

VKRVerband Kunststoff-Rohre
und -RohrleitungsteileAnwendung von Kunststoff-Rohrsystemen
**Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen
PE80 und PE100**
Leitfaden und Verlegerichtlinien**VKR**
RL 02
07-d

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen

Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen PE80 und PE100

Leitfaden und Verlegerichtlinien

Herausgeber und Copyright:
Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile
CH-5000 Aarau, Schweiz
www.vkr.ch

VKRVerband Kunststoff-Rohre
und -Rohrleitungsteile

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen

**Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen
PE80 und PE100**

Leitfaden und Verlegerichtlinien

**VKR
RL 02
07-d**

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen

Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen PE80 und PE100

Leitfaden und Verlegerichtlinien

Dieser Leitfaden und die Verlegerichtlinien für erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen PE80 und PE100 wurden im Jahr 1997 durch den Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile, VKR, erstmals herausgegeben. Für die Drucklegung der 4. Auflage wurde eine Arbeitsgruppe gebildet, die sich wie folgt zusammensetzte:

- Christoph Keller, JANSEN AG, 9463 Oberriet
- Walter Künnecke, Plastconsult, 4102 Binningen
- Peter Mayer, HAKA.GERODUR AG, 8717 Benken
- Ernst Nyffenegger, Georg Fischer Rohrleitungssysteme AG, 8201 Schaffhausen
- Peter Stauffer, VKR, 5000 Aarau

Die erste Publikation (VKR RL 02-97d) wurde innerhalb aller VKR-Mitglieder einer Vernehmlassung unterzogen und anschliessend vom Vorstand des VKR freigegeben. In der zweiten Auflage (VKR RL 02-99d) wurden einige Punkte der ersten Auflage präzisiert, orthographische Fehler eliminiert und die Daten dem neuesten Stand angepasst. Die dritte Auflage (VKR RL 02-03d) wurde inhaltlich aktualisiert. Ausserdem wurde die Schreibweise der Formeln angepasst. In der vierten Auflage wurden die Änderungen der Bauarbeitenverordnung (BauAV) vom 29. Juni 2005 sowie die Druckprüfung gemäss SVGW-Regelwerk W4-Ergänzungen (Ausgabe 2007) berücksichtigt.

VKR-Mitgliederfirmen, die Rohre und Rohrleitungsteile aus PE80 und PE100 mit SVGW-Zulassungszeichen für erdverlegte Druckleitungen anbieten:

(Quelle: Zertifizierungsverzeichnis SVGW, Januar 2006)

- Georg Fischer Rohrleitungssysteme AG, 8201 Schaffhausen
- Glynwed AG, 8212 Neuhausen am Rheinfall 2
- HAKA.GERODUR AG, 8717 Benken
- Hawle Armaturen AG, 8370 Sirnach
- InterApp AG, 6343 Rotkreuz
- JANSEN AG, 9463 Oberriet
- Plastag SA, 1312 Eclépens
- Polyex AG, 9545 Wängi
- Streng Plastic AG, 8155 Niederhasli / Zürich

Abkürzungen

d_{em}	mittlerer Aussendurchmesser
d_i	mittlerer Innendurchmesser
d_n	nomineller Aussendurchmesser
e_n	nominelle Wanddicke
Electrosuisse	SEV, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik, Fehraltorf
MPa	Megapascal (1 MPa = 1 N/mm ²)
PE	Polyethylen
SVGW	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches, Zürich

Weitere Abkürzungen sind in den betreffenden Abschnitten erläutert.

0 Inhalt		Seite
1	Zweck	5
2	Anwendungsbereich	5
3	Bezugnahmen und mitgeltende Unterlagen	5
4	Allgemeines	5
	4.1 Normen, Richtlinien, Vorschriften	5
	4.2 Gütesicherung und Zulassung	6
	4.3 Oekologische Aspekte	6
	4.4 GVA-Subventionierungsverordnung	6
	4.5 Gewährleistung	6
5	Angaben zur Projektierung	8
	5.1 Polyethylen als Rohrwerkstoff	8
	5.2 Werkstoffeigenschaften	9
	5.2.1 Physikalische Eigenschaften	
	5.2.2 Zeitstandfestigkeit	
	5.2.3 Verhalten gegenüber Chemikalien	
	5.2.4 Physiologische und toxikologische Eigenschaften	
	5.2.5 Diffusion	
	5.2.6 Abrasion	
	5.2.7 Verhalten beim Einfrieren	
	5.3 Einteilung der Rohre und Rohrleitungsteile	11
	5.3.1 Klassifizierung	
	5.3.2 Rohrserien	
	5.3.3 Druckstufen	
	5.4 Statische Berechnung	14
	5.5 Belastung durch inneren <u>Ueberdruck</u>	15
	5.5.1 Wasser	
	5.5.2 Gas	
	5.6 Belastung durch inneren <u>Unterdruck</u> (äusserer Ueberdruck)	16
	5.7 Hydraulische Eigenschaften und Berechnung des Druckverlustes	16
	5.8 Berechnung der Druckverluste bei Gasleitungen	18
	5.9 Längenänderung	20
	5.9.1 Unter der Einwirkung von Temperaturveränderungen	
	5.9.2 Unter der Einwirkung von innerem Druck	
	5.10 Kräfte zwischen Rohr und Befestigung	21
	5.10.1 Bedingt durch Innendruck	
	5.10.2 Bedingt durch Temperaturänderungen	
	5.11 Erdung	23
	5.12 Ortung	23
	5.13 Einmessung und Planaufnahme	23
6	Verlegerichtlinien	24
	6.1 Transport und Lagerung	24
	6.2 Der Rohrgraben	25
	6.2.1 Gestaltung und Form	
	6.2.2 Grabensohle (nach EN: Rohrbettung)	
	6.2.3 Verfüllen des Grabens	

6.3	Grabenlose Verlegearten	27
6.4	Richtungsänderungen und Umlenkungen	27
	6.4.1 Mit Formstücken	
	6.4.2 Durch Biegen des Rohres	
6.5	Verbindungen	29
	6.5.1 Uebersicht	
	6.5.2 Schweissverbindungen	
	6.5.2.1 Hezelement-Stumpfschweissung (HE)	
	6.5.2.2 Elektro-Schweissung (Heizwendelschweissung)	
	6.5.3 Klemmverbindungen	
	6.5.4 Steckverbindungen	
	6.5.5 Flanschverbindungen	
6.6	Anschlüsse und Uebergänge	37
	6.6.1 Uebergänge auf Rohrleitungen aus andern Werkstoffen	
	6.6.2 Anschlüsse an Armaturen	
	6.6.3 Anschlüsse an Hauptleitungen	
	6.6.4 Hausanschlüsse und Mauerdurchführungen	
6.7	Rohrbefestigungen und Abstützungen	40
	6.7.1 Bei Richtungsänderungen, Umlenkungen und Abzweigungen	
	6.7.2 Bei Armaturen	
	6.7.3 In Hanglagen	
6.8	Qualitätssicherung und Prüfungen	41
	6.8.1 Anforderungen an das Verlegepersonal	
	6.8.2 Qualitätsmanagement-Systeme	
	6.8.3 Prüfung der Dichtheit	
	6.8.4 Prüfung der Schweissverbindungen	
	6.8.5 Dokumentation	
6.9	Unterhalt	44
	6.9.1 Reinigung	
	6.9.2 Reparaturen	
	6.9.3 Nachträgliche Interventionen	
6.10	Entsorgung	45
6.11	Sicherheit	45
	6.11.1 Sicherheit gegen elektrischen Schlag durch Elektrowerkzeuge	
	6.11.2 Sicherheit im Graben	
A1	Anhang 1: Rohrabmessungen	47
A2	Anhang 2: Liste der Normen, Richtlinien und Vorschriften	49
A3	Anhang 3: Innendruckprüfung von Wasserleitungen aus PE80 und PE100 nach dem Kontraktionsverfahren	52
A4	Anhang 4: Zulässige zentrische Zugkraft [kN] für Rohre aus PE 80 und PE 100	56

1 Zweck

Diese Richtlinie will dem interessierten Bauherrn, dem Projektierenden und dem Anwender die notwendigen Informationen vermitteln, um in der Auswahl der Rohrsysteme entscheiden zu können, sowie die wesentlichen Bedingungen für die Planung und die allgemein gültigen Verlegevorschriften beschreiben.

Diese Richtlinie enthält keine Garantiezusagen. Sie vermittelt technische Informationen, die dem Stand der Technik am Ausgabetag entsprechen. Sie werden ohne Verbindlichkeit erteilt und befreien den Käufer und Verarbeiter nicht von der Beachtung notwendiger Vorsichtsmassnahmen, der Sorgfaltspflicht, der Normen, Richtlinien und behördlicher Vorschriften.

Für die produktespezifischen Belange, insbesondere für die Verarbeitung und Verlegung, sind die Angaben der Hersteller massgebend.

2 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie bezieht sich auf erdverlegte Rohrleitungen aus Polyethylen PE80 und PE100, insbesondere für Versorgungsleitungen für Gas und Wasser. Diese Richtlinie ergänzt in diesem Sinne die Richtlinien SVGW-W4 und SVGW-G2.

3 Bezugnahmen und mitgeltende Unterlagen

Die Liste der mitgeltenden Unterlagen und der Dokumente, auf die sich diese Richtlinie bezieht, befindet sich im Anhang 2.

4 Allgemeines

4.1 Normen, Richtlinien und Vorschriften

Die zu dieser Richtlinie übergeordnet zu beachtenden Normen, Richtlinien und Vorschriften sind:

- alle relevanten gesetzlichen Bestimmungen, Richtlinien und Verordnungen von Bund, Kantonen und Gemeinden
- Die Vorschriften der SUVA betreffend Unfallverhütung und Arbeitssicherheit
- Die Richtlinien, Normen und Vorschriften von Electrosuisse betreffend elektrischer Anlagen
- Richtlinie SVGW-W4
- Richtlinie SVGW-G2
- Produktspezifische Vorschriften der Hersteller

Eine Auflistung von Normen, Vorschriften und Richtlinien befindet sich im Anhang 2.

4.2 Gütesicherung und Zulassung

Die Gütesicherung der Rohre und Rohrleitungsteile basiert auf folgenden Elementen:

- Prozessbeherrschung und Prüfungen beim Hersteller. Der minimale Prüfumfang ist in der Richtlinie SVGW-GW/TPG-TPW 101 festgelegt.
- Die verwendeten Formmassen sind vom SVGW zugelassen.
- Verschiedene Hersteller haben ein zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach SN-EN-ISO 9001.
- Die vom SVGW zertifizierten Produkte werden regelmässig durch ein unabhängiges Prüfinstitut überwacht. Der Prüfumfang und die Anforderungen sind in der Richtlinie SVGW-GW/TPG-TPW 101 festgelegt.

Die ausschliessliche Verwendung von Rohren und Rohrleitungsteilen mit SVGW-Zulassung für die Gas- und Trinkwasserversorgung ist verbindlich geregelt.

Diese Teile sind mit der SVGW-Zulassungsnummer gekennzeichnet.

4.3 Oekologische Aspekte

Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile benötigen für ihre Herstellung, für den Transport und die Verlegung weniger Energie als solche aus anderen Werkstoffen.

Rohrabschnitte, die bei der Verarbeitung und Verlegung entstehen, können durch die Hersteller oder durch spezielle Recycling-Firmen zurückgenommen und wieder aufbereitet werden. Daraus lassen sich wieder Rohre für andere Anwendungen herstellen.

Die unproblematische Verbrennung von Polyethylen ermöglicht es auch, aus stark verschmutzten Rohren den hohen Energieinhalt auszunützen.

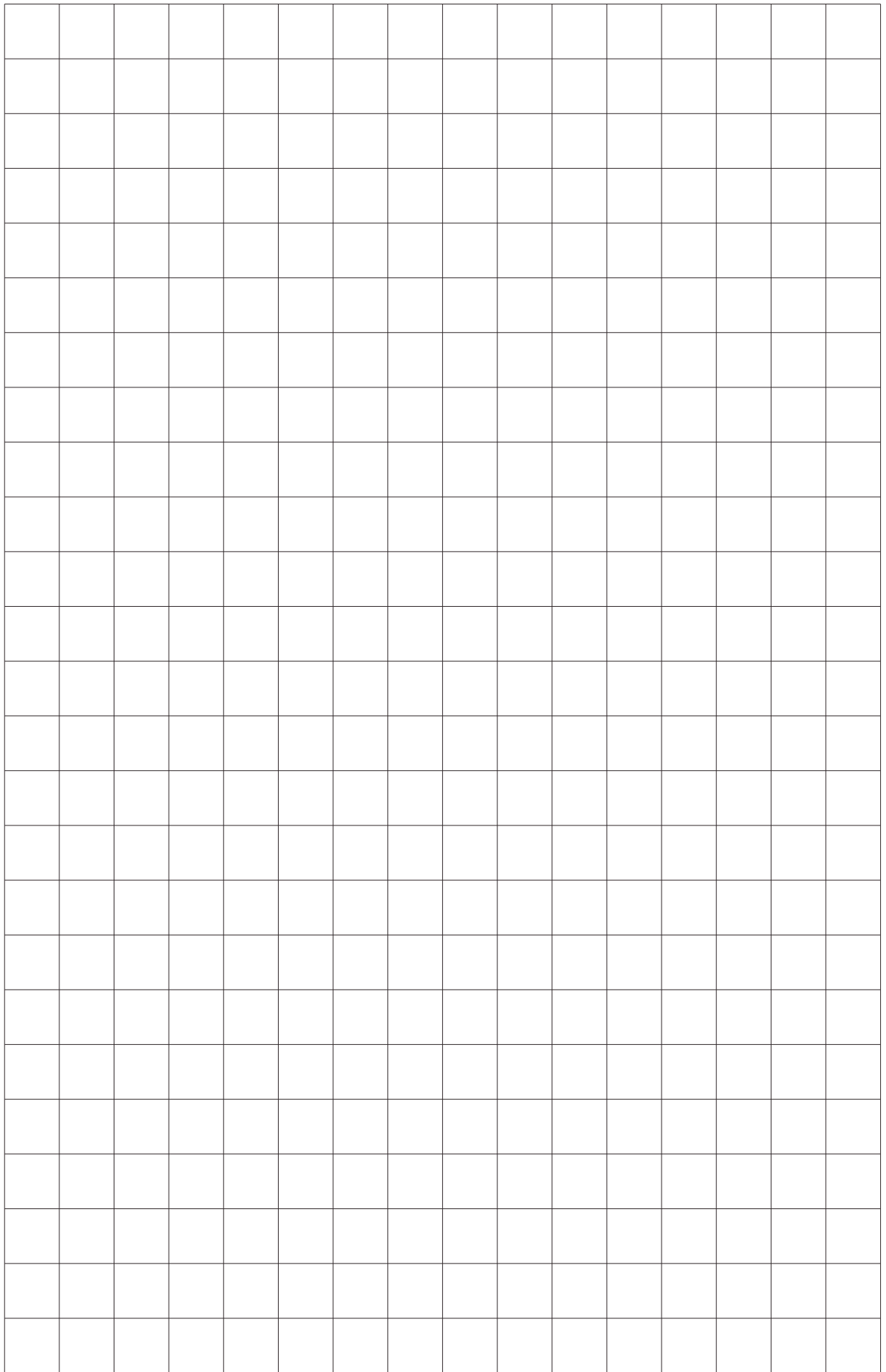
Die Lagerung und Verlegung von Polyethylen-Rohren und -Rohrleitungsteilen ist auch in Schutzzonen problemlos.

4.4 GVA-Subventionierungsverordnung

Die Gebäude-Versicherungs-Anstalten (GVA) subventionieren Wasserleitungen aus Kunststoff, die zu Löschzwecken verwendet werden können. Die genauen Bedingungen sind bei der zuständigen Gebäudeversicherung zu erfragen.

4.5 Gewährleistung

Die Herstellerfirmen haften im Rahmen des Obligationenrechtes und der firmenspezifischen Liefer- und Garantiebestimmungen. Nähere Angaben sind bei den Herstellern erhältlich.



5 Angaben zur Projektierung

5.1 Polyethylen als Rohwerkstoff

Polyethylen (PE) ist ein thermoplastischer Kunststoff aus der Gruppe der Polyolefine. Die für den Rohrleitungsbau üblichen Polyethylen-Arten werden unter verschiedenen Bezeichnungen angeboten:

<i>nach dem Herstellverfahren</i>	Niederdruck-Polyethylen	Hochdruck-Polyethylen
<i>nach der Dichte (z.B. DIN)</i>	Polyethylen, hoher Dichte (PE-HD)	Polyethylen, niedrigerer Dichte (PE-LD)
	Polyethylen, mittlerer Dichte (PE-MD)	
<i>nach der Härte (z.B. SIA)</i>	Hart-Polyethylen (Hart-PE) (HPE)	Weich-Polyethylen (Weich-PE) (WPE)
<i>nach der Festigkeit (z.B. SN-EN)</i>	PE80, PE100 1)	PE40 1)

DIN Deutsche Industrienorm

SN Schweizer Norm

SIA Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins

SN-EN Europäische Norm integriert in das schweizerische Normenwerk

1) Heute übliche Bezeichnung. Entspricht der Klassifikation nach ISO 12162. Siehe dazu auch Abschnitt 5.3.1.

Polyethylen PE80 und PE100 sind gekennzeichnet durch

- eine hohe Zähigkeit und Reissdehnung
- sehr gute Chemikalienbeständigkeit
- eine hohe Beständigkeit gegen Spannungsrissbildung
- eine gute Ver- und Bearbeitbarkeit, insbesondere auch eine ideale Verschweisbarkeit

5.2 Werkstoffeigenschaften

5.2.1 Physikalische Eigenschaften

Typische Eigenschaften für die beiden Polyethylen-Werkstoffe PE80 und PE100. Die Werte können je nach Werkstoff-Typ von diesen Angaben abweichen (Richtwerte)

Eigenschaften	Einheit	PE80	PE100
Dichte bei 23°C	g/cm ³	0,93...0,96	0,95...0,97
Schmelzindex MFR190/5	g/10 min	0,4...1,4	0,2...0,55
Streckspannung	MPa	18...22	22...25
E-Modul (Zug)	MPa	650...1000	1000...1400
Zug-Kriechmodul (1 h)	MPa	300...500	500...550
Zug-Kriechmodul (1000h)	MPa	190...280	250...300
Erforderliche Mindestfestigkeit, MRS (Zeitstand-Innendruckfestigkeit, 20°C, 50 Jahre)	MPa	min. 8	min. 10

5.2.2 Zeitstandfestigkeit

Die wohl wichtigste Eigenschaft von Kunststoffrohren ist das Zeitstandverhalten unter Innendruck. Es handelt sich dabei um die minimale Lebenserwartung eines Rohres oder Rohrleitungsteiles, das unter Innendruck steht. Dieser erzeugt in der Rohrwandung einen Spannungszustand. Die zugehörige Festigkeit errechnet sich aus dem Innendruck und den Rohrabmessungen, d.h. dem mittleren Durchmesser und der Wanddicke. Die Zeitstandfestigkeit hängt zudem von der Temperatur und dem Medium im Innern des Rohres ab.

Massgebend für die Berechnung ist die Zeitstandfestigkeit nach 50 Jahren Betriebsdauer bei 20°C und Wasser als Durchflussmedium.

Den verschiedenen Anwendungsgebieten wird mit einem sogenannten Gesamtbetriebskoeffizienten (Sicherheitsfaktor) Rechnung getragen.

Aufgrund bisheriger 50jährigen Erfahrungen und wissenschaftlicher Berechnungen sind mindestens 100 Jahre Nutzungsdauer gesichert.

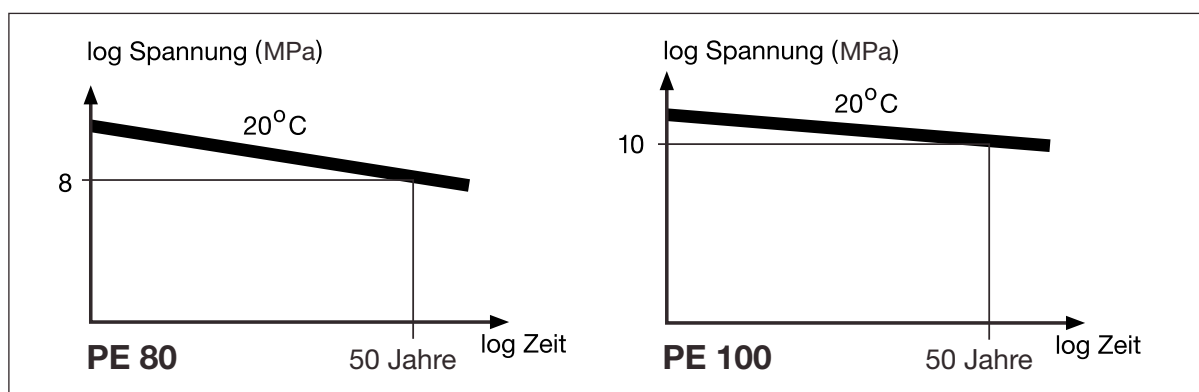


Abb. 5.1 Typische Zeitstandkurven für PE80 und PE100 bei 20°C

5.2.3 Verhalten gegenüber Chemikalien

Polyethylen PE80 und PE100 weisen eine ausgezeichnete Beständigkeit gegenüber Chemikalien und andern Medien verschiedenster Art und Zusammensetzung auf. So ist Polyethylen gegenüber wässrigen Lösungen und Salzen, verdünnten Säuren und Laugen widerstandsfähig. Bei 20°C ist Polyethylen in praktisch keinem Lösungsmittel löslich. Polyethylen-Rohrleitungen widerstehen den chemischen Einflüssen aller vorkommenden Böden. Sie sind gegen Bakterienzerstörung resistent. Elektrochemische Vorgänge, die bei Metallen zu Korrosion führen, finden bei Polyethylen nicht statt.

Die Eignung von Polyethylen-Rohrleitungen für verschiedene Medien ist den umfangreichen Beständigkeitslisten zu entnehmen (ISO/TR 10358). Die Beständigkeit gegenüber der im Erdgas enthaltenen Aromaten (Tetrahydrothiophen, Gasbegleitstoffe und Kondensate) ist durch Laborversuche und Praxiserfahrungen hinreichend belegt. Trinkwasser, das mittels Chlorverbindungen oder Ozon nachbehandelt wird, kann auf Grund der geringen Konzentrationen ohne Einschränkung in Polyethylen-Rohrleitungen transportiert werden. Für höhere Konzentrationen ist die Eignung im Einzelnen abzuklären.

Weitere Auskünfte über die Chemikalienbeständigkeit erteilen die Hersteller von Rohren und Rohrleitungsteilen.

5.2.4 Physiologische und toxikologische Eigenschaften

Die Unbedenklichkeit, der für Trinkwasser eingesetzten Rohre und Rohrleitungsteile bzw. deren Rohstoffe, ist durch das Bundesamt für Gesundheit (BAG) bestätigt. Die Zulassung der Polyethylen-Rohstoffe durch den SVGW beinhaltet diese Anforderung.

Polyethylen-Rohrleitungen können in allen Bodenarten als Trinkwasserrohre eingesetzt werden. Bei stark kontaminierten Böden ist ihre Eignung von Fall zu Fall abzuklären.

5.2.5 Diffusion

Gasverluste durch Permeation sind bei Rohren und Rohrleitungsteilen aus PE80 und PE100 ohne Bedeutung, da sie wegen der relativ grossen Wanddicken äusserst gering sind. Da zudem die Polyethylen-Rohrleitungen für die Gasversorgung ausschliesslich durch Schweissen verbunden werden, sind an den Verbindungsstellen keine Gasaustritte möglich.

Die Permeation von Erdgas kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$V = P \frac{\pi \cdot d_n \cdot L \cdot p \cdot t}{e_n}$$

V	permeiertes Gasvolumen in cm ³ (NTP)
P	Permeationskoeffizient in cm ³ (NTP)/ m · bar · Tag (für Erdgas und Rohre aus PE80 und PE100: 0,056 cm ³ /m · bar · Tag)
d _n	nomineller Aussendurchmesser des Rohres in mm
L	Länge der Rohrleitung in m
p	Partialdruck des Gases im Rohr in bar
t	Zeit in Tagen
e _n	nominelle Wanddicke des Rohres in mm
(NTP)	Volumen bezogen auf Normaltemperatur (23°C) und Normaldruck (1 bar)

Die effektiven Gasverluste erdverlegter Polyethylen-Rohrleitungen sind jedoch immer kleiner, als der mit der obenstehenden Formel errechnete Wert, da die durchschnittliche Rohrwandtemperatur etwa bei 10°C liegt, die Permeationskoeffizienten aber bei 20°C ermittelt wurden.

5.2.6 Abrasion

Die Abriebwerte von Polyethylen-Rohren beim Transport von Sand oder ähnlichen Feststoffen sind um ein Vielfaches kleiner als bei herkömmlichen Rohrwerkstoffen. Die Abrasion ist z.B. bei Polyethylen-Rohren ungefähr 6 mal kleiner als bei Stahlrohren. Auch beim Vergleich mit andern Kunststoffen hat das Polyethylen-Rohr die niedrigsten Abriebwerte.

Für Wassertransportleitungen, in denen mit Sand- oder Quarzanteilen gerechnet werden muss, können unbedenklich Rohre und Rohrleitungsteile aus PE80 oder PE100 eingesetzt werden.

5.2.7 Verhalten beim Einfrieren

Polyethylen-Rohre werden durch die Volumenvergrößerung von frierendem Wasser zu Eis in der Regel nicht geschädigt. Formstücke und insbesondere Rohrleitungbestandteile aus Metall können jedoch in solchen Fällen beschädigt werden. Wasserleitungen sind deshalb immer frostsicher zu verlegen.

5.3 Einteilung der Rohre und Rohrleitungsteile

5.3.1 Klassifizierung

Um dem unterschiedlichen Leistungsvermögen der verschiedenen Kunststoffe im Langzeitverhalten Rechnung zu tragen, wurde das Klassifizierungssystem für Rohre nach ISO 12162 geschaffen. Ausgangspunkt für diese Klassifizierung bildet die experimentelle Erstellung von Zeitstandkurven und ihre Auswertung (Extrapolation) nach ISO/TR 9080. Mittels mathematischer Auswertung der verschiedenen Zeitstandkurven erhält man

- den Erwartungswert der Festigkeit LTHS (Long term hydrostatic strength)
- die 97,5% - Untere Vertrauensgrenze LCL (Lower confidence limit).

Dieser LCL-Wert wird auf die nächst niedrigere Normzahl abgestuft.

Das Ergebnis ist

- die erforderliche Mindestfestigkeit MRS (Minimum required strength).

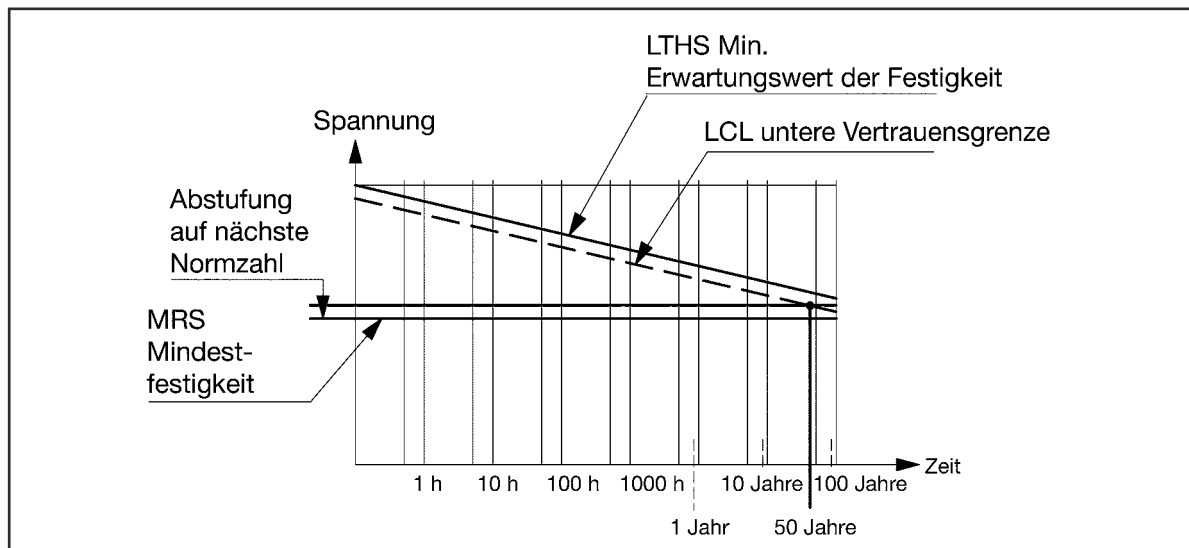


Abb. 5.2 Ermittlung der erforderlichen Mindestfestigkeit (MRS)

Für Druckrohrleitungen aus Polyethylen sind die beiden folgenden Klassifizierungen üblich:

MRS	Klasse
min. 10 MPa	PE100
min. 8 MPa	PE80

Die zulässige Berechnungsspannung σ_s errechnet sich aus:

$$\sigma_s = \frac{\text{MRS}}{C}$$

Wobei C der Gesamtbetriebskoeffizient ist. In den europäischen Normen sind die minimalen C-Werte für Rohre und Rohrleitungsteile aus PE80 und PE100 wie folgt festgelegt:

Anwendung	C_{\min}
Wasser	1,25
Gas	2,0

Diese Werte beziehen sich auf "normale" Verlege- und Betriebsbedingungen. Die Wahl des C-Wertes obliegt dem planenden Ingenieur, der die jeweiligen Verhältnisse zu berücksichtigen hat.

5.3.2 Rohrserien

Die Rohre aus thermoplastischen Kunststoffen sind bezüglich ihrer Abmessungen (Aussendurchmesser und Wanddicke) nach ISO 4065 in Rohrserien eingeteilt. Rohre gleicher Rohrserien haben das gleiche Verhältnis Rohraussendurchmesser zu Wanddicke. Sie sind, gleicher Werkstoff bzw. gleiche Klassifizierung vorausgesetzt, gleich belastbar. Dies gilt auch für Rohrleitungsteile.

Die Rohrserie S ist definiert durch die Formel:

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

S/SDR Rohrseriezahl

d_n nomineller Aussendurchmesser

e_n nominelle Wanddicke

Für Rohrleitungen der Gas- und Wasserversorgung aus PE80 und PE100 werden vorwiegend Rohre und Rohrleitungsteile der Serien S8/SDR 17, S5/SDR 11 und S3,2/SDR 7,4 eingesetzt (Siehe dazu auch die Abschnitte 5.3.3 und 5.5).

In den europäischen Normen findet sich auch der Begriff "SDR" (Standard dimension ratio) für die Bezeichnung von Rohrserien. Die SDR-Zahl berechnet sich mit der Formel

$$SDR = \frac{d_n}{e_n}$$

und die Beziehung zwischen der Rohrseriezahl S und SDR lautet:

$$S = \frac{SDR - 1}{2}$$

bzw.

$$SDR = 2 \cdot S + 1$$

Für die üblichen Werte gilt demnach:

Rohrserie	S8	S5	S3,2
SDR	17	11	7,4

5.3.3 Druckstufen

Für Wasserleitungen ist der Begriff "Nenndruck" (PN) üblich. Für Kunststoff-Rohrleitungen wird damit der maximale Betriebsdruck mit Wasser bei 20°C und einer rechnerischen Mindestbetriebsdauer von 50 Jahren ausgedrückt.

Der Zusammenhang zwischen den Rohrabmessungen, der zulässigen Berechnungsspannung und dem zulässigen Betriebsdruck zeigt die folgende Beziehung:

$$P = \frac{10 \cdot \sigma_s}{S}$$

P zulässiger Betriebsdruck in bar
 σ_s Berechnungsspannung in MPa (Megapascal)
 S Rohrseriezahl

Für 20°C und mit der Berechnungsspannung bezogen auf 50 Jahre entspricht der zulässige Betriebsdruck (P) dem Nenndruck (PN). Für die Wasserversorgung sind die Nenndrücke PN10, PN12,5 und PN16 üblich.

Die Berechnung der Wanddicken erfolgt mit der Beziehung:

$$e_n = \frac{d_n}{2 (10 \cdot \sigma_s / P) + 1}$$

e_n nominelle Wanddicke in mm
 d_n nomineller Aussendurchmesser in mm
 σ_s Berechnungsspannung in MPa (Megapascal)
 P zulässiger Betriebsdruck in bar

Die Nenndruckangabe (PN) beinhaltet das Verhältnis des Aussendurchmessers zur Wanddicke und die Werkstoff-Festigkeit. D.h. die Nenndruckangabe alleine genügt nicht für die eindeutige Bestimmung eines Rohres oder Rohrleitungsteiles!

5.4 Statische Berechnung

In der Regel sind bei im Erdreich bzw. im Strassenbereich normaltief verlegten Druckrohrleitungen aus PE80 oder PE100 keine statischen Probleme zu erwarten. Auf Grund der relativ grossen Wanddicken (Rohrserien S5/SDR 11 und S8/SDR 17) ist bei richtig verfüllten und verdichteten Rohrgräben (siehe dazu auch Abschnitt 6.2.3, Seite 26) die Betriebstauglichkeit gegeben. Für spezielle Fälle (geringe Verlegetiefe, spezielle, grosse Bodenbelastungen usw.) ist die Berechnung der Rohrstatik gemäss der Richtlinie VKR-RL 03 oder der Norm SIA 190 vorzunehmen.

5.5 Belastung durch inneren Überdruck

5.5.1 Wasser

Für Trinkwasserleitungen gelten unter der Voraussetzung einer Wassertemperatur von höchstens 20°C und einer rechnerischen Betriebsdauer von 50 Jahren die folgenden maximalen Betriebsdrücke PMA:

Werkstoff	Rohrserien		
	S8 SDR17	S5 SDR11	S3,2 SDR7,4
PE80	8 bar	12,5 bar	16 bar
PE100	10 bar	16 bar	

Empfohlene Druckstufen gemäss SVGW: 10 bar, 12,5 bar und 16 bar.

Für die oben genannten Bedingungen (20°C, Wasser und Betriebsdauer 50 Jahre) entsprechen die in der Tabelle aufgeführten Betriebsdrücke den auf den Rohren und Rohrleitungsteilen angegebenen Nenndrücken PN. Sie beinhalten einen Gesamtbetriebskoeffizienten (Sicherheitsfaktor) von 1,25 (siehe dazu Abschnitt 5.3.1, Seite 11). Die zulässigen, maximalen Innendrucke bei höheren Temperaturen sind entsprechend der Festigkeitsabnahme kleiner. Genauere Angaben darüber erteilen die Hersteller der Rohre und Rohrleitungsteile.

Druckstösse sind für Polyethylen-Rohre weitgehend unschädlich, solange die Mittelspannung nicht über der Spannung beim maximal zulässigen Betriebsdruck liegt, d.h. zum Beispiel für ein Rohr der Serie S5/SDR 11 mit einem maximalen Betriebsdruck von 12,5 bar bei 20°C darf der mittlere Druck nicht über 12,5 bar liegen. Die Druckamplitude darf in diesem Fall höchstens +/- 12,5 bar betragen.

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

$$P_s = \frac{14,49}{\sqrt{1 + \frac{1,25 \cdot d_m}{e_n}}} \cdot v_o \quad (\text{in bar})$$

- P_s Druckamplitude in bar
- v_o Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in m/s
- d_m Mittlerer Rohrdurchmesser
[Aussendurchmesser (d_n) minus Wanddicke (e_n)] in mm
- e_n Wanddicke des Rohres in mm

5.5.2 Gas

Die zulässigen Innendruckbelastungen bei Gasleitungen (Erdgas) richten sich in erster Linie nach den Vorgaben des SVGW (SVGW-G2).

Dabei wird nicht nur nach der Werkstoff-Klassifizierung unterschieden. Auch der Rohrdurchmesser ist für die Zuordnung der maximalen Druckbelastung massgebend:

Werkstoff	Rohrserien			
	S8 SDR17		S5 SDR11	
	d_n bis 63	$d_n > 63$	d_n bis 63	$d_n > 63$
PE80	-	bis 1 bar	bis 5 bar	bis 5 bar
PE100	-	bis 5 bar	bis 5 bar	bis 5 bar

Mit diesen maximalen Betriebsdrücken wird ein Gesamtbetriebskoeffizient von mindestens 2 eingehalten (siehe dazu auch Abschnitt 5.3.1, Seite 11).

5.6 Belastung durch inneren Unterdruck (äusserer Ueberdruck)

Für mit Vakuum betriebene Rohrleitungen und für Wasserleitungen, bei denen beim Abschalten von Pumpen oder Schliessen von Ventilen Unterdrücke entstehen können, ist die Ueberprüfung der Festigkeit gegenüber innerem Unterdruck notwendig.

Bei einer Rohrwandtemperatur von nicht mehr als 20°C sind die Polyethylen-Rohre aus PE80 und PE100 der Rohrserie **S5/SDR 11** vakuumstabil. Sie halten äusseren Ueberdrücken bis 1,6 bar bei einer Betriebsdauer von 50 Jahren stand. Rohre der Serie **S8/SDR 17** sind für einen dauernden Unterdruck bis 0,4 bar einsetzbar (Sicherheitsfaktor 2,0).

Bei höheren Rohrwandtemperaturen und/oder Rohrdeformationen nimmt die Unterdruckfestigkeit ab. Genauere Angaben für diese speziellen Anwendungsfälle erteilen die Hersteller der Rohre und Rohrleitungsteile.

5.7 Hydraulische Eigenschaften und Berechnung des Druckverlustes

Die im Extrusionsverfahren hergestellten Polyethylen-Rohre weisen eine sehr glatte Innenfläche mit einer geringen Wandrauigkeit auf. Polyethylen-Rohre zeichnen sich deshalb durch ein sehr gutes Durchflussvermögen aus.

Die Praxis hat zudem gezeigt, dass sich auch unter extremen hydraulischen Bedingungen keine wesentlichen Ablagerungen bilden, welche den

Fließquerschnitt einengen könnten. Der sehr geringe Reibungskoeffizient gegenüber mitfließenden Partikeln verhilft dem Rohr ausserdem zu einer sehr guten Abriebfestigkeit (siehe auch Abschnitt 5.2.6, Seite 11).

Der Druckverlust in einer Wasserleitung ist abhängig von den Abmessungen der Rohrleitung (Länge, Innendurchmesser), der Rohrreibung und den Strömungsverhältnissen (Strömungsart, Fließgeschwindigkeit). In einer stetigen Strömung eines inkompressiblen Mediums in glattwandigen Rohren kann der Druckabfall, basierend auf den Erkenntnissen von Colebrook, mit Hilfe des Diagrammes in Abbildung 5.3 bestimmt werden.

Werden die spezifischen Eigenschaften von Polyethylen beim Bau von erdverlegten Druckrohrleitungen ausgenutzt, so kommen Rohrformstücke relativ selten zur Anwendung. Deren Beitrag zum Gesamtdruckverlust einer Leitung ist oft vernachlässigbar. Einzelne Druckverlustanteile können der Abbildung 5.4 entnommen werden. Die einzelnen equivalenten Rohrlängen sind zu den geraden Längen zu addieren.

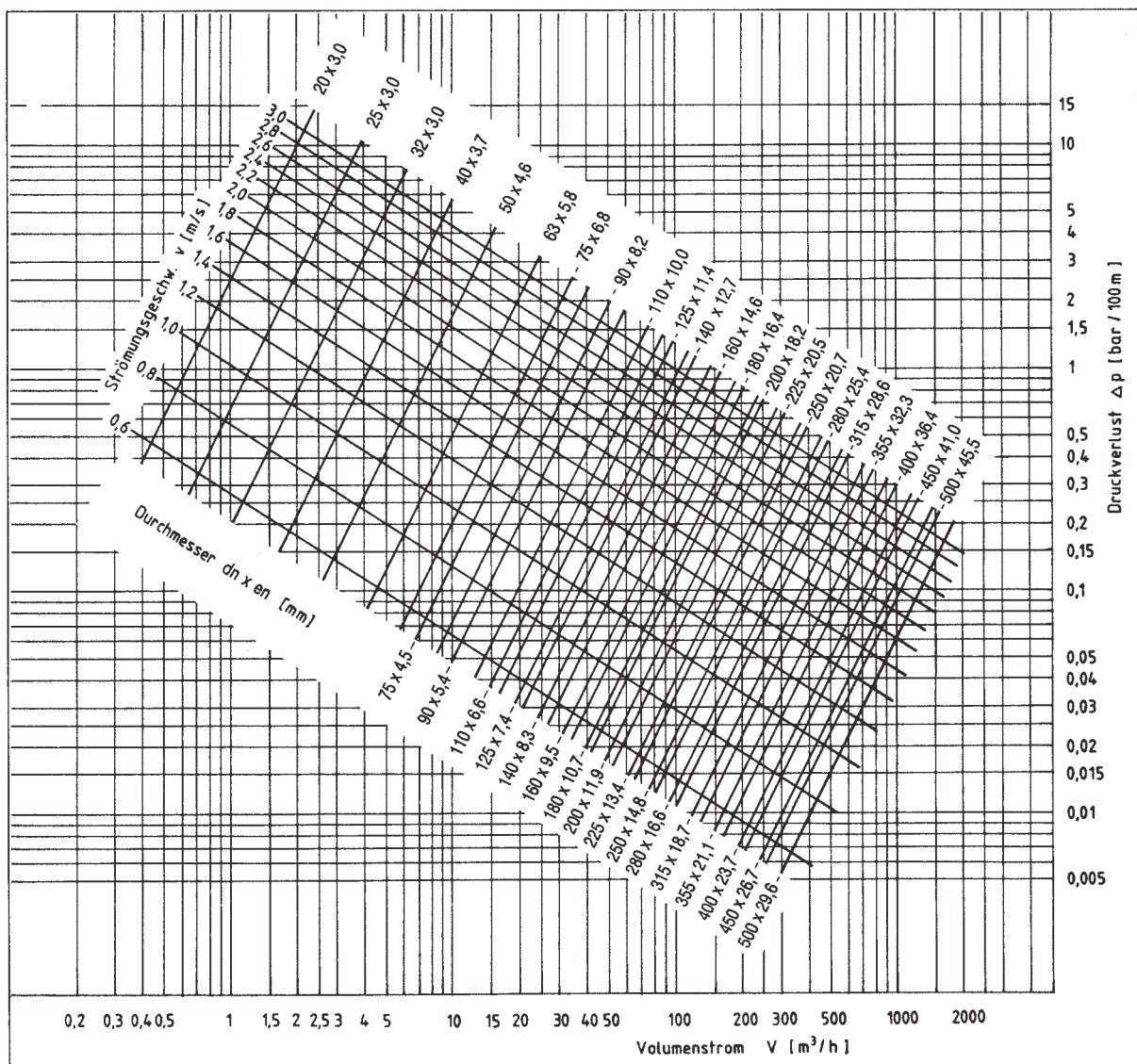


Abb. 5.3 Diagramm zur Bestimmung der Druckverluste in Wasserleitungen aus Polyethylen-Rohren der Rohrserie S5/SDR 11

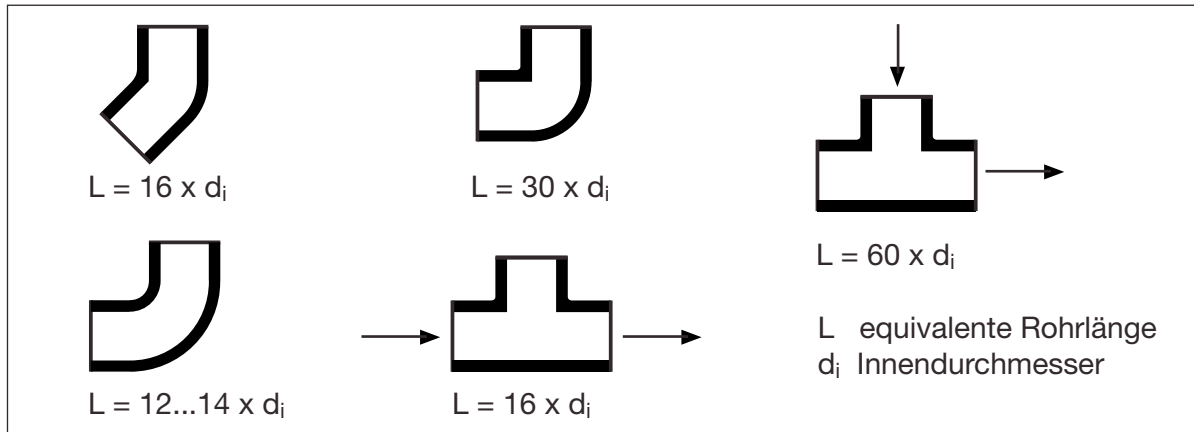


Abb. 5.4 Äquivalente Rohrlängen (L) für Formstücke (Richtwerte)

5.8 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" auf Grund 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", p gleich oder kleiner 100 mbar gilt

$$\frac{\Delta_p}{L} = \Delta^* \cdot x \cdot y \cdot z \quad \text{und} \quad v = v^* \cdot z$$

Für die "raumveränderliche Fortleitung", p grösser 100 mbar, gilt:

$$\frac{p_1^2 - p_2^2}{L} = 2 \cdot \Delta \cdot x \cdot y \quad \text{und} \quad v = v^* \cdot \frac{1}{p}$$

p_1	Absolutwert des Gasdruckes am Leitungsanfang in bar
p_2	Absolutwert des Gasdruckes am Leitungsende in bar
p	Absolutwert des Gasdruckes an beliebiger Stelle in bar
Δ	Druckverlust-Diagrammwert in bar^2/km
Δ^*	Druckverlust-Diagrammwert in bar/km
L	Leitungslänge in km
v	Strömungsgeschwindigkeit in m/s
v^*	Strömungsgeschwindigkeits-Diagrammwert in m/s
x	Berichtigungsfaktor für Gasdichten ungleich $0,80 \text{ kg}/\text{Nm}^3$ bezogen auf 0°C , 760 mmHg

ρ_0 in kg/Nm^3	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
-------------------------------------	------	------	------	------	------	------	------

x	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10
-----	------	------	------	------	------	------	------

y Berichtigungsfaktor für Gastemperaturen ungleich 10°C

t in $^\circ\text{C}$	0	5	10	15	20
-------------------------	---	---	----	----	----

y	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04
-----	------	------	------	------	------

z Berichtigungsfaktor für Höhenlagen ungleich 500 m ü.M.

H in m ü.M.	0	250	500	750	1000
------------------------	---	-----	-----	-----	------

z	0,94	0,97	1,00	1,03	1,06
-----	------	------	------	------	------

Q_0 Transportvolumen bezogen auf 0°C , 760 mmHg in Nm^3/h
 d_n Nomineller Rohraussendurchmesser

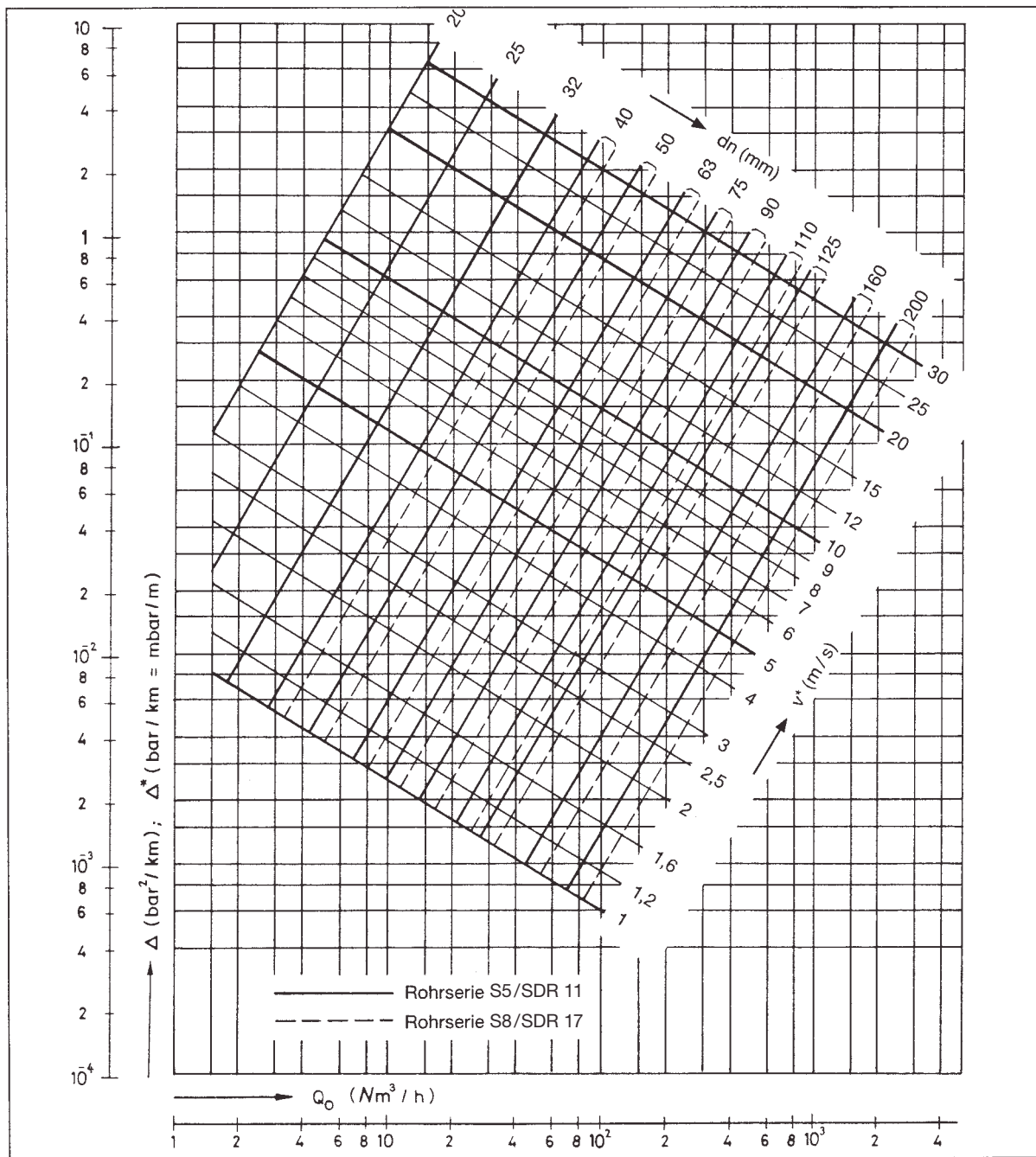


Abb. 5.5 Berechnungsdiagramm zur Bestimmung des Druckabfalles in Gasleitungen aus Polyethylen-Rohren mit den Rohrserien S5/SDR 11 und S8/SDR 17

5.9 Längenänderung

5.9.1 Unter der Einwirkung von Temperaturveränderungen

Massgebend für die Längenänderung ist die jeweils vorhandene mittlere Rohrwandtemperatur. Diese ist abhängig von der Medientemperatur im Innern des Rohres und der Umgebungstemperatur. Vor allem vor der Einbettung ist

die Luft- und Strahlungswärme bzw. deren Unterschiede von Bedeutung. Im verlegten Zustand ist die Längenänderung infolge der geringen Temperaturunterschiede des Erdreiches und des Wassers in der Regel nicht zu berücksichtigen.

Berechnung der Längenänderung infolge von Temperaturunterschieden in der Rohrwandung:

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

- ΔL_t Längenänderung, thermisch, in mm
- L Länge der Rohrstrecke in mm
- α Thermischer Längenänderungskoeffizient
(für PE zwischen -20°C und 60°C: $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$)
- ΔT Differenz der mittleren Rohrwandtemperatur in K (Kelvin, entspricht Differenz in °C)

5.9.2 Unter Einwirkung von innerem Druck

Wegen der Rohrwanddehnung durch Innendruck verkleinert sich die Rohrlänge. Diese Längenänderung errechnet sich wie folgt:

$$\Delta L_p = \frac{p}{E_c} \cdot \frac{24}{(d_n/d_i)^2 - 1} \cdot L$$

- ΔL_p Längenänderung infolge der Innendruckbelastung in mm
- p Innendruck in bar
- E_c Kriechmodul in MPa
(für PE zwischen -20°C und 0°C: $E_c = 950 \text{ MPa}$, zwischen 0°C und 20°C: $E_c = 640 \text{ MPa}$)
- d_n Aussendurchmesser in mm
- d_i Innendurchmesser in mm
- L Rohrlänge in m

Die tatsächlich auftretende Längenänderung wird jedoch geringer ausfallen als die rechnerisch ermittelte, da das erdverlegte Rohrsystem in seinem Dehnverhalten durch Reibungskräfte behindert wird.

5.10 Kräfte zwischen Rohr und Befestigung

5.10.1 Bedingt durch Innendruck

Für vollständig **längskraftschlüssig** verbundene Rohrsysteme (z.B. mit geschweissten Rohrverbindungen) wirkt der Innendruck nicht als äussere Kraft. Es sind deshalb auch keine speziellen Massnahmen notwendig.

In Rohrsystemen mit **nicht** dauernd längskraftschlüssigen Verbindungen wirkt der Druck im Innern des Rohres bei Rohrhalterungen und Abstützungen nach aussen. Die Befestigung muss der höchsten resultierenden Kraft (z.B. infolge des Prüfdruckes) standhalten. Dabei ist bei erdverlegten Rohrleitungen auch die zulässige Bodenbelastung je nach Bodenbeschaffung zu beachten.

Die Längskräfte, hervorgerufen durch den Innendruck, errechnen sich wie folgt:

$$F_l = \frac{d_n^2 \cdot \pi}{40} \cdot p$$

F_l Längskraft in N
 d_n Nennaussendurchmesser des Rohres in mm
 p Innendruck in bar

Die bei Umlenkungen wirksame resultierende Kraft ist demnach:

$$F_r = 2 \cdot F_l \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

F_r Resultierende Kraft in N
 F_l Längskraft in N
 α Umlenkungswinkel

Die resultierenden Kräfte können erhebliche Werte annehmen. Die resultierende Kraft einer 45°-Umlenkung z.B. bei einer Rohrleitung mit einem Aussendurchmesser von 200 mm und bei 15 bar Prüfdruck beträgt 36070 N.

5.10.2 Bedingt durch Temperaturänderungen

Bei fest eingespannten Rohrleitungssystemen müssen die durch Temperaturunterschiede hervorgerufenen Kräfte durch Fixpunkte aufgenommen werden. Bei erdverlegten Leitungen werden diese Kräfte weitgehend durch das umgebende Erdreich aufgenommen. Die auf das Rohr einwirkenden Gegenkräfte bei fest eingespannter oder erdverlegter Montageart werden von diesem schadlos aufgenommen, da die maximal zulässigen Spannungen nicht überschritten werden.

Die bei verhinderter Wärmedehnung bzw. -schrumpfung auftretenden Längskräfte auf die Befestigung werden wie folgt berechnet:

$$F_t = A_r \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot E_c$$

F_t Längskraft, thermisch bedingt, in N
 A_r Rohrwandringfläche in mm² ($A_r = [d_n^2 - d_i^2] \cdot \pi / 4$)

α	Thermischer Längenänderungskoeffizient (für PE zwischen -20°C und 60°C: $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$)
ΔT	Differenz der mittleren Rohrwandtemperatur in K ausgehend von der Einbautemperatur (entspricht Differenz in °C)
E_c	Mittlerer Kriechmodul in MPa (für PE zwischen -20°C und 0°C: $E_c = 950 \text{ MPa}$, zwischen 0°C und 20°C: $E_c = 640 \text{ MPa}$)

5.11 Erdung

Kunststoffrohre eignen sich nicht zur Erdung elektrischer Anlagen. Gebäude, die mit Kunststoffrohren angeschlossen sind, müssen mit einer Fundamenteerdung gemäss den Vorschriften von Electrosuisse ausgerüstet sein. Werden Anschlussleitungen aus metallischen Werkstoffen durch solche aus Kunststoff ersetzt, muss vorgängig das zuständige Elektrizitätswerk benachrichtigt werden. Beim Auswechseln metallischer Teilstrecken in Wassernetzen sind unter Umständen Ueberbrückungs-Erdleitungen notwendig. Auch in diesen Fällen entscheidet das zuständige Elektrizitätswerk über die zu treffenden Massnahmen.

5.12 Ortung

Kunststoffrohre können nachträglich mit elektronischen Leitungssuchgeräten geortet werden. Trotzdem ist aber ein genaues Einmessen empfehlenswert. Sofern die Möglichkeit der nachträglichen Ortung wünschbar ist, sind Ortungsbänder einzusetzen. Leckagen in Kunststoffleitungen können mit den Geräusch-Ortungsgaräten lokalisiert werden. Moderne Suchsysteme, die die Korrelationsmethode verwenden, geben genauere Resultate.

5.13 Einmessung und Planaufnahme

Die Vermessung und Planaufnahme von Versorgungsleitungen ist in der Norm SIA GEO 405 Geoinformationen zu unterirdischen Leitungen beschrieben. Auf Grund der unterschiedlichen Belastungsmöglichkeiten der beiden Polyethylen-Werkstoffe PE80 und PE100 ist die genaue Angabe des Polyethylen-Typs in Rohrnetzplänen empfehlenswert.

6 Verlegerichtlinien

6.1 Transport und Lagerung

Die Rohre und Rohrleitungsteile sind sorgfältig und schonend auf- und abzuladen. Die Rohre dürfen nicht über die Ladekante gezogen werden. Während des Transportes müssen die Rohre möglichst auf der ganzen Länge aufliegen. Sie sind so zu sichern, dass durch den Transport keine Druckstellen oder anderweitigen Beschädigungen entstehen.

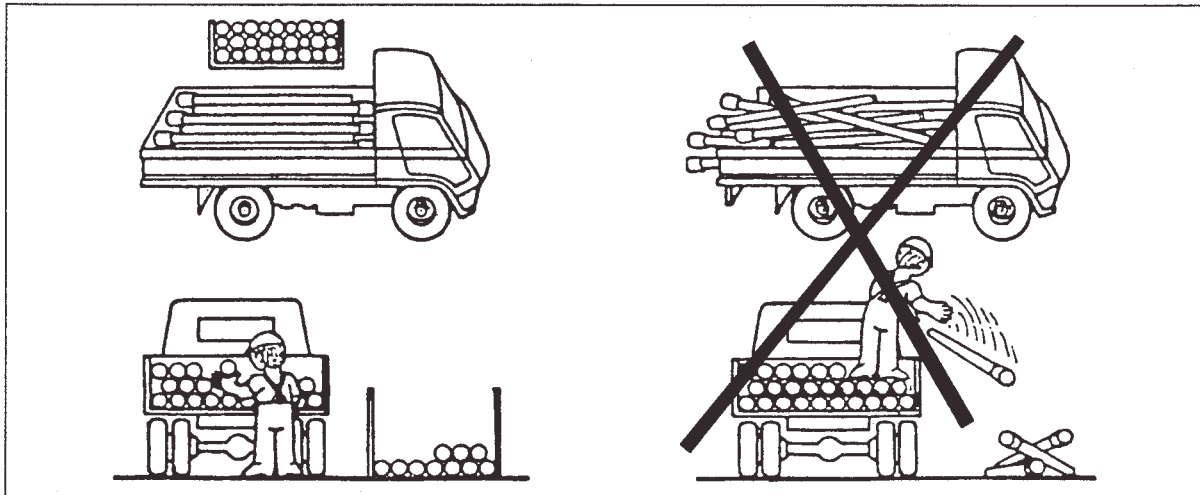


Abb. 6.1 Transport von Kunststoff-Rohren

Rohre können im Freien gelagert werden; das Rohrinne ist jedoch gegen Verunreinigungen durch Erde, Schlamm und Schmutzwasser zu schützen. Rohrstapel dürfen nicht mehr als ein Meter hoch sein und müssen mit genügend breiten, sauberen Unterlagen und Seitenpfosten in solchen Abständen abgestützt sein, dass die Lagerung keine bleibenden Verbiegungen, Druckstellen oder sonstige Beschädigungen verursacht. Die Rohrenden sollen nicht mehr als die Hälfte des Auflageabstandes frei überhängen. Bei Muffenrohren wird durch versetzte Anordnung der Muffen oder mit passenden Zwischenhölzern eine geeignete Lagerung erreicht.

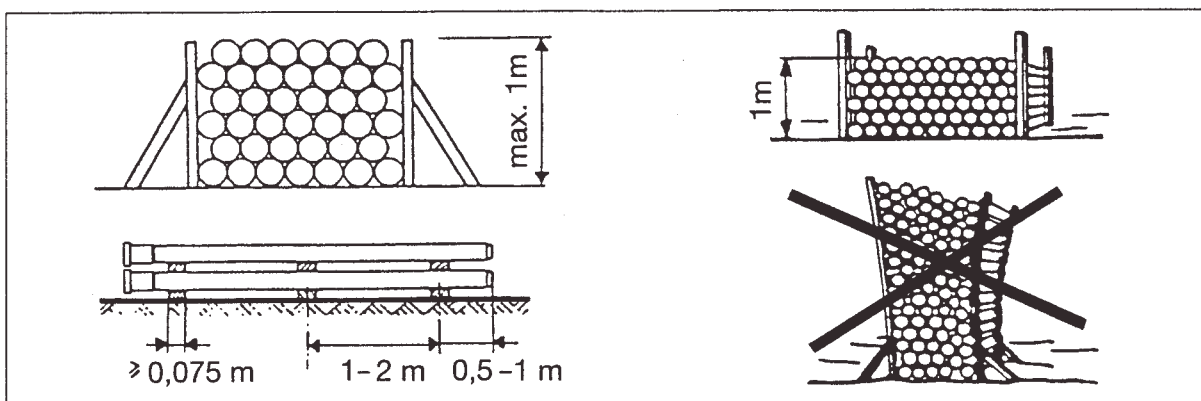


Abb. 6.2 Lagerung von Kunststoff-Rohren

Formstücke und Armaturen werden in der Regel vom Hersteller speziell verpackt angeliefert. Sie sollen bis zur Verwendung in der Originalverpackung verbleiben.

Das Schleifen der Rohre, Formstücke und Armaturen über den Boden oder beim Auf- und Abladen über Kanten und raue Unterlagen ist nicht gestattet. Riefen und Kratzer an der Rohroberfläche von mehr als 10% der Rohrwanddicke sind nicht zulässig, da eine Schwächung der Zeitstandfestigkeit sowie Undichtheit bei Rohrverbindungen verursacht werden können.

6.2 Der Rohrgraben

6.2.1 Gestaltung und Form

Der Rohrgraben ist in der Regel nach Profil U1 gemäss Norm SIA 190 zu gestalten. Die Ausführungsformen sind im Abschnitt 5.12 (Seite 23) der gleichen Norm beschrieben.

Bei Grabarbeiten sind vor allem die folgenden Vorschriften zu beachten: Die Bauarbeitenverordnung (BauAV, SR 832.311.141), die entsprechenden Sicherheitsvorschriften der SUVA (SUVA Form 44062.D) und die Norm SN 640 535c der Vereinigung schweizerischer Strassenfachleute.

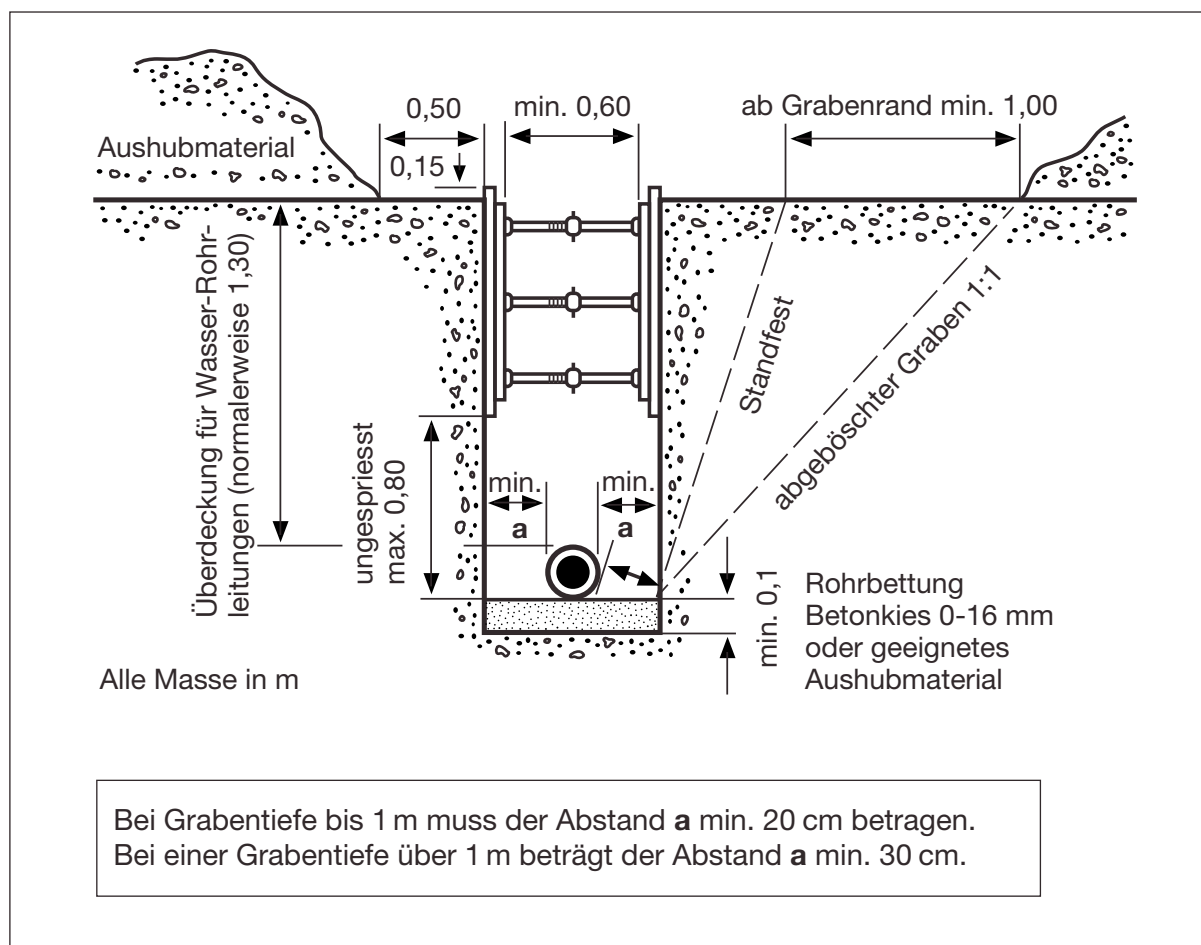


Abb. 6.3 Beispiel für die Grabenausführung

6.2.2 Grabensohle (nach EN: Rohrbettung)

Die Rohrbettung ist mindestens 0,1 m hoch und mit einer gut verdichteten Schicht aus Sand, Betonkies 0 - 16 mm oder einem geeigneten Aushubmaterial zu erstellen.

6.2.3 Verfüllen des Grabens

Durch die Temperaturunterschiede z.B. zwischen Tag und Nacht können erhebliche Längenänderungen auftreten. Insbesondere bei nicht kraftschlüssigen Rohrverbindungen sind diese vor dem Einfüllen einer Kontrolle zu unterziehen.

Die Rohrzone (bis mindestens 0,3 m über dem Rohrscheitel) ist von Hand einzufüllen und gut zu verdichten (Proctordichte mindestens 95%).

Folgende Verfüllmaterialien können verwendet werden:

- Ungebrochener Betonkies 0 – 16 mm
 - Brechsand bis 6 mm
 - Gebrochenes Glas gemäss der Empfehlung SVGW GW 1000. Es darf nur Glaschrott mit kantengerundeten Körnern von max. 5 mm Grösse verwendet werden.
 - Mineralische Bauabfälle (nur Kies-Sand P) gemäss der Empfehlung SVGW 1000.
- Schutzmantelrohre, Rohrschuttmatten oder Schutzrohre ermöglichen die Verwendung auch anderer Materialien.

Die restliche Verfüllung erfolgt schichtweise unter stetiger Verdichtung mit leichten Vibrationsmaschinen. Als Verfüllungsmaterial eignet sich Wandkies 1. Klasse oder geeignetes Aushubmaterial.

Warn- und Ortungsbänder sind mindestens 0,3 m über dem Rohrscheitel oder ca. 0,5 m unter der Oberfläche anzuordnen.

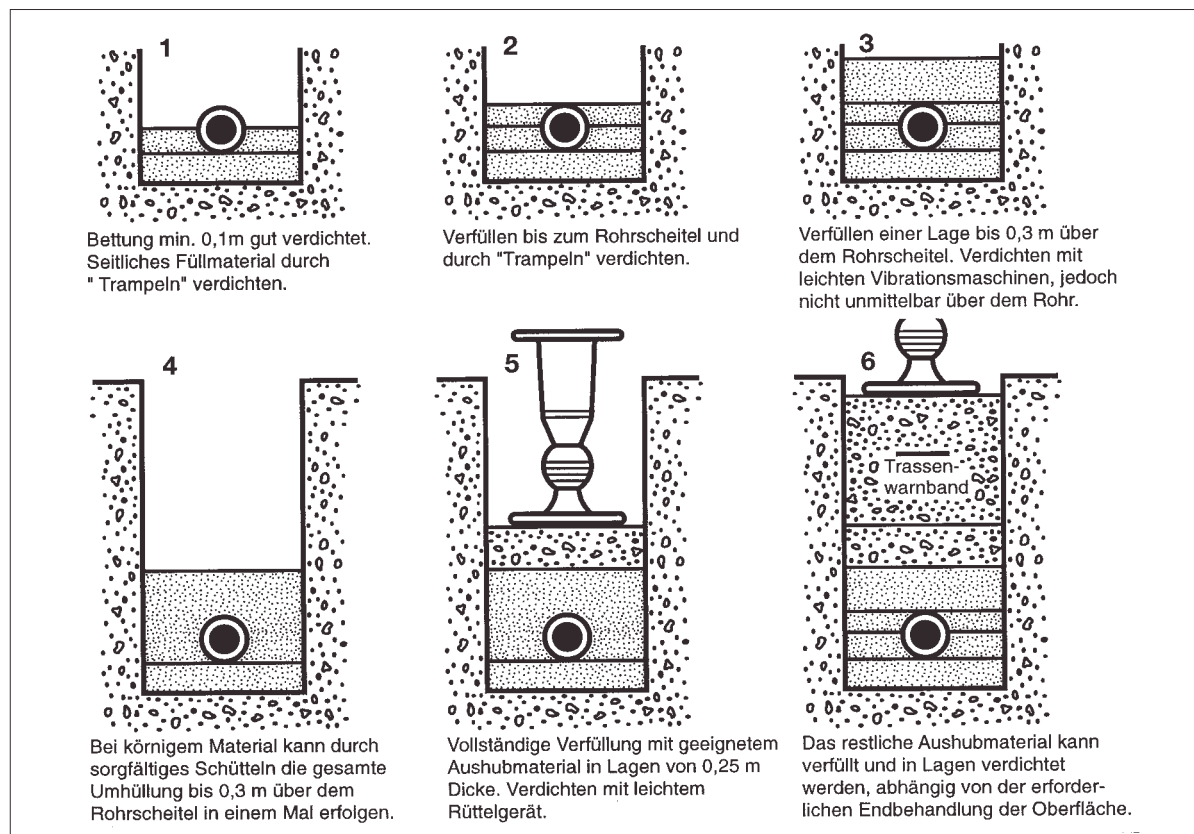


Abb. 6.4 Beispiel für die Verfüllung

6.3 Grabenlose Verlegearten

Es wurden Verlegemethoden und Ausrüstungen sowie spezielle Rohre mit äusserer oder integrierter Schutzschicht entwickelt, welche die Eigenschaften der Polyethylen-Rohre ausnützen und Verlegearten ermöglichen, die Grabarbeiten weitgehend überflüssig machen. Für Gasrohrleitungen sind die speziellen Vorschriften des SVGW zu beachten.

Bei verschiedenen Relining-Verfahren werden Kunststoff-Rohre in bestehende aber z.B. schadhafta Rohre eingezogen. Die höchsten zulässigen Zugkräfte sind im Anhang 4 (Seite 56) aufgelistet. Andere grabenlose Verlegemethoden arbeiten nach dem Prinzip des Rohrvortriebes.

Genauere Angaben über diese Methoden oder Produkte erteilen die Systemanbieter oder die Hersteller von Kunststoffrohren.

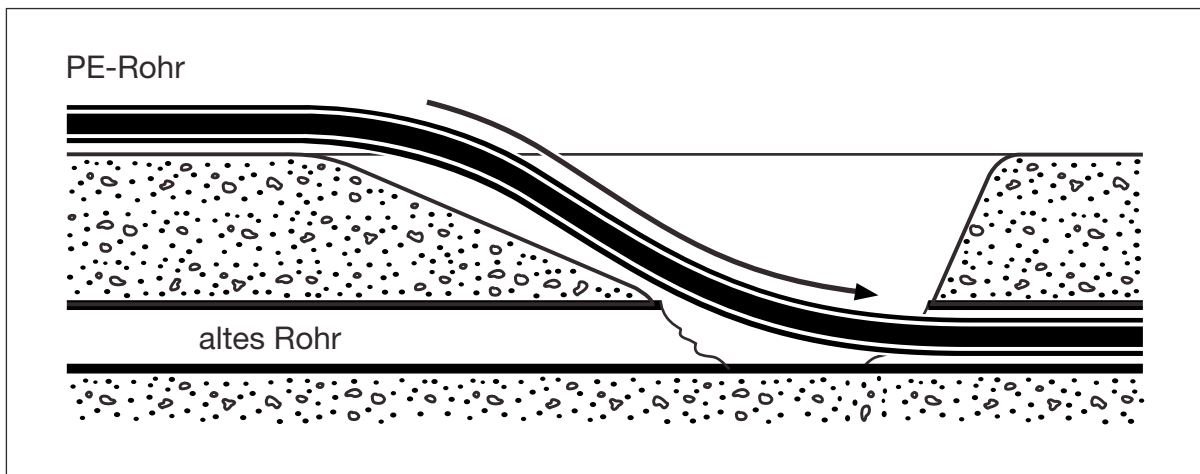


Abb. 6.5 Beispiel eines Rohr-Relinings

6.4 Richtungsänderungen und Umlenkungen

Richtungsänderungen von Rohrleitungen aus Polyethylen können mit folgenden Rohrleitungsteilen und Verfahren hergestellt werden:

- Formstücke (gespritzte, werkseitig geschweisste oder warmverformte Rohre)
- kaltes Biegen der Rohre
- Abwinklung der Rohre in speziell dazu geeigneten Verbindungselementen

6.4.1 Mit Formstücken

Bei engen Platzverhältnissen, d.h. für Richtungsänderungen mit kleinen Radien sollten, wenn immer möglich, gespritzte Formstücke verwendet werden.

Werkseitig warm gedrückte Rohrbogen (aus Rohren hergestellt) sind für Richtungsänderungen mit grösseren Radien geeignet.

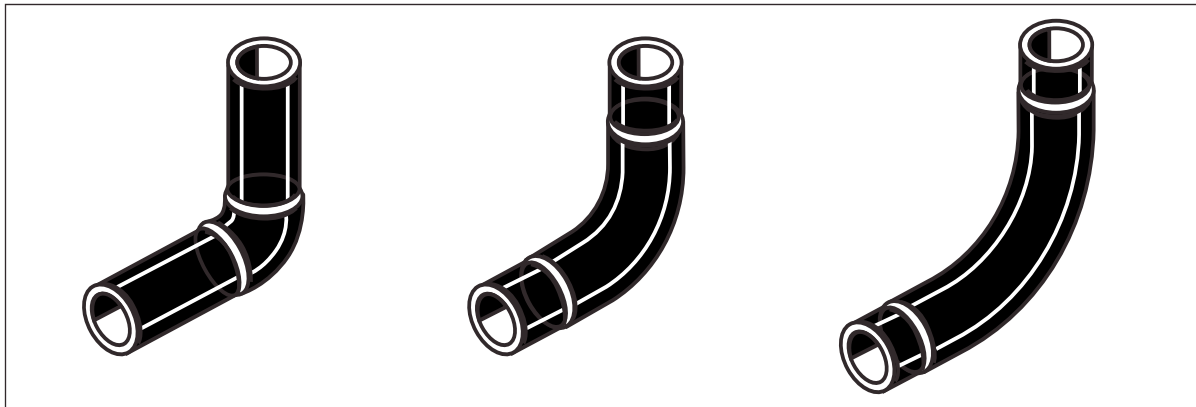


Abb. 6.6 Winkel, Bogen und Rohrbogen

Bei nicht schubgesicherten bzw. nicht längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen müssen die Formstücke bei Umlenkungen verankert werden. Abschnitt 6.7.1 und die Richtlinie SVGW W4 sind zu beachten.

6.4.2 Durch Biegen des Rohres

Für Druckrohre aus PE80 und PE100 der Rohrserien S5/SDR 11 und S8/SDR 17 muss für die freie Krümmung ein minimaler, mittlerer Biegeradius eingehalten werden:

Rohrserie	minimaler Biegeradius		
	bei 20°C	bei 10°C	bei 0°C
S8	20 x d _n	35 x d _n	50 x d _n
S5	20 x d _n	35 x d _n	50 x d _n

Bei Steckmuffenverbindungen ist beim Biegen des Rohres durch beidseitiges Abstützen des Rohres dafür zu sorgen, dass die Biegekräfte vollumfänglich vom Rohr und nicht von der Steckmuffe aufgenommen werden.

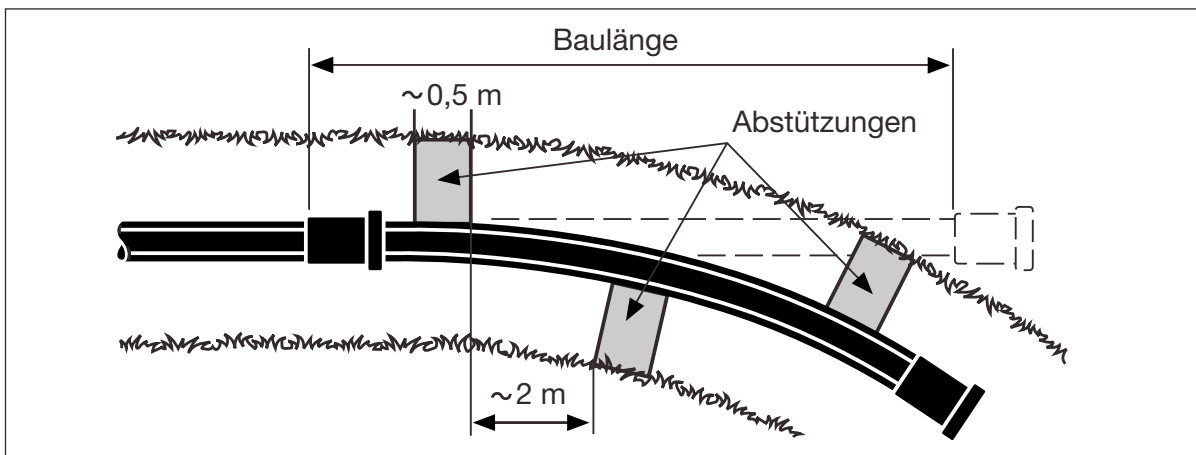


Abb. 6.7 Abstützung des Rohres beim Biegen

Für engere Richtungsänderungen sind Formstücke zu verwenden.

6.5 Verbindungen

6.5.1 Uebersicht

Erdverlegte Rohre und Rohrleitungsteile aus PE80 und PE100 für die Gas- und Wasserversorgung können nach folgenden Verfahren miteinander verbunden werden:

Schweissverbindungen **Heizelement-Stumpfschweissung**
Elektro-Schweissung (Heizwendelschweissung)

Mechanische Verbindungen **Klemmverbindungen**
Steckverbindungen (nicht für Gasleitungen)
Flanschverbindungen

Für Uebergänge auf andere Werkstoffe und für Anschlüsse an Apparate und Armaturen werden mechanische Verbindungen oder spezielle Uebergangsstücke eingesetzt.

6.5.2 Schweissverbindungen

Durch Schweissung entstehen unlösbare und kraftschlüssige, mediumdichte Verbindungen. Die Dichtigkeit ist durch das Verschmelzen des Werkstoffes der Rohre oder der Rohrleitungsteile gewährleistet. Es werden keine Dichtungselemente benötigt.

Schweissverbindungen dürfen nur von entsprechend ausgebildetem Personal ausgeführt werden. Die Schweissdaten sollten protokolliert werden. Siehe dazu auch Abschnitt 6.8.1 und 6.8.5 (Seiten 41 und 43).

Werden Schweissarbeiten bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt durchgeführt, ist speziell darauf zu achten, dass weder Kondenswasserbildung noch Eisbildung die Schweissung behindern kann. Bei Temperaturen unter -5°C sind Schweissarbeiten nur unter einem geheizten Zelt durchzuführen.

6.5.2.1 Die Heizelement-Stumpfschweissung (HE)

Bei der Heizelement-Stumpfschweissung (auch "Spiegelschweissung" genannt) werden die Verbindungsflächen der Rohre oder der Rohrleitungsteile mittels eines Heizelementes ("Schweiss-Spiegel") erwärmt und anschliessend unter Druck zusammengefügt.

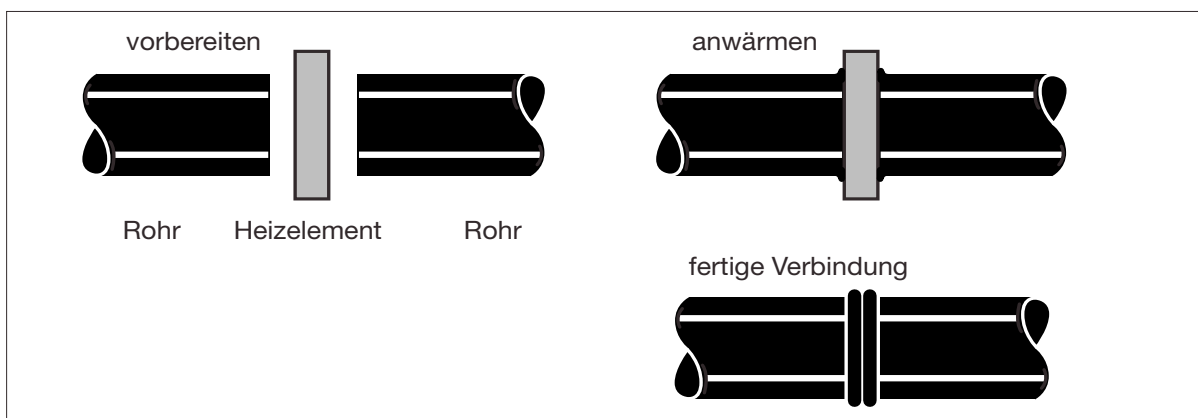


Abb. 6.8 Prinzip der Heizelement-Stumpfschweissung

Nach diesem Schweissverfahren können Rohre und Rohrleitungsteile aus PE80 mit solchen aus PE80 und Rohre und Rohrleitungsteile aus PE100 mit solchen aus PE100 verbunden werden. Der Schmelzindex der zu verbindenden Teile muss im Bereich von MFR 190/5 0,2 bis 1,4 g/10 min liegen.

Rohre und Rohrleitungsteile aus PE 80 lassen sich mittels Heizelement-Stumpfschweissen mit solchen aus PE 100 verbinden, wobei die vorgegebenen Parameter einzuhalten sind.

Das Heizelement-Stumpfschweissverfahren ist in der Richtlinie DVS 2207 Teil 1 ausführlich beschrieben. Die Anforderungen an die Schweissmaschinen sind in der Richtlinie DVS 2208 Teil 1 festgelegt. "Freihandschweissungen" sind nicht zulässig.

Die wichtigsten Verfahrensschritte (Kurzfassung in Anlehnung an DVS 2207 Teil 1, 2005-09):

- 1 Zulässige Arbeitsbedingungen schaffen (z.B. Schweisszelt)
- 2 Schweissmaschine auf Funktion prüfen
- 3 Zu schweisende Teile z.B. mit Rollenböcken ausrichten
- 4 Rohrenden gegen Luftzug verschliessen
- 5 Bewegungsdruck bzw. Bewegungskraft an der Rohrschweissmaschine ablesen und im Schweissprotokoll vermerken
- 6 Einstellwert für den Angleich-, Anwärm- und Fügedruck ermitteln
- 7 Richtwerte gemäss nachstehender Tabelle, Abb. 6.11, festlegen
- 8 Verbindungsflächen eventuell mit Entfettungsmittel und Papier, das nicht fasert und nicht eingefärbt ist, reinigen und mit Planhobel bearbeiten
- 9 Planhobel herausnehmen
- 10 Späne im Schweissbereich entfernen (Handbesen, Pinsel, Papier)
- 11 Planparallelität durch Zusammenfahren der Fügeflächen überprüfen (Maximale Spaltbreite für Rohre bis und mit einem Durchmesser von 355 mm höchstens 0,5 mm; weitere Werte siehe DVS 2207 Teil 1)
- 12 Versatz prüfen (maximal 10% der Wanddicke)
- 13 Heizelementtemperatur in Abhängigkeit der Wanddicke prüfen (siehe Abbildung 6.10)
- 14 Heizelement mit nicht faserndem und nicht eingefärbtem Papier reinigen
- 15 Heizelement in Schweissposition bringen
- 16 Angleichen der Flächen an das Heizelement bis ein Wulst gemäss nachstehender Tabelle, Abb. 6.11, entsteht
- 17 Anwärmen unter reduziertem Druck gleich oder kleiner 0,02 MPa, Anwärmzeit gemäss nachstehender Tabelle, Abb. 6.11
- 18 Nach Beendigung des Anwärmens, zu schweisende Verbindungsflächen vom Heizelement lösen und dieses aus Schweissposition herausnehmen
- 19 Die zu schweisenden Flächen innerhalb der Umstellzeit mit abnehmender Geschwindigkeit zusammenfahren; maximale Umstellzeit gemäss nachstehender Tabelle, Abb. 6.11
- 20 Nach dem Fügen muss ein Wulst vorhanden sein. Gemäss Abbildung 6.12 muss K an jeder Stelle grösser 0 sein (Für die weitere Beurteilung der Schweissung siehe auch Richtlinie DVS 2202 Teil 1)

- 21 Abkühlen unter Fügedruck entsprechend nachstehender Tabelle, Abb. 6.11
- 22 Ausspannen der geschweissten Teile nach Ablauf der Abkühlzeit
- 23 Schweissprotokoll vervollständigen

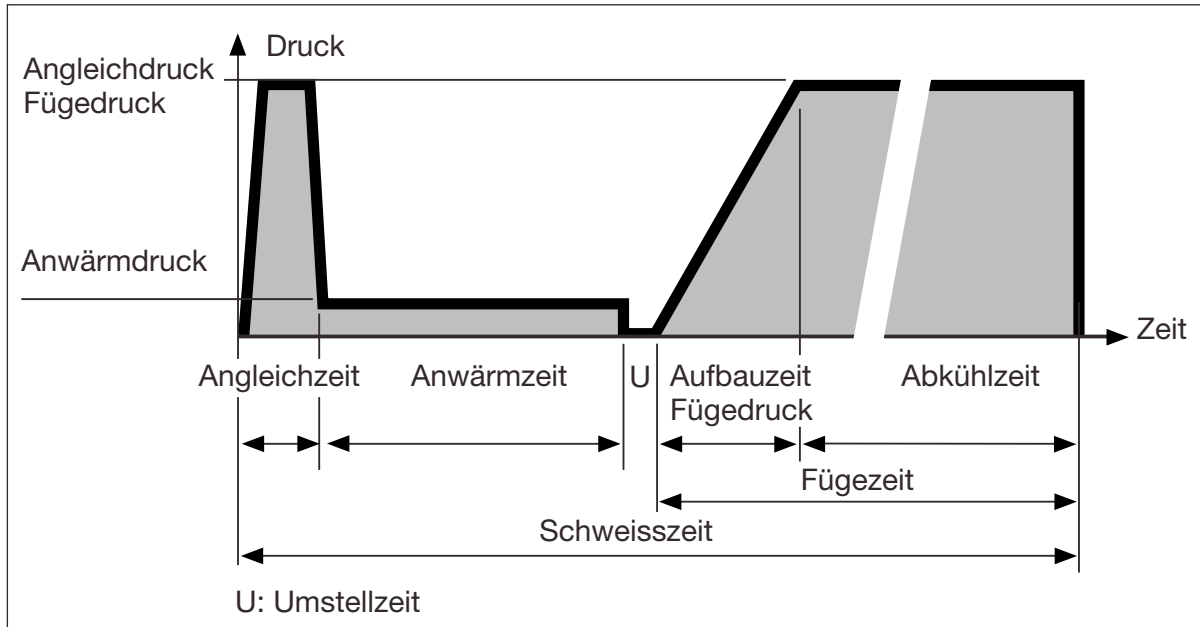


Abb. 6.9 Druck (Kraft)/Zeit-Diagramm für das Heizelement-Stumpfschweissen

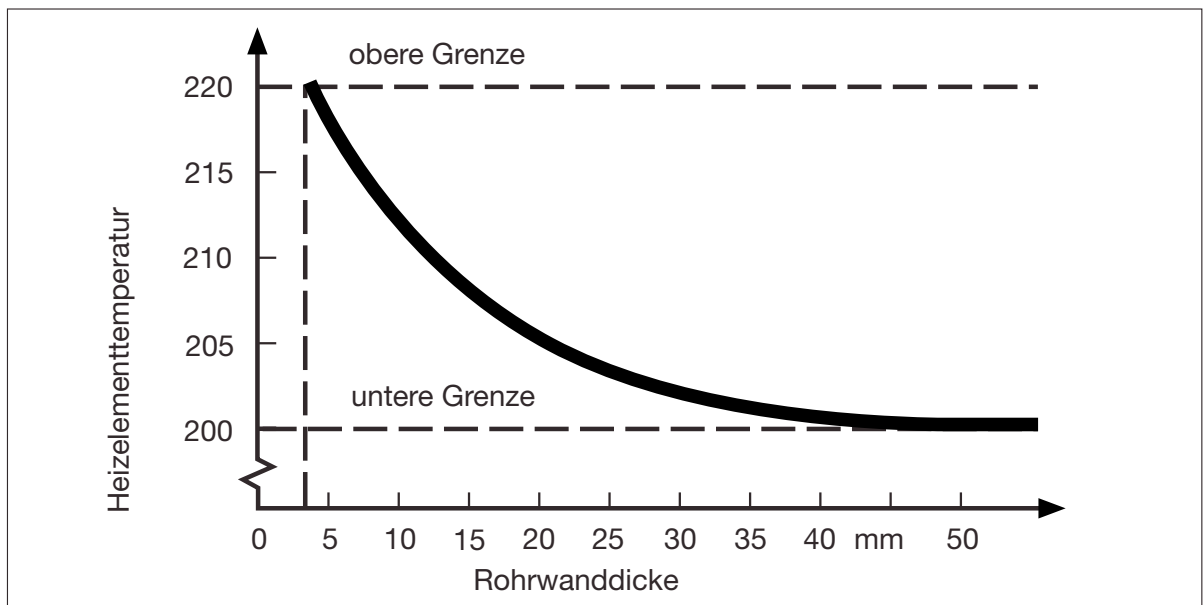


Abb. 6.10 Richtwertkurve für die Heizelementtemperaturen in Abhängigkeit der Rohrwanddicke

Nennwanddicke	Angleichen 1)	Anwärmen 2)	Umstellen	Fügedruckaufbauzeit 3)	Abkühlzeit unter Fügedruck 3)
mm	mm (min.)	s	s (max.)	s	min (min.)
bis 4,5	0,5	45	5	5	6
4,5...7	1,0	45...70	5...6	5...6	6...10
7...12	1,5	70...120	6...8	6...8	10...16
12...19	2,0	120...190	8...10	8...11	16...24
19...26	2,5	190...260	10...12	11...14	24...32
26...37	3,0	260...370	12...16	14...19	32...45
37...50	3,5	370...500	16...20	19...25	45...60
50...70	4,0	500...700	20...25	25...35	60...80

1) Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen mit 0,15 MPa)

2) Anwärmezeit = 10 x Wanddicke (Anwärmen mit kleiner oder gleich 0,02 MPa)

3) Maximaler Fügedruck 0.15 MPa

Abb. 6.11 Richtwerte für das Heizelement-Stumpfschweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PE80 und PE100 bei einer Aussentemperatur von etwa 20°C und mässiger Luftbewegung (Zwischenwerte sind zu interpolieren).
Diese Werte gelten sowohl für Teile aus PE80 bzw. PE100 unter sich wie auch für Schweißungen zwischen Teilen aus PE80 einerseits und Teilen aus PE100 andererseits.

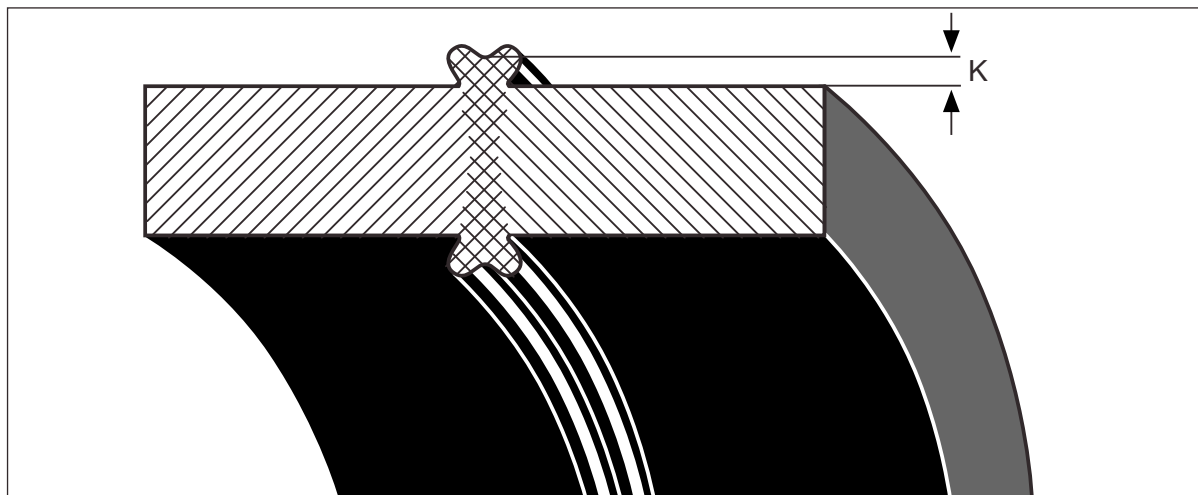


Abb. 6.12 Wulstausbildung beim Heizelement-Stumpfschweißen

Heizelement-Stumpfschweißverbindungen müssen nach der Richtlinie DVS 2203 Teil 1 folgende Festigkeitswerte erreichen:

- Kurzzeit-Schweissfaktor min. 0,9
- Zeitstandzug-Schweissfaktor min. 0,8

6.5.2.2 Elektro-Schweissung (Heizwendelschweissen)

Mit der Elektro-Schweissung werden Oberflächenbereiche an Rohren und/oder Rohrleitungsteilen mit Oberflächenanteilen von Rohrleitungsteilen (Schweissfittings), welche mit integrierten Widerstands-Heizdrähten versehen sind, unter Zuführung von elektrischem Strom verschweisst.

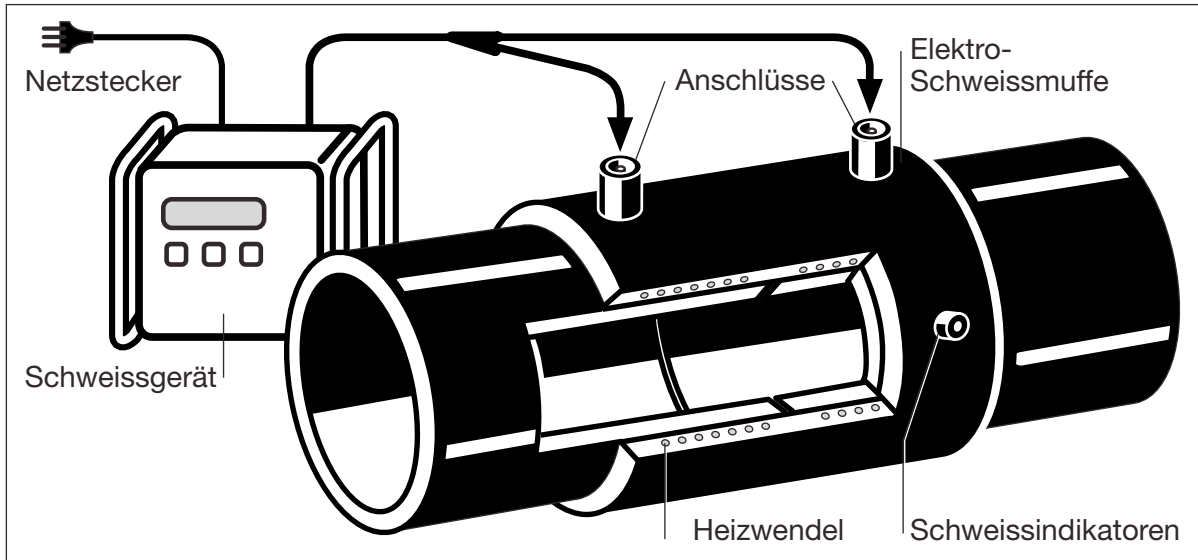


Abb. 6.13 Prinzip der Elektro-Schweissung am Beispiel einer Verbindung mit einer Elektro-Schweissmuffe

Es können Druck-Rohre und Rohrleitungsteile aus PE80 und PE100 unter sich oder in Kombination verschweisst werden. Der Schmelzindexbereich der zu verschweisenden Teile muss im Bereich von MFR 190/5 0,2 bis 1,4 g/10 min liegen.

Dieses Schweissverfahren ist in der Richtlinie DVS 2207 Teil 1 beschrieben. Da die Schweissgeräte und die Schweissfittings (Elektro-Schweissmuffen, Elektro-Schweisssschellen, Elektro-Schweissformstücke) fabrikatabhängige Eigenschaften aufweisen, sind vor der Verwendung unbedingt die Verarbeitungsanweisungen der Hersteller zu beachten. Insbesondere ist darauf zu achten, dass das Schweissgerät systemmässig auf die Schweissfittings abgestimmt ist. Die Schweissungen dürfen nur von ausgebildetem Personal durchgeführt werden. Siehe dazu auch Abschnitt 6.8.1. (Seite 41)

Wichtige Verfahrensschritte für Elektro-Schweissmuffen und Elektro-Schweissformstücke (für Elektro-Schweisssschellen siehe Abschnitt 6.6.3, Seite 38):

- 1 Zulässige Arbeitsbedingungen schaffen (z.B. Schweisszelt)
- 2 Schweissgerät an das Netz oder den Wechselstromgenerator anschliessen und auf Funktion prüfen (Elektrische Spannung, Leistungsfähigkeit des Generators usw.).
- 3 Rohrenden rechtwinklig zur Rohrachse schneiden. Die Schweisszone reinigen und spanabhebend (ca. 0,15 mm tief) bearbeiten. Vom Hersteller empfohlene Geräte verwenden (kein Schmiergeltuch!).
- 4 Bearbeitete Rohroberfläche mit Entfettungsmittel reinigen. Vom Hersteller empfohlene Reinigungsmittel mit nicht faserndem und nicht eingefärbtem Papier verwenden.

- 5 Die Schweissfittings in der Verpackung lassen bis unmittelbar vor der Montage. Reinigung der Schweisszone der Schweissfittings gemäss Angaben des Herstellers.
- 6 Montage der Schweissfittings. Zur Schweissung vorbereitete, gereinigte, trockene und bearbeitete Fügeflächen sauber halten und nicht berühren (Schmutz, Handschweiss usw). Einstecktiefe durch Markierung oder andere geeignete Vorrichtung kontrollieren.
- 7 Fixierung der zu verschweisenden Teile durch Verwendung von Rohrklemmen oder Rohrhaltevorrichtungen. Ist die Verwendung von solchen Hilfsgeräten aus Platzgründen nicht möglich, so ist der Schweißer verpflichtet, die ruhige und spannungsfreie Lage der Verbindungsteile während der Schweissung und der Abkühlung durch anderweitige Massnahmen zu sichern.
- 8 Verbindung zwischen Schweissgerät und Schweissfitting herstellen (kein Zug auf Schweisskabel!). Eingabe der Schweissparameter bei nicht selbst erkennenden Schweissssystemen mittels Strichcode oder Handeingabe. Auslösung des Schweissvorganges gemäss der Bedienungsanleitung für das Schweissgerät.
- 9 Schweissablauf nach Angabe des Herstellers überwachen und überprüfen
- 10 Nach Beendigung des Schweissvorganges Kabel vom Schweissfitting entfernen
- 11 Während der Abkühlzeit Schweissverbindung in den Fixierungen halten. Die Verbindung darf während der Abkühlzeit weder bewegt noch mechanisch belastet werden. Die Abkühlzeiten werden von den Schweissfitting-Herstellern angegeben.

6.5.3 Klemmverbindungen

Durch das Anziehen einer Ueberwurfmutter wird mittels mechanischer Kraftübertragung auf einen speziellen Klemmring das Polyethylen-Rohr eingeklemmt und damit auch zugesichert. Ein Elastomer-Dichtring gewährleistet die Dichtheit der Verbindung.

Klemmverbindungen sind schnell und einfach zu montieren. Sie sind lösbar und deshalb z.B. für Reparaturen gut geeignet.

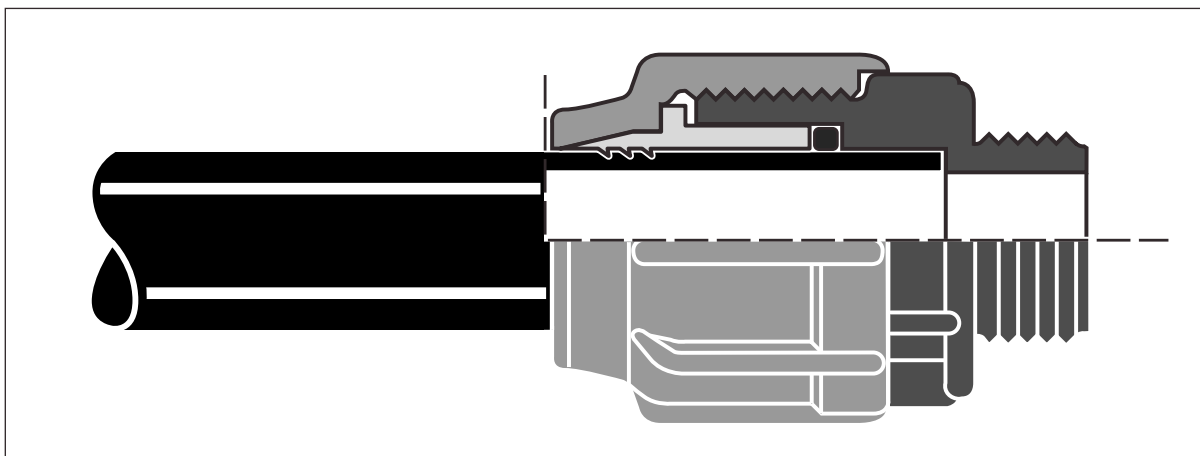


Abb. 6.14 Prinzip einer Klemmverbindung

Metallische Teile von Klemmverbindungen sollen gegen Korrosion speziell geschützt sein.

Bei bestimmten Klemmverbindungen müssen der Rohrserie entsprechende Stützhülsen im Innern des Polyethylen-Rohres verwendet werden.

Die Rohrenden müssen vor der Montage rechtwinklig geschnitten und sauber sein.

6.5.4 Steckverbindungen

Die Steckverbindung ist heute eine meist längskraftschlüssige Verbindung. Sie vereint die Vorteile einer Steckmuffenverbindung mit der Zugfestigkeit einer Schweissverbindung. Ein in der Muffe integrierter Klemmring bewirkt bei Zugbeanspruchung eine Verkeilung mit dem Rohr. Nach Abschluss dieses Vorgangs erfolgt die Übertragung der Zugkräfte vom Rohr über die Verzahnung des Klemmrings und von diesem auf die Muffe.

Steckverbindungen sind für Gasleitungen nicht zugelassen.

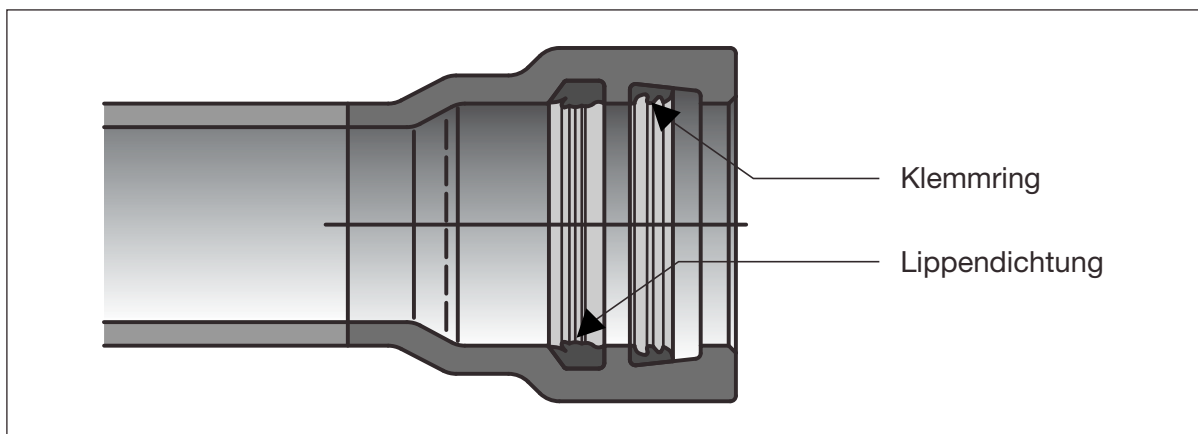


Abb. 6.15 Prinzip einer Steckverbindung

Beim Einsatz einer nicht längskraftschlüssigen Verbindung sind bei Umlenkungen, Endstücken, T-Stücken und Armaturen Verankerungen gemäss Abschnitt 6.7, bzw. Richtlinie SVGW W4 vorzusehen.

Die wesentlichen Verfahrensschritte:

- Sitz von Klemmring und Lippendichtring überprüfen
- Spitzende, Klemmring und Lippendichtring reinigen
- Spitzende und Lippendichtring mit vom Hersteller empfohlenen Gleitmittel einstreichen
- Spitzende bis zur angezeichneten Einstecktiefe einschieben
- Verkeilung des Klemmrings durch Rückschlagen des eingesteckten Rohres

6.5.5 Flanschverbindungen

Flanschverbindungen werden vor allem zum Anschluss von Armaturen und als Uebergangsverbindungen verwendet.

Ausführungsformen:

- Vorschweissbund aus PE80 oder PE100, welcher durch eine Heizelement-Stumpfschweissung oder Elektroschweissung mit dem Rohr verbunden ist, Losflansch aus Metall oder Kunststoff (z.B. Polypropylen mit Metalleinlage) und Flachdichtungen mit Metalleinlage
- Vom Hersteller vorgefertigter Uebergang bestehend aus Polyethylen-Rohr mit metallischem Flansch
- Spezielle metallische Uebergangsstücke (siehe auch Abschnitt 6.6)
- Klemmverbindungen (siehe auch Abschnitt 6.5.3, Seite 34)

Wegen des plastischen Verhaltens von Polyethylen sollte ein Flansch mit PE-Vorschweissbund und Flachdichtung in Abständen von je einer Stunde 3 mal nachgezogen werden.

Metallische Teile der Flanschverbindung (Flansch, Schrauben) müssen speziell gegen Korrosion geschützt sein.

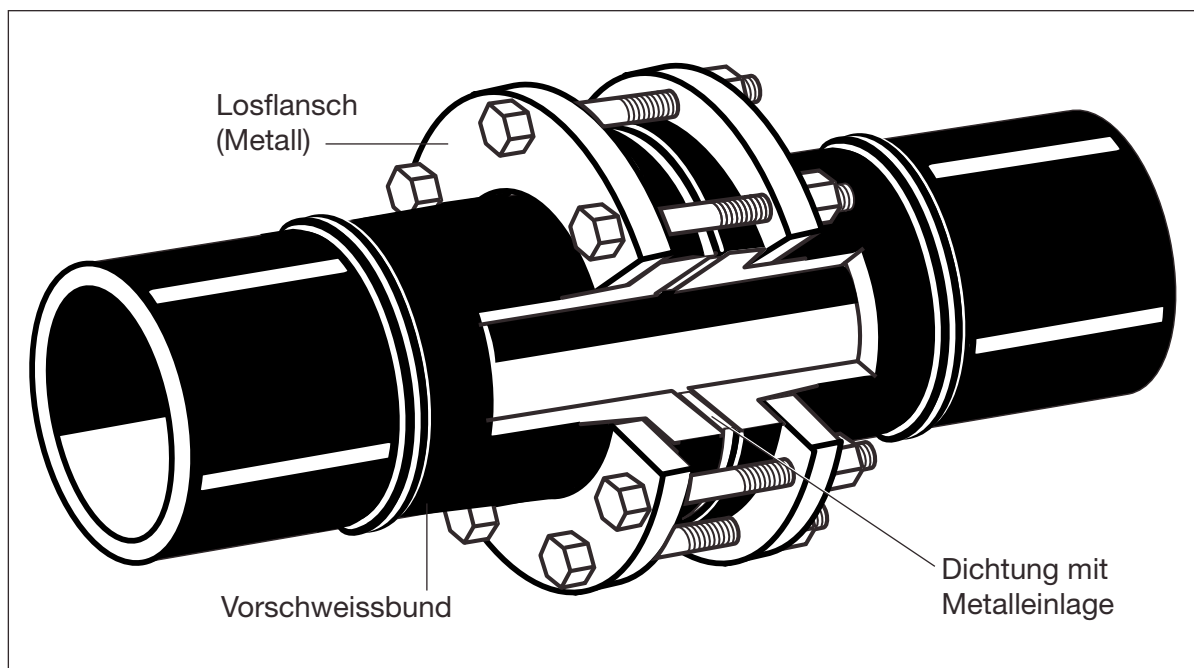


Abb. 6.16 Prinzip einer Flanschverbindung

Bei Flanschverbindungen ist darauf zu achten, dass

- die Dichtflächen sauber sind,
- die Schrauben kreuzweise mittels Drehmomentschlüssel angezogen werden
- die Dichtung zentriert bleibt
- die zu verbindenden Rohrleitungsteile zentrisch und ohne Abwinklung aufeinander passen. Abweichungen der Lage und der Länge dürfen nicht durch Anziehen der Schrauben korrigiert werden.

Drehmomente (Richtwerte) für Flanschverbindungen mit Vorschweissbunden und Flachdichtungen mit Metalleinlagen.

Rohr d_n	Drehmoment	Rohr d_n	Drehmoment
mm	Nm	mm	Nm
25	9	160	60
32	10	180	70
40	20	200	75
50	25	225	75
63	30	250	80
75	35	280	80
90	40	315	90
110	45	355	110
125	45	400	110
140	50		

Drehmomente für andere Dichtungssysteme siehe Herstellerangaben.

6.6 Anschlüsse und Übergänge

6.6.1 Uebergänge auf Rohrleitungen aus andern Werkstoffen

Für Uebergangsverbindungen von Polyethylen-Rohren auf solche anderer Werkstoffe stehen verschiedene spezielle Formstücke und Verbindungselemente zur Verfügung.

Beispiele von Uebergangsverbindungen:

- Uebergangsstücke mit Gussrohrverschraubungen
- Kraftschlüssige und nicht kraftschlüssige Kupplungen für Stahlrohre
- Polyethylen-Fittings mit Innen- oder Aussengewinde aus Metall für Uebergänge auf metallische Gewinderohre
- Flanschverbindungen (siehe auch Abschnitt 6.5.5)

In jedem Fall sind die Anwendungsbestimmungen und die Montageanleitungen der Hersteller zu beachten.

6.6.2 Anschlüsse von Armaturen

Armaturen werden in der Regel entweder mittels Flanschverbindung oder durch Verschweissen eines mit der Armatur fest verbundenen Stutzens aus Polyethylen verbunden.

Armaturen sind so zu montieren bzw. so zu positionieren, dass die Verbindung spannungsfrei ist.

6.6.3 Anschlüsse an Hauptleitungen

Mit sogenannten Anbohrschellen können Anschlüsse an Hauptleitungen sowohl unter Betriebsdruck als auch im drucklosen Zustand hergestellt werden. Die Anbohrschellen werden mittels Elektro-Schweissung (Heizwendelschweissen) auf das Rohr aufgeschweisst. Ein eingebauter Bohrer erlaubt das Anbohren der Hauptleitung unter Druck.

Zum Anbohren dürfen nur die vom Hersteller vorgeschriebenen Bohrwerkzeuge verwendet werden. Das Elektro-Schweissverfahren ist aus dem Kap. 6.5.2.2 zu entnehmen.

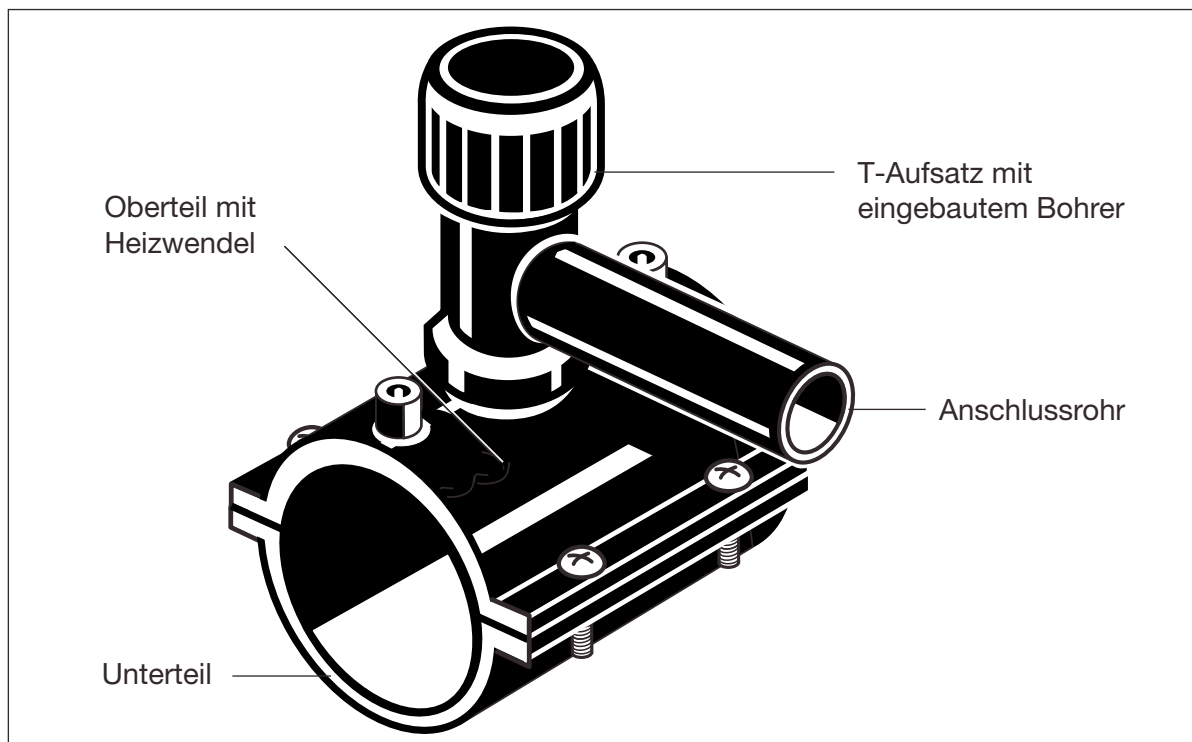


Abb. 6.17 Elektro-Schweisschelle mit Anbohrvorrichtung (Beispiel)

Die wichtigsten Verfahrensschritte für Elektro-Schweisschellen mit Anbohrvorrichtung:

- 1 Zulässige Arbeitsbedingungen schaffen (z.B. Schweisszelt)
- 2 Schweissgerät an das Netz oder den Wechselstromgenerator anschliessen und auf Funktion prüfen (elektrische Spannung, Leistungsfähigkeit des Generators usw.)
- 3 Hauptrohr im Bereich der Schweisszone reinigen und spanabhebend (ca. 0,15 mm tief) mit einem Schaber oder einem vom Hersteller empfohlenen Gerät bearbeiten.
- 4 Bearbeitete Rohroberfläche mit Entfettungsmittel reinigen. Vom Hersteller empfohlene Reinigungsmittel verwenden und Papier, das nicht fasert und nicht eingefärbt ist.
- 5 Die Elektro-Schweisschellen in der Verpackung lassen bis unmittelbar vor der Montage. Reinigung der Schweisszone der Schelle gemäss Angaben des Herstellers.

- 6 Schweissschelle aufsetzen und je nach Ausführung mechanisch befestigen
- 7 Bei Ovalitäten des Hauptrohres von über 1,5% sind Rundrückklemmen zu verwenden
- 8 Verbindung zwischen Schweissgerät und Elektro-Schweissschelle herstellen (kein Zug auf Schweisskabel!). Eingabe der Schweissparameter bei nicht selbst erkennenden Schweissystemen mittels Strichcode oder Magnetkarte. Auslösung des Schweissvorganges gemäss der Bedienungsanleitung für das Schweissgerät.
- 9 Schweissablauf nach Angabe des Herstellers überwachen und überprüfen.
- 10 Nach Beendigung des Schweissvorganges Kabel von der Elektro-Schweissschelle entfernen.
- 11 Erst nach der vom Hersteller angegebenen Abkühlzeit darf die Hauptleitung angebohrt werden. Unbedingt Vorschriften des Herstellers beachten!
- 12 Der Anbohrvorgang ist mit den vom Hersteller angegebenen Werkzeugen und nach den entsprechenden Vorschriften vorzunehmen.

Hinweis: Die Anschlussleitung sollte vor dem Anbohrvorgang auf Dichtheit geprüft werden.

Anschlüsse an Hauptleitungen können auch durch Einsetzen von T-Stücken, die mittels Elektro-Schweissmuffen verbunden werden, hergestellt werden.

6.6.4 Hausanschlüsse und Mauerdurchführungen

Ein direktes Einmauern von Polyethylen-Rohren ist nicht zulässig.

Bei Hauseinführungen ist die Rohrleitung im Bereich der Baugrube mit einer Betonauflage zu unterstützen (siehe Abb. 6.18).

Mit speziellen Mauerdurchführungen, die ein Eindringen von Wasser und Gas durch das Mauerwerk verhindern, können Polyethylen-Rohre (Gas- und Wasserleitungen) von aussen in das Gebäude eingeführt werden.

Für Mauerdurchführungen mit gleichzeitigem Uebergang auf ein Metallrohr sind spezielle zugsichere, verankerbare Formstücke zu verwenden (z.B. für Wasser- und Gasleitungen). Das medienführende Polyethylen-Rohr ist innerhalb eines Schutzrohres aus Kunststoff oder Metall mit dem medienführenden Metallrohr verbunden. Je nach Bedarf stehen metallische Abgänge mit verschiedenen Materialien und Gewinden zur Verfügung.

Die Montageanweisungen der Hersteller sind zu beachten.

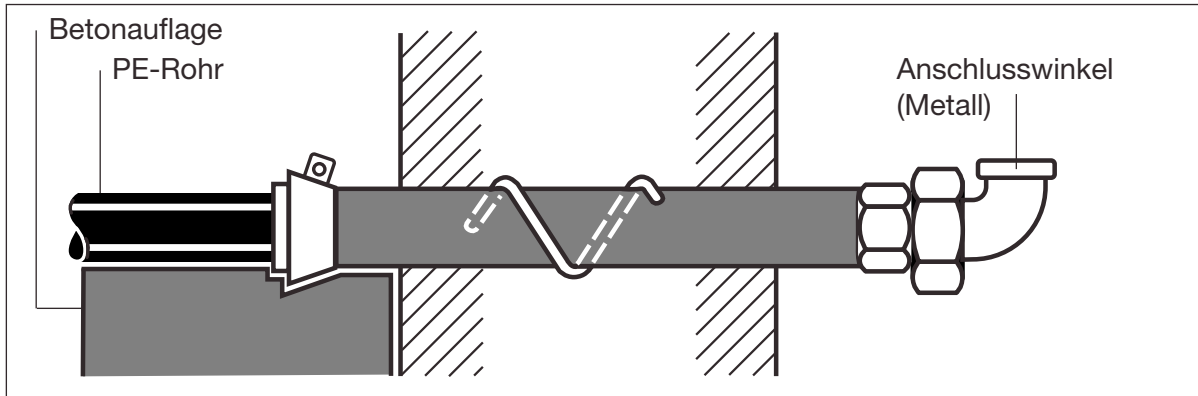


Abb. 6.18 Beispiel einer Mauerdurchführung mit Uebergang auf ein Metallrohr

6.7 Rohrbefestigungen und Abstützungen

6.7.1 Bei Richtungsänderungen, Umlenkungen und Abzweigen

Bei nicht kraftschlüssigen Verbindungen sind Winkel, Bogen, T-Stücke, Reduktionen, Endstücke usw. unter Berücksichtigung der auftretenden Kräfte zu verankern.

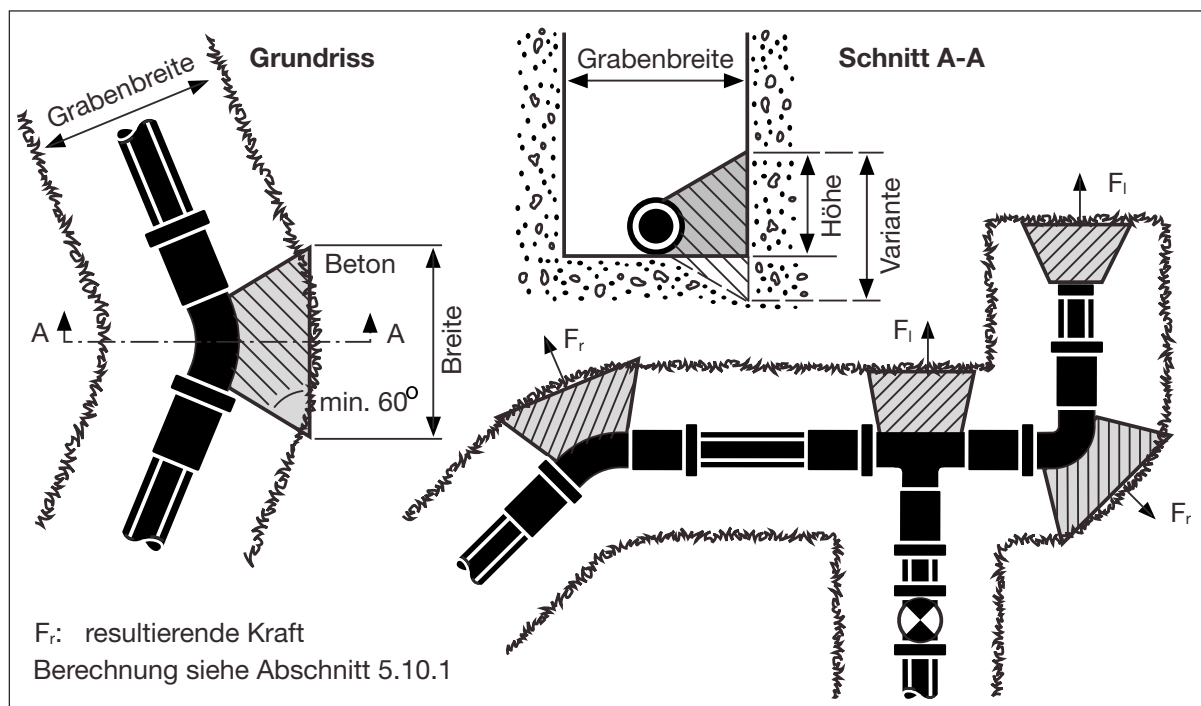


Abb. 6.19 Resultierende Kräfte bei nicht längskraftschlüssigen Rohrverbindungen

Die Bemessungsgrundlagen für Betonwiderlager sind der Richtlinie SVGW W4 zu entnehmen.

6.7.2 Bei Armaturen

Werden Schieber, Hydranten usw. in eine Polyethylen-Rohrleitung eingebaut, so sind Eigengewicht und allfällig einwirkende äussere Kräfte durch geeignete bauseitige Massnahmen abzufangen.

6.7.3 In Hanglagen

Leitungen in Steilhängen sind in angemessenen Abständen über Betonriegel in standfestem Boden zu verankern. Diese Betonriegel sind so zu gestalten, dass durch gezielte Wasserabführung eine Unterspülung der Leitung verhindert wird.

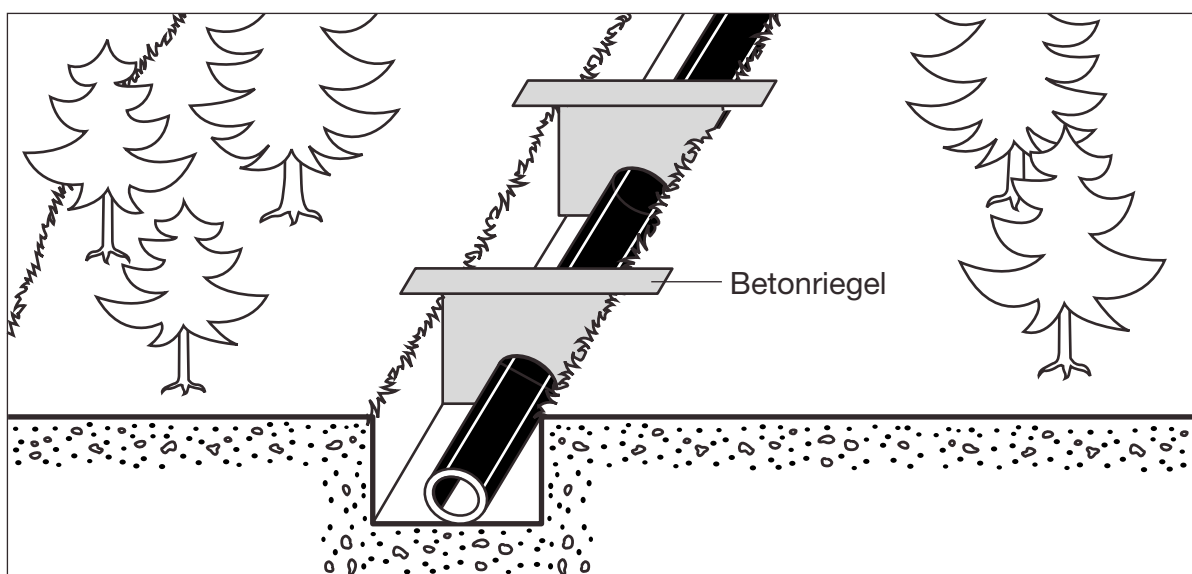


Abb. 6.20 Betonriegel in Steilhang

6.8 Qualitätssicherung und Prüfung

6.8.1 Anforderungen an das Verlegepersonal

Die Verlegung von Kunststoff-Rohrleitungen erfordert grundsätzlich die gleiche Sorgfalt wie sie bei Rohrleitungen aus andern Werkstoffen erforderlich ist. Die werkstoff- und verlegespezifischen Eigenschaften sind dabei gemäss Kapitel 6 (ab Seite 24) zu berücksichtigen. Die Rohrverbindungstechniken, insbesondere das Schweißen von Polyethylen-Rohrleitungen, erfordert eine entsprechende Schulung wie sie bei der Ausbildung zum Kunststoff-Technologen (Kunststoff-Apparatebau) gegeben ist oder in den speziellen Kursen des Verbandes Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile (VKR) in Aarau und durch den Schweizerischen Verein für Schweisstechnik (SVS) in Basel vermittelt wird.

Der erfolgreiche Abschluss dieser einwöchigen Kurse wird durch ein Kurszertifikat ("Schweisserpass") bestätigt.

Bei allen Verlegearbeiten für Gas- und Wasserleitungen aus Kunststoff sollte pro Montagegruppe mindestens eine Person eine entsprechende Ausbildung nachweisen können.

6.8.2 Qualitätsmanagement-Systeme

Die Hersteller von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Kunststoff sollten ein Qualitätsmanagement-System nach SN-EN-ISO 9001 nachweisen.

Die Zertifizierung eines Qualitätsmanagement-Systems bestätigt, dass diese Firma die organisatorischen Voraussetzungen erfüllt, die für die Erzeugung einer normgerechten Qualität notwendig sind.

Immer mehr werden auch Verlegefirmen und Versorgungsbetriebe mit der Forderung zur Einführung von Qualitätsmanagement-Systemen konfrontiert. Deshalb ermuntern z.B. der Verband suissetec (vormals SSIV) und der SVGW ihre Mitglieder, ihre Betriebe entsprechend zu organisieren.

Damit würde die Qualitätssicherungskette vom Hersteller über den Verarbeiter bis zum Verteiler von Gas und Wasser reichen. Weitere Auskünfte über Qualitätsmanagement-Systeme und deren Zertifizierung erteilt die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Qualitätsförderung (SAQ) in Olten.

6.8.3 Prüfung auf Dichtheit (Druckprüfung)

Nach Beendigung der Verbindungsarbeiten einzelner Leitungsabschnitte sind diese einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen. Die Rohre sind gegen Lageveränderung sowie gegen Sonneneinstrahlung zu schützen. Die Rohrwandtemperatur darf während der gesamten Dauer der Druckprüfung 20°C nicht übersteigen.

Für Wasserleitungen aus PE gelten die Angaben des SVGW-Regelwerkes W4 – Ergänzung (Ausgabe 2007). Für Rohre bis dn 400 mm und einem Rohrleitungsvolumen bis max. 20 m³ wird die Prüfung nach dem Kontraktionsverfahren (Druckverlustmethode für viskoelastische Rohre) durchgeführt, ansonsten wird das Normalverfahren angewendet.

Eine Kurzanleitung sowie ein Prüfprotokoll befinden sich im Anhang 3 dieser Richtlinie. Ein Prüfprotokoll mit integrierter Berechnung ist ebenfalls auf der Homepage des VKR, unter www.vkr.ch erhältlich.

Die Durchführung der Dichtheitsprüfung für Gasleitungen aus PE ist ausführlich in der Richtlinie SVGW G2 beschrieben. Es stehen je nach Betriebsdruck und Leitungsvolumen drei Verfahren zur Auswahl:

- Sichtverfahren
- Druckmessverfahren
- Druckdifferenzverfahren

Als Druckmedien können je nach Verfahren Luft, Stickstoff oder Wasser (eventuell auch Erdgas) eingesetzt werden. Ein Beispiel eines Protokolls für die Dichtheitsprüfung befindet sich in der Richtlinie SVGW G2.

6.8.4 Prüfung der Schweissverbindungen

Die Ueberprüfung der Schweisseinrichtungen, die Ueberwachung der Schweissung in Bezug auf die Einhaltung der Verfahrensschritte und die Beachtung der Sauberkeit und die Ausbildung des Montagepersonals bieten die beste Gewähr für einwandfreie Schweissverbindungen.

Zusätzlich können die Schweissverbindungen äusserlich auf eventuelle Fehler geprüft werden:

Heizelement-Stumpfschweissungen können auf Grund der Ausbildung der Schweisswulste beurteilt werden. Die wesentlichen Abweichungen von der Idealform sind in der Richtlinie DVS 2202 Teil 1 dargestellt und bewertet. Die Schweisswulstform bei Schweissungen mit Rohren und Rohrleitungsteilen aus Polyethylen PE 100 kann von der dargestellten Idealform abweichen, obwohl die Festigkeitsanforderungen erfüllt werden. Die visuelle Prüfung kann nur grobe Verarbeitungs- bzw. Schweissfehler aufdecken.

Auch andere zerstörungsfreie Prüfungen wie z.B. Durchstrahlungsprüfungen oder Ultraschallprüfungen können nur bestimmte Fehlerstellen aufdecken.

Für bestimmte Rohrleitungen (z.B. Gasleitungen) kann vom Auftraggeber die Prüfung von Probeschweissungen verlangt werden. Im Vordergrund steht der Zugversuch nach der Richtlinie DVS 2203 Teil 2 mit der Bestimmung des Kurzzeitfaktors, sowie der technologische Biegeversuch nach der Richtlinie DVS 2203 Teil 5.

Verbindungen mit Elektro-Schweissfittings werden visuell auf die Reaktion der Schweissindikatoren geprüft. Dabei sind die Hinweise der einzelnen Hersteller zu beachten. Ferner ist auf die Achsparallelität der verbundenen Rohrleitungsteile zu achten. Weitere visuelle Aspekte sind ebenfalls in der Richtlinie DVS 2202 Teil 1 aufgeführt.

6.8.5 Dokumentation

Im Sinne der für die Qualitätssicherung geforderten Rückverfolgbarkeit (Tracability) sind die Rohrverlegung, die Schweissarbeiten und die Dichtheits- und Schweissprüfungen zu dokumentieren.

In den Situationsplänen ist darauf zu achten, dass der Rohrwerkstoff eindeutig mit "PE80" bzw. mit "PE100" eingetragen wird.

Die Schweissdaten sind in den Schweissprotokollen zu dokumentieren.

Beispiele für diese Protokolle befinden sich in der Richtlinie DVS 2207 Teil 1.

Moderne Schweißmaschinen und Schweißgeräte können die Schweißdaten speichern und sie besitzen einen Anschluss für die Datenübertragung.

Alle durchgeführten Prüfungen sind zu protokollieren.

6.9 Unterhalt

6.9.1 Reinigung

Der Rohrwerkstoff Polyethylen weist gegenüber andern Werkstoffen eine sehr geringe Oberflächenhaftung auf. In Rohrleitungen aus Polyethylen bilden sich an den sehr glatten, porenfreien Oberflächen praktisch keine Inkrustationen. Sollten z.B. bei Wasserleitungen infolge der Linienführung strömungsbedingte Schwemmablagerungen auftreten, so ist eine Leitungsspülung unproblematisch. Bei Wasserversorgungen mit markanten Feststoffausscheidungen empfiehlt es sich, Siphonstellen mit Entleerungsmöglichkeit vorzusehen, damit eine Reinigung gezielt vorgenommen werden kann. Für Gasleitungen mit starker Kondensatbildung sind für Reinigungszwecke Kondensatabscheider vorzusehen.

6.9.2 Reparaturen

Zur schnellen Behebung von Undichtigkeiten an beschädigten Leitungen sind schweißbare Reparaturschellen und solche mit elastomeren Dichtungen von verschiedenen Herstellern erhältlich.

Eine langzeittaugliche Instandstellung wird durch ein in die Leitung eingeschweißtes Rohrstück erreicht. Das defekte Rohrteil wird aus der drucklosen und entleerten Leitung herausgeschnitten, ein passendes Rohrstück mit zwei Ueberschiebe-Elektro-Schweißmuffen versehen, in die Reparaturstelle eingesetzt und dort verschweisst.

6.9.3 Nachträgliche Interventionen

Wenn für eine Intervention der betreffende Rohrabschnitt nicht mit eingebauten Absperrorganen ausser Betrieb gesetzt werden kann, können zur behelfsmässigen Absperrung von Polyethylen-Rohrleitungen spezielle Quetschvorrichtungen eingesetzt werden. Mit zwei mechanisch oder hydraulisch betätigten abgerundeten Pressbalken wird das Polyethylen-Rohr soweit platt gedrückt, bis der Durchfluss unterbrochen wird. Es ist dabei darauf zu achten, dass die Rohrwandung nicht durch "überdrücken" eingeschnürt und beschädigt wird. Nach der Entfernung der Quetschvorrichtung und erneutem Unterdruckbringen rundet sich das Rohr langsam wieder. Eine einmal abgequetschte Rohrstelle darf nicht ein zweites Mal abgequetscht werden. Quetschstelle markieren!

Bei Gasleitungen werden die Interventionsstrecken mit Sperrblasen abgedichtet, die durch elektrisch geschweisste Sperrblasenschellen eingeführt werden. Die Sperrblasenschellen ermöglichen zudem den Anschluss einer Ueberbrückungsleitung während der Zeit der Intervention.

Bei Elektro-Schweissungen an Leitungen, insbesondere bei Wasserleitungen, die bereits im Betrieb waren, ist darauf zu achten, dass während der Schweissung die Schweisszone trocken bleibt. Unter Umständen sind Schweisstüllen oder, wenn möglich, Gummiblasen zu verwenden.

6.10 Entsorgung

Die beste "Entsorgung" ist die Vermeidung von Abfällen. Eine sorgfältige Planung auf der Baustelle oder in der Vorfertigung reduziert die nicht mehr verwendbaren Rohrabschnitte und Rohrleitungsteile auf ein Minimum. Rohre und Rohrleitungsteile aus Polyethylen eignen sich vorzüglich für den Recyclingprozess. Dabei werden die Rohrabschnitte wieder so aufbereitet, dass andere Gegenstände daraus hergestellt werden können (z.B. Kabelschutzrohre). Die Lieferanten und Hersteller informieren über Recyclingmöglichkeiten.

Ausserdem können PE-Abfälle in Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) problemlos verbrannt werden. Dabei wird der hohe Energieinhalt zurückgewonnen.

6.11 Sicherheit

6.11.1 Sicherheit gegen elektrischen Schlag durch Elektrowerkzeuge

Die Vorschriften und Normen von Electrosuisse und der zuständigen Werke sind zu beachten.

Der Zustand der Kabel und Steckverbindungen ist vor jedem Gebrauch zu überprüfen. Schadhafte Teile sind sofort durch entsprechendes Fachpersonal auszutauschen bzw. zu reparieren. Geräte, die Defekte an elektrischen Komponenten aufweisen, dürfen nicht in Betrieb genommen werden.

Bei Stromversorgungen ab Netz dürfen elektrische Geräte nur über einen Fehlerstromschalter (FI-Schalter) mit einem Auslösestrom von max. 30 mA betrieben werden.

Bei aufziehenden Gewittern sollten die Grab- und Verlegearbeiten eingestellt werden.

6.11.2 Sicherheit im Graben

Bei Grabarbeiten sind vor allem die folgenden Vorschriften zu beachten:
Die Bauarbeitenverordnung (BauAV, SR 832.311.141), die entsprechenden Sicherheitsvorschriften der SUVA (SUVA Form 44062.D) und die Norm SN 640 535c der Vereinigung schweizerischer Strassenfachleute.
Arbeiten an Leitungen der Gasversorgung bedürfen besonderer Sorgfalt.
Die Richtlinien SVGW G201 (Verhütung von Unfällen in der Gasindustrie) und SVGW G2 (Bau, Unterhalt und Betrieb von Gasleitungen mit Betriebsdruck bis 5 bar) sind zu beachten.

Anhang 1: Rohrabmessungen

Abmessungen der handelsüblichen Rohre aus Polyethylen PE80 und PE100. Weitere Abmessungen sind auf Anfrage bei den Herstellern erhältlich.

A 1.1 Polyethylen-Rohre für die Wasserversorgung schwarz mit blauen Längsstreifen

Nomineller Aussen- durchmesser	Nominelle Wanddicken (=minimale Wanddicken)		
	Betriebsdrücke bis		
	10 bar	12,5 bar	16 bar
	PN 10 PE100	PN 12,5 PE80	PN 16 PE100
	S8	S5	S5
	SDR17	SDR11	SDR11
d_n	e_n	e_n	e_n
mm	mm	mm	mm
20	2,9* R	2,9* R	2,9* R
25	2,9* R	2,9* R	2,9* R
32	2,9* R	2,9* R	2,9* R
40	2,9* R	3,7 R	3,7 R
50	3,0 R	4,6 R	4,6 R
63	3,8 R	5,8 R	5,8 R
75	4,5 R	6,8 R	6,8 R
90	5,4 R	8,2 R	8,2 R
110	6,6	10,0	10,0
125	7,4	11,4	11,4
140	8,3	12,7	12,7
160	9,5	14,6	14,6
180	10,7	16,4	16,4
200	11,9	18,2	18,2
225	13,4	20,5	20,5
250	14,8	22,7	22,7
280	16,6	25,4	25,4
315	18,7	28,6	28,6
355	21,1	32,2	32,2
400	23,7	36,3	36,3

* Minimale Wanddicke 2,9 mm für die Verwendung von Elektro-Schweissmuffen und -Fittings
Minimaler Anschlussdurchmesser 40 mm
für Hausanschlussleitungen

R Rohre auch in Rollen erhältlich (auf Anfrage auch bis $d_n = 200$ mm)

A 1.2 Polyethylen-Rohre für die Gasversorgung
schwarz mit gelben Längsstreifen

Nomineller Aussen- durchmesser	Nominelle Wanddicken (=minimale Wanddicken)			
	Betriebsdrücke bis 1 bar		Betriebsdrücke bis 5 bar	
	<i>PE80</i>	<i>PE80</i>	<i>PE80, PE100</i>	<i>PE100</i>
	S8	S5	S5	S8
	SDR17	SDR11	SDR11	SDR17
d_n	e_n	e_n	e_n	e_n
mm	mm	mm	mm	mm
20	-	2,9* R	2,9* R	-
25	-	2,9* R	2,9* R	-
32	-	2,9* R	2,9* R	-
40	-	3,7 R	3,7 R	-
50	-	4,6 R	4,6 R	-
63	-	5,8 R	5,8 R	-
75	4,5 R	6,8 R	6,8 R	4,5 R
90	5,4 R	8,2 R	8,2 R	5,4 R
110	6,6	10,0	10,0	6,6
125	7,4	11,4	11,4	7,4
140	8,3	12,7	12,7	8,3
160	9,5	14,6	14,6	9,5
180	10,7	16,4	16,4	10,7
200	11,9	18,2	18,2	11,9
225	13,4	20,5	20,5	13,4
250	14,8	22,7	22,7	14,8
280	16,6	25,4	25,4	16,6
315	18,7	28,6	28,6	18,7
355	21,1	32,2	32,2	21,1
400	23,7	36,3	36,3	23,7

 Diese Rohrserie darf in diesem Bereich nicht eingesetzt werden

* Minimale Wanddicke 2,9 mm für die Verwendung von Elektro-Schweissmuffen und -Fittings
Minimaler Anschlussdurchmesser 32 mm für Hausanschlussleitungen

R Rohre auch in Rollen erhältlich (auf Anfrage auch bis $d_n = 200$ mm erhältlich)

Anhang 2: Liste der Normen, Richtlinien und Vorschriften

A 2.1 Richtlinien und Publikationen des **SVGW**

(erhältlich beim Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfaches, Grütlistrasse 44, 8027 Zürich)

SVGW - G2	Richtlinien für Gasleitungen
SVGW - G201	Richtlinien für die Verhütung von Unfällen in der Gasindustrie
SVGW - GW/TPG-TPW 101	Reglement für die Zulassung von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Kunststoff für die Verwendung im Gas- und Trinkwasserbereich
SVGW GW 1000	Empfehlungen für die Anforderungen und Verwendung von Kiesersatzmaterialien beim Rohrleitungsbau
SVGW - W4	Richtlinien für den Bau von Trinkwasserleitungen (SN EN 805 mit zusätzlichen Anforderungen und Ergänzungen)

A 2.2 Normen und Empfehlungen des **SIA**

(erhältlich beim Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein, Selnastrasse 16, 8039 Zürich)

SIA 190	Kanalisationen
SIA 205	Verlegung von unterirdischen Leitungen
SIA GEO 405	Geoinformationen zu unterirdischen Leitungen

A 2.3 Normen der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute **VSS** (1)

SN 640535c	Grabarbeiten, Ausführungsvorschriften
------------	---------------------------------------

A 2.4 Publikationen des **VKR**

(erhältlich beim Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile, Schachenallee 29, 5000 Aarau)

VKR – RL03	Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen: Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC-U). Leitfaden und Verlegerichtlinien
------------	--

A 2.5 Richtlinien des **DVS**, Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren (1)

DVS 2202 Teil 1	Fehler an Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen. Merkmale, Beschreibung, Bewertung
DVS 2203 Teil 2	Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen. Zugversuch
DVS 2203 Teil 5	Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen. Technologischer Biegeversuch
DVS 2207 Teil 1	Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen. Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE-HD
DVS 2208 Teil 1	Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen. Maschinen und Geräte für das Heizelementstumpfschweißen von Rohrleitungsteilen und Tafeln

A 2.6 Normen der **SNV**

(erhältlich bei der Schweizerischen Normen-Vereinigung, Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur)

SN-EN-ISO 9001	Qualitätsmanagementsysteme - Forderungen
SN EN 1555 (Teil 1 - 7)	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE)
SN EN 12201 (Teil 1 - 7)	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung - Polyethylen (PE)
SN EN 13244 (Teil 1 - 7)	Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erd- und oberirdisch verlegte Druckrohrleitungen für Brauchwasser, Entwässerung und Abwasser - Polyethylen (PE)

A 2.7 Internationale Normen, **ISO** (1)

ISO 4065	Thermoplastic pipes - Universal wall thickness table
ISO TR 9080	Thermoplastics pipes for the transport of fluids - Methods of extrapolation of hydrostatic stress rupture data to determine the long-term hydrostatic strength of thermoplastics pipe materials
ISO TR 10358	Plastics pipes and fittings - Combined chemical-resistance classification table
ISO 12162	Thermoplastics materials for pipes and fittings for pressure applications - Classification and designation - Overall service (design) coefficient

A 2.8 Gesetze und Verordnungen der **Schweizerischen Eidgenossenschaft**
(erhältlich bei der Eidgenössischen Drucksachen- und Materialverwaltung,
3000 Bern)

- Bundesgesetz über Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger und gasförmiger Brenn- und Treibstoffe (SR 746.1)
- Rohrleitungsverordnung (SR 746.11)
- Verordnung über Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen (SR 746.2)
- Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (BauAV) (SR 832.311.141)

A 2.9 Publikationen der **SUVA**
(erhältlich bei der Schweizerischen Unfall-Versicherungsanstalt, 6002 Luzern)

- | | |
|--------------|---|
| SUVA 44062.D | Sicheres Einsteigen und Arbeiten in Schächten, Gräben und Kanälen |
| SUVA 67148.D | Checkliste: Gräben und Baugruben |
| SUVA 84007.D | Gruben und Kanäle: Das Wichtigste, damit Sie wieder sicher nach oben kommen |

(1) erhältlich bei der Schweizerischen Normen-Vereinigung,
Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur

Anhang 3: Innendruckprüfung von Wasserleitungen aus PE80 und PE100 nach dem Kontraktionsverfahren

Die Wahl des Prüfverfahrens hängt von verschiedenen Faktoren ab. Zur Verfügung stehen folgende Druckprüfverfahren:

- Normalverfahren
- Kontraktionsverfahren (Druckverlustmethode für viskoelastische Rohre) bis dn 400 mm und Rohrleitungsvolumen bis 20 m³)

Kurzanleitung für das **Kontraktionsverfahren** und Prüfprotokoll gemäss dem SVGW-Regelwerk W4, Ergänzung (Ausgabe 2007).

Weitergehende Details sind diesem Dokument zu entnehmen. Ein Prüfprotokoll mit integrierter Berechnung ist auf der Homepage des VKR unter www.vkr.ch erhältlich.

A 3.1 Vorbereitung

Vor Durchführung der Druckprüfung ist sicherzustellen, dass die Prüfausrüstung kalibriert und betriebsbereit ist.

Für die Druckprüfung sind folgende Geräte und Einrichtungen bereitzustellen:

- Messzylinder mit Skalenteilung $\leq 5\%$ des maximalen Messvolumens
- Druckmessgerät (Manometer, Bandschreiber, Drucklogger) sollten das Ablesen von 0,1 bar erlauben
- Einrichtung zum Füllen der Rohrleitung mit Wasser. Es empfiehlt sich, bei Leitungsinhalten über 0,1 m³ motorbetriebene Pumpen einzusetzen.
- Abdeckmaterial wie Sand, Planen usw.

Zudem sind folgende Punkte zu beachten:

- Rohre gegen Lageveränderung schützen (z.B. Umhüllungsmaterial einbringen)
- Verbindungsstellen der zu prüfenden Leitung gut zugänglich halten
- Die Rohrleitung ist vor direkter Sonnenbestrahlung mittels Sand oder Planen zu schützen. Die **Rohrwandtemperatur** darf während der gesamten Dauer der Druckprüfung **20°C nicht übersteigen!**
- Leitung spülen und vollständig ohne Lufteinschlüsse füllen. Bereits geringe Mengen an Luft in der Leitung können auch bei einem Leck eine dichte Leitung vortäuschen. Deshalb ist das System genügend zu entlüften.
- Mindestens 1 Stunde mit offenen Entlüftungsstellen ruhen lassen; anschliessend Leitung gut verschliessen.
- Absperrarmaturen müssen wasser- und luftdicht sein!

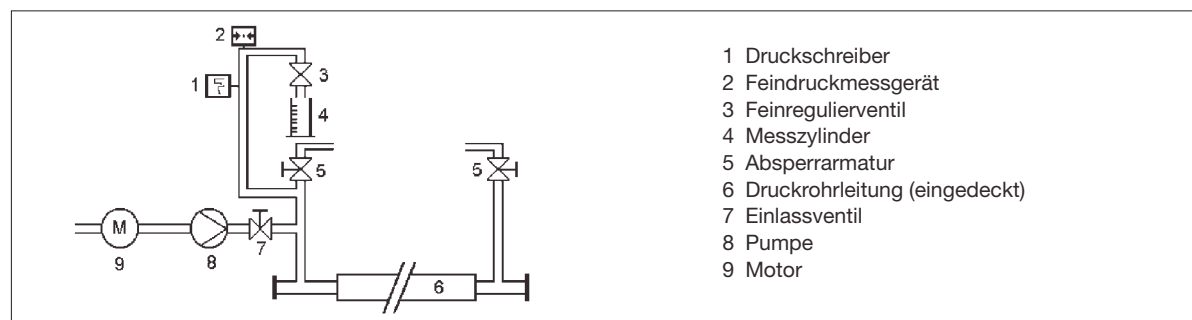


Abb. A 3.1 Prüfanordnung

A 3.2 Vorprüfung

Die Vorprüfung dient dem Abbau der viskoelastischen Verformung der Druckrohre:

- Der Systemprüfdruck STP ist innerhalb von 10 Minuten aufzubauen.
Bei längeren Leitungsabschnitten ist eine Motorpumpe zu verwenden.
Der Systemprüfdruck wird ausgehend vom höchsten Systembetriebsdruck, MDP, berechnet. Der höchste Systembetriebsdruck MDP wird untergliedert in MDP_a, einschliesslich angenommenem, geschätztem Druckstoss (ohne Druckstossberechnung) und MDP_c einschliesslich exakt berechnetem Druckstoss:
 - mit Berechnung des Druckstosses: $STP = MDP_c + 1,0 \text{ bar}$
 - wenn der Druckstoss nicht berechnet wird:
 $STP = MDP_a \times 1,5$ oder
 $STP = MDP_a + 5,0 \text{ bar}$
 Es gilt der jeweils niedrigere Wert, wobei MDP_a grösser oder gleich dem Systembetriebsdruck (DP) + 2 bar sein muss.
- Für Rohre aus PE100, S8, SDR 17 darf der Prüfdruck höchstens 12 bar und für Rohre aus PE100, S5, SDR 11 höchstens 21 bar betragen.
Weitere Bedingungen zur Berechnung des Systemprüfdrucks siehe SVGW W4, Ergänzung 2007
- Systemprüfdruck während einer Zeit von 30 Minuten durch stetes Nachpumpen halten
- Anschliessend eine einstündige Ruhepause einhalten (Leitung verformt sich jetzt viskoelastisch)
- Der maximale Druckabfall während dieser Stunde darf 20 % des Systemprüfdruckes nicht übersteigen.

Anmerkung: Zu niedriger Druck deutet auf eine Undichtheit oder auf eine unzulässige Rohrwandtemperatur (z.B. Sonneneinstrahlung) hin. Falls dies zutrifft, ist die Prüfung zu wiederholen.

A 3.3 Hauptprüfung mit integrierter Druckabfallprüfung

Zur Unterbrechung der weiteren viskoelastischen Dehnung der Leitung wird der Druck innerhalb von max. 2 Minuten abgesenkt und das Volumen des abgelassenen Wassers gemessen.

	PE 80 S5, SDR 11	PE 80 S3.2, SDR 7.4	PE 100 S8, SDR 17	PE 100 S5, SDR 11
Druckabsenkung	2.2 bar	3.6 bar	2.0 bar	3.2 bar

Abb. A 3.2 Tabelle für die Druckabsenkung

Die abgelassene Wassermenge ist mittels Messbehälter zu messen!
Diese Teilprüfung ist erfüllt, wenn das abgelassene Wasservolumen kleiner ist als das zugelassene, maximale Wasservolumen berechnet aus den Tabellenwerten in Abb. A 3.3 multipliziert mit der Rohrlänge in Meter (Ergebnis in Milliliter).

	Zulässiges maximales Wasservolumen pro Meter Leitungslänge			
Nomineller Aus- senddurchmesser	PE 80 S5, SDR 11	PE 80 S3.2, SDR 7.4	PE 100 S8, SDR 17	PE 100 S5, SDR 11
Druckabsenkung	2.2 bar	3.6 bar	2.0 bar	3.2 bar
dn mm	ml/m	ml/m	ml/m	ml/m
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	25,39
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

Abb. A 3.3 Tabelle für zulässiges, maximales Wasservolumen

Nach der Druckabsenkung ist eine halbstündige Kontraktionszeit einzuhalten, während welcher der Druckverlauf zu überwachen ist (aufzeichnen, protokollieren).

A 3.4 Ergebnis der Dichtheitsprüfung

Die Leitung gilt als dicht, wenn die sich im Verlauf der Kontraktionszeit einstellende Drucklinie eine steigende bis gleichbleibende Tendenz aufweist (Abb. A 3.4).

Im Zweifelsfall kann die Kontraktionszeit (Prüfzeit) bis auf 1,5 Stunden verlängert werden. Der Druckabfall darf dabei höchstens 0,25 bar betragen, ausgehend vom Höchstwert innerhalb der Kontraktionsphase.

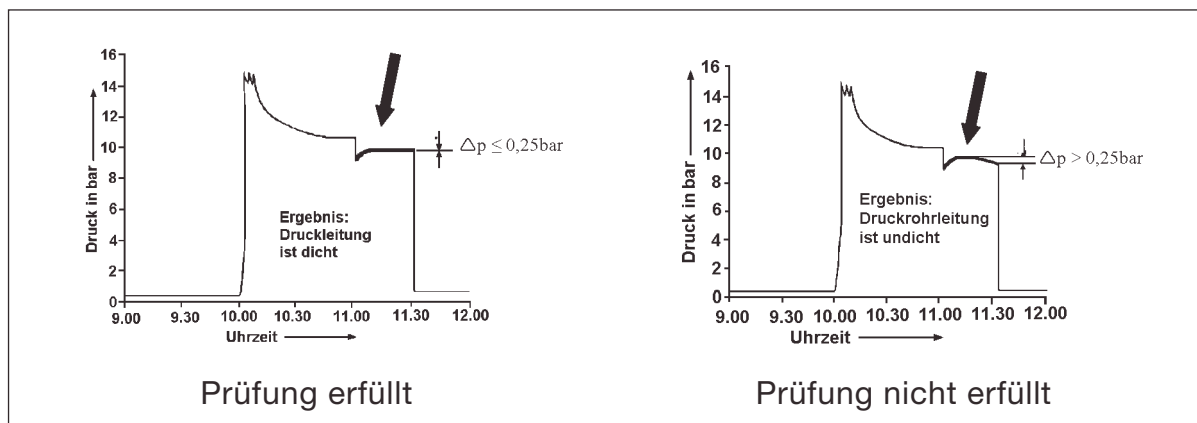


Abb. A 3.4 Druckverlauf einer dichten und einer undichten Leitung



Druckprüfungsprotokoll für Wasserleitungen aus PE bis dn 400 mm Kontraktionsverfahren (Details sind der W4 "Ergänzung" zu entnehmen)

Objekt: _____
 Planer: _____
 Rohrverleger: _____
 Prüfstrecke von/bis: _____

Werkstoffwahl 1 - 4 Leitungsabschnitt	Werkstoffwahl? dn	di	Druckabsenkung PN	Länge	Druckabsenkung bar	Wasservolumen ΔV_{zul} Liter
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
					bar	Liter
					bar	Liter
					bar	Liter
gesamte Länge der Prüfstrecke:					<input type="text"/>	<input type="text"/>

Bestimmung des massgebenden Systembetriebsdruckes MDP:

Systembetriebsdruck DP (ohne Druckstoss) bar

Druckstoss berechnet Ja Nein, angenommen **Angabe zu Druckstoss machen!**

höchster Systembetriebsdruck MDP_{a oder c} (inkl. Druckstoss) bar

für MDP mindestens 10 bar eingeben!

massgebender Systembetriebsdruck MDP_{a oder c} (inkl. Druckstoss) min. DP +2 bar bar
(zur Bestimmung des Systemprüfdruck STP)

theoretischer Systemprüfdruck STP (MDP_c + 1, bzw. MDP_a + 5) bar

theoretischer Systemprüfdruck STP (min. 1.1 x massgeb. MDP) bar

massgebender Systemprüfdruck STP bar

Vorprüfung max. zul. Druckabfall $\Delta p = 0.2 \cdot$ Prüfdruck STP = = bar

Hauptprüfung mit Entlüftungskontrolle $\Delta V_{ab} \leq \Delta V_{zul}$

gemessene Wassermenge $\Delta V_{ab} =$ Liter $\Delta V_{zul} =$ Liter

Druckabfallprüfung (Entlüftungskontrolle) $\Delta V_{ab} \leq \Delta V_{zul}$ erfüllt nicht erfüllt

Prüfbeginn	Zeit	Druck	bar	n. Druckabsenkung	Zeit	Druck	bar
vor Druckaufbau	<input type="text"/>	<input type="text"/>	bar	nach 10'	<input type="text"/>	<input type="text"/>	bar
n. 30' Druckhaltung	<input type="text"/>	<input type="text"/>	bar	nach 20'	<input type="text"/>	<input type="text"/>	bar
v. Druckabsenkung	<input type="text"/>	<input type="text"/>	bar	Prüfungsende	<input type="text"/>	<input type="text"/>	bar

Druckprüfung erfüllt nicht erfüllt

anwesende Personen/Funktion

Ort: _____ Datum: _____ Unterschrift des Prüfers: _____



Berechnung des zulässigen max. Wasservolumen ΔV_{zul}

$$\Delta V_g < \Delta V_{zul} \quad \Delta V_{zul} = 0.1 * f * \pi * ID^2 * L / 4 * \Delta p_g * (1 / K_w + ID / E_R / e)$$

- ΔV_{zul} maximal zulässiges Wasservolumen in ml
 f Ausgleichsfaktor für unvermeidliche Luftreste (f=1.05)
 ID 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 80 = 800 N/mm² / PE 100 = 1200 N/mm²
 e Rohr-Wandstärke in mm (inkl. Korrekturfaktor für Toleranzwerte der Wanddicken)

zulässiges max. Wasservolumen ΔV_{zul} in ml pro Meter Leitungslänge

dn mm	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	25,39
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

Copyright by VKR, Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile

Anhang 4: Zulässige zentrische Zugkraft [kN] für Rohre aus PE80 und PE100

Rohraussen- durchmesser d_n mm	SDR 17 S 8	SDR 11 S 5	SDR 7,4 S 3,2
32	1	2	3
40	2	3	5
50	3	5	7
63	6	8	12
75	8	12	17
90	11	17	24
110	17	25	36
125	22	32	46
140	27	41	58
160	36	53	75
180	45	67	95
200	56	83	117
225	70	105	149
250	87	130	184
280	109	163	230
315	138	206	291
355	175	262	370
400	223	332	470

Zulässige zentrische Zugkräfte für Rohre aus PE-HD bei 20°C
 Grundlage: Streckspannung 20 N/mm², Sicherheitsfaktor 2,5

VKR



Verband Kunststoff-Rohre
und -Rohrleitungsteile

Anwendung von Kunststoff-Rohrsystemen
**Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen
PE80 und PE100**

Leitfaden und Verlegerichtlinien

**VKR
RL 02
07-d**