richten sich in erster Linie nach den Vorgaben des SVGW. Bei den heute verwendeten Rohrmaterialien spielt die Rohrserie eine untergeordnete Rolle.

Zulässiger Innendruck bei Gasleitungen

PE 100 Serie S5 PN 5 bar
PE 100 Serie S8 PN 5 bar

Mit dem maximal zulässigen Druck von 5 bar wird der Gesamtbetriebskoeffizient (Sicherheitsfaktor) von mindestens 2 weit überschritten.

Berechnung der Druckverluste bei Gasleitungen

Gase sind kompressible Medien. Beim Durchströmen einer Rohrleitung erfolgt zusätzlich zum Einfluss der Geometrie der Rohrleitung (Länge, Innendurchmesser), der Rohrreibung und dem Volumenstrom, ein Druckabfall infolge Expansion, welcher massgeblich vom Niveau des Betriebsdruckes abhängt. Für Gasleitungen in Niederdrucknetzen mit einem Betriebsdruck bis 100 mbar kann die Druckverlustberechnung unter der Annahme «raumbeständige Fortleitung» aufgrund des betriebsmässigen Volumenstromes durchgeführt werden. Für höhere Gasdrücke kommt die Berechnungsart «raumveränderliche Fortleitung» zur Anwendung, wobei der auf Normzustand umgerechnete Volumenstrom massgebend ist.

Für die «raumbeständige Fortleitung» bei Niederdruckgasleitungen **A** ($p \leq 100$ mbar) gilt:

$$\frac{\Delta_p}{L} = \Delta^* \cdot a \cdot b \cdot c \quad [\text{bar/km}]$$

$$v = v^* \cdot c \quad [\text{m/s}]$$

Für die «raumveränderliche Fortleitung» bei expandierender Gasströmungen **B** ($p > 100$ mbar) gilt:

$$\frac{p_A^2 - p_E^2}{L} = 2 \cdot \Delta \cdot a \cdot b \quad [\text{bar}^2/\text{km}]$$

$$v = v^* \cdot \left(\frac{1}{p} \right) \quad [\text{m/s}]$$

Berechnungsgrundlagen

Definitionen

		Einheit
a	Berichtigungsfaktor für Gasdichten gemäss Tabelle 1 (bezogen auf 0° C, 760 mm Hg)	
b		
c	Berichtigungsfaktor für Höhenlagen gemäss Tabelle 3	
d_n	Rohraussendurchmesser	mm
H	Höhenlage	m ü.M.
L	Leitungslänge	km
p	Absolutwert des Gasdruckes an beliebiger Stelle)	bar
p_A	Absolutwert des Gasdruckes am Leitungsanfang	bar
p_E	Absolutwert des Gasdruckes am Leitungsende	bar
v^*	Geschwindigkeits-Diagrammwert gemäss Nomogramm	m/s
V	Transportvolumen bezogen auf 0° C, 760 mm Hg (Normkubikmeter/h)	nm ³ /h
Δ_p	Druckverlust	bar
Δ	Druckverlustdiagrammwert	bar ² /km
Δ^*	Druckverlustdiagrammwert	bar/km
ρ°	Gasdichte	kg/nm ³
v	Strömungsgeschwindigkeit	m/s

Tabelle 1

ρ° (kg/nm ³)	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
a	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10

Tabelle 2

t (°C)	0	5	10	15	20	25
b	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06

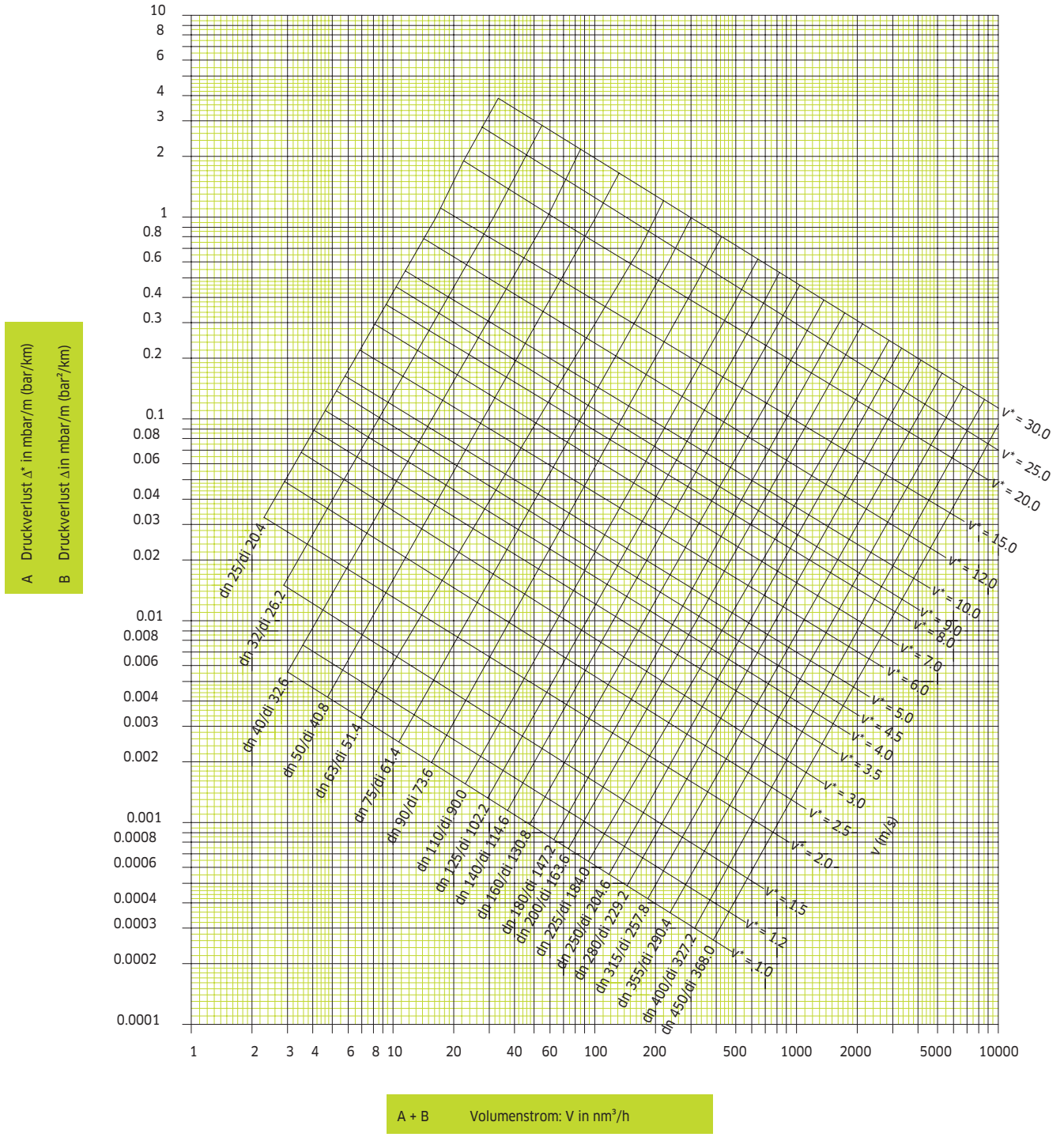
Tabelle 3

H (m ü.M.)	0	250	500	750	1000	1250
c	0.94	0.97	1.00	1.03	1.06	1.09

Nomogramme

JANSEN Gasrohr Serie 5, SDR 11

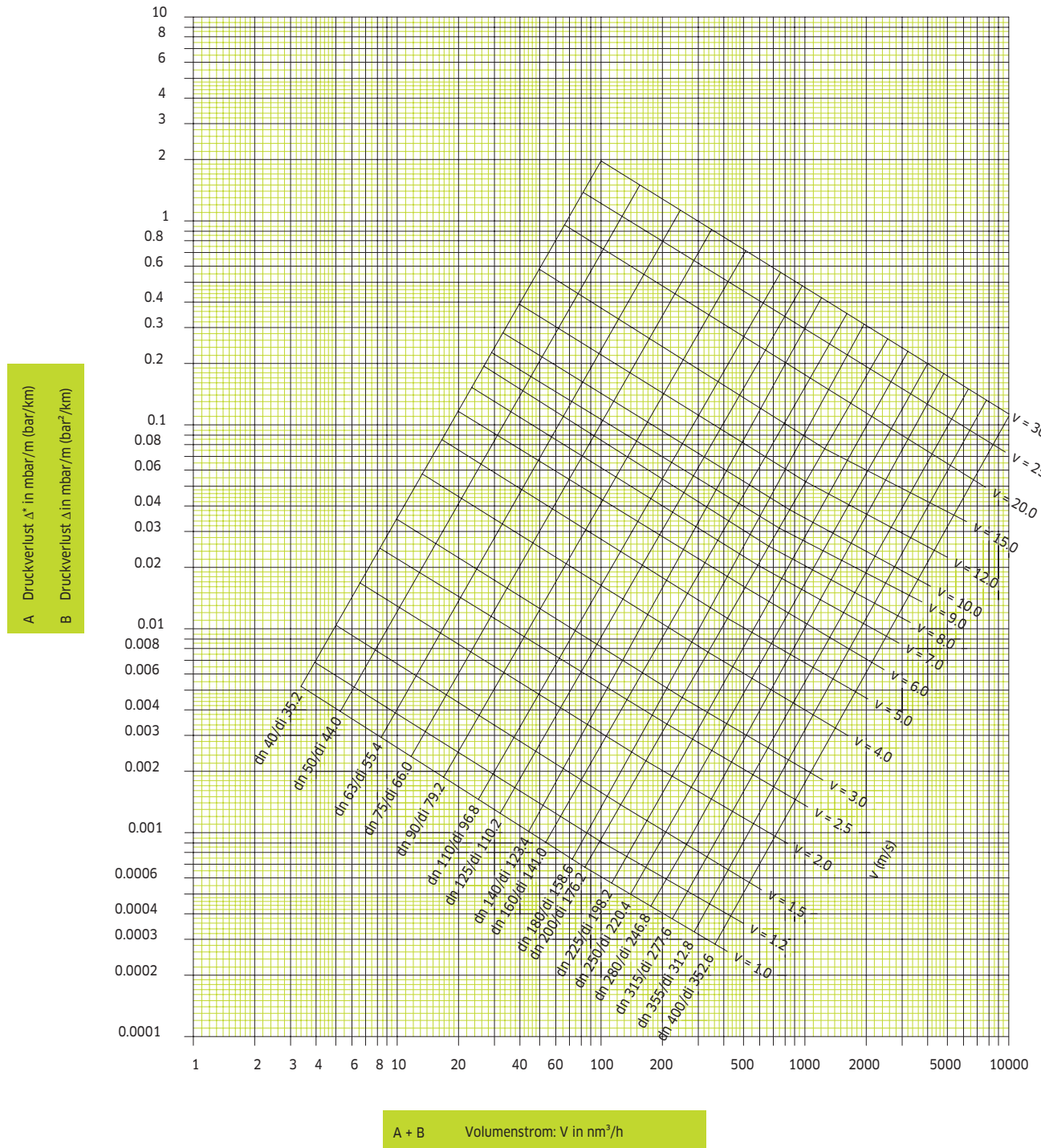
Serie 5 Gas



Nomogramme

JANSEN Gasrohr Serie 8, SDR 17

Serie 8 Gas



Lösungsbeispiel

Gegeben:

Betriebsdruck (Überdruck)	< 100 mbar
Gastemperatur t	10° C
Gasdichte ρ°	0.75 kg/nm ³
Leitungslänge	150 m
Rohrdimension	Serie 5
	$d_n = 110$ mm
Topographische Höhenlage	750 m ü. M.

Gesucht:

Welche Fördermenge V ist zu erwarten, wenn für den Druckverlust max. 2 mbar zur Verfügung stehen?

Lösung:

Druckverlust	$\Delta_p = 0.002$
Aus Tabelle 1 folgt	a = 0.95
Aus Tabelle 2 folgt	b = 1.00
Aus Tabelle 3 folgt	c = 1.03

$$\Delta^* = \frac{\Delta_p}{L} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{1}{b} \cdot \frac{1}{c}$$

$$\frac{0.002}{0.150} \cdot \frac{1}{0.95} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1.03} = 0.014 \text{ bar/km}$$

Aus dem Berechnungsdiagramm resultiert
für d_n 110 mm bei $\Delta^* = 0.014$ bar/km

$$V = 79 \text{ nm}^3/\text{h} \text{ und } v^* = 3.5 \text{ m/s}$$

$$v = v^* \cdot c$$

$$v = 3.5 \cdot 1.03 = 3.6 \text{ m/s}$$

**Die maximale Förderleistung beträgt 79 nm³/h
bei einer mittleren Strömungsgeschwindigkeit von 3.6 m/s**

Jansen AG

Plastic Solutions
Industriestrasse 34
9463 Oberriet
Schweiz
jansen.com

JANSEN