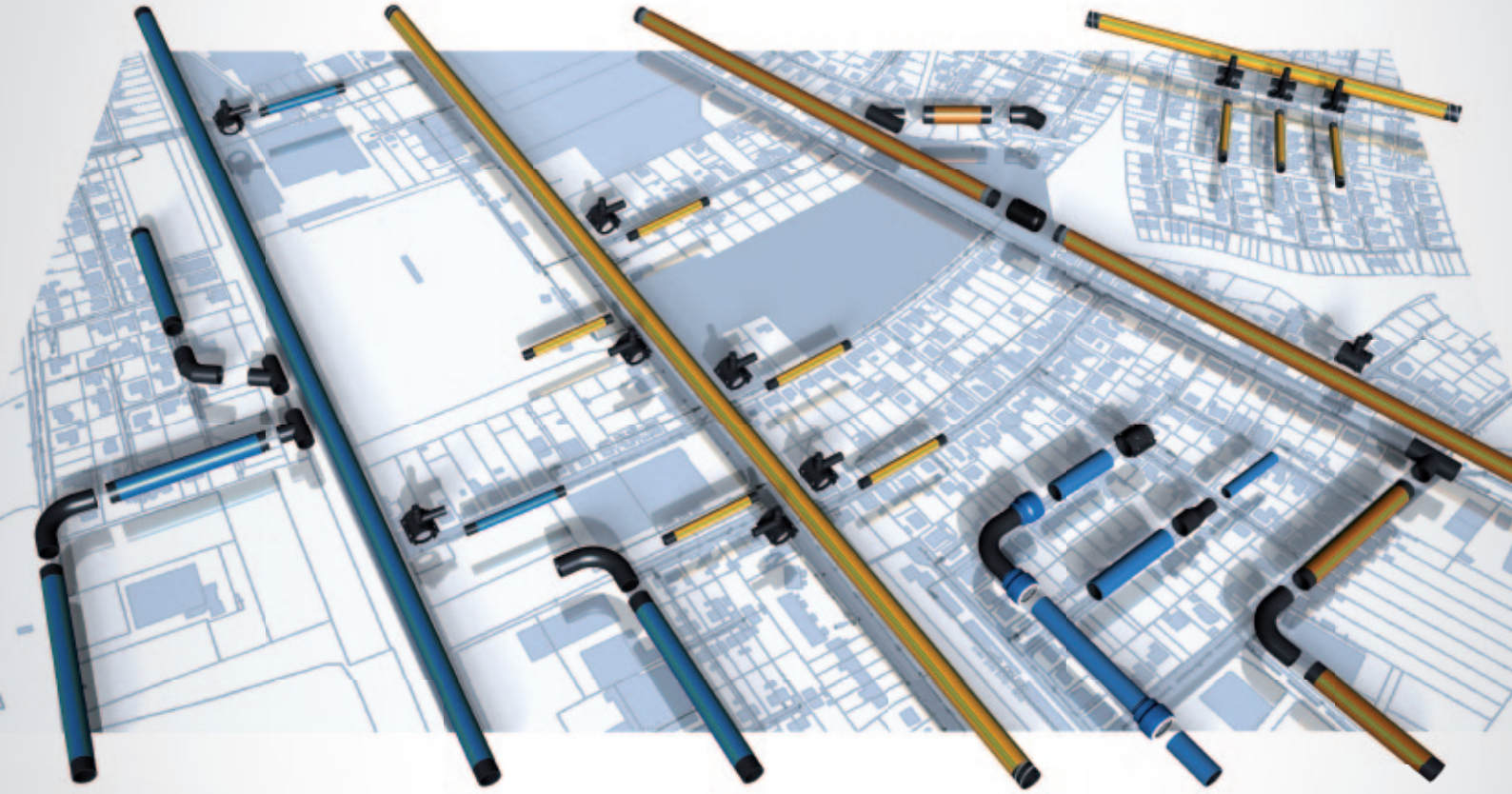
Druckrohrsysteme aus Polyethylen

Planung



egeplast

egeplast – Zukunftssichere Rohrleitungssysteme

egeplast ist ein hochinnovativer und seit Jahrzehnten Maßstäbe setzender Hersteller von Kunststoffrohrsystemen. Kunden in über 30 Ländern vertrauen auf Qualitätsprodukte und Beratungslösungen von egeplast.

Unter unseren Kunden befinden sich einige der größten und anspruchsvollsten Versorgungsunternehmen und Netzbetreiber weltweit.







Hauptsitz und Produktionsstandort in Greven/Westfalen



Für nahezu jede Herausforderung unserer Kunden bietet das Sortiment eine Lösung. Den Schwerpunkt bilden intelligente Rohrsysteme für die modernen grabenlosen Verlege- und Sanierungsverfahren. Die Produkte geben unseren Kunden höchste Investitionssicherheit: egeplast Rohrsysteme sind zukunftssicher.

Forschung und Entwicklung haben Tradition bei egeplast. So ist das Unternehmen bekannt als Innovationsschmiede für Mehrschichtrohre. Über 60 Patente zu Produkten und Fertigungsverfahren belegen die Technologieführerschaft. Weltweit führende Kunststoff-Maschinenhersteller wie Krauss Maffei Berstorff und Battenfeld Cincinnati zählen zu den Lizenznehmern von egeplast.

Gegründet im Jahr 1908 von Engelbert Gröter, ist egeplast auch heute in vierter Generation im Familienbesitz und inhabergeführt. Die Initialen des Gründers finden sich im Firmennamen wieder. Hoch qualifizierte und motivierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter setzen sich täglich für unsere Kunden ein.

Hauptsitz und Produktionsstandort ist Greven/Westfalen. Hier betreibt egeplast das modernste Werk für polymere Rohrsysteme in Europa. In einem separaten Technologiezentrum entwickeln wir mit unseren Kunden maßgeschneiderte Lösungen.

Wir laden Sie herzlich ein, unser Unternehmen kennenzulernen und freuen uns auf das Gespräch mit Ihnen.

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines 7
1.1 Vorteile von PE-Rohrsystemen in Versorgungsnetzen 7
1.2 Polyethylen (PE) als Rohrwerkstoff 8
1.2.1 Unterscheidungsmerkmale verschiedener PE-Rohrwerkstoffe 8
1.2.2 Physikalische Werkstoffkennwerte von Polyethylen 9
1.2.3 Zeitstand-Innendruckfestigkeit-Diagramm gemäß DIN 8075 10
1.2.4 Kontrollierte Qualitäts- und Güteüberwachung 11
1.2.5 Der Werkstoff PE 100-RC 13
1.2.6 Beurteilung im Rahmen der Lebensmittelgesetze 15
1.2.7 Verhalten gegenüber Mikroorganismen 15
1.2.8 Verhalten gegenüber Nagetieren 15
1.2.9 Licht- und Witterungsbeständigkeit 15
1.2.10 Strahlenbeständigkeit 15
1.2.11 Verhalten bei Flammeinwirkung 15
1.2.12 Chemische Beständigkeit (gemäß DIN 8075) 16
1.3 Netzerstellung 30
1.3.1 Formteile 30
1.3.1.1 Druckklassengerechte Formteile 30
1.3.1.2 Nicht druckklassengerechte Formteile 31
1.3.2 Verbindungstechniken 32
1.3.2.1 Lösbare Verbindungen 32
1.3.2.2 Nicht lösbare Verbindungen 33
1.3.3 Werkstoffübergänge 37
1.3.3.1 Lösbare Werkstoffübergänge 37
1.3.3.2 Nicht lösbare Werkstoffübergänge 37
1.3.4 Reparaturmöglichkeiten 37

2. Planung von PE-Rohrleitungssystemen 39
2.1 Allgemeines 39
2.2 Trassenplanung 39
2.2.1 Verlegeverfahren 40
2.2.1.1 Offene Verlegung 40
2.2.1.2 Grabenlose Verlegung 42
2.2.1.3 Wirtschaftliche Betrachtungsperspektiven 46
2.2.1.4 Ökologische Betrachtungsperspektiven 48
2.2.2 Anforderungen und Versagensrisiken 49
2.2.2.1 Versagensrisiko Kratzer und Riefen 49
2.2.2.2 Versagensrisiko Punktlasten 50
2.2.3 Rohrmaterialauswahl 50

2.3 Rohrleitungsplanung 52
2.3.1 Rohrreihen im Überblick 52
2.3.2 Zulässige Betriebsüberdrücke 53
2.3.3 Strömungsgeschwindigkeiten 53
2.3.4 Druckverlustberechnung 53
2.3.5 Zulässige Beuldrücke 57
2.3.6 Druckstoß 57
2.3.7 Zulässige Biegeradien 58
2.3.8 Bestimmung der Baugrubenabmessungen 59
2.3.9 Zulässige Zugkräfte 60
2.3.10 Zugkraft-Abschätzung 61
2.3.11 Temperaturbedingte Längenänderung 62
2.3.12 Festpunktbelastung 63
2.3.13 Widerlager 63
2.3.14 Rohrführungen und Stützweiten 64
2.3.15 Auftriebsberechnung 65
2.4 Haftungsrisiken 66
2.5 Regelwerke, Normen und Richtlinien 68
2.6 Bauüberwachung 72
2.6.1 Rohrlagerung 72
2.6.2 Überprüfung der Rohre 72
2.6.3 Dichtigkeitsprüfungen 73
2.6.3.1 Trinkwasser gemäß DIN EN 805/DVGW-Arbeitsblatt W400-2 73
2.6.3.2 Gasleitungen gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 469 76

3. Zulassungen und Qualitätskontrolle 81

4. Abkürzungen und Definitionen 82

5. Service 84



1 Allgemeines

Der Einsatz von Kunststoffrohrsystemen in den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten steigt stetig. Grund dafür ist die enorme Vielseitigkeit sowie das hohe Innovationspotenzial. Hohe Chemikalienbeständigkeit gegenüber einer Vielzahl von Säuren und Laugen, die gute Flexibilität, geringes Gewicht und vor allem die hohe Lebenserwartung von Kunststoffrohrsystemen garantieren effiziente, ökonomisch vorteilhafte und langzeitlich sichere Lösungen.

1.1 Vorteile von PE-Rohrsystemen in Versorgungsnetzen

Rohre aus Polyethylen (PE) haben im Vergleich zu Rohren aus anderen Materialien einige werkstoffspezifische Vorteile. Metallische Rohre neigen zu Korrosion und müssen im Betrieb dagegen geschützt werden. Keramische Werkstoffe sind sehr spröde, was besondere Anforderungen an das Handling und die Bettung stellt. Bei Rohren aus Polyethylen hingegen ist das nicht erforderlich. Sie sind bereits seit 1956 erfolgreich im Einsatz und haben sich aufgrund ihrer vorteilhaften Eigenschaften einen großen Marktanteil in verschiedensten Anwendungen erobert.

- Geringes spezifisches Gewicht
  Rohre aus Polyethylen sind sehr leicht und helfen dadurch Transportkosten und zusätzliches Hebewerkzeug auf der Baustelle einzusparen.

- Keine Korrosion
  Der Werkstoff Polyethylen ist sehr beständig und muss nicht gegen Korrosion geschützt werden.

- Flexibilität
  Die gute Flexibilität von Rohren aus Polyethylen erleichtert das Handling und macht es möglich, lange Längen als Ringbundware zu liefern.

- Schweißbarkeit
  Polyethylenrohre lassen sich einfach und sicher miteinander verschweißen. Die gängigen Verfahren sind Stand der Technik und im DVS Regelwerk beschrieben.

- Langlebigkeit
  Rohre aus Polyethylen sind seit über 50 Jahren im Einsatz, heute ist eine Lebensdauer von mindestens 100 Jahren normativ abgesichert.

- Geringe Druckverluste
  Aufgrund der glatten Innenoberflächen entstehen keine Inkrustationen und nur geringe Druckverluste.

- Duktilität
  Polyethylen ist ein sehr duktiler Werkstoff, der auch bei Minusgraden im Winter nicht spröde wird.

- Kompensation von Druckstößen
  Die hohe Flexibilität und Duktilität von Polyethylen macht PE-Rohre unempfindlich gegen Druckstöße.

- Umweltfreundlichkeit
  Das geringe Gewicht und die ressourcenschonende Fertigung machen Rohre aus Polyethylen zu einem sehr umweltfreundlichen Produkt.

- Komplette Rohrsysteme
  Die hohe Verfügbarkeit von verschiedensten Verbindern und Formteilen machen Polyethylenrohrsysteme sehr flexibel.

1.2 Polyethylen (PE) als Rohrwerkstoff

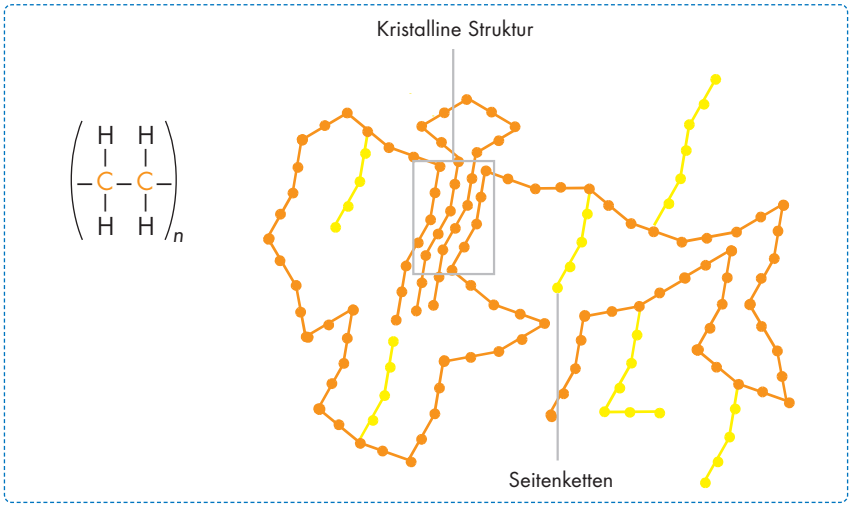


Abb 1-1: Molekularer Aufbau von Polyethylen: Lange, schlanke Fadenmoleküle mit wenigen Seitenketten

Der Werkstoff Polyethylen besteht aus langkettigen Molekülen, die aus dem Grundmolekül Ethylen C_2H_4 aufgebaut sind. Die Molekülketten sind nicht ausschließlich geradlinig, sondern weisen auch Verzweigungen auf. Der Grad der Verzweigungen bestimmt dabei maßgeblich die Eigenschaften des Werkstoffes.

Die geradlinigen Teile der Molekülketten bilden kristalline Bereiche, Kristallite genannt. Innerhalb des Werkstoffgefüges sind diese u. a. verantwortlich für die mechanische Festigkeit des Werkstoffes. Die Kristallite wiederum sind über amorphe, also ungeordnete Bereiche miteinander verbunden. Werkstoffeigenschaften wie Spannungsrissbeständigkeit und Kriechneigung werden in erster Linie von diesen amorphen Bereichen bestimmt.
Moderne PE-Werkstoffe sind auf die Anwendung als Druckrohrwerkstoffe optimiert. Die Klassifizierung der unterschiedlichen Polyethylene für Rohrleitungen erfolgt nach der Festigkeit des Werkstoffes:

PE 100	(= MRS 10,0 N/mm²)
PE 100-RC	(= MRS 10,0 N/mm²)

Die Bezeichnung PE 100 bzw. PE 100-RC steht für einen Werkstoff mit MRS 10 (Minimum Required Strength), d. h. mit einer Mindestfestigkeit von 10,0 $\frac{N}{mm^2}$. Das bedeutet für diesen Werkstoff, dass bei 50 Jahren Standzeit, einer Temperatur von 20 °C und Wasser als Prüfmedium die Zeitstandskurve bei einer Vergleichsspannung von mindestens 10,0 $\frac{N}{mm^2}$ geschnitten wird.

Die Bezeichnung "RC" (Resistance to Crack) steht für ausgewählte PE 100 Werkstoffe mit besonderer Spannungsrissbeständigkeit, die für außergewöhnliche Belastungen erforderlich ist, wie sie z. B. bei der sandbettfreien bzw. grabenlosen Verlegung auftreten.

Ein Zeitstand-Innendruckfestigkeit-Diagramm gemäß DIN 8075 für PE 100 ist im Abschnitt 1.2.3 zu finden.

1.2.1 Unterscheidungsmerkmale verschiedener PE-Rohrwerkstoffe

Eigenschaft	Dimension	PE 100 PE-HD 003	PE 100-RC PE-HD 003
MRS	N/mm²	10	10
Dichte	g/cm³	>0,955	>0,955
E-Modul (Kurzzeit)	N/mm²	>1000	>1000
Streckspannung	N/mm²	23	23
Reißdehnung	%	>500	>500
FNCT	h	>300	≥8760
Schmelzindex MFR 190 °C/5kg	g/10 min	0,3	0,3
Schweißgruppe		003	003
Haupteinsatzgebiete		Gas-, Wasser-, Abwasser-, Industrierohre	Gas- und Wasserversorgung, Abwasserdruckentsorgung mit modernen Verlegeverfahren
Verbindungstechnik		Alle gängigen Schweißverfahren	Alle gängigen Schweißverfahren

Tab 1-1: Vergleich verschiedener PE-Rohrwerkstoffe
Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Durchschnittswerte. Abweichungen sind werkstoffabhängig.

1.2.2 Physikalische Werkstoffkennwerte von Polyethylen

Eigenschaften	Prüfnorm	Prüfmethode Probekörper	Dimension	PE-HD
Mechan. Eigenschaften				
Dichte	DIN 53479	Verfahren C	g/cm³	0,96
Schmelzindexgruppe	DIN 16776	MFR 190/5	Gruppe	003
Zugversuch	DIN EN ISO 527	Prüfgeschwindigk. 50 mm/min.		
– Streckspannung			N/mm²	22
– Dehnung bei Streckspannung			%	18
– Reißdehnung			%	300
Biegeversuch	DIN 53457	Probekörper		
– Biege-E-Modul		120 x 10 x 4 [mm]	N/mm²	1000
Schlagbiegeversuch	DIN EN ISO 179	Charpy		
– Schlagzähigkeit		Normkleinstab	kJ/m²	ohne Bruch
– Kerbschlagzähigkeit		dto. mit U-Kerbe	kJ/m²	12
Oberflächenhärte				
– Kugeldruckhärte	DIN 53456	H 132/30	N/mm²	46
– Shorehärte	DIN 53505	D	–	63
Thermische Eigenschaften				
Kristallschmelzbereich		Polarisationsmikroskop	°C	125–135
Mittl. therm. Längenausdehnungskoeffizient	DIN 53752		$K^{-1}(°C^{-1})$	$2 \cdot 10^{-4}$
Wärmeleitfähigkeit	DIN 52612	Zweiplattenverf.	W/m · K	0,43
Elektrische Eigenschaften				
Durchschlagfestigkeit	DIN 53481	K 20/P 50	kV/mm	47
spez. Durchgangswiderstand	DIN 53482	Ringelektrode	Ohm · cm	10^{16}
Oberflächenwiderstand	DIN 53482	Elektrode A	Ohm	10^{14}
Kriechstromfestigkeit	DIN 53480	Verfahren KC	V	600
Sonstige Eigenschaften				
Entflammbarkeit	DIN 4102	Klasse	B 2	B 2
Wasseraufnahme	DIN 53495	Verfahren C	%/24h	<0,01
Physiologische Unbedenklichkeit	Empfehl.	BGA/KTW		ja
Chemische Widerstandsfähigkeit	DIN 8075 Beiblatt			erfüllt

Tab 1-2: Die genannten Daten sind Richtwerte und können in Abhängigkeit vom Verarbeitungsverfahren variieren. Die Eignung unserer Produkte ist für jeden konkreten Verwendungszweck vom Anwender zu prüfen.

1.2.3 Zeitstand-Innendruckfestigkeit-Diagramm gemäß DIN 8075

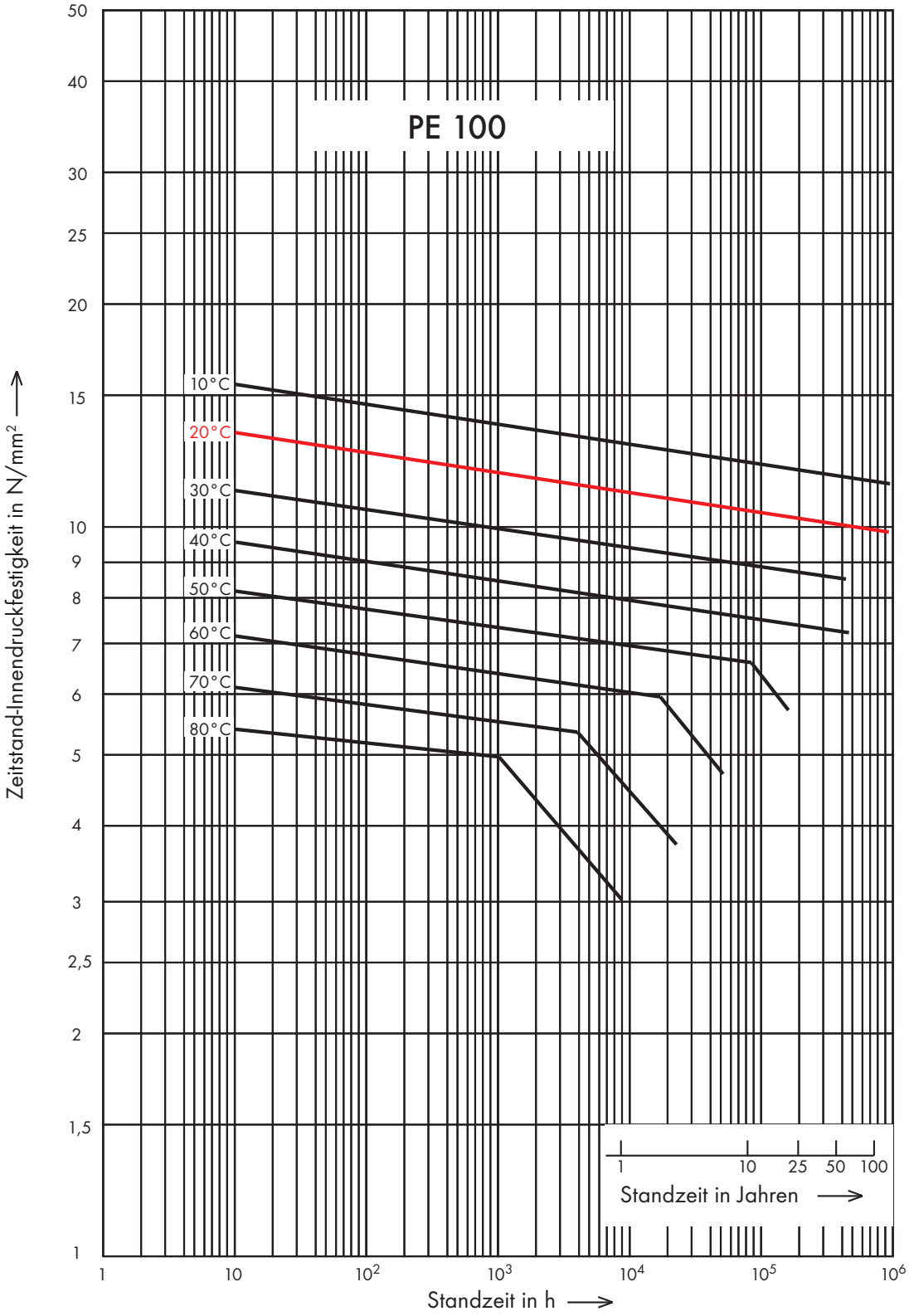


Abb 1-3: Referenzkennlinien der Zeitstand-Innendruckfestigkeit (Mindestkurven) von Rohren aus PE 100 , gemäß DIN 8075, Stand 12/2011

1.2.4 Kontrollierte Qualitäts- und Güteüberwachung

Qualitätskontrollen der eingesetzten Rohrleitungen schaffen die Sicherheit, die Ersteller und Betreiber von Leitungsnetzen benötigen. Für die in der Gas- und Wasserverteilung eingesetzten Kunststoffrohre sind im Laufe der Jahre umfangreiche Gütevereinbarungen gewachsen, die heute auf einem europäisch einheitlichen, in den europäischen Normen EN 1555 und EN 12201 beschriebenen Mindestniveau festgelegt sind. In Deutschland werden diese in dem DVGW-Arbeitsblatt GW 335 Teil A2 ergänzend beschrieben. Die für Druckrohrleitungen zulässigen Werkstoffe werden auf Positivlisten geführt und darüber hinaus regelmäßig bezüglich ihrer Qualität entsprechend Tabelle 1-3 überwacht. Die relevanten Prüfungen für die entsprechenden Rohre finden sich in Tabelle 1-4 auf der nächsten Seite.

Prüfungen der Werkstoffe			
Eigenschaft	**Anforderung**	**Prüfverfahren**	**Häufigkeit**
Schmelzindex	gemäß Spezifikationen	EN ISO 1133:1999 Bedingung T 5 kg, 190 °C, 10 Minuten	Min. 1 x pro Woche sowie bei jedem Wechsel des Werkstoffes und bei jeder Abmessung
Trockenverlust	≤ 0,1%	Infrarot-Methode	je Charge
Homogenität	≤ Grad 3	ISO 18553	je Charge
Dichte	≥ 930 kg/m³	DIN EN ISO 1183-2, DIN EN ISO 1872-1	je Charge
Farbe	gemäß DVGW GW 335 Teil A2	–	regelmäßig
Witterungsbeständigkeit	gemäß DVGW GW 335 Teil A2 DIN EN 12201-1 DIN EN 1555-1	Schwarz nach ISO 6964, blau und gelb nach DIN EN 921 und DIN EN 1056	regelmäßig
Thermische Stabilität	> 20 Minuten bei 200 °C	DIN EN 728	je Charge
Mikrobiologie	gemäß KTW Empfehlung sowie DVGW GW 335 Teil A2	DVGW W 270	Zulassungsprüfung
Schnelles Risswachstum	gemäß DVGW GW 335 Teil A2 DIN EN 12201-1 DIN EN 1555-1	ISO 13477	1 x jährlich
Gasbeständigkeit	gemäß DVGW GW 335 Teil A2 DIN EN 1555-1	DVGW GW 335 Teil A2	Zulassungsprüfung
Hygiene	gemäß KTW Empfehlung sowie DVGW GW 335 Teil A2	–	Zulassungsprüfung
Geruch und Geschmack	gemäß KTW Empfehlung sowie DVGW GW 335 Teil A2	–	je Charge
Langsames Risswachstum	gemäß DVGW GW 335 Teil A2 DIN EN 12201-1 DIN EN 1555-1	Notch Test DIN EN ISO 13479	jährlich
Langsames Risswachstum	–	FNCT ISO 16770 80 °C, 4 N/mm², 2% Arkopal	Keine Überprüfung in den Regelwerken gefordert

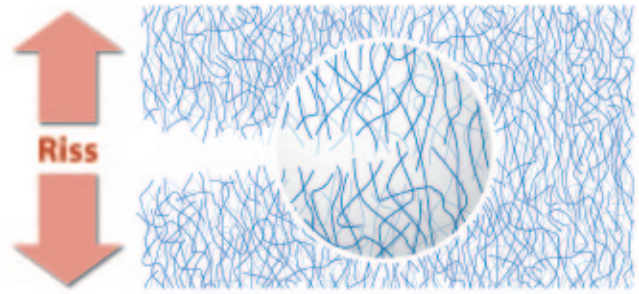
Tab 1-3: Qualitäts- und Güteüberwachung der Werkstoffe

Zusätzliche Prüfungen der fertigen Rohrleitungen			
Eigenschaft	**Anforderung**	**Prüfverfahren**	**Häufigkeit**
Kennzeichnung	gemäß DVGW GW 335 Teil A2 DIN EN 12201-2 DIN EN 1555-2	Sichtprüfung	regelmäßig alle 2 Stunden
Beschaffenheit	gemäß DVGW GW 335 Teil A2	Sichtprüfung	regelmäßig alle 2 Stunden
Farbe	gemäß DVGW GW 335 Teil A2	Sichtprüfung	regelmäßig alle 2 Stunden
Warmlagerung	gemäß DVGW GW 335 Teil A2		1 x pro Woche
Homogenität	gemäß DVGW GW 335 Teil A2	Sichtprüfung	1 x pro Woche
Thermische Stabilität	> 20 Minuten bei 200 °C	DIN EN 728	1 x pro Woche
Zeitstand-Innendruck-versuch	gemäß DVGW GW 335 Teil A2 DIN EN 12201-2 DIN EN 1555-2	80 °C, 165 h; PE 100 σ = 5,5 N/mm^2	bei jedem Anfahren mindestens 1 x pro Woche
Schmelzindex	max. 20% Veränderung zum Rohstoff	EN ISO 1133:1999 Bedingung T 5 kg, 190 °C, 10 Minuten	bei jedem Wechsel und bei jeder Abmessung mindestens 1 x pro Woche
Hygiene	gemäß KTW-Empfehlung sowie DVGW GW 335 Teil A2	DVGW W 270 / KTW	1 x jährlich
Langsames Risswachstum	-	FNCT ISO 16770 80 °C, N/mm^2, 2% Arkopal	-
Punktlasttest	-	HESSEL PA PLP 2.2-2 2004-05 80 °C, 4 N/mm^2, 2% Arkopal	-

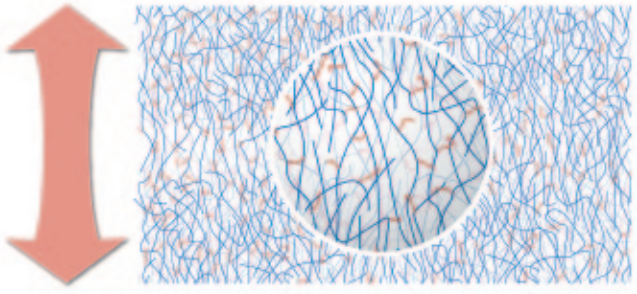
Tab 1-4: Zusätzliche Prüfungen der fertigen Rohrleitungen

1.2.5 Der Werkstoff PE 100-RC

Im Gegensatz zur offenen Bauweise im Sandbett – mit genau definierten Bettungsmaterialien und vorgeschriebenen Verfüllmaterialien – werden in der offenen Verlegung ohne Sandbettung, bei der grabenarmen Verlegung im Pflug- oder Fräsverfahren und bei grabenloser Verlegung erhöhte Anforderungen an die hier eingesetzten Werkstoffe und Rohre gestellt. Sie werden zusätzlichen Belastungen durch Steine, Altrohrscherben und andere im Erdreich befindliche Materialien ausgesetzt. Solche, direkt auf das Rohr wirkenden Kräfte können zusätzlich zu den Belastungen durch Innendruck Spannungsrisse verursachen (langsames Risswachstum).
Die Weiterentwicklung der bewährten PE 100-Werkstoffe macht es möglich, den erhöhten Anforderungen moderner Verlegetechniken gerecht zu werden. Diese sogenannten PE 100-RC Werkstoffe zeichnen sich durch eine deutlich verbesserte Spannungsrissbeständigkeit aus. Durch die hohen Qualitätsanforderungen wird sichergestellt, dass Schäden durch Spannungsrisse konsequent ausgeschlossen werden.



Geringe Spannungsrissbeständigkeit


Hoher Widerstand gegenüber Spannungsrissen

Die bisherigen Normanforderungen werden den erhöhten Ansprüchen, denen Rohr und Werkstoff im Einsatz in alternativen Verlegetechniken genügen müssen, nicht bzw. nicht gänzlich gerecht. Die PAS (Publicly available specification) 1075 „Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken" dient als Ergänzung zu bestehendem Normen- und Richtlinienwerk und definiert weitergehende Eigenschaften, Anforderungen und Prüfverfahren, die deutlich über die in DIN EN Normen und DVGW-Regelwerken festgeschriebenen Anforderungen hinausgehen. Die PAS 1075 unterscheidet zwischen Zulassungsprüfungen und produktionsüberwachenden Prüfungen von Rohr und Werkstoff. Die entsprechenden Anforderungen und Prüfungen werden in nachfolgenden Tabellen zusammengefasst.

Werkstoffanforderungen und -prüfungen

– Zusätzliche Prüfungen nach PAS 1075 –

Prüfung	Anforderung	Prüfverfahren
Langsames Risswachstum	> 8760 h	FNCT, ISO 16770, 80 °C, 4 N/mm², 2% Arkopal oder korrelierende Prüfverfahren
Punktlasttest	8760 h	HESSEL, PA PLP 2.2-2 2004-05 80 °C, 4 N/mm², 2% Arkopal
Kerbprüfung	8760 h	Notch Test DIN EN ISO 13479

Rohranforderungen und -prüfungen

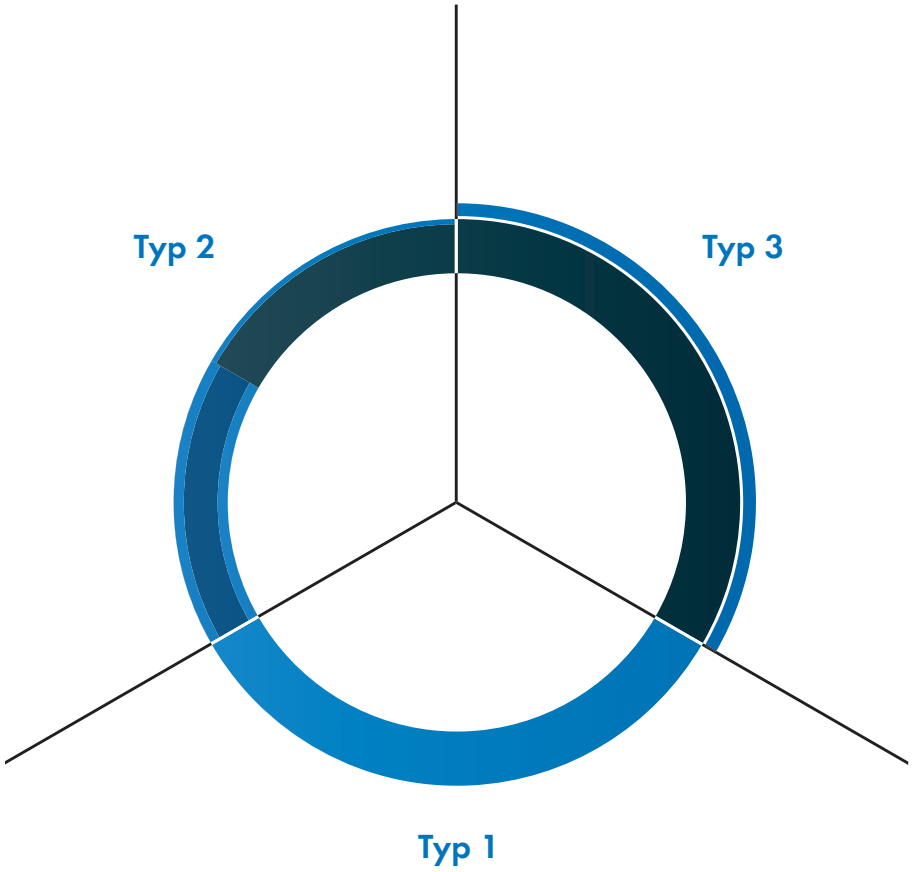
– Zusätzliche Prüfungen nach PAS 1075 –

Prüfung	Anforderung	Prüfverfahren
Langsames Risswachstum	> 3300 h	FNCT, ISO 16770, 80 °C, 4 N/mm², 2% Arkopal oder korrelierende Prüfverfahren
Punktlasttest	8760 h	HESSEL, PA PLP 2.2-2 2004-05 80 °C, 4 N/mm², 2% Arkopal
Kerbprüfung	8760 h	Notch Test DIN EN ISO 13479

Tab 1-5

Rohrklassifikation nach PAS 1075

Rohrsysteme aus PE 100-RC werden nach PAS 1075 in drei Typen klassifiziert. Hiermit wird den Anwendern die Möglichkeit gegeben, zwischen den Rohrkonstruktionen zu differenzieren.



Typ 1: Vollwandrohre aus PE 100-RC

Einschichtige Vollwandrohre aus PE 100-RC gemäß DIN 8074

Typ 2: Rohre mit maßlich integrierten Schutzschichten aus PE 100-RC

Zwei- und dreischichtige Rohre mit maßlich integrierten Schutzschichten aus PE 100-RC. Die einzelnen Schichten sind durch Coextrusion untrennbar miteinander verbunden.

Typ 3: Rohre mit Abmessungen gemäß DIN 8074 / ISO 4065 aus PE 100-RC mit zusätzlichem äußerem Schutzmantel

Rohre mit Abmessungen nach DIN 8074 mit Schutzmantel bestehen aus einem Kernrohr aus PE 100-RC und einem additiven Schutzmantel

1.2.6 Beurteilung im Rahmen der Lebensmittelgesetze

Das Bundesgesundheitsamt (BGA) regelt in seiner Empfehlung III „Polyethylen" die Verwendung von Polyethylen im Sinne von § 5 Abs. 1 Nr. 1 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes (LMBG). Als Bedarfsgegenstände sind alle Gegenstände definiert, die dazu bestimmt sind, beim Herstellen, Behandeln, Inverkehrbringen oder dem Verzehr von Lebensmitteln verwendet zu werden und dabei mit den Lebensmitteln in Berührung zu kommen und auf sie einzuwirken (vgl. Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz §5 Absatz 1).

Für öffentliche Trinkwasseranlagen gelten die „Empfehlungen zur gesundheitlichen Beurteilung von Kunststoffen und anderen nichtmetallischen Werkstoffen für den Trinkwasserbereich", die so genannten KTW-Empfehlungen (Kunststoff-Trinkwasser-Empfehlungen) des Bundesgesundheitsamtes Berlin.

Die Regelwerke fordern in der Trinkwasserversorgung den Einsatz von Materialien, die dem Stand der Technik entsprechen. In der DIN 2000 wird der Einsatz von DVGW-zertifizierten Materialien, die ihre Funktionsfähigkeit und hygienische Unbedenklichkeit nachgewiesen haben, ausdrücklich gefordert, sofern eine Verfügbarkeit gegeben ist [DIN 2000, 6.6.3].

Alle von egeplast angebotenen Rohre für die Trinkwasserversorgung erfüllen mit ihrer stofflichen Zusammensetzung die Bedingungen der KTW-Empfehlungen, dargestellt durch die Signierung mit der Zulassung des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches DVGW.

Die gesundheitliche Beurteilung von Kunststoffen in der Lebensmittelgesetzgebung außerhalb der Bundesrepublik Deutschland ist je nach Land unterschiedlich, wenn auch ähnliche Prinzipien gelten.

1.2.7 Verhalten gegenüber Mikroorganismen

Die mikrobiologischen und hygienischen Anforderungen sind in DIN 2000, 6.6.1 dahingehend beschrieben, dass für die mit dem Wasser in Berührung kommenden Anlagenteile nur solche Bau- und Werkstoffe, Anstrichstoffe, Dichtungen usw. zu verwenden sind, die auf die Wasserbeschaffenheit keinen nachteiligen Einfluss haben. Die KTW-Empfehlungen sowie das DVGW-Arbeitsblatt W 270 sind zu berücksichtigen. Sofern die Verfügbarkeit von Materialien, Produkten und Anlagenteilen gegeben ist, die eine Zertifizierung der Funktionsfähigkeit und hygienischen Unbedenklichkeit haben, z.B. ausgedrückt durch eine DVGW-Zulassung, müssen diese eingesetzt werden [DIN 2000, 6.6.3].

Nach Untersuchungen am Botanischen Institut der TH Karlsruhe bietet PE-HD keinen Nährboden für Bakterien, Pilze, Sporen usw. Somit verhält sich PE-HD resistent gegenüber jeglicher mikrobieller Korrosion.

In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, dass sulfatreduzierende Bakterien im Erdboden auf PE-HD-Rohre ohne Einfluss sind, da die Widerstandsfähigkeit gegen schweflige Säure und Sulfate gegeben ist.

1.2.8 Verhalten gegenüber Nagetieren

Beschädigungen von PE-Rohren durch Nagetiere sind nicht bekannt. An der glatten Rohroberfläche finden Nagetierzähne nicht genügend Halt, um Beschädigungen zu bewirken.

1.2.9 Licht- und Witterungsbeständigkeit

Bei längerer Lagerung im Freien kann Polyethylen wie die meisten Natur- und Kunststoffe unter der Einwirkung von Witterungseinflüssen, insbesondere durch kurzwellige UV-Anteile des Sonnenlichts unter Beteiligung des Luftsauerstoffs geschädigt werden.
Gegen die Einflüsse sind egeplast PE-Rohre durch Zusatz von UV-Stabilisatoren geschützt. Zusätzlich werden dem Material Stabilisatoren beigegeben, die einer etwaigen Wärmealterung entgegenwirken.
Die Hinweise und Vorgaben des DVGW hinsichtlich der Lagerung von Rohren und Rohrleitungsteilen aus temperatur- und lichtempfindlichen Werkstoffen sind zu beachten.

1.2.10 Strahlenbeständigkeit

Rohre aus PE-HD können grundsätzlich im Bereich energiereicher Strahlung eingesetzt werden.
So haben sich PE-Rohre seit 40 Jahren zur Ableitung radioaktiver Abwässer aus Laboratorien und als Kühlwasserleitungen in der Kernenergietechnik bewährt.

1.2.11 Verhalten bei Flammeinwirkung

Polyethylen ist normal entflammbar (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102). Es entzündet sich bei Flammeneinwirkung, brennt mit schwach leuchtender Flamme auch außerhalb der Zündquelle weiter und tropft brennend ab. Dabei entstehen die bei Kohlenwasserstoffen üblichen Verbrennungsprodukte CO, CO_2 und Wasser, aber keine korrosiven oder die Umwelt schädigenden Rückstände. Nach ASTM-D 1929 beträgt die Selbstentzündungstemperatur 348 °C, die Fremdentzündungstemperatur 340 °C.

1.2.12 Chemische Beständigkeit (gemäß DIN 8075)

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
A				
Abgase[2] bzw. Luft - Gas - Gemische				
- hydrogenfluoridhaltig	Spuren	●	●	●
- kohlenstoffdioxidhaltig	jeder	●	●	●
- kohlenstoffmonoxidhaltig	jeder	●	●	●
- nitrose (stickstoffoxid) haltig	Spuren	●	●	●
- salzsäurehaltig	jeder	●	●	●
- schwefeldioxidhaltig	jeder	●	●	●
- schwefelsäurehaltig (feucht)	jeder	●	●	●
- schwefeltrioxid (oleum) haltig	Spuren	○	○	○
Acetaldehyd	TR	●	◎	◎
Acetanhydrid (Essigsäureanhydrid)	TR	●	●	◎
Aceton	TR	●	●	◎
Adipinsäure	GL	●	●	●
Acetophenon[2]	TR	●	-	-
Acrylnitril[2]	TR	●	●	●
Äpfelsäure[2]	L	●	●	●
Äth-, siehe Eth-				
Ätznatron (Natronlauge)	bis 60%	●	●	●
Alaune (Metall (I)-metall (III)-sulfate)	L	●	●	●
Allylalkohol (2-Propen-1-ol)	TR	●	●	●
Aluminiumchlorid	GL	●	●	●
Aluminiumfluorid	GL	●	●	●
Aluminiumsulfat	GL	●	●	●
Ameisensäure	TR	●	●	●
Ammoniak, gasförmig	TR	●	●	●
Ammoniak, flüssig	TR	●	●	●
Ammoniak-Lösung, wässrig (Ammoniakwasser)	33%	●	●	●
Ammoniumaluminiumsulfat (Ammoniumalaun)	L	●	●	●
Ammoniumcarbonat[2] und –hydrogencarbonat	GL	●	●	●
Ammoniumchlorid	GL	●	●	●
Ammoniumeisen (III) -sulfat (Eisenalaun)	L	●	●	●
Ammoniumfluorid	L	●	●	●
Ammoniumnitrat	GL	●	●	●
Ammoniumphosphate[2]	GL	●	●	●

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Ammoniumsulfat	GL	●	●	●
Ammoniumsulfid	L	●	●	●
Amylacetat (Isopentylacetat)	TR	●	●	◎
Amylalkohole (C_5-Alkanole)	TR	●	●	◎
Anilin	TR	●	●	◎
Aniliniumchlorid[2] (Anilinhydrochlorid)	GL	●	●	●
Anisol[2]	TR	◎	◎	○
Anon[2] (Cyclohexanon)	TR	●	◎	◎
Antimon (III) –chlorid, wässrig	90%	●	●	●
Apfelsaft[2]	H	●	●	●
Apfelwein[2]	H	●	●	●
Arsensäure (Arsen (V) -oxid)	GL	●	●	●
B				
Bariumcarbonat	GL	●	●	●
Bariumchlorid	GL	●	●	●
Bariumhydroxid	GL	●	●	●
Bariumsulfat	GL	●	●	●
Benzaldehyd	TR	●	●	◎
Benzin (Petroleum- und Normalbenzin, aliphatische Kohlenstoffhydride)	H	●	●	◎
Benzoesäure	GL	●	●	●
Benzol	TR	◎	◎	◎
Benzoylchlorid[2]	TR	◎	◎	◎
Benzylalkohol[2]	TR	●	●	◎
Bernsteinsäure[2]	GL	●	●	●
Bienenwachs[2]	H	●	●	◎
Bier	H	●	●	●
Biercouleur[2]	VL	●	●	●
Blausäure, wässrig	10%	●	●	●
Blausäure[2]	TR	●	●	●
Blei (II) –acetat	GL	●	●	●
Bleichlauge[2] (Natriumhypochlorit-Lösung)	20%	◎	◎	○
Bleitetraethyl[2] (Tetraethylblei)	TR	●	-	-
Borax (Dinatrium-Tetraborat)	GL	●	●	●
Borsäure	GL	●	●	●
Branntweine aller Art[2]	H	●	●	●

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Brom (Bromwasser)[2]	GL	●	-	-
Brom, gasförmig, trocken	TR	○	○	○
Brom, flüssig	TR	○	○	○
Brommethan (Methylbromid)[2]	TR	○	○	○
Bromwasserstoff, gasförmig	TR	●	●	●
Bromwasserstoffsäure (Hydrogenbromid-Lösung), wässrig	50%	●	●	●
1,3-Butadien, gasförmig[2]	TR	◎	○	○
Butan, gasförmig	TR	●	●	●
Butanole (1-Butanol, 2-Butanol, tertiär-Butanol)	TR	●	●	●
1,2,4-Butantriol	TR	●	●	●
2-Buten-1,4-diol[2]	TR	●	●	-
2-Butin-1,4-diol[2]	TR	●	●	-
Buttersäure und Isobuttersäure	TR	●	●	◎
Butylacetate (Essigsäurebutylester)[2]	TR	◎	○	○
Butylenglycol (1,4-Butandiol)[2]	TR	●	●	●
Butylglycol[2]	TR	●	-	-
Butylphenole[2]	GL	●	●	●
Butylphenon[2]	TR	○	-	-
Buthylphthalat (Dibutylphtalat)[2]	TR	●	◎	◎
C				
Calciumcarbonat	GL	●	●	●
Calciumchlorat	GL	●	●	●
Calciumchlorid	GL	●	●	●
Calciumhydroxid	GL	●	●	●
Calciumhypochlorit (Chlorkalk), wässrig	Aufschlämmung	●	●	●
Calciumnitrat	GL	●	●	●
Calciumsulfat	GL	●	●	●
Calciumsulfid	VL	◎	◎	◎
Campheröl (Kampferöl)[2]	TR	○	○	○
Carbolineum[2]	H	●	-	-
Chlor, gasförmig, feucht[2]	0,5%	◎	-	○
Chlor, gasförmig, feucht[2]	1%	○	○	○
Chlor, flüssig[2]	TR	○	○	○
Chlor, gasförmig, trocken	TR	◎	○	○
Chlor, wässrige Lösung (Chlorwasser)	GL	◎	○	○

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Chloral (Trichloracetaldehyd)[2]	TR	●	●	●
Chloralhydrat[2]	TR	●	●	●
Chloramin[2]	L	●	-	-
Chlorbenzol[2]	TR	◎	-	○
Chloressigsäure[2]	L	●	●	●
Chloressigsäure, wässrig[2]	85%	●	●	●
Chlorethan (Ethylchlorid)[2]	TR	◎	-	-
2-Chlorethanol (Ethylenchlorhydrin)[2]	TR	●	●	●
Chlorkalk, wässrig	Aufschlämmung	●	●	●
Chlormethan (Methylchlorid), gasförmig	TR	◎	○	-
Chloroform	TR	◎	◎	○
Chlorsäure, wässrig[2]	1%	●	●	●
Chlorsäure, wässrig[2]	10%	●	●	●
Chlorschwefelsäure (Chlorsulfonsäure)	TR	○	○	○
Chlorwasser (Chlor)	GL	●	-	○
Chlorwasserstoff (Hydrogenchlorid, Salzsäure), feuchtes Gas	TR	●	●	●
Chromalaun (Alaune)[2]		●	●	●
Chromsäure (Chrom (VI)-oxid), wässrig	20%	●	●	◎
Chromsäure (Chrom (VI)-oxid), wässrig	50%	●	◎	◎
Chromsäure/Schwefelsäure/Wasser[2] (Chromschwefelsäure)	15/35/50%	○	○	○
Citronensäure	GL	●	●	●
Crotonaldehyd[2] ((E)-2-Butenal)	TR	●	-	◎
Cyankalium (Kaliumcyanid)	L	●	●	●
Cyclohexanol	TR	●	●	●
Cyclohexanon	TR	●	●	●
D				
Decalin (Decahydronaphtalin)	TR	●	◎	◎
Dextrin	L	●	●	●
1,2-Diaminoethan (Ethylendiamin)[2]	TR	●	●	●
Di-n-Butylether[2]	TR	◎	○	○
Dibutylphtalat[2] (Phthalsäuredibutylester)	TR	●	◎	◎
Dichlorethene[2] (Vinylidenchlorid und Vinylendichlorid)	TR	○	-	-
Dichloressigsäure[2]	TR	◎	◎	◎
Dichloressigsäure, wässrig[2]	50%	●	●	●
Dichloressigsäuremethylester[2]	TR	●	●	●

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Dieselkraftstoff[2]	H	●	◎	◎
Diethanolamin[2]	TR	●	-	-
Diethylether (Ethylether)	TR	◎	◎	-
Diglycolsäure (Oxydiessigsäure)	GL	●	●	●
Diisobutylketon[2] (2,6-Dimethyl-4-heptanon)	TR	●	-	-
Diisopropylether[2]	TR	●	◎	○
Diisooctylphthalat[2]	TR	●	●	◎
Dimethylamin, gasförmig	100%	●	●	◎
N,N-Dimethylformamid	TR	●	●	◎
Dioctylphthalat	TR	●	●	◎
Dinonylphthalat[2] (DNP)	TR	●	●	◎
1,4-Dioxan	TR	●	●	●
Düngesalze[2]	GL	●	●	●
E				
Eisen (II) –chlorid	GL	●	●	●
Eisen (III) –chlorid	GL	●	●	●
Eisen (III) –nitrat	L	●	●	●
Eisen (II) –sulfat	GL	●	●	●
Eisen (III) –sulfat	GL	●	●	●
Erdgas[2]	TR	●	-	-
Erdnussöl[2]	TR	●	●	-
Essig (Weinessig)[2]	H	●	●	●
Essigsäure, wässrig	10%	●	●	●
Essigsäure (Eisessig), wässrig	min. 96%	●	●	◎
Essigsäureanhydrid (Acetanhydrid)	TR	●	●	◎
Essigsäuremethylester (Methylacetat)[2]	TR	●	●	-
Ethanol (Ethylalkohol)[2]	TR	●	●	●
Ethanol (Ethylalkohol), wässrig	40%	●	●	◎
Ethanol, vergällt mit 20% Toluol[2]	96% (Vol.)	●	-	-
Ethylacetat (Essigsäureethylester)	TR	●	◎	○
Ethylbenzol[2]	TR	◎	-	-
Ethylchlorid, gasförmig (Chlorethan)[2]	TR	◎	-	-
Ethylenchlorhydrin (Chlorethanol)[2]	TR	●	●	●
Ethylenglycol (1,2-Ethandiol)	TR	●	●	●
Ethylenoxid, gasförmig (Oxiran)	TR	●	-	-

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
F				
Fettsäuren (ab C_4)[2]	TR	●	●	◎
Fichtennadelöl[2]	H	●	◎	◎
Fluor, gasförmig	TR	○	○	○
Fluorokieselsäure, wässrig	40%	●	●	●
Flusssäure (Hydrogenfluorid-Lösung), wässrig	4%	●	●	●
Flusssäure (Hydrogenfluorid-Lösung), wässrig	60%	●	●	◎
Formaldehyd, wässrig	40%	●	●	●
Foto-Emulsionen[2]	H	●	●	-
Foto-Entwickler	H	●	●	●
Foto-Fixierbäder	H	●	●	-
Frostschutzmittel (KFZ)[2]	H	●	●	●
Fruchtgetränke und Fruchtsäfte[2]	H	●	●	●
Fructose (Fruchtzucker)[2]	L	●	●	●
Furfurylalkohol	TR	●	●	◎
G				
Gärungsmaische[2]	H	●	●	●
Gelatine[2]	L	●	●	●
Gerbsäure (Tannin)	L	●	●	●
Glucose (Traubenzucker)	GL	●	●	●
Glycerin (Glycerol)	TR	●	●	●
Glycolsäure	L	●	●	●
H				
Harnstoff	L	●	●	●
Heizöl[2]	H	●	◎	◎
Hefe	L	●	●	●
n-Heptan	TR	●	◎	○
Hexafluorokieselsäure, wässrig	40%	●	●	●
Hexane[2]	TR	●	◎	◎
1,2,6-Hexantriol[2]	TR	●	●	●
Hydranzinhydrat[2]	TR	●	●	●
Hydrochinon	GL	●	◎	○
I				
Iodtinktur[2]	H	●	●	◎
Isoamylalkohol	TR	●	●	◎

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Isobutanol	TR	●	●	●
Isooctan[2]	TR	●	◎	◎
Isopropylalkohol (2-Propanol)[2]	TR	●	●	●
K				
Kalilauge (Kaliumhydroxid-Lösung)	L	●	●	●
Kaliumaluminiumsulfat (Kalialaun)	L	●	●	●
Kaliumbromat	GL	●	●	●
Kaliumbromid	GL	●	●	●
Kaliumcarbonat	GL	●	●	●
Kaliumchlorat	GL	●	●	●
Kaliumchlorid	GL	●	●	●
Kaliumchromat	GL	●	●	●
Kaliumchrom (III) -sulfat (Chromalaun)	L	●	●	●
Kaliumcyanid	L	●	●	●
Kaliumdichromat	GL	●	●	●
Kaliumfluorid	GL	●	●	●
Kalium-hexacyanoferrat (II) und (III)	GL	●	●	●
Kaliumhydrogencarbonat (Kaliumbicarbonat)	GL	●	●	●
Kaliumhydrogensulfat (Kaliumbisulfat)	GL	●	●	●
Kaliumhydrogensulfit (Kaliumbisulfit)	L	●	●	●
Kaliumhypochlorit	L	●	●	◎
Kaliumiodid[2]	GL	●	●	●
Kaliumnitrat	GL	●	●	●
Kaliumperchlorat	GL	●	●	●
Kaliumpermanganat, wässrig	20%	●	●	●
Kaliumperoxodisulfat (Kaliumpersulfat)	GL	●	●	●
Kaliumphosphat	GL	●	●	●
Kaliumsulfat	GL	●	●	●
Kaliumsulfid	L	●	●	●
Kieselsäure, wässrig[2]	jeder	●	●	●
Kochsalz (Natriumchlorid)	GL	●	●	●
Kohlenstoffdioxid, gasförmig	TR	●	●	●
Kohlenstoffmonoxid, gasförmig	TR	●	●	●
Königswasser (HCl/HNO_3)	TR	○	○	○
Kresole[2] (Cresole), wässrig	90%	●	●	●

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Kresole[2] (Cresole), wässrig	über 90%	●	●	◎
Kupfer (II) –chlorid	GL	●	●	●
Kupfer (II) –nitrat	GL	●	●	●
Kupfer (II) –sulfat	GL	●	●	●
L				
Lanolin (Wollfett)[2]	H	●	◎	◎
Leinöl[2]	H	●	●	●
Leuchtgas[2]	H	●	-	-
Luft[2]	TR	●	●	●
M				
Magnesiumcarbonat	GL	●	●	●
Magnesiumchlorid	GL	●	●	●
Magnesiumhydroxid	GL	●	●	●
Magnesiumnitrat	GL	●	●	●
Maleinsäure	GL	●	●	●
Maschinenöl[2]	TR	●	◎	○
Meerwasser (Seewasser)[2]	H	●	●	●
Melasse	H	●	●	●
Menthol[2]	TR	●	●	◎
Methanol	TR	●	●	●
Methoxybutanol[2]	TR	●	●	◎
Methylacetat (Essigsäuremethylester)[2]	TR	●	●	-
Methylamin, wässrig[2]	32%	●	-	-
Menthylbenzoesäuren (Toluylsäuren)	GL	◎	◎	-
Methylbromid (Brommethan)[2]	TR	◎	-	○
2-Methyl-2-butanol (tertiär Amylalkohol)	TR	●	●	◎
Methylchlorid (Chlormethan), gasförmig	TR	◎	○	○
Methylenchlorid (Dichlormethan)[2]	TR	◎	◎	○
Methylethylketon[2]	TR	●	●	◎
Milch	H	●	●	●
Milchsäure	TR	●	●	●
Mineralöle	H	●	●	◎
Mineralwasser[2]	H	●	●	●
Motoren-Schmieröle[2]	TR	●	◎	○
N				

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Naphtha[2]	H	●	○	○
Natriumacetat[2]	GL	●	●	●
Natriumbenzoat, wässrig[2]	35%	●	●	●
Natriumbenzoat	GL	●	●	●
Natriumborat-Wasserstoffperoxid[2] (Natriumperborat)	GL	●	●	◎
Natriumbromid	GL	●	●	●
Natriumcarbonat	GL	●	●	●
Natriumchlorat	GL	●	●	●
Natriumchlorid (Kochsalz)	GL	●	●	●
Natriumchlorit, wässrig[2]	2 bis 20%	●	◎	○
Natriumcyanid	GL	●	●	●
Natriumdichromat[2]	GL	●	●	●
Natriumfluorid	GL	●	●	●
Natriumhexacyanoferrat (II) (Natriumferrocyanid)	GL	●	●	●
Natriumhexacyanoferrat (III) (Natriumferricyanid)	GL	●	●	●
Natriumhydrogencarbonat (Natriumbicarbonat)	GL	●	●	●
Natriumhydrogensulfit (Natriumbisulfit)	L	●	●	●
Natriumhydroxid, wässrig (Natronlauge)	40%	●	●	●
Natriumhypochlorit (15% wirksames Chlor (Bleichlauge))	L	●	●	●
Natriumnitrat	GL	●	●	●
Natriumnitrit	GL	●	●	●
Natriumphosphat	GL	●	●	●
Natriumsilicat (Wasserglas)[2]	L	●	●	●
Natriumsulfat	GL	●	●	●
Natriumsulfid	GL	●	●	●
Natriumtetraborat (Borax)	GL	●	●	●
Natriumthiosulfat[2]	GL	●	●	●
Natronlauge (Natriumhydroxid-Lösung), wässrig[2]	bis 60%	●	●	●
Nickel (II) -chlorid	GL[2]	●	●	●
Nickel (II) -nitrat	GL	●	●	●
Nickel (II) -sulfat	GL	●	●	●
Nicotinsäure	VL	●	●	-
Nitrobenzol[2]	TR	●	◎	◎
2-Nitrotoluol[2]	TR	●	◎	○
○				
Öle und Fette, Speise-	H	●	◎	◎

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Oleum (H_2SO_4 + SO_3)[2]	TR	○	○	○
Olivenöl[2]	TR	●	●	◎
Ölsäure	TR	●	●	●
Oxalsäure	GL	●	●	●
Ozon, gasförmig	TR	◎	○	○
P				
Paraffin-Emulsionen[2]	H	●	●	◎
Paraffinöl[2]	TR	●	◎	◎
1-Pentanol (n-Amylalkohol)	TR	●	●	◎
2-Pentanol (sek.-n-Amylalkohol)	TR	●	●	◎
Petrolether[2]	TR	●	◎	◎
Petroleum[2]	TR	●	◎	◎
Pfefferminzöl[2]	TR	●	-	-
Phenol	L	●	●	●
Perchlorethylen (Tetrachlorethen)[2]	TR	◎	◎	○
Perchlorsäure, wässrig	20%	●	●	●
Phosgen, gasförmig[2] (Carbonylchlorid)	TR	◎	◎	◎
Phosphate, anorganische[2]	GL	●	●	●
Phosphor (III) –chlorid[2]	TR	●	●	◎
Phosphoroxidchlorid[2]	TR	●	●	◎
Phosphorsäure	50%	●	●	●
Phosphorsäure	95%	●	●	◎
Phosphortrichlorid	TR	●	●	◎
Photo-, siehe Foto-				
Phthalsäure	GL	●	●	●
Pikrinsäure	GL	●	●	-
Propan, gasförmig[2]	TR	●	●	-
1-Propanol[2] (Propylalkohol)	TR	●	●	●
Propargylalkohol, wässrig[2] (2-Propin-1-ol)	7%	●	●	●
Propionsäure, wässrig	50%	●	●	●
Propionsäure	TR	●	◎	◎
Propylenglycole[2] (Propandiole)	TR	●	●	●
Pyridin	TR	●	◎	◎
Q				
Quecksilber	TR	●	●	●
Quecksilber (II) -chlorid	GL	●	●	●

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Quecksilber (II) -cyanid	GL	●	●	●
Quecksilber (II) – nitrat	L	●	●	●
R				
Rizinusöl[2]	TR	●	●	●
S				
Salicylsäure	GL	●	●	●
Salmiakgeist (Ammoniakwasser)	GL	●	●	●
Salpetersäure, wässrig	25%	●	●	●
Salpetersäure, wässrig	50%	◎	◎	○
Salpetersäure, wässrig	75%	○	○	○
Salzsäure, wässrig	37%	●	●	●
Sauerstoff	TR	●	●	◎
Schwefeldioxid, gasförmig	TR	●	●	●
Schwefelkohlenstoff (Carbondisulfid)	TR	◎	○	○
Schwefelsäure, wässrig	80%	●	●	●
Schwefelsäure	98%	◎[3]	◎	○
Schwefelsäure, rauchend	H	○	○	○
Schwefeltrioxid	TR	○	○	○
Schwefelwasserstoff, gasförmig (Dihydrogensulfid)	TR	●	●	●
Schweflige Säure, wässrig	30%	●	●	●
Seewasser (Meerwasser)[2]	H	●	●	●
Silberacetat	GL	●	●	●
Silbercyanid	GL	●	●	●
Silbernitrat	GL	●	●	●
Siliconöl	TR	●	●	●
Silicon-Emulsion[2]	H	●	●	●
Soda (Natriumcarbonat)[2]	50%	●	●	●
Sojabohnenöl[2]	TR	●	◎	◎
Spindelöl[2]	TR	●	◎	◎
Stärke[2]	jeder	●	●	●
Stärkegummi (Dextrin)[2]	L	●	●	●
Stärkesirup[2]	jeder	●	●	●
Sulfurylchlorid[2] (Sulfonylchlorid)	TR	○	○	○
T				
Tannin (Gerbsäure)	L	●	●	●

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Terpentinöl[2]	TR	◎	◎	◎
Testbenzin[2]	TR	●	◎	○
Tetrachlorethan[2]	TR	◎	◎	○
Tetrachlorethen (Perchlorethylen)[2]	TR	◎	◎	-
Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)	TR	◎	○	○
Thionylchlorid (Sulfinylchlorid)	TR	○	○	○
Tetrahydrofuran[2]	TR	◎	◎	○
Tetrahydronaphthalin (Tetralin)[2]	TR	◎	◎	○
Thiophen[2]	TR	◎	◎	○
Toluol	TR	◎	○	○
Traubenzucker (Glucose)	GL	●	●	●
Trafoöl (Isolieröl)[2]	TR	●	◎	◎
Trichloressigsäure, wässrig	50%	●	●	●
Trichlorethylen (Trichlorethen)	TR	○	○	○
Triethanolamin (2,2´,2´´-Nitrilotriethanol)	L	●	●	◎
Trikresylphosphat (Phosphorsäuretritolylester)[2]	TR	●	●	●
Trinkwasser, chlorhaltig[2]	TR	●	●	●
Trioctylphosphat[2]	TR	●	●	◎
U V W				
Urin		●	●	●
Vaselinöl[2]	TR	●	◎	◎
Vinylacetat[2]	TR	●	●	◎
Vinylidenchlorid (1,1-Dichlorethylen)[2]	TR	○	-	-
Waschmittel[2]	VL	●	●	●
Wasser	TR	●	●	●
Wasserstoff, gasförmig	TR	●	●	●
Wasserstoffperoxid, wässrig	30%	●	●	●
Wasserstoffperoxid, wässrig	90%	●	◎	○
Weine und Spirituosen	H	●	●	●
Weinessig (Speiseessig)	H	●	●	●
Weinsäure	L	●	●	●
X Y Z				
Xylol	TR	◎	○	○
Zinkcarbonat	GL	●	●	●
Zinkchlorid	GL	●	●	●

Tab 1-6

[1] und [2] siehe Seite 28

Durchflussstoff	Anteil[1]	Verhalten bei		
		20 °C	40 °C	60 °C
Zinkoxid	GL	●	●	●
Zinksulfat	GL	●	●	●
Zinn (II) –chlorid	GL	●	●	●
Zinn (IV) –chlorid	GL	●	●	●
Zitronensäure (Citronensäure)	GL	●	●	●
Zuckersirup[2)]	H	●	●	●

Tab 1-6

[1]) Für die Zusammensetzung der Durchflussstoffe werden folgende Kurzzeichen verwendet:

- Wenn nicht hinter der Angabe für den Anteil „(Vol.)" vermerkt ist, handelt es sich um den Massenanteil in % (bisher Gew.-%)
  VL: wässrige Lösung, deren Massenanteil <10% ist
  L: wässrige Lösung, deren Massenanteil >10% ist
  GL: gesättigte (bei 20 °C), wässrige Lösung
  TR: Durchflussstoff ist mindestens technisch rein
  H: handelsübliche Zusammensetzung
- Volumenanteil in % (bisher Vol.-%); dieser ist durch „(Vol.)" besonders gekennzeichnet.

  Bei geringeren als in der Tabelle genannten Massen- oder Volumenanteilen und Temperaturen wird die chemische Widerstandsfähigkeit von Rohren und Rohrleitungsteilen im Allgemeinen nicht gemindert.

[2]) Diese Angaben zur chemischen Widerstandsfähigkeit sind in ISO/TR 7474 nicht enthalten.

[3]) Die chemische Widerstandsfähigkeit ist in ISO/TR 7474 um eine Gruppe günstiger bewertet.

Das Verhalten der Rohre und Rohrleitungsteile gegenüber den Durchflußstoffen ist in folgende Gruppen eingeteilt:

● Widerstandsfähig
Der Rohrwerkstoff wird im Allgemeinen als geeignet bewertet

◎ Bedingt widerstandsfähig
Die Eignung des Rohrwerkstoffes ist für den jeweiligen Anwendungsfall zu überprüfen; gegebenenfalls sind weitere Versuche durchzuführen

○ Nicht widerstandsfähig
Der Rohrwerkstoff wird im Allgemeinen als ungeeignet bewertet

- Angaben über die chemische Widerstandsfähigkeit liegen nicht vor



1.3 Netzerstellung

1.3.1 Formteile

Für den Bau einer Leitung werden neben Rohren auch Formteile für Verbindungen, Richtungsänderungen, Übergänge auf andere Werkstoffe und Abzweigungen benötigt.

Bei der Verbindungstechnik von Kunststoffrohren wird grundsätzlich zwischen lösbaren (z.B. Flanschen) und nicht lösbaren Verbindungen (z.B. Heizwendelschweißung) unterschieden. Bei der Auswahl der Verbindungstechnik sollte bedacht werden, ob eine längskraft- oder nicht längskraftschlüssige Verbindung zum Einsatz kommen soll.

Formteile sind grundsätzlich in kurzer und langer Ausführung erhältlich. Kurze Formteile, welche teilweise keine ausreichend langen zylindrischen Enden zum Einspannen aufweisen, sind mit entsprechend schmalen Spannbacken bzw. Bundhaltern zu verarbeiten.

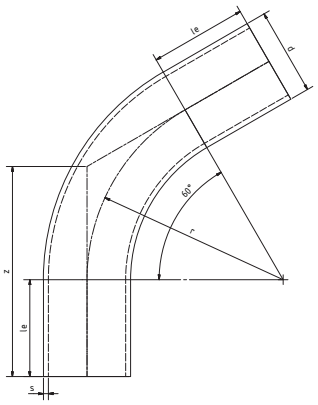
Formteile in langer Ausführung lassen sich mit Standard-Stumpfschweißmaschinen und -equipment sowie mittels Heizwendelschweißen verarbeiten.

1.3.1.1 Druckklassengerechte Formteile

Als druckklassengerechte Formteile werden alle Bauteile bezeichnet, die den vollen Innendruck der verwendeten Rohrleitung tragen können. Dazu zählen beispielsweise:

■ Nahtlose Bögen





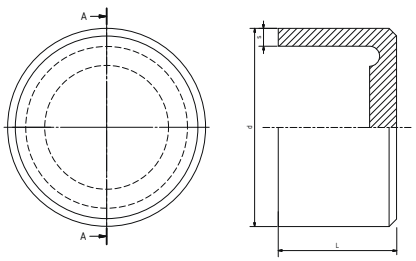
Nahtlose Bögen werden in Anlehnung an DIN EN 12201 mit einer Toleranz von $\alpha = \pm 5°$ gefertigt. Zu beachten ist, dass es bei längerer Lagerung oder Wärmeeinwirkung aufgrund des Memory-Effekts zum Aufgehen der Bögen kommen kann. Um dem entgegenzuwirken wird bei größeren Bögen empfohlen, Rohrfixierungen mitzubestellen.

Grundsätzlich lieferbar sind dimensionsbezogene Standardradien von r = 1,5 x d in Standardwinkeln von:
$\alpha = 11°, 22°, 30°, 45°, 60°, 90°$

Projektbezogen können die Gradzahlen und Radien individuell an Ihr Projekt angepasst gefertigt werden. Nahtlose Bögen sind standardmäßig für das Heizwendel- und Heizelementstumpfschweißen ausgelegt.

■ Endkappen

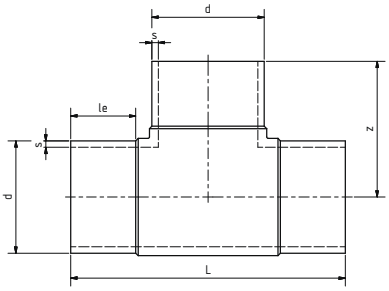




Endkappen aus PE 100 zum druckklassengerechten Verschließen von Rohrenden.

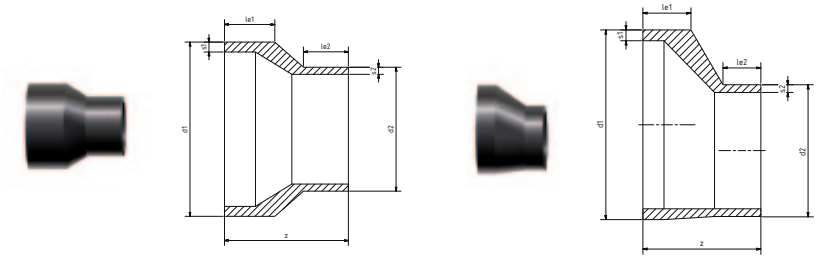
■ T-Stücke/Abzweige





Druckklassengerechte T-Stücke und Abzweige aus PE 100 für Druckanwendungen, bei denen Segmentformteile mit Verschwächungsbeiwert nicht ausreichend sind.

Reduzierungen



Reduzierungen unterscheiden sich in der zentrischen (konzentrischen) oder exzentrischen (sohlengleichen) Bauweise.

1.3.1.2 Nicht druckklassengerechte Formteile

Segmentformteile werden aus Rohr entsprechend Ihrer Anforderung gefertigt. Standardmäßig sind diese für Heizwendel- und Heizelementstumpfschweißen ausgelegt. Bis OD 630 mm werden die Innennähte grundsätzlich entfernt (bei größeren Dimensionen auf Anfrage).

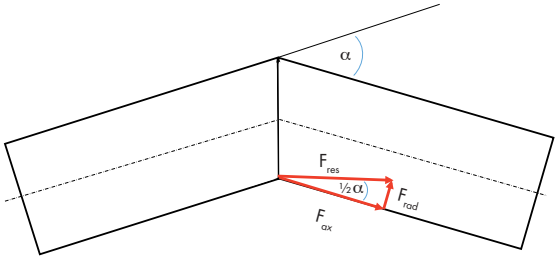
Aus Rohrsegmenten hergestellte Formteile sind aufgrund der Schweißnaht-Anordnung in der Regel nicht druckklassengerecht und daher mit einem Verschwächungsbeiwert (Betriebsdruck-Minderungsfaktor) in der Planung zu berücksichtigen. Dennoch werden sie vielfach eingesetzt, wenn die zulässige Innendruckfestigkeit des Formteils für den Betriebsdruck der Leitung ausreichend ist.

Der Verschwächungsbeiwert beträgt für:
Segmentbögen: 0,8
Segment-T-Stücke egal: 0,6
Segment-T-Stücke reduziert: 0,5
Y-Stücke; Hosenstücke: 0,6

Beispiel: Ein Segmentbogen aus Rohr, SDR17 (PN10), ist demnach für einen maximalen Betriebsdruck von 8 bar ausgelegt.

Der Verschwächungsbeiwert trägt dem Bestreben eines Segmentbogens Rechnung, sich unter Innendruck wieder "gerade drücken" zu wollen. Betrachtet man die auftretenden Kräfte im Bereich der Fügeebene an der Innenseite des Bogens und bildet die Resultierende, zeigt sich der Einfluss des Schnittwinkels $\alpha/2$ auf die Resultierende. Je kleiner der Schnittwinkel $\alpha/2$, umso geringer ist der Einfluss auf die Resultierende. $\alpha/2 = 0° \rightarrow$ normale Stumpfschweißung.

Man kann sich auch einen gezogenen, druckklassengerechten Bogen als Segmentbogen mit unendlich vielen Segmenten vorstellen. So lassen sich – bei ausreichend großer Anzahl an Einzelsegmenten – Segmentbögen in druckklassengerechter Ausführung herstellen. Gerade bei den größeren Dimensionen ist dies eine kostengünstige Alternative zu den Nahtlos-Bögen.



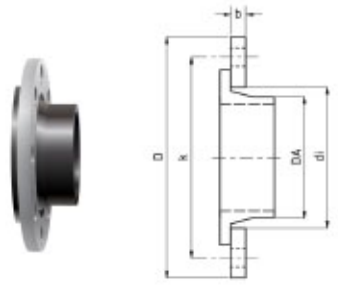
1.3.2 Verbindungstechniken

Grundsätzlich unterscheidet man lösbare Verbindungen, die sich mittels Werkzeugeinsatz wiederholt trennen und erneut verbinden lassen, sowie dauerhafte, nicht lösbare Verbindungen.

1.3.2.1 Lösbare Verbindungen

Allen lösbaren Verbindungen ist gemein, dass sie aus einer Kombination von verschiedenen Materialien zusammengesetzt sind. Die wahrscheinlich bekannteste lösbare Verbindung ist die Flanschverbindung.

Die Unterteilung erfolgt grundsätzlich in Festflansch (mit starrem Flanschenblatt) und Losflansch (mit einem frei drehbaren Flanschblatt).



Vorschweißbund mit Losflansch

D größter Durchmesser des Flansches
k Lochkreis
b Flanschdicke
DA Außendurchmesser Rohr
di Innendurchmesser Flansch

Am häufigsten wird der Vorschweißbund (V-Bund) mit frei drehbarem Losflansch eingesetzt, wobei der Vorschweißbund an die Rohrleitung angeschweißt wird. Um den Vorschweißbund in der Schweißmaschine einspannen zu können, sind V-Bund-Halter zu verwenden. Sofern diese nicht zur Verfügung stehen, müssen V-Bunde in langer Ausführung eingesetzt werden.

Flansche dichten immer über eine Dichtung, die entweder zwischen die Dichtflächen der Flansche eingelegt oder als O-Ring-Dichtung ausgeführt wird.

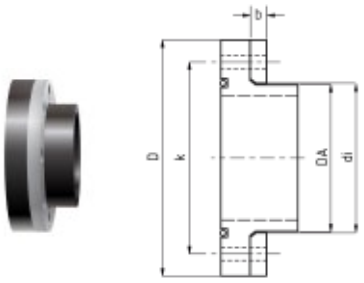
Dichtungsmaterialien und -formen sind vielfältig. Für Kunststoff-Flansche ist die Profildichtung mit Stahleinlage Stand der Technik. Ebenso muss auf die Wahl der Schraubengüte in Kombination mit dem erforderlichen Anzugsmoment geachtet werden, um eine für die Dichtigkeit des Flansches notwendige Flächenpressung zu erreichen.

Da die ursprüngliche Anwendung aus dem Bereich der metallischen Rohrleitungen kommt, sind die Flanschenmaße an Guss- und Stahlrohre angelehnt. Die unterschiedliche Ausrichtung der Rohrsysteme – metallische Rohrleitungen nach dem Innendurchmesser, Kunststoffrohrleitungen nach dem Außendurchmesser – kann zu einem „unharmonischen" Dimensionsverlauf im Rohrnetz führen.

Um dies zu vermeiden und den vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden, haben sich Sonderflanschverbindungen für PE-Rohrsysteme im Markt etabliert.

Dies sind spezielle, durchbohrte Bunde (Festflansche) mit hinterlegten Stahlflanschen (Edelstahl, Stahl kunststoffbeschichtet oder verzinkt), deren Nennweite DN um eine Stufe gegenüber dem Losflansch reduziert ist und somit auch dem nennweitengerechten Anschluss einer Rohrleitung an Armaturen dient.

Beispiel anhand einer 355er Leitung:



Sonderflanschverbindung

Losflanschverbindung ➡ V-Bund d 355/Losflansch DN 350 ➡ Armatur DN 350
Sonderflanschverbindung ➡ Sonderflansch d 355 DN 300 ➡ Armatur DN 300

1.3.2.2 Nicht lösbare Verbindungen

Das Schweißen von PE-Rohren und Formteilen zählt zu den nicht lösbaren Verbindungen. Eine Verschweißung von PE 100/PE 100-RC Rohren untereinander sowie mit genormten Formteilen ist nach den Parametern der DVS-Richtlinie 2207, Teil 1, Ausgabe 08/2015 für PE-HD im:

- Heizelementstumpfschweißverfahren
- Heizwendelschweißverfahren

möglich.

Neben dem Schweißen kann auch die Steckmuffenverbindung (in entsprechender Ausführung) zu den nicht lösbaren Verbindungstechniken gezählt werden.

■ Heizwendelschweißverfahren

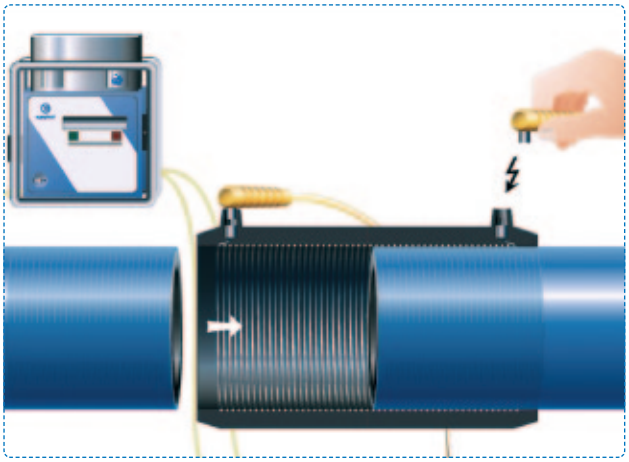


Abb 1-4



Abb 1-5

Es gelten die Anforderungen der DVS-Richtlinie 2207 Teil 1 für das Heizwendelschweißen. Die Rundheit der Rohre ist gegebenenfalls durch Runddrückklemmen zu gewährleisten. Als noch zulässige Unrundheit im Schweißbereich gelten 1,5% des Außendurchmessers, maximal jedoch 3 mm. Beim Heizwendelschweißen werden zum Verbinden Formstücke verwendet, die mit Widerstandsdrähten ausgerüstet sind. Über einen definierten Strom und eine definierte Zeit werden Rohr und Formstück miteinander verschweißt. Der Schweißdruck entsteht dabei konstruktiv durch das Formteil. Die Hersteller der Formteile bestimmen die Schweißparameter. Im Bereich der Heizwendel muss der Nenndurchmesser des Rohres vorhanden sein.

Der Schweißbereich wird mit fusselfreiem, nicht eingefärbtem Papier und PE-Reiniger gesäubert. Die Einstecktiefe des Fittings wird auf der Oberfläche markiert, die Rohrenden entgratet und die Oberfläche des Rohres im Bereich der Schweißzone spanend bearbeitet. Nach der Reinigung des Fittings wird die Einstecktiefe zur Kontrolle auf das Rohr übertragen, ohne die fettfreie Oberfläche zu berühren. Das Formteil wird aufgesetzt, mit den Kontakten des Schweißgerätes verbunden und verschweißt. Durch Kennzeichnung der Schweißung mit Datum und dem Ende der Abkühlzeit werden Missverständnisse vermieden.

■ Heizelementstumpfschweißverfahren

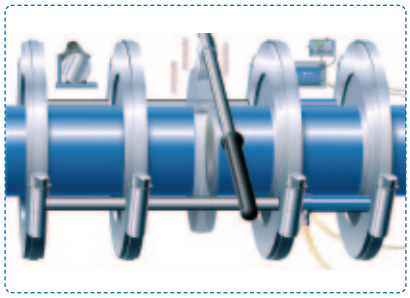


Abb 1-6

Checklisten zum Heizelementstumpfschweißen gemäß der DVS 2207 Teil 1 bietet das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk an der Rhein.-Westf.-Technischen Hochschule Aachen e.V..
Der maximal zulässige Versatz der zu verschweißenden Rohrleitungen gemäß DVS 2207 Teil 1 beträgt weniger als 10% der Wanddicke. Gegebenenfalls ist die Rundheit der Rohre durch Runddrückklemmen zu gewährleisten. Als noch zulässige Unrundheit gelten 1,5% des Außendurchmessers, maximal jedoch 3 mm. Angaben zu den maximal zulässigen Spaltbreiten nach DVS 2207-1 finden sich in Tabelle 1-7.



Abb 1-7

OD ≤ 355 mm	Spaltbreite ≤ 0,5 mm
400 mm ≤ OD < 630 mm	Spaltbreite ≤ 1,0 mm
630 mm ≤ OD < 800 mm	Spaltbreite ≤ 1,3 mm
800 mm ≤ OD ≤ 1000 mm	Spaltbreite ≤ 1,5 mm
OD > 1000 mm	Spaltbreite ≤ 2,0 mm

Tab 1-7: Maximal zulässige Spaltbreiten gemäß DVS 2207 Teil 1

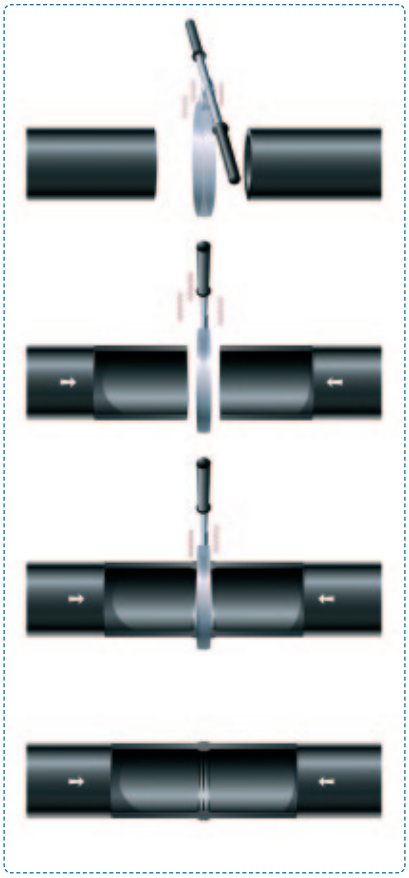


Abb 1-8: Prinzip des Heizelement-Stumpfschweißens

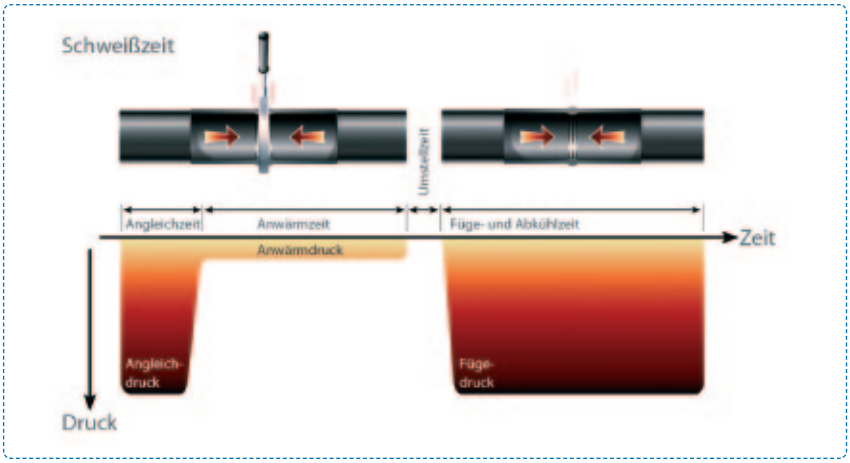


Abb 1-9: Zeitlicher Ablauf des Heizelementstumpfschweißens gemäß DVS 2207 Teil 1

Die Rohrleitungen werden an das Heizelement (Temperatur-Empfehlung 220 °C +/- 10 °C) geführt und unter Druck (0,15 $\frac{N}{mm^2}$) erwärmt, bis sich ein umlaufender Wulst bestimmter Höhe ausgebildet hat (siehe Tab 1-8). Nahezu drucklos erfolgt dann die Anwärmung bis zur Verschweißbarkeit der Rohre. Die Anwärmzeit in Sekunden entspricht nach DVS 2207 Teil 1 dem 10-fachen der Wanddicke der Rohre. Nach Ablauf der Anwärmzeit wird das Heizelement entfernt und die Rohre unter Druck (ebenfalls 0,15 $\frac{N}{mm^2}$) gefügt. Die Umstellzeit sollte möglichst kurz gehalten werden.
Die Rohre müssen spannungsfrei unter Fügedruck abkühlen. Dabei ist die Abkühlzeit abhängig von der Umgebungstemperatur.

Richtwerte für das Heizelementstumpfschweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PE bei mäßiger Luftbewegung

Nennwanddicke s	Angleichen Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit (Angleichen unter 0,15 N/mm² +/- 0,01)	Anwärmen Anwärmzeit = 10 x Nennwanddicke (Anwärmen p ≤ 0,01 N/mm²)	Umstellen Maximalzeit	Fügen	Abkühlzeit unter Fügedruck p = 0,15 ± 0,01 N/mm²
	Mindestwerte			Fügedruckaufbauzeit s	Mindestwerte
mm	mm	Sekunden	Sekunden	Sekunden	Minuten
bis 4,5	0,5	bis 45	5	5	siehe Tabelle 1-9
4,5...7	1,0	45...70	5...6	5...6	
7...12	1,5	70...120	6...8	6...8	
12...19	2,0	120...190	8...10	8...11	
19...26	2,5	190...260	10...12	11...14	
26...37	3,0	260...370	12...16	14...19	
37...50	3,5	370...500	16...20	19...25	
50...70	4,0	500...700	20...25	25...35	
70...90	4,5	700...900	25...30	35	
90...110	5,0	900...1100	30...35	35	
110...130	5,5	1100...1300	max. 35	35	

Tab 1-8: Quelle: DVS 2207, Teil 1

Abkühlzeiten von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PE abhängig von der Umgebungstemperatur

Nennwanddicke s [mm]	Abkühlzeit (Mindestwerte) unter Fügedruck p = 0,15 ± 0,01 N/mm² in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur [min]		
	bis 15 °C	15 °C ... 25 °C	25 °C ... 40 °C
bis 4,5	4,0	5,0	6,5
4,5...7	4,0...6,0	5,0...7,5	6,5...9,5
7...12	6,0...9,5	7,5...12	9,5...15,5
12...19	9,5...14	12...18	15,5...24
19...26	14...19	18...24	24...32
26...37	19...27	24...34	32...45
37...50	27...36	34...46	45...61
50...70	36...50	46...64	61...85
70...90	50...64	64...82	85...109
90...110	64...78	82...100	109...133
110...130	78...92	100...118	133...157

Tab 1-9: Quelle: DVS 2207, Teil 1

Zwischenwerte sind entsprechend zu interpolieren:

$$Abkühlzeit_{interpoliert} = Abkühlzeit_{klein} + \left(\frac{s_{real} - s_{klein}}{s_{groß} - s_{klein}}\right) \cdot (Abkühlzeit_{groß} - Abkühlzeit_{klein}) \text{ [in Minuten]}$$

mit:

s_{real} = Wanddicke der zu verschweißenden Rohrleitung
s_{klein} = kleinere Nennwanddicke gemäß Tabelle 1-9
$s_{groß}$ = größere Nennwanddicke gemäß Tabelle 1-9
$Abkühlzeit_{klein}$ = Abkühlzeit der kleineren Nennwanddicke, gemäß Tabelle 1-9
$Abkühlzeit_{groß}$ = Abkühlzeit der größeren Nennwanddicke, gemäß Tabelle 1-9

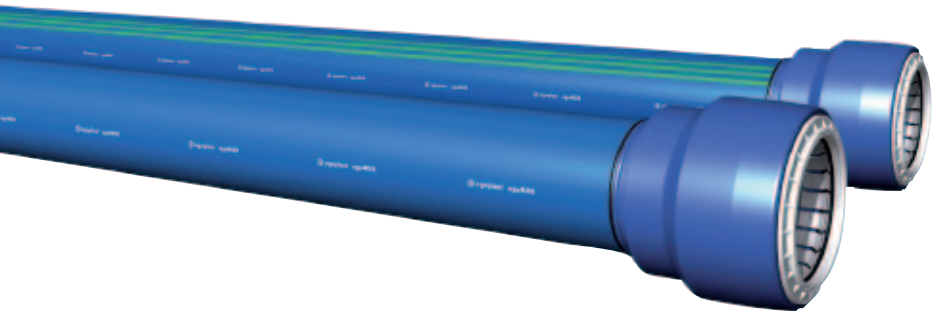
Beispiel:

PE 100-Rohr, OD 160 mm SDR 11, Wanddicke s = 14,6 mm, Umgebungstemperatur 15 °C. Nach Tabelle 1-9 beträgt die Abkühlzeit für 12 mm Wanddicke 12 Minuten, für 19 mm entsprechend 18 Minuten (Mindestwerte).

$$Abkühlzeit_{interpoliert} = 12\,min + \left(\frac{14{,}6\,mm - 12\,mm}{19\,mm - 12\,mm}\right) \cdot (18\,min - 12\,min) \approx 15\,min$$

Steckmuffenverbindung

Die Steckmuffenverbindung kann bei entsprechender Ausführung ebenfalls zu den nicht lösbaren Verbindungstechniken gezählt werden.



Die Steckverbindung ist eine bewährte Rohrverbindungstechnik, die sich über Jahrzehnte durch ihre einfache Montage in der Trinkwasserversorgung bewährt hat. Sie stellt eine praxistaugliche Alternative zum Schweißen dar und bietet, insbesondere bei kleinen Teilabschnitten, viele Vorteile.

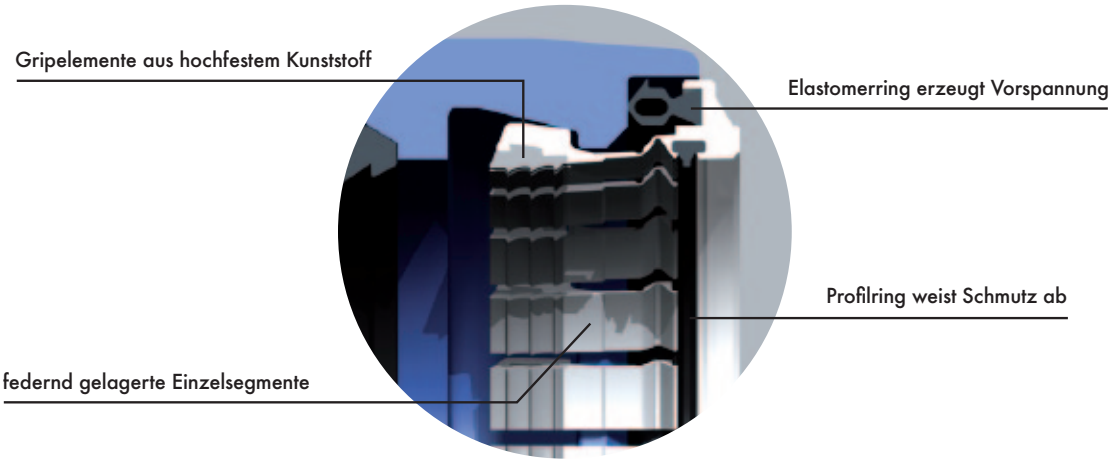
Kurze Verlege- und Verarbeitungszeiten durch einfache und schnelle Montage und geringe Vorbereitungszeiten, wetterunabhängige Verarbeitung sowie Wegfall von Schweiß- und Verarbeitungsequipment – unter Aufrechterhaltung der gewohnten Flexibilität, der dauerhaften Dichtheit und Druckbeständigkeit. Eine optimale Lösung auch für kleinere Versorger, die keine eigenen PE-Schweißer vorhalten.



Abb 1-10

Beispiel einer nicht lösbaren, längskraftschlüssigen Verbindungstechnik mittels Steckmuffen:

- in der Kupplung integrierte Grip-Elemente aus hochfestem Kunststoff garantieren hohe Auszugssicherheit und Längskraftschlüssigkeit
- Federnd gelagerte Einzelsegmente vermeiden Beschädigungen beim Zusammenstecken und passen sich flexibel an die Außenoberfläche des Rohres an
- ein hinterlegter Elastomerring sorgt für Vorspannung bereits im Verlegestadium
- Ein schmutzabweisender Profilring hält Schmutz von der Verbindungsstelle fern



1.3.3 Werkstoffübergänge

Übergänge auf andere Rohrwerkstoffe können in lösbarer sowie nicht lösbarer Version realisiert werden.

1.3.3.1 Lösbare Werkstoffübergänge

Zu den gängigsten Versionen zählt die lösbare Flanschverbindung, die dank der genormten Flanschmaße (DIN EN 1092-1) einen Materialübergang ermöglicht. Auf die entsprechende Nennweite sowie Druckstufe ist auf beiden Seiten der Verbindung zu achten.

Einen weiteren lösbaren Werkstoffübergang bildet die Gruppe der Steckmuffen, die es in nicht zugfester sowie in zugfester Version gibt.

1.3.3.2 Nicht lösbare Werkstoffübergänge

Nicht lösbare Werkstoffübergänge sind beispielsweise Übergangsrohrverbindungen, die werkseitig bereits aus den beiden zu verbindenden Materialien hergestellt (bspw. Stahl auf PE-HD) und bauseits lediglich in die Leitung eingeschweißt werden müssen.

Nicht lösbare Werkstoffübergänge mittels Pressverbindern halten mehr und mehr Einzug in den Rohrleitungsbau bei kleineren Dimensionen. Hierbei wird ein meist metallisches Material axial zusammen mit dem Rohr auf einem Stützkörper verpresst. Der Stützkörper ist mit einem metallischen Rohr versehen, welches Norm-Maß hat und entsprechend an das metallische Rohr angeschweißt werden kann. Lösungen mit Gewinde sind ebenfalls verfügbar.

1.3.4 Reparaturmöglichkeiten

Beschädigte Rohrleitungen lassen sich auf verschiedene Weise reparieren. Als Beschädigung gilt nach DVGW-Maßstäben eine Riefentiefe von mehr als 10% der Rohrwanddicke. Während bei kleineren Durchmessern das Heraustrennen und Ersetzen der betroffenen Teilbereiche wirtschaftlich sinnvoll ist, bieten sich für größere Dimensionen (OD 560 mm bis OD 1200 mm) bspw. aufschweißbare Reparatursättel an.

Auch für kleinere Durchmesser sind diese und vergleichbare Bauteile verfügbar und bieten sogar die Möglichkeit der Reparatur bei Medienaustritt.



Abb 1-11

Da die Schweißverbindung immer eine trockene Werkstoffoberfläche erfordert, die unter Baustellenbedingungen nicht immer realisierbar ist, bieten sich mechanische Verbinder ebenfalls für Reparaturzwecke an.

Müssen Rohrleitungen repariert werden, die mehrjährig in Betrieb waren, empfehlen sich diese Verbindungselemente, da die Rohrleitung einen vergrößerten Außendurchmesser aufweisen kann. Dies ist der Dehnung durch den Innendruck geschuldet und stellt keinen Nachteil für den Betrieb dar, da die Designdehnung bei der Auslegung der Rohrleitung bereits berücksichtigt wurde.

Wenn kein Materialwechsel erfolgen soll bietet sich der Einsatz von Kunststoffsteckmuffen in Ausführung als Reparaturkupplung an, die sowohl in zugfester als auch nicht zugfester Ausführung angeboten werden.



2 Planung von PE-Rohrleitungssystemen

2.1 Allgemeines

Maßgeblich für die Planung und den Bau von Wasserleitungen sind die DVGW-Vorschriften W400 „Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV), Teil 1: Planung, und Teil 2: Bau und Prüfung“. Sofern für Druckrohrleitungen angrenzender Bereiche wie bspw. Roh-, Brauch- und Abwasser keine eigenständigen technischen Regeln bestehen finden diese Vorschriften sinngemäß, unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen, auch für diese Bereiche Anwendung. Für die Planung und Errichtung von Gasleitungen aus Polyethylen gilt u. a. das DVGW-Arbeitsblatt G 472 "Gasleitungen bis 10 bar Betriebsdruck aus Polyethylen – Errichtung". Für die Ausführung des Rohrgrabens gelten u. a. die Normen DIN 4124: „Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“ sowie die Ausführungen der DIN EN 805 „Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden, Deutsche Fassung EN 805: 2000“. Hinweise geben ebenfalls die Richtlinien des KRV A 135/99-15, A 435/96-10 und A 735/94-12. Für die Beurteilung des Füllbodens sind u. a. die DIN 18196 „Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“ sowie die DIN EN ISO 14688 „Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden“ maßgebend. Die genannten Normen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Alle Leitungsteile müssen in frostsicherer Tiefe verlegt werden. Die Mindestüberdeckungen betragen für Gasleitungen 0,6 bis 1,0 m, wobei für bis ca. 2,0 m lange Abschnitte ohne besondere Belastung (Vorgärten, Gehwege) die Überdeckung auf 0,5 m verringert werden kann. Für Trinkwasserdruckleitungen hat die Verlegung in Tiefen von 1,0 bis 1,8 m (je nach Klima- und Bodenverhältnissen) frostsicher zu erfolgen.

Die Grabensohle ist so auszuführen, dass die Rohrleitung gleichmäßig aufliegt. Sollte felsiger oder steiniger Untergrund anliegen, muss die Grabensohle tiefer ausgehoben und durch ein geeignetes Bodenmaterial ersetzt werden. Dessen Korngrößenzusammensetzung darf ebenfalls keine Beschädigung der Rohre verursachen.

An Steilstrecken sollte der Dränwirkung des Rohrgrabens durch geeignete Maßnahmen entgegengewirkt werden, da sonst die Rohrbettung abgeschwemmt werden kann und das Rohr unterspült wird. Auch ist die Rohrleitung gegen Abrutschen zu sichern. Wechselnden Bodenschichten und unterschiedlichen Tragfähigkeiten begegnet man z.B. mit einer dickeren Sandbettung. Die Ausführung der Bettung ist so zu gestalten, dass ein Ausspülen von Feinpartikeln vermieden wird.

2.2 Trassenplanung

Die heutigen Versorgungsnetze sind, zumindest in Deutschland, nahezu flächendeckend erstellt. Daher kommt der Erneuerung und Sanierung, insbesondere durch alternative, geschlossene Verlegeverfahren, eine immer stärkere Bedeutung als dem Neubau zu.

Auch der DVGW empfiehlt in der Richtlinie W 400-1 die Prüfung der Zweckmäßigkeit grabenloser Techniken: „Bei der Erneuerung von Leitungen ist die Zweckmäßigkeit der Anwendung grabenloser Rehabilitations- bzw. Neuverlegungsverfahren zu prüfen, die zu einer wesentlichen Reduzierung der Begleitumstände des Bauvorhabens und zu erheblichen Kosteneinsparungen und umweltrelevanten Vorteilen führen können [siehe auch DVGW GW 320 (A), DVGW GW 321 (A) und DVGW GW 323 (M)].“

Bei der geschlossenen Bauweise ist es nicht möglich, die verlegte, neue Leitung einer Qualitätskontrolle zu unterziehen, da diese durch eine Black-Box gezogen wird, was das Risiko von Schäden durch aus dem Rohreinzug bedingte Beschädigungen erhöht. Außerdem muss die neue Leitung im Betrieb ohne schützende Rohrbettung auskommen, was zusätzliche Risiken wie Punktlasten birgt.

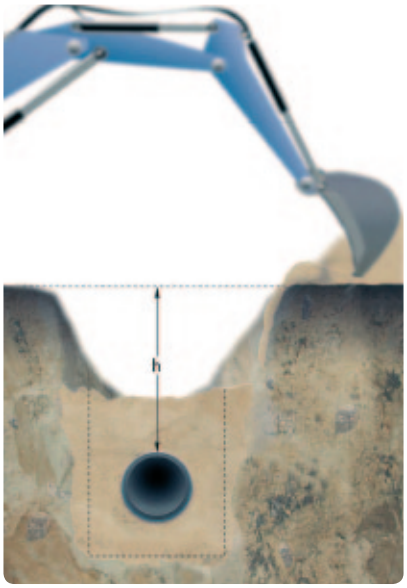
Grabenlose Verfahren stellen somit höhere Anforderungen an die verwendeten Rohrsysteme. Es muss daher technisch gesichert sein, dass bei Anwendung von grabenlosen oder grabenarmen Verlegeverfahren das Rohrsystem die gleiche Nutzungsdauer erreicht wie bei einer offenen Verlegung im Sandbett.



Abb 2-1: Black-Box als Charakteristik grabenloser/geschlossener Bauweisen

2.2.1 Verlegeverfahren

2.2.1.1 Offene Verlegung



■ Offene Verlegung mit Sandbett

Bei der Verlegung in offener Bauweise mit Sandbettung wird die Rohrleitungszone genau definiert, das Rohr in einem schützenden Sandbett verlegt. Im Anschluss müssen die Oberflächen wiederhergestellt werden.

Hinsichtlich der Rohrgrabenausführung gilt u.a. die DIN 4124 „Baugruben und Gräben", die genau festlegt, wie Arbeitsraumbreiten und der Verbau zu bewerkstelligen sind. Das Rohr muss frei von Riefen und Kratzern sein, der das Rohr umgebende Boden wird so präpariert, dass das drucktragende Mediumrohr vor äußeren Einflüssen geschützt ist. In der DIN EN 805 und der DVGW-Richtlinie W 400-2 wird eine Einbettung des Rohres in Sand oder Feinkies vorgeschrieben.

Das DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 lässt dazu eine Korngröße von max. 22 mm bei rundem Material und bis 11 mm bei Brechsand-Splitt-Gemisch zu. Punkt- und linienförmige Belastungen der Rohrleitungen werden so konstruktiv ausgeschlossen.

Abb 2-2: Standardrohre werden in einem Sandbett verlegt.



Abb 2-3: Bei Verzicht auf Sandbettung wird der Einsatz von Rohrleitungen mit integrierten Schutzschichten empfohlen.

■ Offene Verlegung ohne Sandbett

Bei der Verlegung in offener Bauweise ohne Sandbett wird das Rohr direkt im Rohrgraben verlegt. Im Anschluss müssen die Oberflächen wiederhergestellt werden.

Steigender Kostendruck zwingt viele Versorger zu hinterfragen, ob eine aufwendige Sandbettung der neuen Leitung notwendig ist. Ist der Bodenaushub verdichtungsfähig, so kann dieser zum Verfüllen wiederverwendet werden – anstelle des Sandes. Voraussetzung für solche Verlegebedingungen ist ein Rohrsystem, welches den hier auftretenden, erhöhten Belastungen gewachsen ist. Der Verzicht auf die Sandbettung kann dazu führen, dass Steine über einen längeren Zeitraum die Außenwand des Rohres punkt- oder linienförmig belasten – zusätzlich zu den Betriebslasten wie Innendruck, Erd- oder Verkehrslasten.

Wird auf den Schutz durch ein Sandbett verzichtet, muss das ausgewählte Rohrsystem den typischen Oberflächenbeschädigungen durch Kratzer und insbesondere den Punktlasten widerstehen können, damit diese nicht zu Spannungsrissen führen.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Verlegung liegt in den geringeren Kosten durch den Wegfall des Bodenaustauschs der Leitungszone.

■ Pflugverfahren

Bei diesem Verfahren wird das neue Rohr kontinuierlich eingepflügt und die Rohrschneise anschließend sofort wieder verschlossen. Der Einfluss des Pfluges auf das Erdreich ist relativ gering. Eine Grundwasserabsenkung ist bei diesem Verlegeverfahren nicht notwendig. Daher ist diese Verlegemethode, auch durch die geringfügig entstehenden Flurschäden, sehr umweltschonend. Eingesetzt werden kann das Verfahren bis zu Bodenklasse 5 in unverbauten Gebieten. Je nach Bodenklasse können Verlegetiefen bis 2 Meter realisiert werden.



Abb 2-4: Bei der Verlegung mit dem Pflug empfiehlt sich der Einsatz von Rohrleitungen mit integrierten Schutzschichten.

Die Verlegung im Pflugverfahren ist mit bis zu 5.000 Metern verlegter Rohrleitung pro Arbeitstag wohl die wirtschaftlichste Form der Neuverlegung einer Rohrleitung. Die Verlegeeinheit besteht aus dem Verlegepflug mit Pflugschwert und Verlegekasten und einer auf einem LKW oder Raupenfahrzeug installierten Seilwinde. Die Verlegeeinheit wird von der Seilwinde in Richtung dieses Fahrzeuges gezogen. Erreicht der Pflug das Fahrzeug, wird die Seilwinde an dem nächsten Streckenpunkt in Stellung gebracht und der Vorgang wiederholt. In der Startgrube wird das Pflugschwert auf die gewünschte Verlegetiefe abgesenkt. Je nach Rohrdurchmesser, bis OD 225 mm ist die Verlegung möglich, können mehrere Rohrleitungen gleichzeitig eingepflügt werden. In dem nachgeführten Verlegekasten werden die Rohrleitungen von oben in den Boden geführt. Das Rohr wird, ähnlich der offenen Verlegung, ins Erdreich gelegt. Das Erdreich schließt sich wieder hinter dem Pflugschwert durch das Eigengewicht, der Vorgang kann aber durch Maschineneinsatz beschleunigt werden.

Voraussetzung für solche Verlegebedingungen ist ein Rohrsystem, welches den hier auftretenden, erhöhten Belastungen gewachsen ist. Je nach Bodenverhältnissen kann es sein, dass die neu verlegte Rohrleitung oberflächig verkratzt wird (max. 10 % der Wanddicke sind zulässig). Außerdem können Steine über einen längeren Zeitraum die Außenwand des Rohres punkt– oder linienförmig belasten – zusätzlich zu den Betriebslasten wie Innendruck, Erd- oder Verkehrslasten. Punktlasten, ausgelöst durch z.B. Steine im Erdreich, können eine Schädigung der Rohrleitung hervorrufen. Um die angestrebte Mindestnutzungsdauer in der Realität auch zu erreichen, sollten Rohrleitungen aus einem Werkstoff mit nachgewiesen hoher Spannungsrissbeständigkeit eingesetzt werden.

Eine Variante des Pflugverfahrens, insbesondere für Rohrmaterialien, deren zulässige Biegeradien für den normalen Pflug zu groß sind, ist das Raketenpflugverfahren. Der Verfahrensablauf ist identisch, einzig das Einbringen der Rohrleitung erfolgt in Längsrichtung. Das bedeutet, der Rohrstrang wird zusammen mit dem Plugschwert über die gesamte Verlegelänge gezogen. Durch die deutlich höheren mechanischen Belastungen müssen die Rohrleitungen einen zusätzlichen Rohraußenschutz aufweisen. Dabei ist zu beachten, dass die zulässigen Zugkräfte der Rohrleitung und der Verbindung nicht überschritten werden. Die Länge des Rohrstranges wird durch die Zugkräfte begrenzt.

■ Fräsverfahren

Spezialgeräte fräsen einen schmalen Rohrgraben, in den im gleichen Arbeitsgang das flexible Rohr eingebracht wird. Den Bodenaushub verwendet man als Verfüllmaterial. Je nach Bodenverhältnissen kann es sein, dass die neu verlegte Rohrleitung oberflächig verkratzt wird (max. 10 % der Wanddicke sind zulässig). Außerdem können Steine über einen längeren Zeitraum die Außenwand des Rohres punkt- oder linienförmig belasten – zusätzlich zu den Betriebslasten wie Innendruck, Erd- oder Verkehrslasten – und somit Schäden verursachen.

Eine motorbetriebene Fräse öffnet einen schmalen Graben von bis zu 60 cm Breite und einer Tiefe von bis zu 2,5 m. In diesen Graben wird das Rohr eingebracht und nahezu zeitgleich erfolgt die Verfüllung des Rohrgrabens, in der Regel mit dem Aushubmaterial. Anders als bei dem Pflugverfahren können mit diesem Verfahren auch schwierige Böden bis zu Bodenklasse 7 bearbeitet werden. Die Verlegeleistung hängt maßgeblich von der vorherrschenden Bodenklasse ab, ist aber geringer als bei der Verlegung im Pflugverfahren.



Abb 2-5: Beim Fräsverfahren wird der Bodenaushub als Verfüllmaterial verwendet, daher empfiehlt sich der Einsatz von Rohrsystemen mit integrierten Schutzschichten.

Da bei diesem Verfahren in der Regel keine Verlegung der Rohrleitung in einem Sandbett entsprechend den Regeln der Technik erfolgt, sollten Rohrleitungen aus einem Werkstoff mit nachgewiesen hoher Spannungsrissbeständigkeit eingesetzt werden.

2.2.1.2 Grabenlose Verlegung

Der Vorteil der grabenlosen Verlegung liegt in der Schonung der Ressourcen, der Kosteneffizienz und der schnelleren Abwicklung der Baumaßnahmen im Vergleich zu offenen Verlegemethoden. Der Nachteil ist in der höheren Beanspruchung der eingesetzten Rohre zu suchen. Zu den in besonderem Maße den Rohrwerkstoff beanspruchenden Verlegeverfahren gehören u. a. das horizontale Spülbohren, das Berstlining und das Relining-Verfahren. Bei all diesen Verlegeverfahren lässt sich der Zustand des Mediumrohres während und nach der Verlegung nicht kontrollieren. Es besteht das Risiko, dass Steine, felsige Böden oder Altrohrscherben das zu verlegende Rohr beschädigen. Um dieses Risiko auszuschließen empfiehlt sich der Einsatz von Rohren mit einem zusätzlichen, äußeren Schutzmantel.

In den technischen Regeln des DVGW wird dieser Empfehlung entsprochen: In dem DVGW-Arbeitsblatt GW 321 „Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" heißt es: „In der Praxis hat sich als wirksamer Rohraußenschutz z. B. eine Polyolefinumhüllung bewährt, wobei davon ausgegangen wird, dass das Kernrohr nach dem Einzug riefenfrei ist". Das Merkblatt GW 323 „Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" empfiehlt ebenfalls eine zusätzliche Schutzumhüllung für Rohre aus PE-HD.

Der Schutzmantel nimmt sämtliche Kratzer und Riefen, die sowohl bei dem Transport als auch bei der Verlegung der Rohre entstehen können, auf. Nachträgliche Hausanschlüsse, Armaturen, Sattel, etc. können nach Entfernung der Mantelschicht auf die unbeschädigte Rohrwand aufgeschweißt werden. Eine nicht regelwerkskonforme Verschweißung auf verkratzten Rohroberflächen wird ausgeschlossen.

■ Bodenverdrängung/Erdrakete

Mittels einer Erdrakete werden im Allgemeinen Hausanschlussleitungen über wenige Meter durchs Erdreich „geschossen". Das anstehende Erdreich kann das Neurohr unzulässig tief verkratzen. Maximal 10% Ritztiefe der Rohrwand sind dabei zulässig. Weiterhin bewirken umliegende Steine Punktlasten.

Das Verlegeverfahren Bodenverdrängung mit Erdrakete kommt meist im Bereich der Hausanschlüsse zum Einsatz. Ein pneumatisch betriebener Hammer treibt einen Hohlraum auf, in den die neue Rohrleitung gebettet wird. Dazu muss das Erdreich ausreichend verdrängungsfähig sein. In lockeren und weichen Böden ist eine statische Unterstützung der Erdrakete notwendig, da keine ausreichende Reibung mit dem Erdreich für den eigenständigen Vortrieb aufgebaut wird. Die Ausgestaltung des Vortriebkanals ist daher in steinigen Böden durch die seitliche Verdrängung der Steine präziser, das seitliche Ausbrechen der Erdrakete erfolgt in geringem Maße. Die Peilung des Zieles erfolgt in der Startgrube.

Mit diesem Verfahren lassen sich Rohrleitungen bis OD 200 mm verlegen.

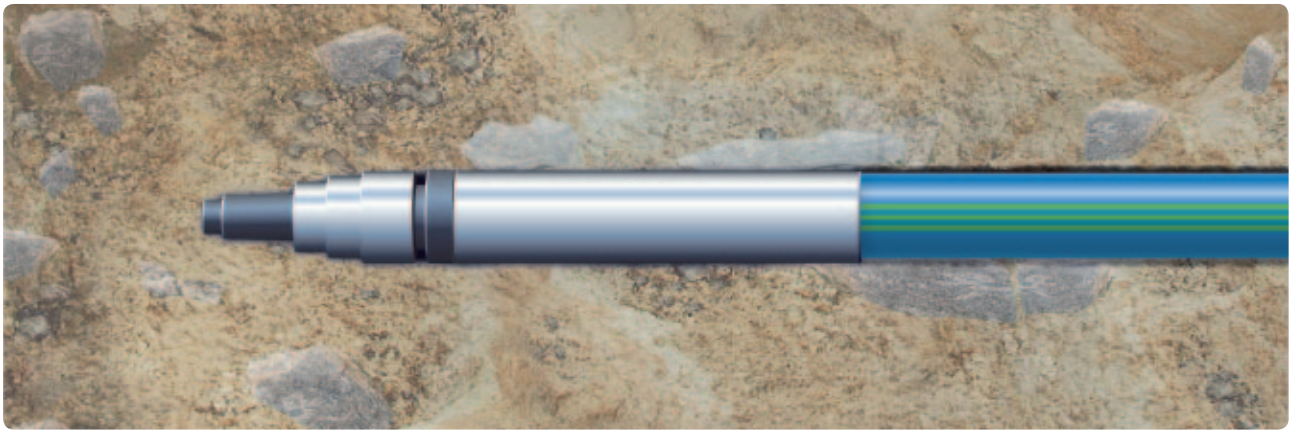


Abb 2-6: Bei der Verlegung mit einer Erdrakete kann die „eingeschossene" Leitung beschädigt werden, daher ist der Einsatz von Rohrleitungen mit additiven Schutzschichten erforderlich

Relining

Das Relining bietet sich für die Sanierung von defekten Rohrleitungen an. Je nach Zustand des Altrohres kommt es zu Kratzern und Kerben im Neurohr. Insbesondere V-Naht-geschweißte Stahlrohre bergen ein hohes Risiko.

Relining zählt zu den grabenlosen Renovierungsverfahren. Die Funktionsfähigkeit der vorhandenen Leitungen wird unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung der ursprünglichen Substanz und unter Nutzung der bestehenden Leitungstrasse wiederhergestellt. Eingesetzt werden industriell vorgefertigte und geprüfte Kunststoffrohre, die mit oder ohne Ringraum in das Altrohr eingezogen bzw. eingeschoben werden. Beim Rohrstrangrelining wird die gesamte Haltungslänge außerhalb der Einziehgrube vorgestreckt, beim Langrohrrelining werden die Rohre beim Einzug in der Einziehgrube miteinander verbunden.

Je nach Altrohrzustand muss das Neurohr neben der abdichtenden Funktion auch statische Aufgaben übernehmen. Mit dem Relining geht eine Querschnittsreduzierung einher, die oft aus Gründen der Kapazitätsanpassung, z.B. durch Wegzug von Industrie, Gewerbe und Bevölkerung, auch gewünscht ist. Die neuen Kunststoffrohre haben strömungstechnisch vergleichsweise geringe Widerstandswerte. Sie bewirken, wie die Praxis zeigt, trotz der Querschnittsverringerung oft eine Erhöhung des Durchsatzes gegenüber den sanierungsbedürftigen Altrohren.

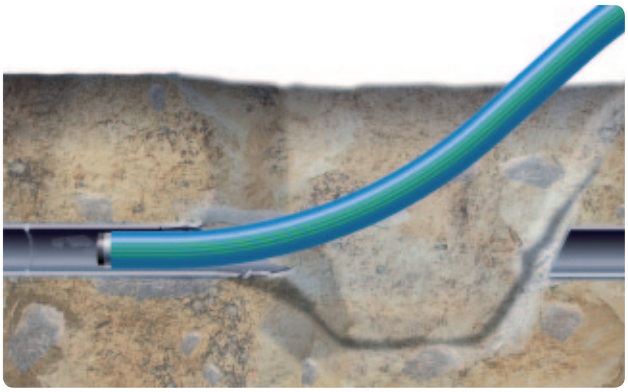


Abb 2-7: Beim Relining-Verfahren kann die neue Leitung beschädigt werden, daher ist der Einsatz von Rohrleitungen mit additiven Schutzschichten erforderlich

Relining mit Ringraum

Der Ringraum zwischen Alt- und PE-Rohrleitung wird nach Abschluss der Baumaßnahme verdämmt. Führungen und Distanzhalter fixieren und sichern die Rohrleitung in der gewünschten Position. Eine Ballastierung mit Wasser wirkt unterstützend. Beim Verdämmen ist die Beuldruckfestigkeit der Rohrleitung zu beachten, um eine Querschnittsverformung zu unterbinden. Ein Drainageeffekt durch zufließendes Grundwasser wird durch eine Verdämmung verhindert. Altrohrleitungen enthalten sehr oft Armaturen, Schweißgutrückstände und/oder raue Schweißnahtoberflächen, die zu Oberflächenschädigungen beim Einzug des Neurohres führen können.

Relining ohne Ringraum

Ist ein Ringraum nicht gewünscht oder kann die notwendige Kapazität nur mit vollem Durchgang erreicht werden, bietet sich das Relining ohne Ringraum an. Hierfür stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung:

PE-Reduktionsverfahren

Das PE-Rohr wird in seinem Außendurchmesser so gewählt, dass es gerade eben nicht in die Altrohrleitung passt. Zieht man das Rohr nun durch ein Gesenk und nutzt die viskoelastischen Eigenschaften von PE derart, dass der Außendurchmesser reversibel reduziert wird, kann das Sanierungsrohr in das Altrohr eingezogen werden. Das Sanierungsrohr bleibt während des Einzugs ständig unter Spannung, vergleichbar mit einem lang gezogenen Gummiband. Wird die Spannung von dem Rohr, nach erfolgtem Einzug, genommen, legt es sich „close fit“ an die Rohrwand des Altrohres an. Der Ringspalt wird geschlossen.

Close-Fit-Lining

Beim Close-Fit-Lining mit PE-Rohren werden Rohrleitungen effizient, dauerhaft und zugleich umweltschonend mit einem werkseitig gefertigten PE-Rohr erneuert. Das neue Rohr wird dafür bei der Produktion speziell thermomechanisch verformt bzw. gefaltet. Je nach Nennweite können durch den verringerten Querschnitt des Neurohres mehrere hundert Meter in einem Arbeitsgang installiert werden. Unter Zuleitung von Dampf und Druck bildet sich das neue Rohr in seine ursprünglich runde Form zurück und passt sich dabei als statisch eigenständiges Rohr an die Altrohrleitung an.

Im Vorfeld der Erneuerung wird die Altrohrleitung getrennt. Nach einer TV-Untersuchung werden Ablagerungen und Hindernisse sorgsam entfernt. Bei Bedarf wird ein Provisorium zur Versorgung der Abnehmer während der Bauzeit installiert. Danach wird der Close-Fit-Liner mittels Motorseilwinden in die zu sanierende Leitung eingezogen. Anschließend wird der Liner unter Heißdampf erwärmt. Dabei wird der „Memory-Effekt" aktiviert. Durch die Zufuhr von Dampf und Druck spannt sich das Close-Fit-Rohr in seine eigentlich runde Form auf und schmiegt sich beim Entfalten passgenau an die Wandung des Altrohres an. Sicher durch die Heizwendel-Muffenschweißung verbunden, wird die sanierte Druckrohrleitung wieder ins bestehende Netz eingebunden.

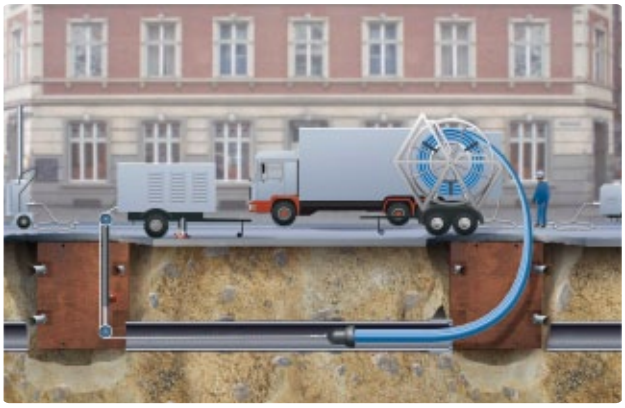


Abb 2-8: Close-Fit-Lining

Überall dort wo kein oder nur wenig Platz ist, sind Sanierungsverfahren wie das Close-Fit-Lining geeignet. Es erlaubt die Sanierung von Altrohrleitungen mit geringer Querschnittsreduzierung und hat aufgrund kleiner Baugruben nur geringen Platzbedarf. Der Verkehr kann daher nahezu ungehindert weiter fließen und die Umwelt wird nur gering beeinflusst. Durch das wirtschaftliche Close-Fit-Lining werden kurze Sanierungszeiten erreicht und die Kosten für Tiefbauarbeiten minimiert.

■ HDD – Horizontales Spülbohrverfahren

Das Horizontal-Spülbohrverfahren (HDD) ist ein steuerbares Nassbohrverfahren. Beim HDD kann der Verlauf der Rohrleitung durch die Steuerung der Bohrung entsprechend der Planung bestimmt werden. Je nach Beschaffenheit des Erdreichs und Bohrungsradius gefährden Kratzer und Kerben sowie Punktlasten durch Steine das neu eingezogene Rohr.

Das Horizontal-Spülbohrverfahren wird zum Beispiel bei Längsverlegungen, Dükerungen und Gebäudeunterquerungen, bei Drainage- und Bewässerungsaufgaben, für die Kabelverlegung in der Verkehrsleittechnik und bei Hang- und Dammsicherungsmaßnahmen eingesetzt.

Die Steuerung der Bohrung erfolgt durch Drehen des abgewinkelten Pilotbohrkopfes in dem Bohrloch. Eine Bohrsuspension strömt mit hohem Druck aus dem Bohrkopf, lockert das Erdreich sowie Steine und fördert das Bohrklein aus dem Bohrloch. Die Bohrsuspension wird auf den jeweiligen Untergrund abgestimmt und kann neben Bentonit, einem Tonmineral, weitere Zusätze enthalten, die z.B. eine zusätzliche Stützwirkung auf den Bohrkanal haben.

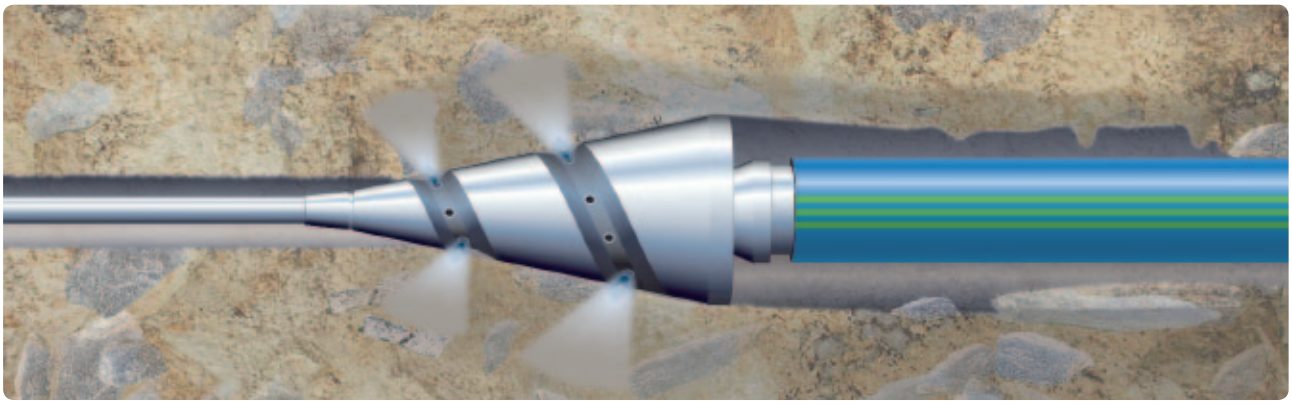


Abb 2-9: Bei der Verlegung im HDD-Verfahren kann die Leitung beschädigt werden, daher ist der Einsatz von Rohrleitungen mit additiven Schutzschichten erforderlich

Je nach gewünschtem Rohrdurchmesser sind nach der Pilotbohrung mehrere Aufweitbohrungen nötig, um den Bohrkanal für das Einspülen der medienführenden Leitung vorzubereiten. Ein Schlagwerk, das in steinigen Böden bis Bodenklasse 5, teilweise auch Bodenklasse 6, zugeschaltet werden kann, erleichtert nicht nur den Vortrieb, sondern auch den Steuervorgang. Bei Bohrungen in Fels wird ein Bohrlochmotor mit Rollenmeißeln vorgeschaltet.

Während des Einziehvorgangs dürfen die Rohre nicht über die zulässigen Zugkräfte hinaus beansprucht werden. Nach DVGW-Arbeitsblatt GW 321 bzw. auf Verlangen des Auftraggebers sind deshalb die direkt auf das Medienrohr einwirkenden Zugkräfte zu messen und zu protokollieren. Die Messung erfolgt mit einer Zugkraftmesseinrichtung, die vor dem einzuziehenden Rohr montiert ist.

Nach DVGW Arbeitsblatt GW 321 „Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" müssen die Rohrleitungen für die Erneuerung in Trinkwassernetzen mindestens der Druckstufe 10 bar entsprechen. Aufgrund der bei diesem Verlegeverfahren entstehenden mechanischen Belastungen sollten insbesondere bei kleinen Rohrdurchmessern jedoch nur Rohrleitungen der Reihe SDR 11 verwendet werden.
Die Nutzungsdauer der neu verlegten Rohrleitung ist vom Grad der Unversehrtheit abhängig. Beschädigungen von bis zu 10 % der Rohrwanddicke werden vom Werkstoff toleriert, darüber hinaus gehende Kratzer und Riefen verringern die Nutzungsdauer der Versorgungsleitung. Aus diesem Grund wird auch in dem DVGW-Arbeitsblatt GW 321 der Einsatz von Schutzmantelrohren empfohlen.



Abb 2-10: Dynamisches Berstlining (Pipe Cracking)



Abb 2-11: Statisches Berstlining

Berstlining

Beim Berstlining wird ein Berst- und Aufweitkörper durch das Altrohr gezogen, die Rohrscherben in das Erdreich verdrängt und gleichzeitig ein industriell vorgefertigtes Rohr mit gleichem oder größerem Durchmesser eingezogen. Der umliegende Boden muss verdrängbar, die Lage und der Zustand parallel verlaufender Leitungen bekannt sein. Es gibt dynamisch und statisch arbeitende Systeme, die nahezu alle Rohrmaterialien, auch bewehrte Betonrohre, aufbrechen können. Abhängig von Werkstoff und Zustand des Altrohres kann es zu Kratzern und Kerben im Neurohr kommen. Scherben und Steine rufen während des Betriebes Punktlasten hervor.

Die Energieeinleitung für das Bersten der Rohre erfolgt beim dynamischen Verfahren schlagend durch modifizierte Erdraketen oder Rammen. Der Berst- und Aufweitkörper wird mittels Seil und Winde im Rohr stabilisierend geführt. Dynamische Verfahren eignen sich besonders für den Einsatz in verdichteten oder steinigen Böden und für spröde brechende Altrohre aus Grauguss, Steinzeug oder Beton.

Die hydraulisch erzeugte Berstkraft wird über ein Gestänge auf den Berst- und Aufweitkörper übertragen.

Das statische Berstlining wird zum Bersten von Altrohren aus spröden und duktilen Werkstoffen eingesetzt; letztere werden mit einem speziellen Rollenmesser in der Rohrsohle geschnitten. Eine nachfolgende Aufweitung verdrängt das Altrohr und kalibriert den Berstkanal für den Einziehvorgang.

Durch den Berst- und Einziehvorgang wird das Neurohr stark beansprucht. Altrohrscherben bewirken Kratzer und Riefen, Steine rufen Punktbelastungen in der Endlage hervor.

Aus diesem Grund wird im DVGW-Regelwerk GW 323 (M) der Einsatz von Schutzmantelrohren empfohlen. Im Übrigen gelten auch hier die Anforderungen hinsichtlich maximaler Beschädigungstiefe und Einhaltung der zulässigen Zugspannungen wie bei den übrigen grabenlosen Verlegeverfahren.

2.2.1.3 Wirtschaftliche Betrachtungsperspektiven

Die Auswahl von Rohrwerkstoffen und -systemen im Tiefbau hat extrem langfristige, insbesondere aber auch wirtschaftliche Auswirkungen. Einmal verbaut und ausgelegt für mehrere Generationen, ist ein nachträglicher Zugriff auf die Rohrleitungen kaum noch möglich.

- Wertvolle versiegelte Oberflächen entstehen
- Bei späteren Schäden entstehen enorme Kosten
- Umleitung von Verkehren oder Sperrung von Strassen ist bei der heutigen Verkehrsdichte kaum noch durchsetzbar

Wirtschaftlichkeit meint ein günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis unter Berücksichtigung von Nutzungsdauer, Betriebs- und Instandhaltungskosten. Externe Kosten wie Verkehrsbehinderungen, Lärm und CO_2-Emissionen fehlen heute in der Regel noch in den Kostenvergleichs- bzw. Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Entscheider. Diese Kosten müssen heute von der Gesellschaft getragen werden.

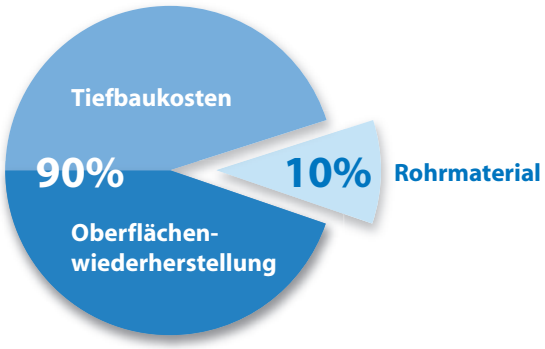


Abb 2-12: Tiefbaukosten bis zu 90 %, davon bis zu 50 % Oberflächenwiederherstellung. Rohrmaterial: ca. 10 %

Durch die Kostenrelationen im Tiefbau werden die alternativen, grabenlosen Verlegetechniken zusätzlich wirtschaftlich interessant. Der Rohrpreis macht selten mehr als 15 % aus, die Gesamtkosten werden zu 85 % oder mehr durch Tiefbau bzw. Oberflächen-Wiederherstellung bestimmt. Durch Nutzung grabenloser Verlegetechniken eröffnen sich erhebliche Kostensenkungspotentiale.

Die Kalkulation von Tiefbaumaßnahmen, ob geschlossene oder offene Bauweise, basiert in vielen Fällen auf dem Erfahrungsschatz des jeweiligen Kalkulators, auf über Mitarbeitergenerationen vererbten Kalkulationsgrundlagen und häufig auch auf der Grundlage grober Schätzungen. Daraus resultieren in vielen Fällen dann auch die Wahl des Verlegeverfahrens und die Bauausführung. egeplast bietet mit dem webkalkulator24 ein Hilfsmittel, mit dem online verschiedene Verlegeverfahren vergleichend berechnet werden können und das dem Anwender u. a. auch die Möglichkeit bietet, die Kosten für eine Stumpfschweißverbindung baustellenseitig differenzierter zu betrachten. Dies ist insbesondere für größere Außendurchmesser von Interesse, da die Stillstandzeiten durch den Einsatz einer zweiten oder dritten Schweißmaschine reduziert werden können und sich dadurch eine erhebliche Kosteneinsparung erzielen lässt.



Abb 2-13



Abb 2-14

Der webkalkulator24 (www.webkalkulator24.de) bietet den unterschiedlichen Nutzergruppen verschiedene Ansätze, sich der Thematik zu nähern:

- Vergleich verschiedener Verlegeverfahren
- Vergleich verschiedener Rohrsysteme
- Überschlägige Ermittlung von Angebotspreisen
- Einfache Anpassung auf spezifische Baustellengegebenheiten

Die Basis-Version arbeitet mit fest vorgegeben Eingabewerten, für die Berechnungsroutinen mit praxisnahen Leistungsbeschreibungen hinterlegt sind. Die Premium-Version lässt durch die Eingabe individueller Werte und Preise eine tiefergehende Betrachtung der Projekte zu.

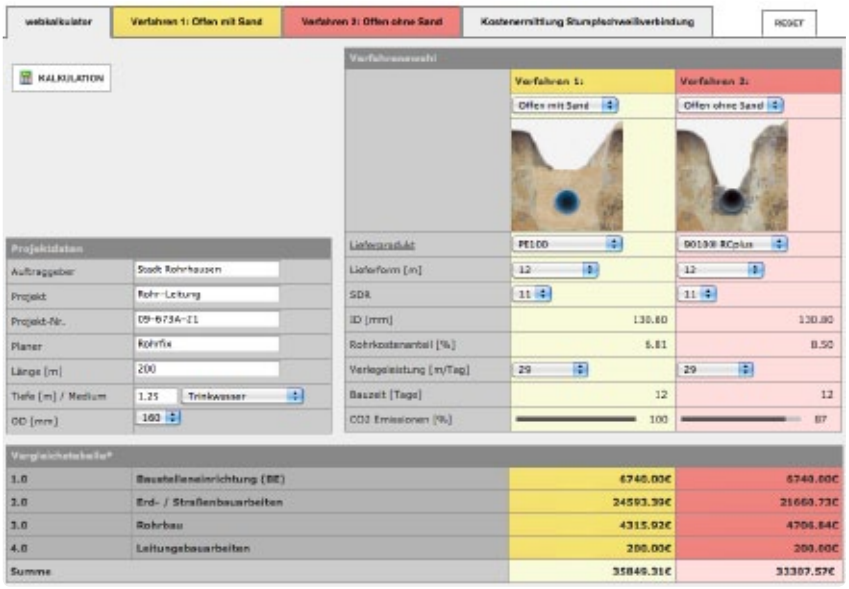


Abb 2-15: Start- und Ergebnisseite webkalkulator24

In wenigen Schritten lassen sich die Verfahren untereinander kostenmäßig vergleichen. Mit den ermittelten Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse auf das jeweils kostengünstigste Verfahren ziehen. In der Ergebnisdarstellung ist erkennbar, wie sich die Kosten auf die einzelnen Leistungspositionen verteilen. Für die vergleichende Berechnung von Leitungsbauarbeiten sind verschiedene Verlege- und Erneuerungsverfahren gelistet. Den Verfahren sind unterschiedliche Bereiche zugeordnet worden:

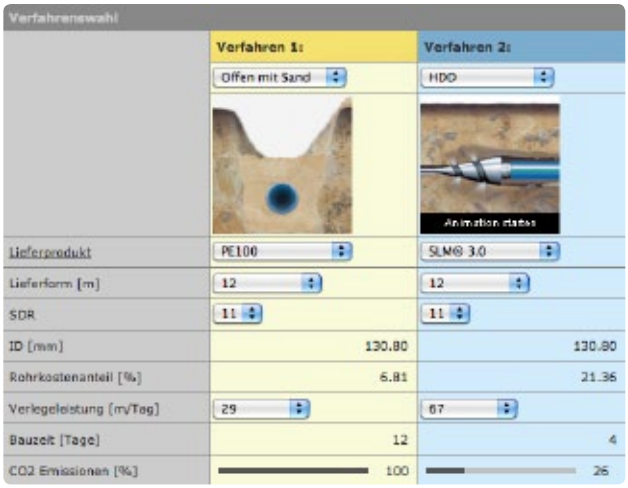


Abb 2-16

Innerörtlicher Bereich:
Offene Verlegung mit Sandbettung
Offene Verlegung ohne Sandbettung
Verlegung im Spülbohrverfahren

Langstreckenbereich:
Verlegung mit Pflug
Verlegung mit Grabenfräse

Erneuerungsbereich:
Renovierung mit Relingverfahren
Erneuerung mit Berstliningverfahren

Die Kosten für eine Stumpfschweißverbindung werden im Wesentlichen durch die Abkühlzeit bestimmt. Ein Hebel zur Produktivitätssteigerung ist der Einsatz von mehreren Schweißmaschinen. Gerade für Großrohrprojekte bedeutet dies eine deutliche Steigerung der Produktivität und damit eine Verringerung der Gesamtkosten des Projektes.

Die Kostenermittlung und -optimierung einer Stumpfschweißverbindung kann im webkalkulator24 ebenfalls durchgeführt werden. Basierend auf den bereits durchgeführten Berechnungen kann eine Abschätzung der an einem Arbeitstag möglichen Anzahl von Schweißverbindungen durchgeführt werden, anschließend können die Ergebnisse durch Anpassung der Lohnkosten und Arbeitszeiten oder auch durch die Anzahl der Schweißer und Maschinen optimiert werden.

Die optimierten Kosten werden abschließend in die Gesamtberechnungen übernommen.

2.2.1.4 Ökologische Betrachtungsperspektiven

Die grabenlose Verlegung oder Erneuerung von Rohrleitungen für die Ver- und Entsorgung sowie für die Telekommunikation ist mittlerweile weit verbreitet. Die positiven Aspekte für Bevölkerung, Infrastruktur, Umwelt und Natur stehen außer Frage, sind jedoch nicht jeder planenden oder ausschreibenden Stelle bewusst. Häufig werden grabenlose Verlege- und Erneuerungsverfahren von Netzbetreibern und Planern schon im Vorfeld der Planungen aufgrund vermeintlich hoher Projektkosten ausgeschlossen. Gleiches gilt für die Fragestellung, ob herkömmlich mit Sandbettung in der offenen Verlegung gebaut wird, oder spannungsrissbeständige (slow crack resistant) Rohrmaterialien zum Einsatz kommen, die eine Kosteneinsparung in der Verlegung ermöglichen.

Ein Grund für das Wandeln in alten Pfaden ist oft der langjährige Erfahrungsschatz in der konventionellen Bauweise, d.h. Verlegung im offenen Graben. Die Vorteile einer geschlossenen Verlegung oder Erneuerung werden nicht erkannt, da Kenntnisse über die Vorgehensweise oder auch die zu erwartenden Kosten fehlen.

Auch die Auswirkungen der sogenannten soft facts mit ihren indirekten Kosten werden zukünftig zwangsläufig immer mehr in die Entscheidungsfindung eingehen. In städtischen Gebieten führt die offene Bauweise mit Straßensperrungen und Umleitungen zu Staus und Behinderungen, die vom Bürger und den Gewerbetreibenden zunehmend nicht mehr akzeptiert werden. Die Bauzeiten sind ein direktes Maß für die mögliche Dauer und Intensität der Beeinträchtigungen und auch Kosten für die betroffene Bevölkerung bzw. von Gewerbe und Industrie.

Hinzu kommt, dass mit den geschlossenen Bauweisen nicht nur die direkten sondern auch die indirekten Kosten während und vor allem nach der Bauzeit von Bedeutung sind. Gerade die Folgekosten, die durch eine offene Bauweise auftreten können, kommen später sehr oft als direkte Kosten z.B. in Form von Nachbesserungen an Oberflächen oder Behebung von Vegetationsschäden auf den Betreiber von Leitungsnetzen zu.

Die ökonomischen Kosten müssen bei einer gesamtheitlichen Betrachtung von Baumaßnahmen um die ökologischen Kosten, häufig auch soft facts genannt, erweitert werden.

Unter soft facts können alle Vorgänge bei den Verlegeverfahren erfasst werden, deren Auswirkungen sich bautechnisch, umweltspezifisch aber auch betriebs- und volkswirtschaftlich auswirken können. Es entstehen indirekte Kosten, die sich während und oft auch noch lange nach Fertigstellung der Baumaßnahme ergeben. Die Kostentragung liegt dann meist beim (öffentlichen) Auftraggeber bzw. beim Steuerzahler. Weiterhin gehören umweltrelevante Auswirkungen wie Emissionen oder die Schonung von Ressourcen sowie die (vermeidbaren) Beeinträchtigungen von Bevölkerung und Infrastruktur dazu. Weiterführende Informationen für die jeweilige Einschätzung der Verfahren für Neuverlegung und Sanierung können in den GSTT-Infoschriften Nr. 1 und Nr. 11 nachgelesen werden.

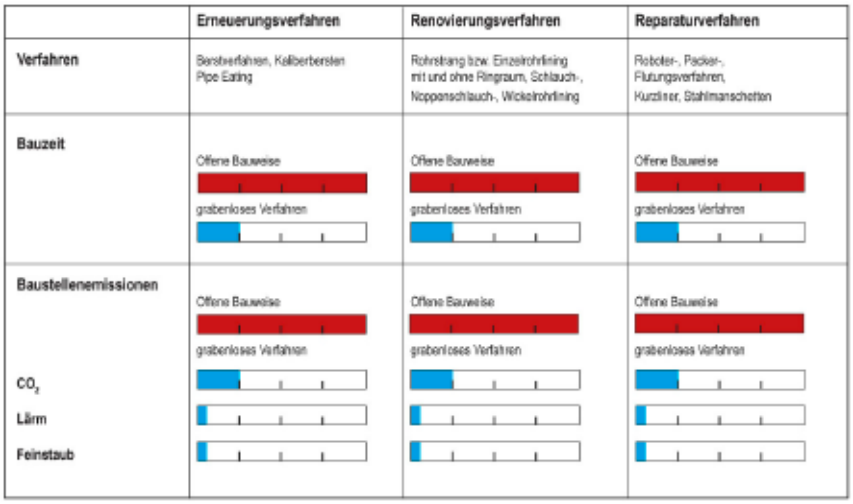


Abb 2-17

Auszug aus GSTT Info Nr.11

Rohrleitungen aus Polyolefinen sind hervorragend für grabenlose Verlegetechniken geeignet. Die Anwendung grabenloser Techniken zeichnet sich während der Bauphase durch eine exzellente CO_2-Bilanz und eine geringe Lärm- und Feinstaubbelastung aus.

2.2.2 Anforderungen und Versagensrisiken

Unterirdische Infrastrukturen werden mit großem Tiefbauaufwand erstellt. Daher ist es Ziel eines jeden Betreibers, eine neue Rohrleitung möglichst lange schadensfrei betreiben zu können. Rohre aus Polyethylen bieten bei sachgemäßer Verlegung eine Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren. Werden sie hingegen bei der Verlegung beschädigt, so kann diese Nutzungsdauer zum Teil erheblich verkürzt werden.

2.2.2.1 Versagensrisiko Kratzer und Riefen

Ursache hierfür können Beschädigungen oder Schwächungen der Rohrwand beim Einzug sein (s. Abb 2-18). Da die genormte Wanddicke genau – allerdings um den Sicherheitsfaktor erweitert – auf den Betriebsdruck abgestimmt ist, bedeutet jede Schwächung die Reduzierung des ingenieurtechnischen Sicherheitsfaktors und damit die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit des Risikoereignisses oder bei deutlicher Beschädigung sogar eine direkte Reduzierung der Druckfestigkeit der neuen Rohrleitung und somit eine Verkürzung der Nutzungsdauer.

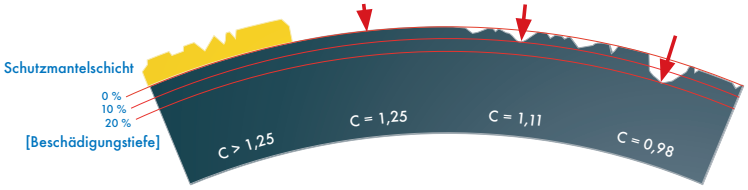


Abb 2-18:
Betrachtung des Sicherheitsfaktors C in Abhängigkeit zur Riefentiefe

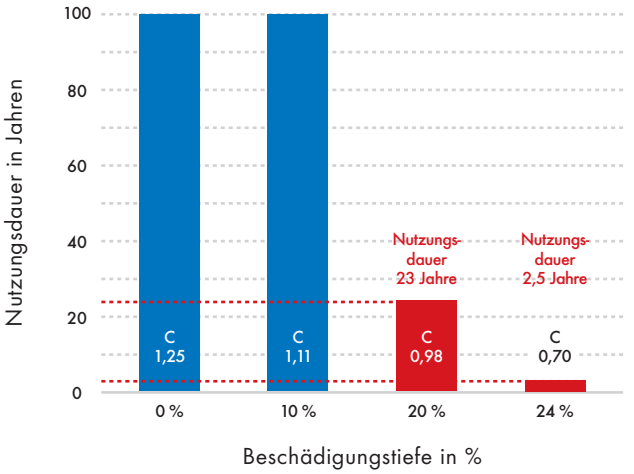


Abb 2-19:
Diagramm Nutzungsdauer in Abhängigkeit von der Beschädigungstiefe

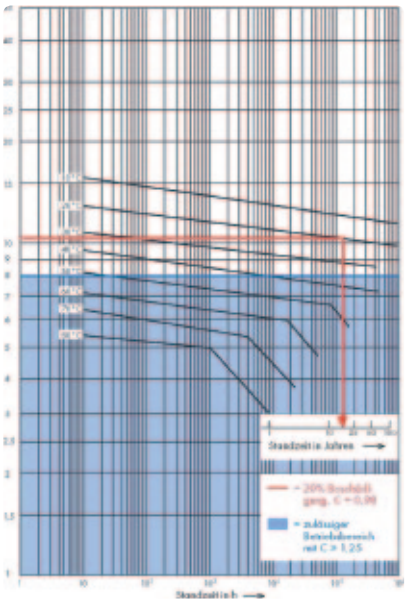


Abb 2-20: Standzeit in Stunden einer unbeschädigten und einer um 20 % geschwächten Rohrleitung aus PE 100-RC

Eine Beschädigungstiefe von 10 % der Rohrwand ist gemäß den Regelwerken zulässig, denn trotz der Verringerung des Sicherheitsfaktors ist eine Verkürzung der Nutzungsdauer der Rohrleitung nicht zu erwarten. Gefährlich allerdings ist eine tiefer gehende Schwächung der Rohrwand.

Vergleichsrechnung unbeschädigter zu beschädigter Rohrwand:
Abmessung: 110 x 10,0 mm, SDR 11
Trinkwasserleitung PE 100-RC, zulässiger Betriebsdruck 16 bar:

Bei einer Beschädigungstiefe von 20 % reduziert sich an dieser Stelle die Wanddicke auf 8,0 mm, dadurch erhöht sich die Prüfspannung örtlich auf 10,20 N/mm². Zur Vereinfachung der Rechnung wird die Kerbgeometrie und die Auswirkungen auf das Bauteil hier nicht berücksichtigt. Die Auswirkung auf die Nutzungsdauer lässt sich in den Referenzkennlinien der Zeitstand-Innendruckfestigkeit (Mindestkurven nach DIN 8075) von Rohren aus PE 100 ablesen. Es verbleibt eine Restnutzungsdauer von nur 23 Jahren. Diese Betrachtung anhand des flachen, also duktilen Astes der Zeitstandkurve gilt nur für die spannungsrissbeständigen PE 100-RC Werkstoffe gemäß PAS 1075. Bei kerbempfindlicheren Standardqualitäten des PE 100 ist bei einer solchen Kerbtiefe ein noch früheres Versagen durch Sprödbrüche zu befürchten.

2.2.2.2 Versagensrisiko Punktlasten

Ein weiterer Risikofaktor im Betrieb einer nicht im Sand gebetteten PE-Rohrleitung sind auftretende Punktlasten. Diese werden z. Bsp. durch aufliegende Steine, die auf die Rohrwand drücken, verursacht. Bei schlechter bzw. nicht ausreichender Werkstoffqualität kann es auch hierdurch zu vorzeitigen Schäden durch Spannungsrisse in der Rohrwand kommen (siehe Abb 2-21).

Entscheidend für die Lebenserwartung der Rohre unter extremen Einsatzbedingungen ist der Widerstand des Rohrwerkstoffes gegenüber von Punktlasten verursachten Spannungsrissen, um die normative Nutzungsdauer von 100 Jahren trotz erhöhter Anforderungen zu erreichen.



Abb 2-21: Spannungsriss auf der Rohrinnenseite durch Punktlast bei falscher Werkstoffauswahl (Quelle: HESSEL Ingenieurtechnik)

2.2.3 Rohrmaterialauswahl

Entscheidend für die Materialauswahl ist das gewählte Verlegeverfahren und dementsprechend das Beschädigungsrisiko der eingesetzen Rohrsysteme.

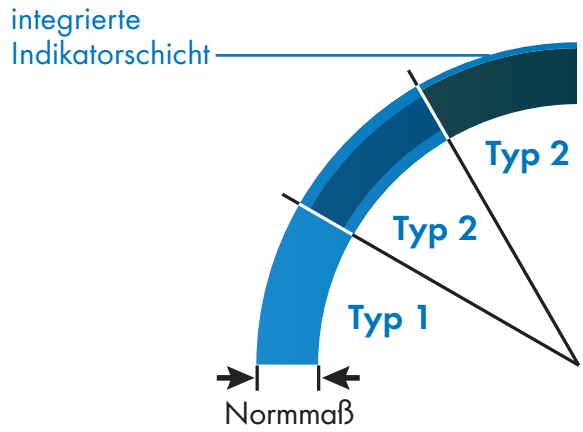


Abb 2-22: Rohre mit maßlich integrierten Schutzschichten gemäß DIN 8074/ISO 4065 aus PE 100-RC nach PAS 1075 Typ 1 und 2

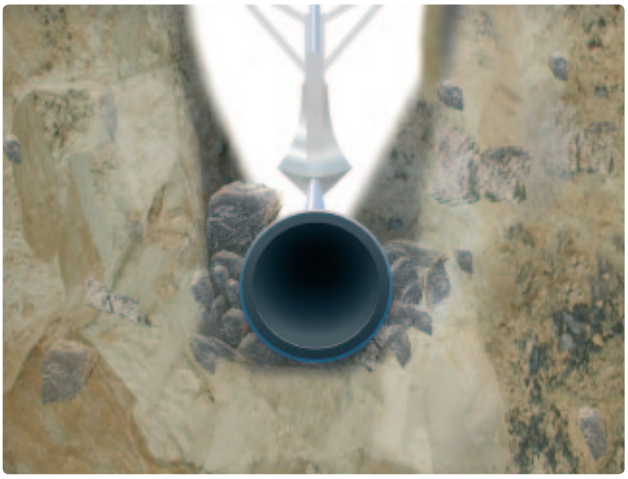


Abb 2-23: Offene Verlegung ohne Sandbett

Bei den **Verlegetechniken in offener Bauweise** ohne Sandbettung sind auftretende Punktlasten durch Steine oder Scherben, die auf die Rohrwand drücken, zu erwarten. Der Einsatz von Polyethylenrohren aus RC-Werkstoffen mit integrierten Schutzschichten und höchstem Widerstand gegen langsame Rissfortpflanzung ist für diese Art der Verlegung unumgänglich. Die Rohre sollten der PAS 1075 Typ 1 oder 2 entsprechen. Über einen Kerbschutz verfügt diese Rohrkonstruktion nicht.

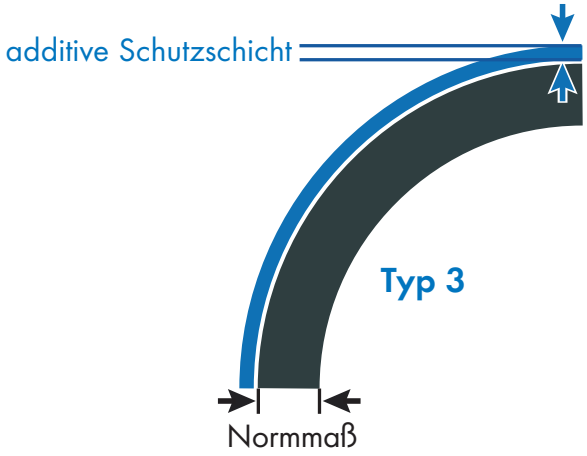


Abb 2-24: Rohre mit Abmessungen gemäß DIN 8074/ISO 4065 aus PE 100-RC nach PAS 1075 Typ 3 (mit additiver Schutzschicht)



Abb 2-25: Black-Box-Verfahren / geschlossene Bauweise

Grabenlose Verlegetechniken beanspruchen die einzubauenden Rohre in besonderem Maße. Bei der Neuverlegung oder der Sanierung von Altrohren sind Riefen und Kerben im Rohr nicht zu vermeiden. Rohre mit additiver Schutzschicht sind daher für Black-Box-Verfahren erforderlich, um einen schadensfreien Betrieb der Leitung zu gewährleisten. Schutzmantelrohrsysteme entsprechen der PAS 1075 Typ 3.

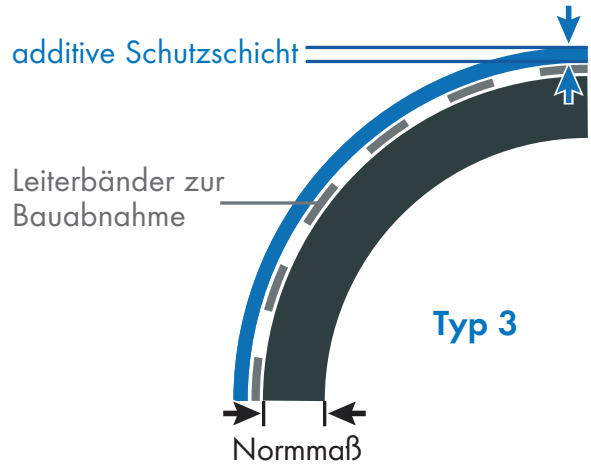


Abb 2-26: Rohre mit Abmessungen gemäß DIN 8074/ISO 4065 aus PE 100-RC nach PAS 1075 Typ 3 (mit additiver Schutzschicht und Qualitätsnachweis)

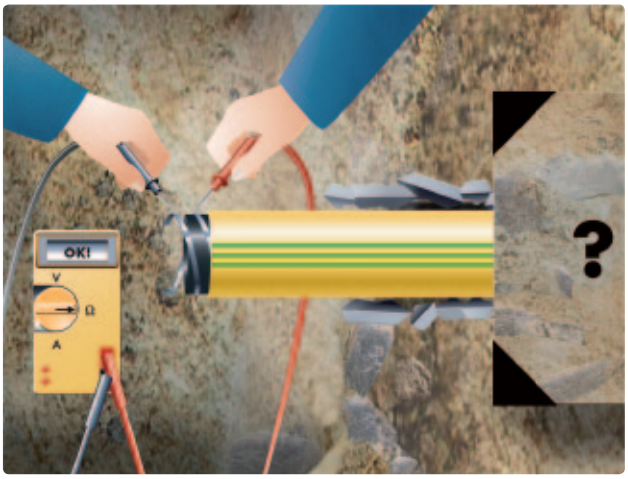


Abb 2-27: Durchgangsprüfung als Nachweis der Nichtbeschädigung der neuen Rohrleitung

In den Regelwerken für grabenlose Verlegeverfahren wird eine lückenlose Dokumentation aller relevanten Prozesse der Baumaßnahme gefordert. Die gültigen Regelwerke des DVGW empfehlen hierfür eine intensive Wareneingangskontrolle der Rohrleitung und Rohrleitungsteile vor der offenen und grabenlosen Verlegung. Insbesondere bei grabenloser Verlegung wird empfohlen, die freiliegenden Teile des neu verlegten Rohrleitungsabschnittes visuell auf unzulässige Beschädigung hin, vor der Druckprobe, zu überprüfen. Dabei bleiben die nicht sichtbaren Rohrleitungsteile (Black-Box) ungeprüft, ein Nachweis der Nichtbeschädigung ist so nicht möglich. Rohre mit integrierten Leiterbändern bieten die Möglichkeit des Qualitätsnachweises und schließen diese Überprüfungslücke.

Bei Einsatz von Rohrsystemen mit Qualitätsnachweis dient die Protokollierung der Durchgangsprüfung als Nachweis der Nichtbeschädigung der neu eingebrachten Leitung.

2.3 Rohrleitungsplanung

2.3.1 Rohrreihen im Überblick

Durch die Neufestlegung der Sicherheitskoeffizienten und Einteilungen der PE-HD-Typen in verschiedene MRS-Klassen (Minimum Required Strength = erforderliche Mindestfestigkeit) ergeben sich bei gleichen Außendurchmesser-Wanddickenverhältnissen unterschiedliche zulässige Betriebsüberdrücke.

Als Verhältnis des Außendurchmessers zur Wanddicke werden SDR-Kennzeichnungen benutzt (SDR = Standard Dimension Ratio).

Druckloser Bereich							Druckrohre					
SDR		33		26		17,6		17		11		7,4
PE 80 SF= 2,0	PN	2,5		3,2		4,8	2,0[1]	5,0	2,0[1]	8,0	5,0[1]	12,3
PE 80 SF= 1,6	PN	3,1		4,0		6,0		6,2		10,0		15,3
PE 80 SF= 1,25	PN	4,0		5,0		7,5		8,0		12,5		20,0
PE 100 SF= 2,0	PN	3,1		4,0		6,0		6,2	5,0[1]	10,0	10,0[1]	15,3
PE 100 SF= 1,6	PN	3,9		5,0		7,5		7,8		12,5		19,2
PE 100 SF= 1,25	PN	5,0		6,3		9,6		10,0		16,0		25,0
OD (mm)		s (mm)	Liefer-form	s (mm)	Liefer-form	s (mm)	Liefer-form	s (mm)	Liefer-form	s (mm)	Liefer-form	s (mm)	Liefer-form
16										3,0	S/R	2,3	S/R
20										2,0 3,0	S/R	3,0	S/R
25								1,8	S/R	2,3 3,0	S/R	3,5	S/R
32						2,0 2,3	S/R	2,0	S/R	3,0 3,0	S/R	4,4	S/R
40						2,3	S/R	2,4	S/R	3,7	S/R	5,5	S/R
50				2,0	S	2,9	S/R	3,0	S/R	4,6	S/R	6,9	S/R
63				2,5	S	3,6	S/R	3,8	S/R	5,8	S/R	8,6	S/R
75				2,9	S	4,3	S/R	4,5	S/R	6,8	S/R	10,3	S/R
90				3,5	S	5,1	S/R	5,4	S/R	8,2	S/R	12,3	S/R
110				4,2	S	6,3	S/R	6,6	S/R	10,0	S/R	15,1	S/R
125				4,8	S	7,1	S/R*	7,4	S/R*	11,4	S/R	17,1	S/R
140				5,4	S	8,0	S/R*	8,3	S/R*	12,7	S/R	19,2	S/R
160				6,2	S	9,1	S/R*	9,5	S/R*	14,6	S/R	21,9	S/R
180				6,9	S	10,2	S	10,7	S	16,4	S/R*	24,6	S/R*
200				7,7	S	11,4	S	11,9	S	18,2	S	27,4	S
225				8,6	S	12,8	S	13,4	S	20,5	S	30,8	S
250				9,6	S	14,2	S	14,8	S	22,7	S	34,2	S
280				10,7	S	15,9	S	16,6	S	25,4	S	38,3	S
315		9,7	S	12,1	S	17,9	S	18,7	S	28,6	S	43,1	S
355		10,9	S	13,6	S	20,1	S	21,1	S	32,2	S	48,5	S
400		12,3	S	15,3	S	22,7	S	23,7	S	36,3	S	54,7	S
450		13,8	S	17,2	S	25,5	S	26,7	S	40,9	S	61,5	S
500		15,3	S	19,1	S	28,4	S	29,7	S	45,4	S	68,3	S
560		17,2	S	21,4	S	31,7	S	33,2	S	50,8	S		
630		19,3	S	24,1	S	35,7	S	37,4	S	57,2	S		
710		21,8	S	27,2	S	40,2	S	42,1	S	64,5	S		
800		24,5	S	30,6	S	45,3	S	47,4	S				
900		27,6	S	34,4	S	51,0	S	53,3	S				
1000		30,6	S	38,2	S	56,6	S	59,3	S				
1200		36,7	S	45,9	S	68,0	S						

[1] = Betriebsdrücke Gas nach DVGW

*mit Sondertransport als Ringbund möglich

Trommeln auf Anfrage

R=Ringbunde

S=Stangen

Tab 2-1: Quellen: DIN EN 12201-2, DIN EN 1555-2, DIN 8074

2.3.2 Zulässige Betriebsüberdrücke

Kesselformel

Der zulässige Betriebsüberdruck MOP (Maximum Operating Pressure) wird u. a. gemäß DIN EN 12201 wie folgt berechnet:

$$MOP = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot (SDR - 1)}$$

$C_{Wasser} = 1{,}25$
$C_{Gas} = 2{,}0$
MRS: PE 100 = 10 $\frac{N}{mm^2}$

Die nachfolgend aufgeführten maximalen Betriebsüberdrücke (in bar) können gemäß DVGW angewendet werden:

Gas- und Wasserverteilung – SDR-Reihen – zul. Betriebsüberdrücke		
SDR	Gas	Wasser
	PE 100	PE 100
7,4	-	-
11,0	10 bar	16 bar
17,6	-	-
17,0	5 bar	10 bar

Tab 2-2: Quellen: DVGW G 472; DVGW GW 335-A2; DVGW W 400-1. Anmerkung: Rohre mit einem Außendurchmesser bis einschließlich OD 63 mm in SDR 17,6 oder SDR 17 dürfen in der Gas- und Trinkwasserverteilung nicht verwendet werden.

2.3.3 Strömungsgeschwindigkeiten

Die Fließgeschwindigkeit in einer Rohrleitung beeinflusst nicht nur die Wirtschaftlichkeit einer Versorgungsanlage, sondern auch dessen Betriebssicherheit.

Hohe Fließgeschwindigkeiten führen zu hohen Druckverlusten, geringe Fließgeschwindigkeiten dagegen haben lange Verweilzeiten zur Folge – aus hygienischen Gründen (Verkeimung und Trübung etc.) ist allerdings auf einen ausreichenden Wasseraustausch zu achten.

Als Richtwerte für wirtschaftliche Strömungsgeschwindigkeiten können für Flüssigkeiten angenommen werden:

w = 0,5 bis 1,0 $\frac{m}{s}$ für Saugleitungen

w = 1,0 bis 3,0 $\frac{m}{s}$ für Druckleitungen

Für Gase können die Durchflussgeschwindigkeiten mit:

w = 10 bis 30 $\frac{m}{s}$

angesetzt werden. Genauere Angaben für Anlagenteile in der Trinkwasserinstallation finden sich in dem DVGW-Arbeitsblatt W 400-1.

2.3.4 Druckverlustberechnung

Der Druckverlust in geraden Rohrleitungsteilen ergibt sich aus:

$$\Delta p = \lambda \frac{l \cdot w^2 \cdot \rho \cdot 10^{-5}}{2 \cdot ID} [bar]$$

Als Energiehöhenverlust dargestellt:

$$h_v = \lambda \cdot \frac{l \cdot w^2}{2 \cdot g \cdot ID} [m]$$

mit:
ID = Rohrinnendurchmesser [mm]
w = Fließgeschwindigkeit [$\frac{m}{s}$]
λ = Rohrreibungszahl [–]
l = Rohrleitungslänge [m]
ρ = Dichte des Mediums [$\frac{kg}{m^3}$]
g= Erdbeschleunigung [9,81 $\frac{m}{s^2}$]

Für eine überschlägige Ermittlung von Druckverlusten kann nachfolgendes Nomogramm verwendet werden.
Es ist erstellt für Wasser mit einer Temperatur von 10 °C und einer Rohrrauhigkeit k=0,007 mm.

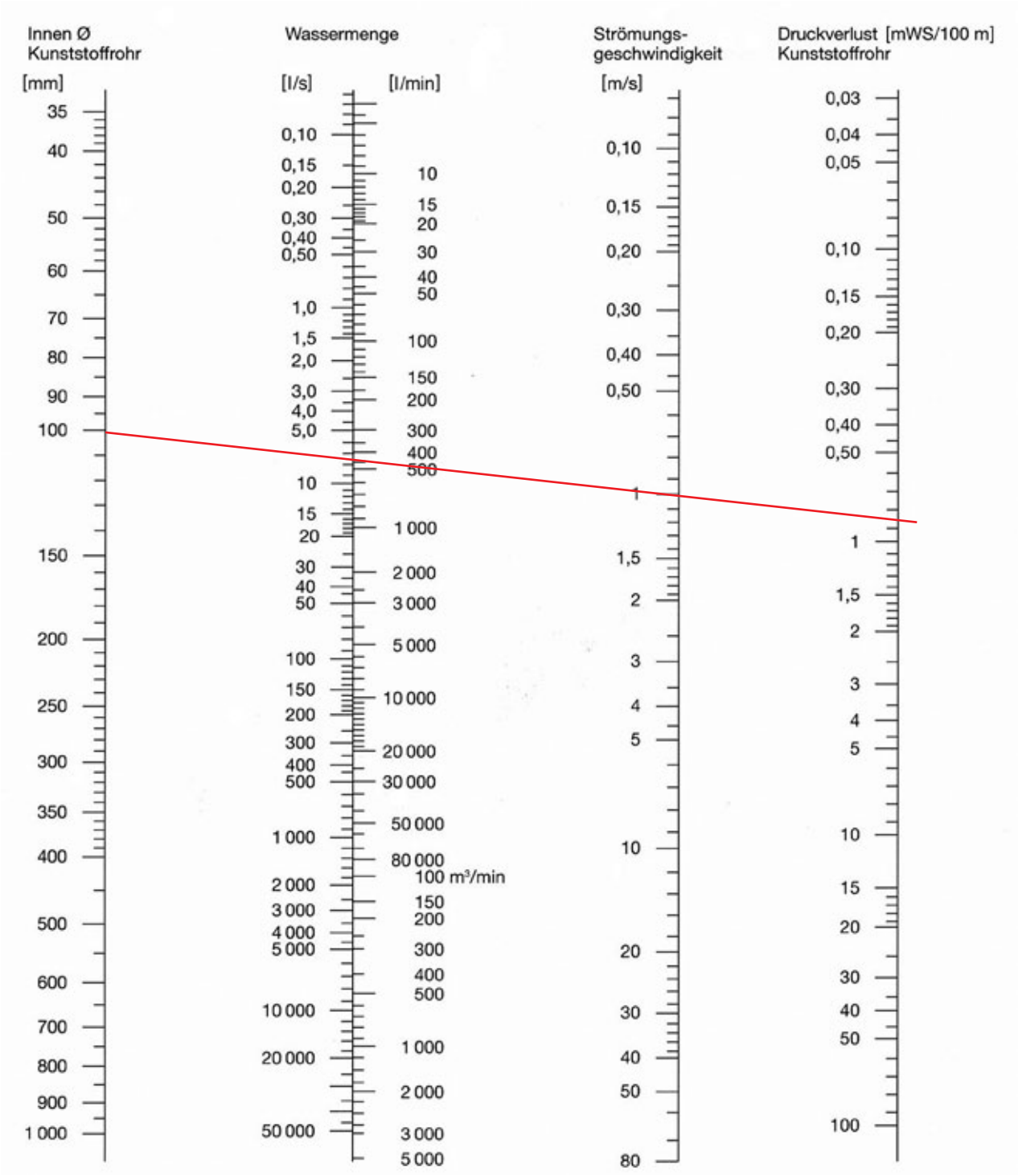


Abb 2-28 —— = Beispiel: Bei einem Innendurchmesser von 100 mm und einer Strömungsgeschwindigkeit von 1 m/s ergibt sich ein Volumenstrom von 450 l/min und ein Druckverlust von ca. 0,85 mWS/100 m (0,085 bar)

Für Druckverluste in Rohrleitungsverbindungsstellen, Stumpfschweißnähten oder Muffenverbindungen gilt nach DVS 2210 Teil 1 ein ζ-Wert von $\zeta_{Rohrverbindung} = 0,1$ [-].

Damit erhält man den Druckverlust an Verbindungsstellen aus:

$$\Delta p_{Rohrverbindung} = 0,1 \cdot \frac{\rho_F}{2 \cdot 10^5} \cdot w^2 \, [bar]$$

mit:
ρ_F = Dichte des Mediums $[\frac{kg}{m^3}]$
$\zeta_{Rohrverbindung}$ = 0,1 [-]
$\zeta_{Formteile}$ = siehe DVS 2210 Teil 1
w = Strömungsgeschwindigkeit des Mediums $[\frac{m}{s}]$

Die Druckverluste in Rohrformstücken und Armaturen ergeben sich aus:

$$\Delta p_{Formteile} = \zeta_{Formteile} \cdot \frac{\rho_F}{2 \cdot 10^5} \cdot w^2 \, [bar]$$

Eine Auswahl von Widerstandsbeiwerten für verschiedene Rohrformstücke findet sich im Anhang der DVS 2210 Teil 1, siehe nachfolgender Auszug. Armaturen-Widerstandbeiwerte sind den Herstellerangaben zu entnehmen.

Art	Kenngröße R	Widerstandsbeiwert ζ	
Bogen 90°	1,0 · OD	0,51	
	1,5 · OD	0,41	
	2,0 · OD	0,34	
	4,0 · OD	0,23	
Bogen 45°	1,0 · OD	0,34	
	1,5 · OD	0,27	
	2,0 · OD	0,20	
	4,0 · OD	0,15	
Winkel (Kniestück)	45°	0,30	
	30°	0,14	
	20°	0,05	
	15°	0,05	
	10°	0,04	
Art	**Kenngröße V_z/V_s**	**Widerstandsbeiwert ζ**	
T-Stücke (Rohrabzweig 90°) Stromvereinigung $V_s = V_a + V_z$		ζ_z	ζ_d
	0,0	-1,20	0,06
	0,2	-0,40	0,20
	0,4	0,10	0,30
	0,6	0,50	0,40
	0,8	0,70	0,50
	1,0	0,90	0,60

Tab 2-3: Quelle: DVS-Richtlinie 2210 Teil 1

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung:

Art	Kenngröße V_a/V_s	Widerstandsbeiwert ζ	
T-Stücke (Rohrabzweig 90°) Stromtrennung $V_s = V_a + V_d$		ζ_a	ζ_s
	0,0	0,97	0,10
	0,2	0,90	-0,10
	0,4	0,90	-0,05
	0,6	0,97	0,10
	0,8	1,10	0,20
	1,0	1,30	0,35

Art	Kenngröße OD_2/OD_1	Widerstandsbeiwert ζ		
Reduzierstücke konzentrisch (Rohrerweiterung) ζ-Werte für $\lambda_R = 0{,}025$	Winkel α	4...8°	16°	24
	1,2	0,10	0,15	0,20
	1,4	0,20	0,30	0,50
	1,6	0,50	0,80	1,50
	1,8	1,20	1,80	3,00
	2,0	1,90	3,10	5,30
Reduzierstücke konzentrisch (Rohrverengung) ζ-Werte für $\lambda_R = 0{,}025$	Winkel α	4°	8°	20°
	1,2	0,046	0,023	0,010
	1,4	0,067	0,033	0,013
	1,6	0,076	0,038	0,015
	1,8	0,031	0,041	0,016
	2,0	0,034	0,042	0,017

Tab 2-3: Quelle: DVS-Richtlinie 2210 Teil 1

positive ζ-Werte = Druckabfall
negative ζ-Werte = Druckanstieg

V_a = abgehender Volumenstrom
V_d = duchgehender Volumenstrom
V_s = gesamter Volumenstrom
V_z = hinzukommender Volumenstrom
OD_1 = in Fließrichtung betrachtet erster Durchmesser
OD_2 = in Fließrichtung betrachtet zweiter Durchmesser

Den Gesamtdruckverlust einer Anlage erhält man aus der Summe der Einzeldruckverluste:

$$\Delta p_{gesamt} = \sum \Delta p_{Rohrleitung} + \Delta p_{Einbauteil} + \Delta p_{Verbindungsstelle} + \Delta p_{Armatur}$$

2.3.5 Zulässige Beuldrücke

Beulen beschreibt die nierenförmige Verformung des Rohrquerschnittes unter äußerem Überdruck und/oder innerem Unterdruck. Der kritische Über- bzw. Unterdruck eines runden und nicht im Boden eingebetteten Rohres ergibt sich aus:

$$p_{Beul.krit.} = \frac{E_{Rohr}}{4 \cdot (1-\mu^2)} \cdot \left(\frac{e}{r_m}\right)^3$$

mit:

E_{Rohr} = Elastizitätsmodul des Rohrmaterials $[\frac{N}{mm^2}]$
$E_{Rohr,\ langzeit} = 200 \frac{N}{mm^2}$ für PE 100 und 20 °C
$E_{Rohr,\ kurzzeit} = 1200 \frac{N}{mm^2}$ für PE 100 und 20 °C
r_m = mittlerer Rohrradius [mm]
e = Wanddicke des Rohres [mm]
μ = Querkontraktionszahl des Werkstoffes für Rohre aus Polyethylen $\mu = 0{,}4$

Kurzzeitige Unterdrücke bis theoretisch 0 bar, also Vakuum, sind unter Berücksichtigung des Beulverhaltens möglich.

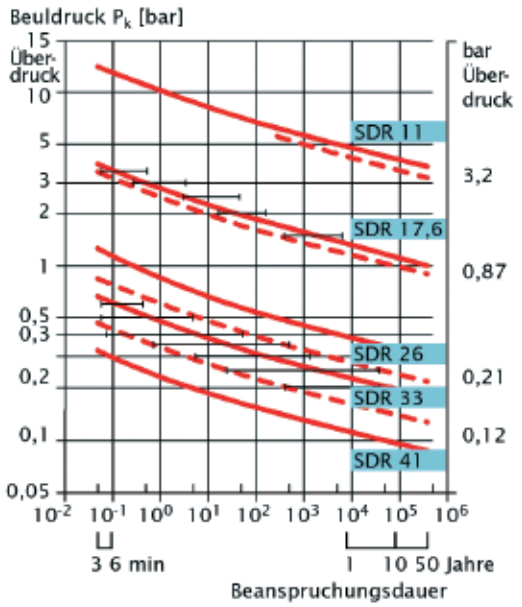


Abb 2-29: Beuldruck von Polyethylenrohren bei äußerem Wasserdruck und 20 °C. Die eingezeichneten waagerechten Strecken geben Verformungsbeginn und Beulende an. Quelle: basell Polyolefins

2.3.6 Druckstoß

Druckstöße können durch das Öffnen und Schließen von Armaturen sowie durch Betätigung von Pumpen entstehen. Deren maximale Größe ergibt sich aus:

$$p_{Stoss} = a \cdot w \cdot \rho \cdot 10^{-5}\ [bar]$$

mit:

w = Fließgeschwindigkeit des Mediums $[\frac{m}{s}]$
ρ = Dichte des Mediums $[\frac{kg}{m^3}]$
a = Geschwindigkeit der Druckwelle $[\frac{m}{s}]$

$$a = \sqrt{\frac{\frac{E_M}{\rho}}{1+\frac{E_M}{E_{Rohr}} \cdot \frac{d_m}{e}}} \left[\frac{m}{s}\right]$$

mit:

E_{Rohr} = Elastizitätsmodul des Rohrmaterials $[\frac{N}{mm^2}]$
20 °C $E_{Rohr} = 1680 \cdot 10^6\ N/m^2$
40 °C $E_{Rohr} = 1230 \cdot 10^6\ N/m^2$
60 °C $E_{Rohr} = 760 \cdot 10^6\ N/m^2$
E_M = Elastizitätsmodul des fließenden Mediums $[\frac{N}{mm^2}]$
$E_{Wasser} = 2100 \cdot 10^6\ N/m^2$
ρ = Dichte des Mediums $[\frac{kg}{m^3}]$; $\rho_{Wasser} = 1000 \frac{kg}{m^3}$
d_m = mittlerer Durchmesser des Rohres [mm]
e = Wanddicke des Rohres [mm]

Wird der Nenndruck durch Druckstöße nicht dauerhaft überschritten, sind diese nicht schädlich. Für einzelne, kurzzeitige Druckstöße (Sekunden) können die Festigkeitsreserven des Rohres genutzt werden. Polyethylenrohrleitungen mit einem Gesamtbetriebskoeffizienten C von1,25 verkraften Druckspitzen mit einer kurzzeitigen Überschreitung von 50% des Nenndrucks ohne Schäden bei Temperaturen bis 20 °C.

2.3.7 Zulässige Biegeradien

Die nachfolgenden Biegeradien sind nicht zu unterschreiten. Für kleinere Radien sind Rohrbögen oder Formteile einzusetzen.

■ Zulässige Biegeradien PE 100/PE 100-RC

Rohrwand-temperatur [°C]	Kleinster zulässiger Biegeradius R_{min} [in mm]				
	SDR 33	SDR 26	SDR 17/17,6	SDR 11	SDR 7,4
0	100 x OD	75,0 x OD	50,0 x OD	50,0 x OD	50,0 x OD
10	70,0 x OD	52,5 x OD	35,0 x OD	35,0 x OD	35,0 x OD
20	40,0 x OD	30,0 x OD	20,0 x OD	20,0 x OD	20,0 x OD
Zuschlagsfaktor für egeplast NoDig SLM® 3.0, SLM® DCT, Barrier Pipe SLA® und egeSmart: Leak Control 3L: 1,5 x R_{min}					

Tab 2-4: Gemäß KRV Verlegeanleitung A 135/99-15 und A 435/96-10, DVGW-Arbeitsblatt GW 320, GW 321, GW 324, GW 325 und DVGW-Merkblatt GW 323

OD = Rohraußendurchmesser [in mm]

ⓘ Die Biegeradien für egeplast Schutzmantelrohre orientieren sich an den Biegeradien gemäß KRV und DVGW. Durch den zusätzlichen Schutzmantel vergrößern sich die Radien um den Faktor 1,5.

Bei Rohrwandtemperaturen zwischen 0 °C und 20 °C kann der jeweils zulässige Biegeradius durch lineare Interpolation ermittelt werden.

$$R_{interpoliert} = R_{20°C} + \left[\frac{R_{0°C} - R_{20°C}}{20°C}\right] \cdot (20°C - \vartheta_{Rohrwand})$$

mit:
$R_{interpoliert}$ = gesuchter Biegeradius [mm]
$R_{0°C}$ = Biegeradius des Rohres bei 0 °C [mm]
$R_{20°C}$ = Biegeradius des Rohres bei 20 °C [mm]
$\vartheta_{Rohrwand}$ = Temperatur der Rohrwand bei der Verlegung [°C]

Beispiel: Ein egeplast 90 10® RC^{plus}-Rohr mit Außendurchmesser 160 mm, SDR 11, soll bei 5 °C verlegt werden.

Als zulässiger Biegeradius ergibt sich dann:

$$R_{interpoliert} = 160 \cdot \left[20 + \left[\frac{(50-20)}{20°C}\right] \cdot (20°C - 5°C)\right]$$

■ Kurzzeitig zulässige Biegeradien für z. B. grabenlose Verlegeverfahren

Rohrwand-temperatur [°C]	Kurzzeitig zulässige, bauverfahrensbedingte Biegeradien R_{min} [in mm] für z. B. grabenlose Verlegeverfahren	
	SDR 17	SDR 11
0	37,5 x OD	25 x OD
20	15 x OD	10 x OD
Zuschlagsfaktor für egeplast NoDig SLM® 3.0, SLM® DCT, Barrier Pipe SLA® und egeSmart: Leak Control 3L: 1,5 x R_{min}		

Tab 2-5: in Anlehnung an DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1

OD = Rohraußendurchmesser [in mm]

ⓘ Bei Anwendung der kurzzeitig zulässigen, bauverfahrensbedingten Biegeradien sind Beschädigungen durch Knicken beim Biegen und ein Überdehnen konstruktiv auszuschließen.

ⓘ Die Biegeradien für egeplast Schutzmantelrohre orientieren sich an den Biegeradien gemäß KRV und DVGW. Durch den zusätzlichen Schutzmantel vergrößern sich die Radien um den Faktor 1,5.

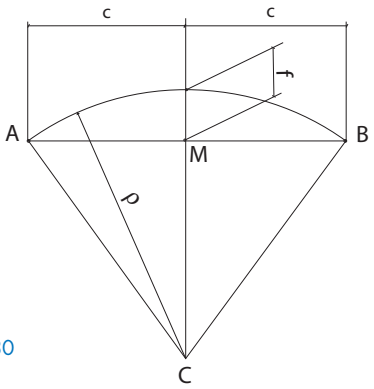


Abb 2-30

Der tatsächliche Biegeradius vor Ort kann gemäß folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\rho = \frac{f^2+c^2}{2 \cdot f}$$

Dabei ist:

ρ = Biegeradius [in m]
f = Stich [in m]
c = halbe Sehnenlänge [in m]

2.3.8 Bestimmung der Baugrubenabmessungen

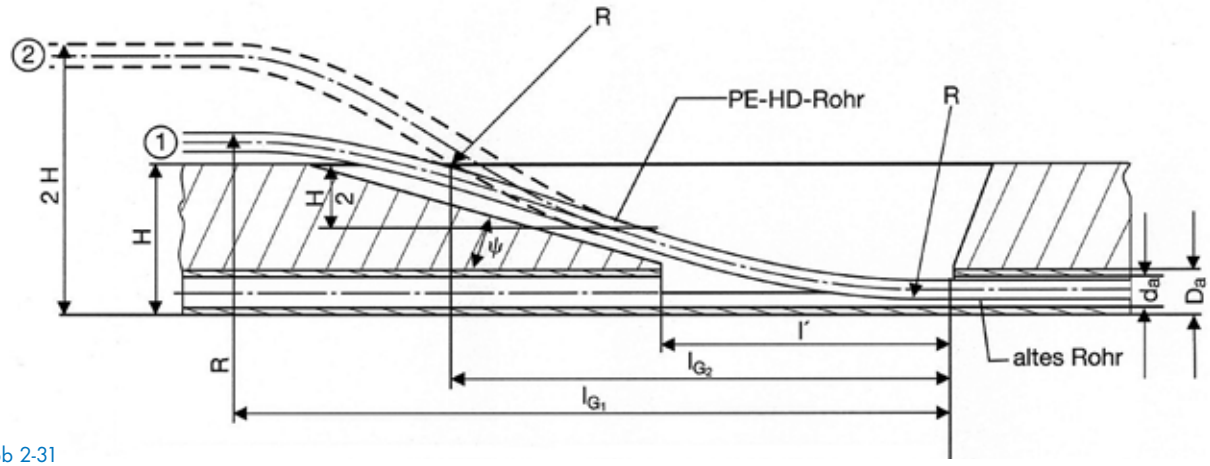


Abb 2-31

Die Länge der Baugrube bestimmt sich aus:

$$l_{G1} = \sqrt{H(4 \cdot R - H)}\,[mm]$$

Daraus ergibt sich für die verschiedenen Verlegetemperaturen:

$$l_{G1,20^\circ C} = \sqrt{H(80 \cdot d_a - H)}\,[mm]$$
$$l_{G1,10^\circ C} = \sqrt{H(140 \cdot d_a - H)}\,[mm]$$
$$l_{G1,0^\circ C} = \sqrt{H(200 \cdot d_a - H)}\,[mm]$$

Als Faustformel gilt:

$$l_{G1} \approx 13 \cdot \sqrt{H \cdot d_a}\,[mm]$$

Durch Anhebung des Rohres auf die Höhe 2·H ab Geländeoberfläche reduziert sich die erforderliche Baugrubenlänge auf:

$$l_{G2} \approx \sqrt{H(2 \cdot R - H)}\,[mm]$$

Die Länge der Grubensohle bestimmt sich aus:

$$l' = \sqrt{D_a(2 \cdot R - D_a)}\,[mm]$$

oder überschlägig:

$$l' \approx \sqrt{2 \cdot R \cdot D_a}\,[mm]$$

Die Steigung der Grube ergibt sich aus:

$$tan\Psi = \frac{H - D_a}{l_G - l'}$$

mit:
H = Tiefe der Rohrsohle [mm]
R = zulässiger Biegeradius [mm]
D_a = Außendurchmesser des alten Rohres [mm]
d_a = Außendurchmesser des neuen PE-HD Rohres [mm]

2.3.9 Zulässige Zugkräfte

Die nachfolgenden Werte gelten für Rohre aus PE 100, PE 100-RC sowie für egeplast Schutzmantelrohre (da nur das mediumführende Druckrohr beim Rohreinzug belastet wird). Sie sind zu messen und zu dokumentieren. Ein Überschreiten der zulässigen Zugkräfte führt zur dauerhaften Beschädigung der Rohrleitung und ist durch geeignete Maßnahmen zu unterbinden.
Bei Schutzmantelrohren sind spezielle Zugköpfe zu verwenden. Um Stoßkanten zu vermeiden und um sicherzustellen, dass der Schutzmantel beim Einzug keine zusätzliche Angriffsfläche darstellt, werden üblicherweise Zugköpfe mit einer Außenhülse eingesetzt, die den Schutzmantel umschließt. Alternativ ist die Stoßkante konstruktiv (z. B. durch die Schweißnaht) zu schützen.

Zugkraft: Zulässige Zugkraft in kN für Rohre aus PE 100 und PE 100-RC bei 20 °C Rohrwandtemperatur
Hinweis: Bei einer Einziehdauer von > 30 min. sind die Werte um 10%, bei einer Einziehdauer von > 20 h um 25% abzumindern.

Außendurchmesser	Zulässige Zugkraft für Rohre aus PE 100 und PE 100-RC			
OD [mm]	SDR 17,6 [kN]	SDR 17 [kN]	SDR 11 [kN]	SDR 7,4 [kN]
16				0,95
20			1,08	1,51
25		1,31	1,64	2,36
32	1,71	1,80	2,65	3,81
40	2,72	2,83	4,22	5,96
50	4,29	4,43	6,56	9,34
63	6,71	7,06	10,42	14,69
75	9,55	9,96	14,56	20,93
90	13,60	14,34	21,06	30,01
110	20,51	21,43	31,40	45,00
125	26,28	27,33	40,66	57,94
140	33,16	34,32	50,76	72,83
160	43,12	44,89	66,66	94,97
180	54,38	56,88	84,25	120,04
200	67,51	70,29	103,90	148,50
225	85,29	89,03	131,64	187,81
250	105,14	109,30	162,01	231,74
280	131,85	137,29	203,06	290,67
315	166,99	173,98	257,20	367,97
355	211,37	221,22	326,38	466,77
400	268,93	280,03	414,55	593,08
450	339,90	354,89	525,39	750,23
500	420,55	438,59	648,06	925,83
560	525,86	549,18	812,24	
630	666,20	695,93	1028,79	
710	845,48	882,92	1307,33	
800	1073,50	1120,14		
900	1359,59	1417,05		
1000	1679,43	1751,60		
1200	2417,05			

Tab 2-6: Siehe auch DVGW-Arbeitsblätter GW 320, GW 321, GW 324, GW 325 und DVGW-Merkblatt GW 323



Abb 2-32



Abb 2-33

Zulässige Zugspannung PE-Werkstoffe

Als zulässige Zugspannung bei 20 °C Rohrwandtemperatur kann angenommen werden:
PE $100_{20°C}$ = 10 $[\frac{N}{mm^2}]$

Die zulässige Zugspannung kann für abweichende Temperaturen ebenfalls berechnet werden:

$$\sigma_{zulässig,\ PE\ 100,v} = 10^{\frac{log\,438000 + 38,9375 \ - \ \frac{24483,467}{273,15+T}}{-38,9789}} \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{zulässig,\ PE\ 80,v} = 10^{\frac{log\,438000 + 40,9578 \ - \ \frac{23596,3495}{273,15+T}}{-37,5758}} \frac{N}{mm^2}$$

mit:
T = Rohrwandtemperatur in [°C]

Zulässige Zugkraft bei gleichzeitiger Zug- und Biegebeanspruchung

$$F_{zulässig} = \pi \cdot (OD - s) \cdot s \cdot (\sigma_{zulässig} - E_{T,t} \cdot \frac{OD}{2 \cdot R})\ [N]$$

mit:
OD = Außendurchmesser [mm]
s = Wanddicke [mm]
$\sigma_{zulässig}$ = zulässige Zugspannung, temperatur- und zeitabhängig [N/mm²]
$E_{T,t}$ = Elastizitätsmodul, temperatur- und zeitabhängig $E_{PE100,1h,20°C}$ =450 N/mm²
R = Radius [mm]

Über die Wahl des E-Modul wird die Höhe der Reduzierung der zulässigen Zugkraft bestimmt. Abweichungen von dem empfohlenen Wert von $E_{PE100,1h,20°C}$=450 N/mm² sind möglich, ein Nutzen für die Praxis lässt sich jedoch nicht ableiten.
Würde man den Langzeit-E-Modul wählen, fiele die Reduzierung deutlich geringer aus. Jedoch müsste das Verlegeverfahren, insbesondere die Einziehgeschwindigkeit, daran angepasst werden, was wirtschaftlich nicht sinnvoll ist. Aus gleichem Grund ist der Kurzzeit-E-Modul abzulehnen, da der Einziehgeschwindigkeit technisch Grenzen gesetzt sind.

2.3.10 Zugkraft-Abschätzung

Die bei der grabenlosen Verlegung auftretenden Zugkräfte sind von vielen Faktoren abhängig. Sie können jedoch, wie nachfolgend beschrieben, näherungsweise bestimmt werden.

Zugkraft-Abschätzung bei Spülbohr-Maßnahmen

$$F_{Schätzung} = L \cdot OD \cdot \pi \cdot 0,4$$

mit:
$F_{Schätzung}$ = Schätzwert der notwendigen Zugkraft [kN]
L = Rohrlänge [m]
OD = Außendurchmesser [m]

Für eine detailliertere Abschätzung siehe auch www.hdd-planer.de.

Zugkraft-Abschätzung bei Relining-Maßnahmen

Die Einziehkraft F ergibt sich, unter Berücksichtigung von Steigung oder Gefälle, aus:

$$F = q_r \cdot l \cdot 10^3 (\mu \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha)$$

oder durch Umstellung nach l_{zul}:

$$l_{zul} = \frac{\sigma_{zul} \cdot f_s}{0,97 \cdot 10^{-5} \frac{N}{mm^2} (\mu \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha)} \cdot 10^{-3}\,[m]$$

mit:

qr = aus dem Rohrgewicht resultierende Größe [$\frac{N}{m}$]
l = Länge des Rohres [m]
μ = Reibungskoeffizient, je nach Untergrund bis 0,8 [-]
α = Neigungswinkel [°]
σ_{zul} = zulässige Zugspannung, temperatur- und zeitabhängig [$\frac{N}{mm^2}$]
fs = Schweißnahtfaktor 0,8 bis 1,0

Daraus lassen sich dimensions- und SDR-abhängig folgende maximale Einziehlängen ableiten:

l_{zul} 20 °C ≈ 680 m
l_{zul} 40 °C ≈ 425 m

Wie bei allen grabenlosen Verlegeverfahren, sollte auch beim Relining auf eine möglichst niedrige Rohrwandmitteltemperatur geachtet werden. Die temperaturbedingten zulässigen Zugkräfte sind unbedingt einzuhalten.

2.3.11 Temperaturbedingte Längenänderung

Beim Ablängen von PE-Rohren ist die temperaturbedingte Längenänderung zu berücksichtigen. Bei Temperaturanstieg verlängert bzw. bei Temperaturabfall verkürzt sich 1m PE-Rohr um 0,2 $\frac{mm}{mK}$ (Δ 1°C=1 K).

Diese Längenänderung ist für frei bewegliche (z.B. oberirdisch verlegte) Rohrleitungen relevant. Umgebend verdichtete Rohrleitungen werden durch die Schubkräfte zum umliegenden Erdreich fixiert.

$$\Delta L = L \cdot \Delta\vartheta \cdot 0,2 \frac{mm}{mK}\ [mm]$$

ΔL = Längenänderung [m]
$\Delta\vartheta$ = Temperaturdifferenz [K]
0,2 $\frac{mm}{mK}$ = mittlerer Ausdehnungskoeffizient von Polyethylen

Beispiel:
Eine PE-Rohrleitung von 100 m Länge erwärmt sich über Tag von 8°C morgens auf 48°C am Mittag.

Daraus ergibt sich mit

$$\Delta\vartheta = 48°C - 8°C = 40K$$

eine Längenänderung von:

$$\Delta L = 100\ m \cdot 40K \cdot 0,2 \frac{mm}{mK} = 800\ mm = 80\ cm$$

Ausgewählte mittlere Längenausdehnungskoeffizienten verschiedener Werkstoffe:

Werkstoff	mm/mK
Eisen	0,012
Stahl, ferritisch	0,011 – 0,015
Stahl, austenitisch	0,022 – 0,025
PE	0,2
PP	0,16

Tab 2-7

2.3.12 Festpunktbelastung

Kann sich eine PE-Rohrleitung nicht frei ausdehnen, sondern wird durch Festpunkte in ihrer Position fixiert, entsteht in den Festpunkten eine Kraft F_{FP}.

Als Regelfall sollte die Trassenplanung so vorgesehen werden, dass keine Festpunktbelastung auftritt. Ist dies nicht möglich, so sollten folgende Lastfälle berücksichtigt werden:

- Lastfall Wärmedehnung
- Lastfall Innendruckdehnung
- Lastfall Quellung (nur bei der Durchleitung von organischen Verbindungen und deren Lösungen und Gemischen)

Die Kraft F_{FP} kann wie folgt beschrieben werden:

$$F_{FP} = A_{Rohr} \cdot E_{PE} \cdot \varepsilon$$

Die Berechnung der Längsdehnung erfolgt in Abhängigkeit des Lastfalls:

Lastfall Wärmedehnung

$$\varepsilon = 0,2 \cdot \Delta \vartheta$$

Lastfall Innendruck

$$\varepsilon = \frac{0,02 \cdot \rho}{E_{PE} \cdot (\frac{OD^2}{ID^2} - 1)}$$

Lastfall Quellung

$$\varepsilon = 0,025...0,04\ ^{i}$$

mit
F_{FP} = Festpunktbelastung [N]
A_{Rohr} = Stirnfläche der Rohrleitung [mm²]
E_{PE} = Kriechmodul von PE100 für den betrachteten Belastungszeitraum [N/mm²]
ε = Längsdehnung resultierend aus dem Belastungsfall [-]
OD = Außendurchmesser des Rohres [mm]
ID = Innendurchmesser des Rohres [mm]
ρ = innerer Überdruck [bar]

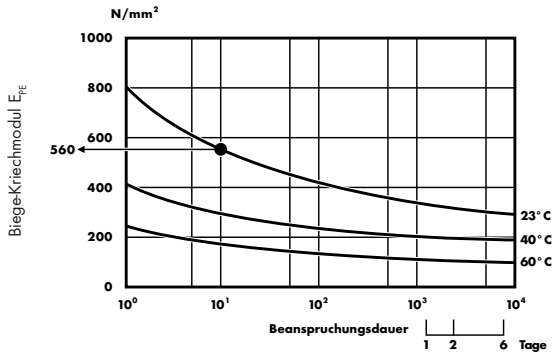


Abb 2-34: Beispiel für PE-Werkstoffe mit einem Mindest-Biege-Kriechmodul von 560 N/mm² nach DIN 8074/DIN 8075 mit σ_b= 2 N/mm²

Das Diagramm kann für die Ermittlung des Kriechmoduls herangezogen werden. Deutlich ist die Zeitabhängigkeit des Kriechmoduls erkennbar. Daraus lässt sich ableiten, dass die Festpunktbelastung bei einer kurzfristigen Änderung der Rohrmitteltemperatur deutlich höher ausfällt, als bei einer langen, zum Beispiel jahreszeitlichen Änderung. Für bspw. an Brücken aufgehängte Leitungen führt daher eine Kurzzeitbetrachtung zu einer Überdimensionierung der Widerlager und Rohrführungen.

2.3.13 Widerlager

Für erdverlegte PE-Rohrleitungen müssen Widerlager nicht vorgesehen werden, sofern die Schweißverbindungen nach DVS 2207-1 ausgeführt oder längskraftschlüssige Verbindungen eingesetzt wurden. Sofern doch Kräfte an das Erdreich übertragen werden sollen, sollte eine Berechnung der Widerlager nach DVGW Arbeitsblatt GW 310 erfolgen.

2.3.14 Rohrführungen und Stützweiten

Die notwendigen Stützabstände von Kunststoffrohrleitungen sind unter Beachtung der zulässigen Biegespannungen u. einer begrenzten Durchbiegung des Rohrstranges zu bestimmen. Übliche Stützweiten für Rohre aus PE-HD können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Stützweiten (L_A) in mm bei Rohrwandtemperatur (T_R)					
Rohr OD [mm]	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
16	500	450	450	400	350
20	575	550	500	450	400
25	650	600	550	550	500
32	750	750	650	650	550
40	900	850	750	750	650
50	1050	1000	900	850	750
63	1200	1150	1050	1000	900
75	1350	1300	1200	1100	1000
90	1500	1450	1350	1250	1150
110	1650	1600	1500	1450	1300
125	1750	1700	1600	1550	1400
140	1900	1850	1750	1650	1500
160	2050	1950	1850	1750	1600
180	2150	2050	1950	1850	1750
200	2300	2200	2100	2000	1900
225	2450	2350	2250	2150	2050
250	2600	2500	2400	2300	2100
280	2750	2650	2550	2400	2200
315	2900	2800	2700	2550	2350
355	3100	3000	2900	2750	2550
400	3300	3150	3050	2900	2700

Tab 2-8: Die angegebenen Stützweiten gelten gemäß DVS 2210-1 für Rohre mit Biegekriechmodul entsprechend Werkstofftyp PE-HD (DIN 8074/75).

Umrechnungsfaktoren f1 und f2

In Abhängigkeit der Rohrwanddicke und des Durchflußstoffes sind folgende Umrechnungsfaktoren zu beachten:

Werkstoff	Nenndruck PN	Durchflußstoff				Wanddicke
		Gas	Wasser	andere		
		ρ [$\frac{g}{cm^3}$]				
		< 0,01	1,00	1,25	1,50	
Faktor		f1				f2
PE-HD	6	1,47	1,00	0,96	0,92	0,91
PE-HD	10	1,30	1,00	0,96	0,92	1,00
PE-HD	16	1,21	1,00	0,96	0,92	1,07

Tab 2-9: Zwischenwerte dürfen gemäß DVS 2210-1 linear interpoliert werden

Die notwendige Stützweite L_{nSt} ergibt sich aus:

$$L_{nst} = L_A \cdot f_1 \cdot f_2$$

Beispiel:
Ein Rohr der Dimension 110 mm SDR 11 soll in einer Halle unter der Decke verlegt werden. Das Medium ist Wasser mit einer Temperatur von 50 °C.

Aus der Tabelle 2-8 ergibt sich die Stützweite L_A bei 50 °C mit L_A=1450 mm. Die Faktoren f_1 und f_2 ergeben sich aus dem Nenndruck PN 16 bar und dem Medium Wasser mit f_1=1,00 und f_2=1,07.

$$L_{nst} = L_A \cdot f_1 \cdot f_2 = 1450\,mm \cdot 1,00 \cdot 1,07 = 1551,50\,mm \approx 1550\,mm$$

Bei oberirdisch geführten Rohrleitungen, deren Längenänderung nicht kompensiert werden kann und ein axiales Ausweichen der Rohrleitung nicht möglich ist, sind Rohrführungen in definierten Abständen vorzusehen. Ziel ist, ein Knicken der Rohrleitung sicher zu verhindern. Mit einem Sicherheitsfaktor von 2 lässt sich aus:

$$L_{Knicken} = 3,17 \sqrt{\frac{\frac{\pi}{64}(OD^4 - ID^4)}{\varepsilon \cdot A_{Rohr}}}$$

der Abstand gegen Knicken berechnen. Ist der berechnete Abstand $L_{Knicken}$ kleiner als der berechnete Stützweitenabstand L_{nST}, so muss der Abstand $L_{Knicken}$ gewählt werden.

Für eine Anwendungstemperatur ≥45 °C gilt:

$$L_{Knicken,\ \geq 45^{\circ}C} = 2,53 \sqrt{\frac{\frac{\pi}{64}(OD^4 - ID^4)}{\varepsilon \cdot A_{Rohr}}}$$

mit
$L_{Knicken}$ = Abstand der Rohrführungen gegen Knicken [mm]
A_{Rohr} = Stirnfläche der Rohrleitung [mm²]
ε = Längsdehnung resultierend aus dem Belastungsfall [-]
OD = Außendurchmesser des Rohres [mm]
ID = Innendurchmesser des Rohres [mm]

2.3.15 Auftriebsberechnung

Mit der Auftriebsberechnung wird die sichere Lage des Dükers oder der Rohrleitung im Grundwasser oder einer Bohrspülung rechnerisch nachgewiesen.

Für das massenmäßige Austrimmen des Rohres zur Erreichung minimaler Einziehkräfte beim Spülbohrverfahren ist eine Auftriebsberechnung erforderlich. Bei der Auftriebsberechnung sind die nach oben wirkenden Kräfte den nach unten wirkenden entgegenzusetzen. Als verdrängte Flüssigkeit ist die Spülung mit beladenem Bohrklein in der vorliegenden bzw. vorgesehenen Dichte anzusetzen.

Der Auftrieb berechnet sich mit

$$F_{Auftrieb} = V \cdot \rho \cdot g\ [N]$$

mit
V = Volumen des verdrängten Mediums [m³]
ρ = Dichte des verdrängten Mediums [$\frac{kg}{m^3}$]
ρ_{Wasser} = 1000 $\frac{kg}{m^3}$
$\rho_{Suspension}$ = 1020 – 1040 $\frac{kg}{m^3}$
$\rho_{PE\,100}$ = 960 $\frac{kg}{m^3}$
g = Erdbeschleunigung [9,81 $\frac{m}{s^2}$]

Es bietet sich für die Berechnung die Betrachtung für 1 Meter Rohrstrecke an.



Abb 2-35

Beispiel:
Schutzmantelrohr OD 110 mm SDR 11 (OD_{gesamt} = 115 mm)

$$V_{Rohr} = \frac{\pi}{4} OD^2 \cdot 1m = \frac{\pi}{4}(0,115\ m)^2 \cdot 1m = 0,01039\ m^3$$

$$F_{Auftrieb} = 0,01039\ m^3 \cdot 1040\ \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81\ \frac{m}{s^2} = 106\,N$$

$$F_{G,Rohr} = \pi(0,115\ m - 0,010\ m) \cdot 0,010\ m \cdot 1m \cdot 960\ \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81\ \frac{m}{s^2} = 31,07\ N$$

$$F_{res} = F_{Auftrieb} - F_{G,Rohr}$$

$$F_{res} = 106\,N - 31,07\ N = 74,93\ N$$

$F_{Auftrieb} > F_{G,Rohr}$ ➡ das Rohr schwimmt auf

2.4 Haftungsrisiken

Mit Risiko ist vom wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (WBGU, siehe Jahresgutachten, 1998) das Produkt von Eintrittshäufigkeit bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit und Ereignisschwere bzw. Schadensausmaß definiert.

Die Eintrittshäufigkeit bezeichnet dabei die Häufigkeit, mit der ein Ereignis innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls eintritt.

Die Einheit des Schadensausmaßes hängt vom jeweiligen Sachgebiet und der Situation ab. Es können Werte sein, die sich in Geldgrößen ausdrücken lassen (Euro), es kann sich aber auch um Umwelt- und Sachschäden oder gar Personenschäden handeln. Insbesondere Schäden an Gasleitungen mit Gasexplosionen machen immer wieder Schlagzeilen. Schäden an Abwasserleitungen hingegen bedeuten Umweltschäden.

Hinsichtlich der Anforderungen an für alternative Verlegeverfahren auszuwählende Rohre existieren zur Zeit keine rechtsverbindlichen Normen. Gleichwohl müssen die allgemein formulierten Anforderungen aus übergeordneten Gesetzen/Regelwerken erfüllt werden, z.B. die Festlegungen der „Grundlegenden Sicherheitsanforderungen" für Rohrleitungen gem. Anhang I der DGRL Richtlinie 97/23/EG oder auch die Anforderungen aus der BetrSichV."

egeplast hat daher die Rechtsanwaltssozietät FRESHFIELDS BRUCKHAUS DERINGER beauftragt, die Frage der Haftung verschiedener Marktteilnehmer (Rohrhersteller, Planer, Verarbeiter und Netzbetreiber) bei der Verlegung von Rohren im sandbettfreien und grabenlosen Verfahren zu untersuchen.

Untersucht wurden mögliche Ansprüche im Hinblick auf Produktionsfehler, bei Schäden auf Grund mangelnder Eignung der Rohre für das gewählte Verfahren, Planungs-/Spezifikationsfehler und Schäden beim Einzug der Rohre.

Übersicht Haftungsrisiken der Marktteilnehmer

	Planer		Verarbeiter		Netzbetreiber
	Vertraglich (ggü. Auftraggeber)	Deliktisch (auch ggü. Dritten)	Vertraglich (ggü. Auftraggeber)	Deliktisch (auch ggü. Dritten)	auch ggü. Dritten
Gegenstand	• Fehlerhafte Planung (dazu gehört auch Auswahl ungeeigneter Baumaterialien/ Verlegeverfahren) o Prüfpflicht o Bauherrn auf Bedenken hinweisen • Gemäß Ziff. 5.4.2 DVGW Arbeitsblatt GW 321 zusätzlicher Rohraußenschutz bei bestimmten Bodenverhältnissen	Schaden durch **schuldhafte** fehlerhafte Planung oder Auswahl ungeeigneter Materialien/Verlegeverfahren	• Beschädigung bei Verlegung • Prüfpflicht, ob Baumaterialien und Baugrund geeignet sind (bei Zweifeln Belastungstests) • Gemäß Ziff. 5.4.2 DVGW Arbeitsblatt GW 321 zusätzlicher Rohraußenschutz bei bestimmten Bodenverhältnissen • Modifikation der Mängelrechte bei Vereinbarung von VOB/B möglich	Schaden durch **schuldhafte** Beschädigung bei Verlegung oder Verletzung der Prüfpflicht von Baumaterialien und Baugrund	• Schuldhafte Schadensverursachung durch Auswahl falscher Produkte (-) bei Inanspruchnahme externer Fachkunde • Verschuldensunabhängige Haftung als Inhaber einer Rohrleitungsanlage für durch Anlage verursachte Sach- oder Personenschaden (-) wenn Anlage anerkannten Regeln der Technik entspricht
Qualitätssicherung	Nachweis mangelfreier Verlegung durch die Verwendung von Rohren mit Integritätsprüfung				Ausschreibung dahingehend, dass mängelfreie Verlegung anhand von Rohren mit Qualitätsprüfung bei Abnahme dokumentiert werden muss

Tab 2-10: Potentielle Haftungsrisiken von Planern, Verarbeitern und Netzbetreibern (Quelle: Gutachten von FRESHFIELDS BRUCKHAUS DERINGER)

Zur Zeit liegen keine (rechts-)verbindlichen Normen vor, in denen detaillierte technische Regelungen für die Rohrauswahl bei alternativen Verlegeverfahren sowie die Anforderungen an die Verlegung selbst beschrieben sind. Daher sind an die Beteiligten hohe Anforderungen bezüglich der Auswahl der Materialien und Verfahren gestellt, um den allgemein formulierten Anforderungen aus den geltenden Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen zu genügen. Eine der haftungsträchtigsten Fehlerquellen für Planer, Verarbeiter und Netzbetreiber liegt in der Auswahl ungeeigneter Materialien bzw. Verlegeverfahren.

Für den Rohrleitungsbau ist beispielsweise Ziffer 5.4.2 des DVGW Arbeitsblattes GW 321 maßgeblich, wonach bei bestimmten Bodenverhältnissen ein zusätzlicher Rohraußenschutz, z.B. eine Polyolefinumhüllung, zu verwenden ist.

Es kann somit nur empfohlen werden, Rohrsysteme einzusetzen, bei denen die Eignung und mängelfreie Verlegung aus fachtechnischer Sicht zweifelsfrei nachvollzogen und dokumentiert werden kann. Sofern der Schaden nicht früher entstanden ist, haften Planer, Verarbeiter und Netzbetreiber ggf. bis zu 30 Jahre.

2.5 Regelwerke, Normen und Richtlinien

■ Regelwerke

Für eine sichere und zuverlässige Gas- und Wasserversorgung (aber auch Abwasserentsorgung) sind einheitliche technische Grundlagen und Regeln erforderlich. Sie fördern Rationalisierung und Qualitätssicherung, dienen der Sicherheit von Menschen und Sachen und damit dem Nutzen der Allgemeinheit [GW100]. Die technischen Regelwerke werden in Deutschland im Allgemeinen erstellt durch die technisch-wissenschaftlichen Vereine wie DIN und DVGW und in Europa durch das europäische Normungsinstitut CEN. Im Gas- und Wasserfach ist in Deutschland das DVGW-Regelwerk als verbindlicher Maßstab vorgeschrieben.

DIN

DVGW

PAS

Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Bei den allgemein anerkannten Regeln der Technik handelt es sich nach herrschender Meinung um technische Regeln für den Entwurf und die Ausführung von Werkanlagen, die in der Wissenschaft keinem Meinungsstreit ausgesetzt sind und damit als theoretisch richtig anerkannt sind und feststehen sowie insbesondere in dem Kreis der für die Anwendung der betreffenden Regeln maßgeblichen, nach dem neuesten Erkenntnisstand vorgebildeten Techniker durchweg bekannt und aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung als technisch geeignet, angemessen und notwendig anerkannt sind (MüKO, BGB, 4. Auflage, § 633, Rn. 17 u.a.). Dieser Maßstab hinkt hinter einer weiterstrebenden technischen Entwicklung her:

Stand der Technik

Stand der Technik sind Regeln, die noch nicht als allgemein anerkannt angesehen werden können, jedoch bis zu einem bestimmten Zeitpunkt den Stand der technischen Erkenntnisse widerspiegeln und Eingang in die betriebliche Praxis gefunden haben (MüKO, a.a.O, § 633 Rn. 19).

Eine Möglichkeit, einen etablierten Stand der Technik, der noch nicht Einzug in die klassischen technischen Regeln gehalten hat, zu definieren, stellt eine Publicly Available Specification (PAS) also eine öffentlich zugängliche Spezifikation dar. Die Veröffentlichung dieses Industriestandards durch das Deutsche Institut für Normung e.V. verleiht ihm ein besonderes Gewicht und gibt die Möglichkeit, eine beschriebene Mindestqualität durch einen unabhängigen Zertifizierer zu überwachen.

Regelwerk des DVGW

Qualitätsanforderungen an Rohre aus Polyethylen für die konventionelle Verlegung im Sandbett beschreibt das DVGW Arbeitsblatt GW 335. Zu den alternativen Verlegeverfahren hat der DVGW Verfahrensbeschreibungen und Anweisungen als Arbeits- bzw. Merkblätter in der GW 32x Reihe herausgebracht. Die Qualitätsanforderungen an alternativ zu verlegende Rohre sind in den Regeln der Technik bislang nicht ausführlich beschrieben. Das DVGW-Regelwerk fordert zurzeit lediglich, dass die Rohrleitungen den Anforderungen der Verlegung genügen müssen und spricht Empfehlungen aus. Folglich gelten für grabenlos verlegte Polyethylenrohre immer noch die gleichen Anforderungen wie für Rohre, die im Sandbett verlegt werden. Dieses entspricht nicht dem Stand der Technik.

DVS-Merkblätter/-Richtlinien

Für die Verbindung von Kunststoffrohren durch Schweißen der Rohrenden gelten die DVS-Merkblätter und -Richtlinien. Diese Regeln gelten unabhängig von der Verlegeart der Rohre.

Regelwerke zu Verlegeverfahren, Rohrmaterial und Verbindungstechnik

Art der Verlegung	Regelwerke Verlegeverfahren	Vorgabe und Empfehlung der Regelwerke für Verlegeverfahren an das einzusetzende Rohrmaterial	DVS-Richtlinien Verbindungstechnik DVS 2207-1 Bewertung der Schweißverbindung gem. DVS 2202-1
Offene Rohrverlegung mit Sand	W 400 – 2 (Wasser) G 472 (Gas) DIN EN 805	• GW 335 • max. 10 % Ritztiefe	0,1 x s jedoch max. 0,5 mm bei Bewertungsgruppe 1 Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. Eine Definition der Kerbtiefe ist mit der Erneuerung der DVS 2202 entfallen
Offene Rohrverlegung ohne Sand/ Pflügen/ Fräsen	GW 324 W 400 – 2 (Wasser) G 472 (Gas)	• max. 10 % Ritztiefe • Punktlastbeständigkeit und Schutz gegen unzulässige Riefenbildung in Abhängigkeit vom Baugrund	0,1 x s jedoch max. 0,5 mm bei Bewertungsgruppe 1 Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. Eine Definition der Kerbtiefe ist mit der Erneuerung der DVS 2202 entfallen
Neuverlegung durch Rohreinzug **Spülbohren (Black-Box-Verfahren)**	GW 321 W 400 – 2 (Wasser) G 472 (Gas)	• max. 10 % Ritztiefe • Polyolefinumhüllung als Rohraußenschutz empfohlen	0,1 x s jedoch max. 0,5 mm bei Bewertungsgruppe 1 Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. Eine Definition der Kerbtiefe ist mit der Erneuerung der DVS 2202 entfallen
Neuverlegung durch Rohreinzug **Erdrakete (Black-Box-Verfahren)**	GW 325 W 400 – 2 (Wasser) G 472 (Gas)	• max. 10 % Ritztiefe • In Abhängigkeit von den Baugrund- und Bettungsverhältnissen ist ein geeigneter Rohraußenschutz erforderlich	0,1 x s jedoch max. 0,5 mm bei Bewertungsgruppe 1 Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. Eine Definition der Kerbtiefe ist mit der Erneuerung der DVS 2202 entfallen
Sanierung durch Rohreinzug **Relining (Black-Box-Verfahren)**	GW 320 -1 (mit Ringraum) W 400 – 2 (Wasser) G 472 (Gas)	• max. 10 % Ritztiefe	0,1 x s jedoch max. 0,5 mm bei Bewertungsgruppe 1 Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. Eine Definition der Kerbtiefe ist mit der Erneuerung der DVS 2202 entfallen
Sanierung durch Rohreinzug **Berstlining (Black-Box-Verfahren)**	GW 323 W 400 – 2 (Wasser) G 472 (Gas)	• max. 10 % Ritztiefe • Polyolefinumhüllung als Rohraußenschutz empfohlen • PE 100 mit FNCT > 3300 h	0,1 x s jedoch max. 0,5 mm bei Bewertungsgruppe 1 Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. Eine Definition der Kerbtiefe ist mit der Erneuerung der DVS 2202 entfallen
Sanierung durch Rohreinzug **Swagelining (Black-Box-Verfahren)**	GW 320 – 2 (ohne Ringraum) W 400 – 2 (Wasser) G 472 (Gas)	• max. 10 % Ritztiefe	0,1 x s jedoch max. 0,5 mm bei Bewertungsgruppe 1 Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. Eine Definition der Kerbtiefe ist mit der Erneuerung der DVS 2202 entfallen

Tab 2-12: Regelwerke zu Verlegeverfahren, Rohrmaterial und Verbindungstechnik

Normen und Richtlinien (in alphabetischer Reihenfolge)

- **ASTM D 1929, 2011**
  Prüfung und Entzündbarkeit von Kunststoffen
- **DIN 2000, 10.00**
  Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen, Technische Regel des DVGW
- **DIN 4102**
  Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- **DIN 4124, 01.12**
  Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- **DIN 8074, 12.11**
  Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Maße
- **DIN 8075, 12.11**
  Rohre aus Polyethylen (PE) PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen
- **DIN 16928, 04.79**
  Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen; Rohrverbindungen; Rohrleitungsteile; Verlegung – Allgemeine Richtlinien
- **DIN 18196, 05.11**
  Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- **DIN EN 1555-1, 12.10**
  Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung – Polyethylen (PE) – Teil 1: Allgemeines
- **DIN EN 1555-2, 12.10**
  Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung – Polyethylen (PE) – Teil 2: Rohre
- **DIN EN 1555-3, 08.11**
  Anforderungen an Formstücke aus Polyethylen für Schweißverbindungen und an Formstücke für mechanische Verbindungen – Gasversorgung
- **DIN EN 12007-1, 08.00**
  Gasversorgungssysteme – Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar, Teil 1: Allgemeine funktionale Empfehlungen
- **DIN EN 12007-2, 08.00**
  Gasversorgungssysteme – Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar, Teil 2: Besondere funktionale Empfehlungen für Polyethylen
- **DIN EN 12201-1, 11.11**
  Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE) – Teil 1: Allgemeines
- **DIN EN 12201-2, 11.11**
  Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE) – Teil 2: Rohre
- **DIN EN 12201-3, 11.11**
  Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE) – Teil 3: Formstücke
- **DIN EN 12201-5, 11.11**
  Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE) – Teil 5: Gebrauchstauglichkeit des Systems
- **DIN EN 805, 03.00**
  Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
- **DIN EN ISO 14688-1, 06.11**
  Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung
- **DIN EN ISO 14688-2, 06.11**
  Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen
- **DIN EN ISO 14689-1, 06.11**
  Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung
- **DIN EN ISO 178, 04.11**
  Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften
- **DIN EN ISO 179-1, 11.10**
  Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften – Teil 1: Nicht instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung
- **DVGW G 459-1, 07.98**
  Gas-Hausanschlüsse für Betriebsdrücke bis 4 bar – Planung und Errichtung
- **DVGW G 469, 06.10**
  Druckprüfverfahren Gastransport/Gasverteilung
- **DVGW G 472, 08.00**
  Gasleitungen bis 10 bar Betriebsdruck aus Polyethylen (PE 80, PE 100 und PE-Xa); Errichtung
- **DVGW GW 320-I, 02.09**
  Erneuerung von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Rohreinzug oder Rohreinschub mit Ringraum
- **DVGW GW 320-II, 06.00**
  Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen durch PE-Relining ohne Ringraum – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung
- **DVGW GW 321, 10.03**
  Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung
- **DVGW GW 323, 07.04**
  Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung
- **DVGW GW 324, 08.07**
  Fräs- und Pflugverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung

- **DVGW GW 325, 03.07**
  Grabenlose Bauweisen für Gas- und Wasser-Anschlussleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung
- **DVGW GW 330, 11.00**
  Schweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Polyethylen (PE 80, PE 100 und PE-Xa) für Gas- und Wasserleitungen – Lehr- und Prüfplan
- **DVGW GW 331, 10.94**
  Schweißaufsicht für Schweißarbeiten an Rohrleitungen aus PE-HD für die Gas- und Wasserversorgung – Lehr- und Prüfplan
- **DVGW GW 332, 09.01**
  Abquetschen von Rohrleitungen aus Polyethylen in der Gas- und Wasserverteilung
- **DVGW GW 335-A 2, 11.05**
  Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen – Rohre aus PE 80 und PE 100
- **DVGW W 400-1, 02.15**
  Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) -Planung
- **DVGW W 400-2, 09.04**
  Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) -Bau und Prüfung
- **DVS-Richtlinie 2202-1, 07.06**
  Fehler an Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Merkmale, Beschreibung, Bewertung
- **DVS-Richtlinie 2203-1, 01.03**
  Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Anforderungen
- **DVS-Richtlinie 2203-2, 08.10**
  Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Zugversuch
- **DVS-Richtlinie 2203-3, 04.11**
  Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Schlagzugversuch
- **DVS-Richtlinie 2203-4, 07.97**
  Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Zeitstand-Zugversuch
- **DVS-Richtlinie 2203-5, 08.99**
  Prüfen von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Technologischer Biegeversuch
- **DVS-Richtlinie 2207-1, 08.15**
  Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE
- **DVS-Richtlinie 2210-1, 04.97**
  Industrierohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen – Projektierung und Ausführung, oberirdische Rohrsysteme
- **EN ISO 1167-1, 05.06**
  Rohre und Formstücke aus thermoplastischen Kunststoffen für den Transport von Flüssigkeiten – Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck
- **EN ISO 1167-3, 02.08**
  Rohre und Formstücke aus thermoplastischen Kunststoffen für den Transport von Flüssigkeiten – Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck – Vorbereitung
- **EN ISO 1167-4, 02.08**
  Rohre und Formstücke aus thermoplastischen Kunststoffen für den Transport von Flüssigkeiten – Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck – Vorbereitung
- **EN ISO 3126, 05.05**
  Kunststoff-Rohrsysteme – Rohrleitungsteile aus Kunststoffen – Bestimmung der Maße
- **KRV Verlegeanleitung A 135/99-15, 6. Auflage**
  für Rohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (PE 80 und PE 100) in der Trink- und Wasserversorgung außerhalb von Gebäuden
- **KRV Verlegeanleitung A 435/96-10, 5. Auflage**
  für Rohrleitungen aus Polyethylen (PE) für die Gasverteilung außerhalb von Gebäuden
- **PAS 1031, 09.04**
  Werkstoff Polyethylen (PE) für die Herstellung von Druckrohren und Formstücken – Anforderung und Prüfungen
- **PAS 1075, 04.09**
  Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken – Abmessungen, technische Anforderungen und Prüfung
- **R 14.3.1 DA, 01.98**
  Druckrohre aus PE 80 und PE 100 allgemein, mit dem Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V.
- **R 14.3.1 G, 01.98**
  Druckrohre aus PE 80 und PE 100 für Gas mit dem Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V.
- **R 14.3.1 TW, 01.98**
  Druckrohre aus PE 80 und PE 100 für Trinkwasser, mit dem Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V.

Die Aufstellung der Normen und Richtlinien dient nur zur Information und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

2.6 Bauüberwachung



2.6.1 Rohrlagerung

Alle von egeplast angebotenen Druckrohre aus PE 100 und PE 100-RC sind für eine Außenlagerung in Europa für 2 Jahre gegen Sonnenlicht stabilisiert. Trotzdem empfiehlt es sich, die Rohrleitungen vor unmittelbarer Sonneneinstrahlung zu schützen. Vor der Verwendung von mehr als zwei Jahre im Freien gelagerten Rohren ist ein gesonderter Gebrauchstauglichkeitsnachweis zu führen (z.B. Zeitstandinnendruckprüfung nach DVGW GW 335, Teil A2).

Die Rohrleitungen sollten so gelagert werden, dass sie nicht verunreinigt werden können. Sie dürfen nicht mit Treibstoffen, Lösungsmitteln, Ölen, Fetten, Farben oder Wärmequellen in Berührung kommen.

Ungünstige Lagerungsbedingungen können dazu führen, dass eine fachgerechte Verlegung nur erschwert möglich ist. Die Rohrleitungen sollten auf einer möglichst ebenen Fläche, ohne scharfe und spitze Gegenstände, gelagert werden. Werden die Rohrleitungen gestapelt, sollten die einzelnen Lagen versetzt, ohne Zwischenhölzer angeordnet werden. Der Rohrstapel ist gegen seitliches Abrutschen zu sichern. Die Höhe des Stapels sollte 1,5 m nicht überschreiten. Ab Nennweite 500 sollten nur noch zwei Lagen gestapelt werden. Ringbunde sind vorwiegend liegend oder geschützt in geeigneten Vorrichtungen zu lagern. Die Verpackungsbänder sind erst kurz vor dem Einbau zu entfernen. Das Schleifen der Rohre und Ringbunde über den Boden ist, wie in der KRV-Verlegeanleitung A 135 beschrieben, nicht zulässig.

2.6.2 Überprüfung der Rohre

Rohre sind direkt nach dem Transport/Abladen sowie vor dem Einbringen in den Rohrgraben auf einwandfreien Zustand und vollständige Kennzeichnung entsprechend den DVGW-Bestimmungen zu überprüfen.

Riefen, Kratzer und flächige Abtragungen sind an den PE-Rohren bis zu 10% der Mindestwanddicke zulässig. Rohre mit darüber hinausgehenden Beschädigungen dürfen nicht eingebaut werden.

2.6.3 Dichtigkeitsprüfungen

2.6.3.1 Trinkwasser gemäß DIN EN 805/DVGW-Arbeitsblatt W400-2

ⓘ Es gelten die Normen und Richtlinien in der jeweils aktuell gültigen Fassung.

Prüfdruck

Für alle Rohrleitungen ist, ausgehend vom höchsten Systembetriebsdruck (MDP), der Systemprüfdruck (STP) wie folgt zu berechnen:

Bei berechnetem Druckstoß:
$STP = MDP_c + 1$ bar

Bei angenommener Höhe des Druckstoßes:
$STP = MDP_a \cdot 1{,}5$ oder
$STP = MDP_a + 5$ bar
Es gilt der jeweils niedrigere Wert.

Der Mindestprüfdruck MDP wird gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 für Versorgungsnetze mit 10 bar festgelegt. Rohrleitungen aus PE100 SDR 17 dürfen nur mit einem Prüfdruck von STP ≤ 12 bar geprüft werden. Für Rohrleitungen aus PE-HD mit Volumen >20 m³ sowie Rohrleitungen aus PE 100 SDR 17 wird in dem Arbeitsblatt W 400-2 die Anwendung des Normalverfahrens empfohlen. Mit geeigneter Mess- und Prüftechnik lassen sich aber auch Systeme >20 m³ Volumen im Kontraktionsverfahren prüfen.

■ Kontraktionsverfahren

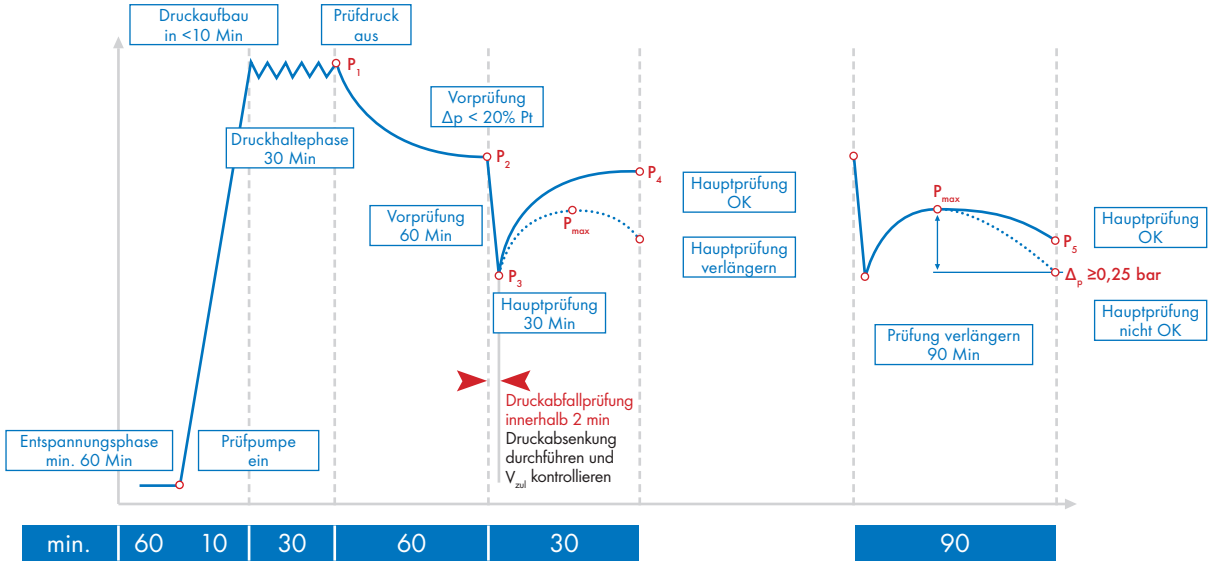


Abb 2-36

Vorprüfung

Nach dem luftfreien Füllen (Spülgeschwindigkeit >1 m/s), gegebenenfalls Molchen der Leitung erfolgt eine einstündige Entspannungszeit durch Öffnen der Absperrarmatur am Hochpunkt der Anlage. Die Leitung wird verschlossen, der Systemprüfduck STP innerhalb von 10 Minuten aufgebracht und durch ständiges Nachpumpen über eine Zeit von 30 Minuten gehalten. Danach erfolgt eine einstündige Entspannungsphase, in der der Druck in der Leitung um maximal 20% des Prüfdrucks STP sinken darf. Ist der Druckabfall größer, liegt entweder eine Undichtigkeit vor oder die Rohrleitung war einer unzulässigen Temperaturerhöhung ausgesetzt. Die Prüfung ist dann abzubrechen. Vor der Wiederholung der Vorprüfung ist eine einstündige Entspannungszeit unbedingt einzuhalten. Nach Abschluss einer erfolgreichen Vorprüfung darf die Hauptprüfung erfolgen.

Hauptprüfung mit integrierter Druckabfallprüfung

Durch eine schnelle Druckabsenkung p_{ab} in weniger als 2 Minuten lässt sich die Dehnung der Rohrleitung unterbrechen. Die vorzunehmende Druckabsenkung ist in folgender Tabelle aufgeführt.

Rohrwerkstoff	E-Modul in $\frac{N}{mm^2}$	SDR	Druckabsenkung in P_{ab}
PE 100	1200	17	2,0
PE 100	1200	11	3,2

Tab 2-13: Vorzunehmende Druckabsenkung p_{ab} in bar

Das abgelassene Wasservolumen V_{ab} ist mit geeigneten Messgeräten zu messen. Der Druck ist während der gesamten Prüfzeit lückenlos aufzuzeichnen und der nach der Druckabsenkung eintretende Druckanstieg während der halbstündigen Kontraktionszeit zu überwachen. Als ausreichende Luftfreiheit gilt, wenn das abgelassene Wasservolumen V_{ab} kleiner oder gleich dem höchstzulässigen Wasservolumen V_{zul} ist.

Es gilt:

$$V_{ab} \leq V_{zul} \; mit \; V_{zul} = V_k \cdot L$$

mit:

V_k = gerechnetes Wasservolumen gemäß Formel oder Tabelle $[\frac{ml}{m}]$

$$V_k = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot p_{ab} \cdot \left(\frac{1}{E_W} + \frac{ID}{E_R \cdot s}\right)$$

V_{zul} = höchstzulässiges Wasservolumen in ml

p_{ab} = Druckabsenkung nach Tabelle [bar]

OD = Rohr Außendurchmesser in mm

ID = Rohr Innendurchmesser in mm

E_W = Kompressionsmodul von Wasser $[2027 \frac{N}{mm^2}]$

E_R = Elastizitätsmodul des Rohres n [PE 100= $1200 \frac{N}{mm^2}$]

s = Wanddicke unter Berücksichtigung der mittleren Rohrwandtoleranzen

f = 1,05 Ausgleichsfaktor für Luft und Temperatur bedingter E-Modulabweichung sowie Kontraktionseinfluss

L = Länge der geprüften Strecke [m]

OD	PE 100 SDR 17	PE 100 SDR 11
32		1,28
40		1,95
50		3,10
63		4,95
75	8,30	7,22
90	12,01	10,35
110	18,02	15,57
125	23,76	20,04
140	29,81	25,39
160	38,93	32,90
180	49,26	41,79
200	60,81	51,74
225	76,96	65,41
250	95,90	81,27
280	120,17	102,17
315	151,94	129,22
355	192,81	164,48
400	246,02	208,76

Tab 2-14: Gerechnetes Wasservolumen V_k in $\frac{ml}{m}$

Die geprüfte Rohrleitung gilt als dicht, wenn sich im Verlauf der halbstündigen Prüfzeit t_k eine leicht steigende bis gleich bleibende Druckänderung ergibt. Die Prüfzeit kann in Zweifelfällen bis auf 1,5 Stunden erweitert werden. Der Druckabfall Δp_{zul} darf dabei, bezogen auf den in der Prüfzeit gemessenen Höchstwert, nicht mehr als 0,25 bar betragen.

Innendruckprüfung nach dem Normalverfahren für alle Rohrwerkstoffe

Vorprüfung

Der Prüfdruck für PE-Rohrleitungen wird während einer Dauer gem. Tabelle 2-15 durch wiederholtes Nachpumpen (spätestens nach einem Druckabfall von 1-2 bar) gehalten.

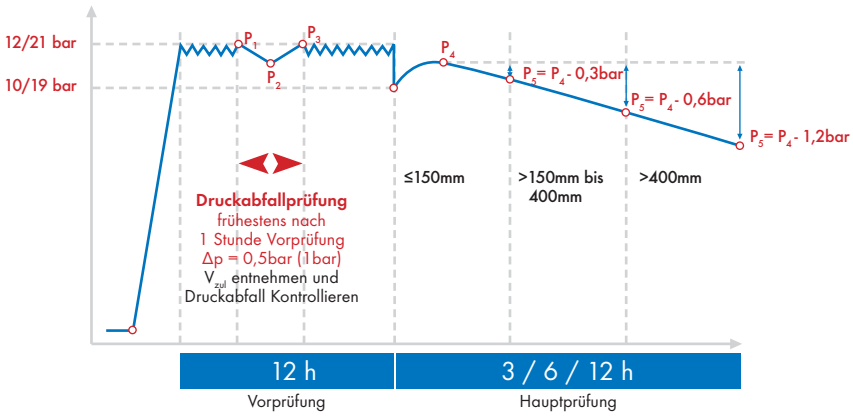


Abb 2-37: Schematischer Ablauf des Normalverfahrens

Druckabfallprüfung

Die Druckabfallprüfung dient der Feststellung der ausreichenden Entlüftung der Rohrleitung. Im Anschluss an die Vorprüfung, besser jedoch bereits 1 Stunde nach Beginn der Vorprüfung, ist eine Wassermenge ΔV zu entnehmen und zu messen.

Der Druckabfall sollte mindestens Δp=0,5 bar betragen. Bei kleinen Nennweiten und kurzen Prüfstrecken sind Drucksenkungen von über 1 bar sinnvoll. Die maximal zulässige Volumenänderung ΔV_{zul} wird mit folgender Gleichung bestimmt:

$$\Delta V_{zul} = 0,1 \cdot f \cdot \frac{\pi \cdot ID^2}{4} \cdot L \cdot \Delta p \cdot \left(\frac{1}{E_W} + \frac{ID}{E_R \cdot s}\right)$$

mit:

ΔV_{zul} = höchstzulässiges Wasservolumen [in ml]

Δp = gemessene Druckabsenkung (0,5 bar oder 1 bar)

ID = Rohrinnendurchmesser [in mm]

E_W = Kompressionsmodul von Wasser [2027 $\frac{N}{mm^2}$]

E_R = Elastizitätsmodul des Rohres [PE 100 = 1200 $\frac{N}{mm^2}$]

s = Wanddicke unter Berücksichtigung der mittleren Rohrwandtoleranzen

f = 1,05 Ausgleichsfaktor für unvermeidliche Lufteinschlüsse

L = Länge der geprüften Strecke [m]

Als ausreichende Luftfreiheit gilt, wenn das abgelassene Wasservolumen ΔV kleiner oder gleich dem höchstzulässigen Wasservolumen ΔV_{zul} ist. Sollte dies nicht der Fall sein, ist der zu prüfende Leitungsabschnitt nochmals zu entlüften.

Hauptprüfung

An die Vorprüfung und die Druckabfallprüfung schließt sich die Hauptprüfung an. Der Prüfdruck wird wieder aufgebracht und der Druckabfall über den Prüfzeitraum dokumentiert. Der zulässige Druckabfall und die Dauer der Hauptprüfung ergibt sich aus nachfolgender Tabelle 2-15. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn der ermittelte Druckabfall kleiner als der maximal zulässige Druckabfall ist.

Rohrwerkstoff	MDP bar	DN	Vorprüfung		Hauptprüfung		Zulässiger Druckabfall bar/h
			Druck/ STP bar	Zeit h	Druck/ STP bar	Zeit h	
PE 100 SDR 11	16	≤ 150	21	12	19	3	0,1
PE 100 SDR 11	16	200 bis 400	21	12	19	6	0,1
PE 100 SDR 11	16	> 400	21	12	19	12	0,1
PE 100 SDR 17	10	≤ 150	12	12	10	3	0,1
PE 100 SDR 17	10	200 bis 400	12	12	10	6	0,1
PE 100 SDR 17	10	> 400	12	12	10	12	0,1

Tab 2-15: Kennwerte für die Druckprüfung nach dem Normalverfahren

Anmerkung: Eine Beschreibung des Verfahrens gibt ebenso die DIN EN 805.

Grundsätzliche Hinweise zu Druckprüfungen

Die Rohrleitung soll im Ganzen, und nur falls notwendig in Abschnitte unterteilt geprüft werden. Dabei sind die Prüfabschnitte so festzulegen, dass der Prüfdruck an der tiefsten Stelle jedes Prüfabschnittes erreicht wird. Am höchsten Punkt jedes Prüfabschnittes muss mindestens der 1,1-fache Wert des höchsten Systembetriebsdruckes (MDP) erreicht werden. Prüfabschnitte können sich daher auch schon aus dem Höhenschnitt der Leitungstrasse ergeben. Am Beispiel einer SDR 11 Rohrleitung ergibt sich ein maximaler Höhenunterschied innerhalb eines Prüfabschnittes von etwa 34 m.

Beispiel: PE 100 SDR 11; MDP_a = 16 bar

$$STP_{min} = 1,1 \cdot MDP = 1,1 \cdot 16\,bar = 17,6\,bar$$

$$\Delta STP = STP - STP_{min} = 21\,bar - 17,6\,bar = 3,4\,bar$$



Abb 2-38

Schon bei der Planung sollten diese Abschnitte gleich zu Beginn berücksichtigt werden, damit eine reibungslose Abnahme der Leitung möglich ist.

Die benötigten Wassermengen, insbesondere für die Kontraktionsprüfung, müssen ebenso berücksichtigt werden, wie auch das schadfreie Ablassen des Prüfmediums nach erfolgter Prüfung.

Ebenfalls zu empfehlen ist, dass dem Füllwasser Desinfektionsmittel in Art und Dosis gemäß der Trinkwasser-Verordnung zudosiert wird.

Da in der Regel nicht genug Wasser zur Verfügung steht, um die Leitung luftfrei zu spülen, sollte eine Molchung gleich zu Beginn in die Planung aufgenommen werden.

Auch wenn das Prüfmedium Wasser weitestgehend inkompressibel ist sollten die auftretenden Kräfte und die daraus resultierenden möglichen Schäden nicht unterschätzt werden und in einem Sicherheitskonzept zu Druckprüfungen berücksichtigt werden. Das DVGW-Arbeitsblatt GW 310 „Widerlager aus Beton, Bemessungsgrundlagen" bietet folgende Formel zur Berechnung der wirkenden Kraft auf eine Endkappe.

$$N_k = 0,1 \cdot STP \cdot \frac{\pi \cdot OD^2}{4}\,[N]$$

Für eine Leitung OD 63 mm und einen Prüfdruck von 21 bar ergibt sich daraus:

$$N_k = 0,1 \cdot 21\,bar \cdot \frac{\pi \cdot (63\,mm)^2}{4} = 6546\,N = 6,55\,kN$$

also etwa 667 kg.

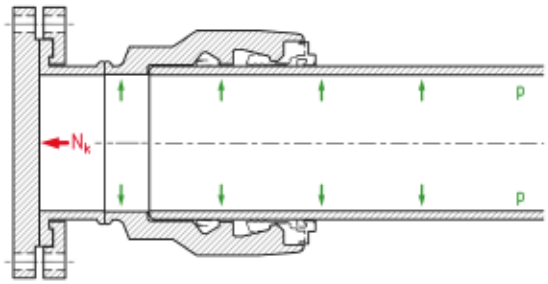


Abb 2-39: Quelle: DVGW Arbeitsblatt GW 310

2.6.3.2 Gasleitungen gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 469

Nach Fertigstellung einer Leitung oder Anlage muss nachgewiesen werden, dass diese für den Betrieb mit dem vorgesehenen zulässigen Betriebsdruck geeignet ist. Das Arbeitsblatt G 469 beschreibt in diesem Zusammenhang die für Leitungen und Anlagen der Gasversorgung anwendbaren Druckprüfverfahren. Druckprüfungen dienen zur Beurteilung der Festigkeit und/oder Dichtheit des geprüften Systems und tragen zum Nachweis der Sicherheit der Leitungen oder Anlagen bei.

Generell werden Druckprüfungen nach der Verwendung des Prüfmediums unterschieden, wobei grundsätzlich flüssige Medien (Wasser) oder gasförmige Medien (Luft, Betriebsgas) verwendet werden können.

Übersicht über die Verfahren nach DVGW-Arbeitsblatt G 469:

Prüfmedium / Prüfverfahren	Wasser		Luft	Betriebsgas
	einmalig	zweimalig		
	1	2	3	4
Sichtverfahren	A1	A2	A3	A4
Druckmessverfahren		B2	B3	–
Präzisionsdruckmessverfahren		–	C3	–
Druck- / Volumenmessverfahren		D2		–

Tab 2-16

Nachfolgend werden ausgewählte Verfahren in Kürze beschrieben, ausführlichere Informationen und weitere Verfahren liefert das o. a. Arbeitsblatt.

▪ Druckmessverfahren mit Luft B3

Bei diesem Druckmessverfahren wird die Beurteilung der Dichtheit aus der durch Feinmessung ermittelten Druckänderung während der Druckprüfung gewonnen. Dieses Verfahren finden deshalb insbesondere bei erdverlegten Leitungen Anwendung, die einer Besichtigung nicht zugänglich sind und wird bei möglichst vollständig eingeerdeten Leitungen angewendet. Andernfalls ist der Temperatureinfluss auf freiliegende Leitungsteile zu berücksichtigen.

Der Prüfdruck muss den maximal zulässigen Betriebsdruck um mindestens 2 bar übersteigen.

Der Druck in der Leitung ist während der Messung durch ein schreibendes Druckmessgerät aufzuzeichnen. Die Druckmessung ist mit einem mechanischen Druckschreiber mit ausgeblendetem Bereich von Prüfdruck +/- 1 bar oder mit elektronisch schreibenden Druckmessgeräten sowie Kontrollmanometer durchzuführen, dessen Messbereich etwa dem 1,5fachen des Prüfdruckes entspricht.

Für Messgeräte, die für die Druckprüfung verwendet werden (Druck- und Temperaturmessgeräte etc.) sind die Messunsicherheiten zu bestimmen und mittels Nachweis zu dokumentieren. Eine zulässige Druckänderung von 50 mbar erfordert beispielsweise ein Druckmessgerät mit einer Messunsicherheit kleiner gleich 17 mbar.

Die Dauer der Druckprüfung ist wie folgt zu ermitteln:

$$t = 0,5 \frac{h}{m^3} \cdot x \cdot V_{geo}$$

Dabei bedeutet:
t = Prüfdauer in Stunden
V_{geo} = geometrisches Leitungsvolumen in m^3

Die Mindestprüfdauer beträgt 30 Minuten, bei freiverlegten Leitungen beträgt die Mindestprüfdauer 2 Stunden.
Die zulässige Druckänderung beträgt 50 mbar.

Gemessen wird nach Aufbringen des Prüfdruckes (Druckzunahme max. 3 bar/min. bis zum Prüfdruck) und dem Erreichen des Beharrungszustandes. Als Anhaltspunkt für die Temperaturangleichung nach dem Befüllen kann per 1 bar Prüfdruck 1 h Wartezeit angenommen werden. Ein Kompressor mit Nachkühlung kann den Zeitraum verkürzen.

▪ Druck- / Volumen-Messverfahren D

Die Durchführung des Druck-/Volumen-Messverfahren wird in dem VdTÜV-Merkblatt Rohrleitungen 1060 „Richtlinien für die Durchführung des Stresstests" beschrieben. Dieses Verfahren wird als Wasserdruckprüfung ausgeführt, welches dem Druckmessverfahren B weitestgehend entspricht. Bei der Durchführung dieser Prüfung werden die Rohre und Rohrbögen bis an den Bereich der Streckgrenze unter Beachtung der zulässigen integralen plastischen Verformung beansprucht.

Diese Prüfung
- ermöglicht insbesondere das Auffinden von Schwachstellen mit dem Vorteil einer integralen und aussagekräftigen Schlussprüfung.
- begünstigt eine Gesundung von kerb- und rissähnlichen Fehlern in dem Sinne dass die entstandenen Kerb- und Rissspitzen eine Plastifizierung und Abrundung erfahren.
- gibt die Möglichkeit des Spannungsabbaus in Schweißnähten, welches einer thermischen Entspannung im Resultat gleichbedeutend ist.

Die Durchführung dieses Druck-/Volumen-Messverfahrens erfordert eine unmittelbar nachfolgende Dichtigkeitsprüfung mit reduziertem Prüfdruck analog zu dem Druckmessverfahren B2.

▪ Präzisionsdruckmessverfahren mit Luft C3

Basis für die Berechnung des Prüfdrucks STP ist der maximal zulässige Betriebsdruck gemäß der Formel:

$$STP = 1,1 \cdot MOP$$

Jedoch muss der Prüfdruck STP mindestens den maximal zulässigen Betriebsdruck MOP um 2 bar übersteigen.

$$STP = MOP + 2bar$$

Es gilt der jeweils höhere Wert.

Die Füllung mit Luft erfolgt mit maximal 3 bar/min, der Einsatz von gekühlten Kompressoren ist dringend angeraten. Um unter weitestgehend stabilen Prüfbedingungen zu arbeiten sollte als Anhaltswert für die Temperaturangleichung 1 h je bar Prüfdruck gewartet werden.

Die Prüfdauer bestimmt sich aus:

$$t_{min} = 0,5 \frac{h}{m^3} \cdot V_{geo}$$

mit V_{geo} = geometrisches Volumen der Leitung

jedoch minimal 2 Stunden bei Messung der Erdtemperatur bzw. minimal 24 h ohne Messung der Erdtemperatur. Ob das Verfahren mit oder ohne Messung und Berücksichtigung der Erdtemperatur zum Einsatz kommt legt der Sachverständige fest, ebenso wie die Dauer der Messung.

Nach Ablauf der Beruhigungszeit wird der Ablasstest zur Feststellung der Messgenauigkeit durchgeführt. Durch Ablassen von 1/1000 des Volumens über einen Gaszähler oder mittels eines kalibrierten Druckmessbehälters muss die sich ergebende Druckänderung 1 mbar betragen. Bei Leitungsvolumen kleiner 1 m³ kann das Ablassvolumen durch den Sachverständigen auf 10/1000 abgesenkt werden. Eine Druckänderung von 10 mbar ± 1 mbar muss sich dabei einstellen, um die geforderte Messgenauigkeit nachzuweisen. Die Messung des Gasvolumens erfolgt nach der Entspannung mittels geeigneter Messeinrichtung.

Die Prüfung erfolgt durch das Beurteilen des Drucks in der Leitung während der Prüfzeit (ggfs. unter Berücksichtigung von Temperaturänderungen). Freiliegende Leitungsteile sind gegen Temperatureinflüsse zu schützen.

Die zulässige Druckänderung in der Prüfzeit beträgt

$$\Delta_{pzul} = \pm p_{abs} \cdot 1,4 \cdot 10^3 \, [mbar]$$

Die Auswertung erfolgt mit Temperaturkompensation

$$\Delta t_f = \left(\frac{V_a}{100}\right) \cdot (T_{f1} - T_{f2}) \, [K]$$

$$\Delta p_a = \left(\left(\frac{p_{abs\,1}}{T_{f1}}\right) \Delta T_f\right) [mbar]$$

$$\Delta p = p_{abs\,1} - p_{abs\,2} - p_a \, [mbar]$$

mit
V_a = relativer Volumenanteil der freiliegenden Leitung [%]
p_{abs} = Absolutdruck in der Leitung [mbar]
Δ_p = Druckänderung [mbar]
Δ_{pa} = Druckänderung durch Temperatureinfluss [mbar]
Δ_{pzul} = zulässige Druckänderung durch Temperatureinfluss [mbar]
T_f = Temperatur der freiliegenden Leitungsteile [K]
ΔT_f = Temperaturänderung der freiliegenden Leitungsteile [K]

Index 1 und 2 am Anfang und Ende des Messzeitraumes

Erfolgt keine Absolutdruckmessung so ist die Veränderung des Luftdruckes im Prüfzeitraum entsprechend zu berücksichtigen.

Die Abnahme der Rohrleitung im Prüfverfahren C3 erfolgt durch einen Sachverständigen.

Es gelten die Normen und Richtlinien in der jeweils aktuell gültigen Fassung.


20
10
30
300
400
500
100
0
psi
bar


125x
170/-
10/0,25 P
LEITZ WETZLAR GERMANY

3 Zulassungen und Qualitätskontrolle

Qualitäts-, Umwelt- und Energiemanagement

Seit Jahrzehnten setzen wir mit intelligenten Innovationen Maßstäbe bei der Produktion von Kunststoffrohrsystemen. Nachhaltigkeit bedeutet dabei für uns, auch im Sinne zukünftiger Generationen zu handeln. Verantwortung empfinden wir gegenüber unseren Kunden, unseren Mitarbeitern und der Gesellschaft.

Unser Ziel ist es, die Qualität und Umweltverträglichkeit unserer Produkte und Dienstleistungen kontinuierlich zu verbessern. Der sparsame Einsatz der genutzten Energien und Ressourcen ist uns dabei genauso wichtig wie das Wohlbefinden unserer Mitarbeiter, der Arbeits- und Gesundheitsschutz.



Das Qualitätssicherungs-Team bei egeplast stellt daher nicht nur die dauerhafte Qualität der Produkte, Prozesse und Rohstoffe sicher, sondern sorgt auch für die Einhaltung von Regeln zur Umwelt- und Energieressourcenschonung.

Qualität

Um unseren Kunden dauerhaft hohe Qualität bieten zu können, hat egeplast ein unternehmensweites Qualitätsmanagementsystem eingeführt, welches die hohen Qualitätsstandards der Produkte, Rohstoffe und Prozesse sicherstellt.
Die Qualitätssicherung basiert dabei auf dem nationalen und internationalen Regelwerk. Doch egeplast geht bei der Sicherstellung der Qualität über dieses Regelwerk hinaus. Täglich führen qualifizierte und motivierte Mitarbeiter weitere Kontrollen und Tests mit modernster Technik durch.

Produkte und Prozesse werden dabei nicht nur kontrolliert. Die unternehmensweite Qualität wird von vornherein geplant und ständig überwacht, um mögliche Fehler im Voraus zu vermeiden, statt erst hinterher zu beseitigen. Das Qualitätsmanagement-System wird kontinuierlich verbessert, um dauerhaft höchsten Ansprüchen zu genügen.

Kontrollen durch neutrale externe Prüfinstitute ergänzen die umfangreiche Selbstkontrolle.

Qualität bezieht sich jedoch nicht allein auf die Produkte und die verwendeten Rohstoffe. Qualität wird bei egeplast während der gesamten Auftragsbearbeitung sichergestellt – vom Auftragseingang, über die Bearbeitung, bis zur letztendlichen Auslieferung und Nachbearbeitung.

Umwelt

egeplast fühlt sich der Umwelt gegenüber verantwortlich und setzt sich sehr für eine umweltfreundliche Produktion der technisch anspruchsvollen Rohrsysteme ein. Das egeplast Umweltprogramm befasst sich nicht allein mit der Natur, sondern achtet ebenso auf die verwendeten Energien, die Materialien und nicht zuletzt den Menschen, der mit seiner Arbeitskraft für die verantwortungsvolle Produktion des Rohrsystems sorgt. Alle beteiligten Mitarbeiter achten auf den verantwortungsvollen Umgang mit Energien, Materialien und Wasser.

Das egeplast-Umweltmanagementsystem wurde 2009 erstmals vom SKZ nach DIN EN ISO 14001 zertifiziert.

Energie

Die Herstellung von PE-Rohren erfordert den Einsatz von Strom zum Betrieb der Extruder. Um Übertragungsverluste des transformierten Stroms zu vermeiden, sind die Transformatoren in unmittelbarer Nähe zu den Extrudern angebracht. Hierbei setzen wir auf moderne luftgekühlte Trafos, um die mit ölgekühlten Systemen verbundenen Sicherheitsrisiken zu vermeiden.

Die eigentliche energetische Herausforderung liegt jedoch in der Kühlung der Produktionsstrecken. Die extrudierten Rohre müssen beim Durchlaufen der Anlage heruntergekühlt werden. Hierbei fallen erhebliche Mengen Kühlwasser an. Dessen Restenergie wird weitestgehend genutzt und darüber hinaus wird das Wasser in einem geschlossenen Kühlkreislauf geführt. Das Kühlsystem basiert auf drei Säulen: Bei niedrigeren Außentemperaturen übernehmen Luftkühler einen Großteil der Arbeit. Steigt die Außentemperatur, wird das Grundwasserkühlsystem geschaltet. In zwei bis drei Metern Tiefe wird das Kühlwasser in PE-Rohrschlangen durch das Grundwasser geführt und so gekühlt. Die dritte Säule bildet schließlich ein Wärmetauscher, der auf zirkulierendes Tiefengrundwasser als Kühlmedium zurückgreift.

Dieses hochmoderne System ermöglicht nebenbei erhebliche Energieeinsparungen beim Heizen der Produktionshalle sowie von Büro-, Sozial- und Waschräumen.

Neben der Re-Zertifizierung nach DIN EN ISO 14001:2009 für Umweltmanagementsysteme wurde 2012 erstmalig das egeplast-Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001-2011 zertifiziert. Damit ist egeplast Vorreiter in Sachen Energieeffizienz. egeplast konnte innerhalb von zwei Jahren sowohl den Energiebedarf als auch den Wasserbedarf zur Produktion von einem Meter Rohr um einen zweistelligen %-Betrag senken.

4 Abkürzungen und Definitionen

Definitionen nach DIN EN 805

Abkürzungen[1]	Deutsch	Englisch	Französisch	
DP	Systembetriebsdruck	design pressure	pression de calcul en régime permanent	Systembezogen
MDP	Höchster System-betriebsdruck	maximum design pressure	pression maximale de calcul	
STP	Systemprüfdruck	system test pressure	pression d'épreuve du réseau	
PFA	Zulässiger Bauteilbe-triebsdruck	allowable operating pressure	pression de fonction-nement admissible	Bauteilbezogen
PMA	Höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck	allowable maximum operating pressure	pression maximale admissible	
PEA	Zulässiger Bauteil-prüfdruck auf der Baustelle	allowable site test pressure	pression d'épreuve admissible sur chantier	
OP	Betriebsdruck	operating pressure	pression de fonction-nement	Systembezogen
SP	Versorgungsdruck	service pressure	pression de service	

[1] = gültig für alle Sprachen

DN/OD	Nennweite, bezogen auf den Außendurchmesser
DN/ID	Nennweite, bezogen auf den Innendurchmesser
OD	Außendurchmesser
ID	Innendurchmesser
LCL	untere Vertrauensgrenze (en: lower confidence limit)
MFR	Schmelzindex (en: melt mass-flow rate)
MRS	erforderliche Mindestfestigkeit (en: minimum required strength)
OIT	Oxidations-Induktionszeit
PE	Polyethylen
PFA	zulässiger Bauteilbetriebsdruck (fr: pression de fonctionnement admissible)
PN	Nenndruck
S	Rohrserie S nach ISO 4065
SDR	Durchmesser-Wanddicken-Verhältnis (en: standard dimension ratio)

Tab 4-1

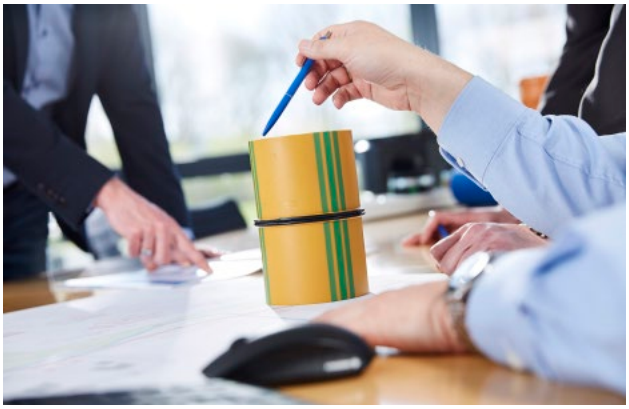

egeplast

5 Service

Nichts verpassen! Mit der egeNews bleiben Sie immer auf dem Laufenden – mit spannenden Baustellenberichten, Produktnews, Tipps, Trends und Neuigkeiten aus der Branche.



Beratung in der Projektplanung



Kostenlose Online-Planungshilfen



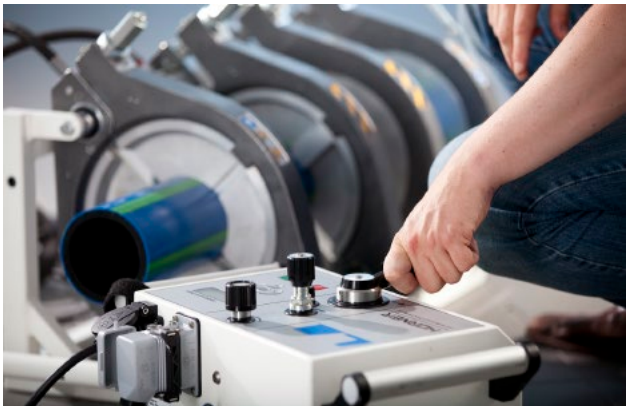
Bereitstellung von Ausschreibungstexten



Unterstützung während der Baumaßnahme vor Ort / online



Schweißmaschinen- und Spannbacken-Verleih, Zubehör



Seminare



Hinweise

Polyethylen als Rohrwerkstoff ist im Vergleich zu den traditionellen Werkstoffen noch recht jung, obwohl man bereits auf eine mehr als fünfzigjährige Erfahrung zurückblicken kann. Aufgrund der problemlosen Verlegung, der hervorragenden Dauergebrauchseigenschaften und der hohen Wirtschaftlichkeit ist Polyethylen in der Versorgung heute der Werkstoff Nummer 1. Im Verlauf der Jahre wurden die PE-Werkstoffe hinsichtlich Qualität und Funktionalität der Rohre konsequent optimiert. Ebenso ist eine Reihe von Regelwerken und Normen entstanden, die das Anwendungsgebiet von PE-Rohren beschreiben.

Diese Broschüre soll den Planern und Anwendern eine Übersicht über die wichtigsten Regeln der Technik geben. Es werden die grundlegenden Berechnungen zur Rohrleitungsplanung vorgestellt und ein Überblick über die wichtigsten Verlegeverfahren gegeben. Die nachfolgenden Informationen in dieser Unterlage entsprechen dem Stand der Technik zum Zeitpunkt der Erstellung. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und dienen der Unterrichtung und Beratung, eine Verbindlichkeit kann hieraus nicht hergeleitet werden. Änderungen sind vorbehalten.

Rückfragen zum Einbau, der Verwendung, der Wartung oder Reparatur unserer Produkte oder andere Fragen beantwortet Ihnen gerne unser Kundenservice. Außerdem stehen Ihnen unser Außendienst und unsere anwendungstechnische Abteilung gerne im Rahmen einer technischen Einweisung zur Verfügung.

Herausgeber:
egeplast international GmbH

Ausgabe:
April 2026

Telefon: +49 2575 9710-0
Fax: +49 2575 9710-110
e-mail: info@egeplast.de

Wir weisen darauf hin, dass eine Gewährleistung entfällt, wenn und soweit die in dieser Unterlage enthaltenen Angaben zum ordnungsgemäßen Einbau und der Verarbeitung sowie zur ordnungsgemäßen Verwendung unserer Produkte nicht genau befolgt werden. Entsprechende Sicherheitsvorschriften sowie die aktuell gültigen Normen, Richtlinien und Regelwerke sowie weitere relevante Vorschriften sind zu beachten.

Für den Verkauf und die Lieferung unserer Produkte gelten ausschließlich unsere jeweils aktuellen Allgemeinen Geschäftsbedingungen, die Sie auf unserer Website unter www.egeplast.de abrufen können.

Ein Nachdruck oder die Vervielfältigung dieser Unterlagen, auch auszugsweise, bedarf der schriftlichen Genehmigung der egeplast international GmbH.

Informationen, Quellen und Hintergründe zu unserem Nachhaltigkeitsmanagement finden Sie auf unserer Website unter www.egeplast.de/nachhaltigkeit

egeplast

Notizen

Notizen

egeplast international GmbH

Tel.: +49 2575 9710-0 | Fax: +49 2575 9710-110
Robert-Bosch-Straße 7 | 48268 Greven, Germany
info@egeplast.de | www.egeplast.de

egeplast

ege 2044 DE 09/23