

Fachverband der  
Kunststoffrohr-Industrie



---

# Kunststoffrohrsysteme für die Trinkwasser- versorgung



# Inhalt

---

	<i>Seite</i>
1 Trinkwasserverteilungsanlagen.....	4
1.1 Bedeutung .....	4
1.2 Beispiel eines Trinkwasserverteilungssystems....	4
1.3 Druckzonen .....	5
1.4 Hydraulische Bemessung.....	6
1.5 Statische Bemessung.....	7
1.6 Weitere Planungsgrundsätze .....	7
1.7 Rohre und Formstücke .....	8
1.7.1 Druckrohre aus PVC-U .....	9
1.7.2 Druckrohre aus PE .....	11
1.7.3 Trinkwasserleitungen aus PE-X .....	13
1.7.4 PE-HD-Rohre mit Schutzmantel .....	14
1.7.5 Rohrleitungen aus GFK.....	15
1.8 Bau von Trinkwasserleitungen.....	16
1.8.1 Allgemeine Anforderungen.....	16
1.8.2 Transport und Lagerung .....	16
1.8.3 Einbau von Rohren und Rohrleitungsteilen ....	17
1.8.4 Herstellen der Rohrverbindungen .....	18
1.8.5 Flexibilität .....	21
1.8.6 Einbau von Armaturen .....	22
1.8.7 Rohrgraben.....	22
1.8.8 Temperatenausgleich vor der Verfüllung der Rohrleitungszone.....	23
1.8.9 Grabenverfüllung.....	23
1.8.10 Innendruckprüfung.....	23
1.8.11 Spülung und Desinfektion .....	24
1.9 Alternative Verlegeverfahren .....	24
1.10 Weitere Anwendungsgebiete.....	26
2 Hausanschlußleitungen .....	27

Text und Bebilderung  
füßen weitgehend auf Beiträgen von  
Herrn Dipl.-Ing. Heinz Bernd Schulte  
unter Mitwirkung von  
Herrn Dr. Wilhelm Rauch  
Herrn Dipl.-Ing. Ralf Wolter  
Herrn Dipl.-Ing. Holger Schulz.

Der Kunststoffrohrverband  
dankt für diese Unterstützung.

## Impressum

---



Fachverband der  
Kunststoffrohr-Industrie  
Dyroffstraße 2 · 53113 Bonn  
Telefon: (02 28) 9 14 77 - 0 · Telefax: (02 28) 21 13 09  
Internet: <http://www.krv.de> · e-mail: [kunststoffrohrverband@krv.de](mailto:kunststoffrohrverband@krv.de)

1. Auflage, Juni 2000

# Einführung

Leitungssysteme für die Trinkwasserversorgung stellen für die Versorgungsunternehmen ein hohes Investitionskapital dar. Deshalb kommt es neben höchsten Anforderungen an die Qualität von Rohren und ihren Verbindungen vor allem auf die Wirtschaftlichkeit an.

Unverkennbar sind dabei die Kostenvorteile von Kunststoffrohrsystemen in der Trinkwasserversorgung gegenüber Stahl und Guß beim Material und der Rohrverlegung (Bild 1). Im Nennweitenbereich DN 100 z.B. ist der Einsatz von Stahl und Guß mehr als doppelt so teuer wie der von Kunststoff.

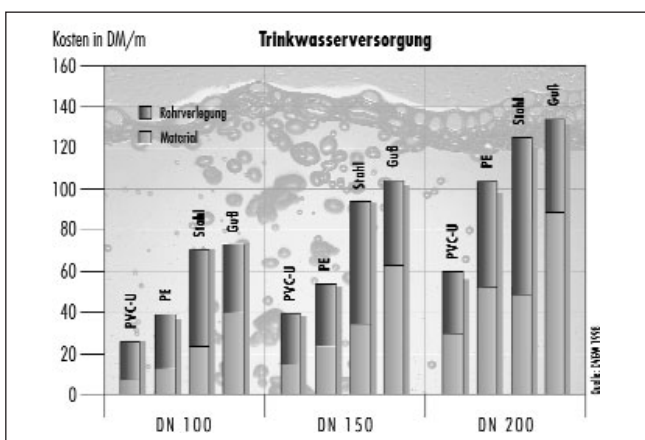


Bild 1: Kosten für Material und Rohrverlegung

Diese Kostenvorteile gelten somit auch für den Einsatz von Rohrwerkstoffen bei der Erschließung von Trinkwasser-Verteilungsnetzen, wo Kunststoffrohre bei der jährlichen Neuverlegung kontinuierlich einen Anteil von über 60 % erreichen.

In der Trinkwasserversorgung fanden Kunststoffrohre ihre erste Anwendung. Widerstandsfähigkeit, Langlebigkeit und Umweltverträglichkeit zeichnen sie aus. Das wertvolle und nicht ersetzbare „Lebensmittel Trinkwasser“ verdient größte Sorgfalt beim Transport. Innovative Kunststoffrohrsysteme bieten da klare Vorteile:

- ▷ dauerhafte Dichtheit durch eine ausgereifte Verbindungstechnik
- ▷ einfache und schnelle Verlegung der leichten Rohre
- ▷ Korrosionsbeständigkeit gegenüber aggressiven Böden
- ▷ keine Inkrustationen, kaum Druckverluste angesichts der glatten Rohrwand

Mit einem vom Kunststoffrohrverband und der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre eingeführten bundesweiten Sammel- und Wiederverwertungssystem für Kunststoffrohrmaterial schließt sich zudem der Stoffkreislauf: ein wichtiger Umweltbeitrag.

Damit erfüllen Kunststoffrohre für die Trinkwasserversorgung alle wichtigen Anwendungskriterien.

Die Kostenentwicklung im klassischen Rohrleitungsbau und die geänderten Ansprüche an den Schutz der Umwelt haben zu einer zunehmenden Akzeptanz der grabenlosen Verlegetechniken mit Kunststoffrohren geführt.

Im Rahmen der Diskussion über Kostensenkungspotentiale in der Trinkwasserversorgung wurden weitere alternative Verlegeverfahren für Kunststoffrohrleitungen entwickelt, z.B. die maschinelle Verlegung mittels Einpflügen oder das Einfräsen von Rohrleitungen. Diese Methoden haben vor allem für die Verlegung von Rohren außerhalb innerstädtischer Bereiche und in ländlich strukturierten Regionen an Bedeutung gewonnen.

Schließlich stehen für den Sanierungsbedarf technisch erprobte und wirtschaftlich günstige Verfahren mit Kunststoffsystemen zur Verfügung. Sie bedeuten in der Regel kleine Baustellen, kurze Bauzeiten und geringe Umweltbelastungen.

Kunststoffrohre und Formstücke mit ihren Verbindungen für die Trinkwasserversorgung sind Stand der Technik und Teil des modernen Bauens!

Der Wasserbedarf in Deutschland wird zu 65 % aus Grundwasser, zu 25 % aus Oberflächenwasser und zu 10 % aus Quellwasser gedeckt.

Die jährliche Gesamtförderung der ca. 1.500 deutschen Versorgungsunternehmen liegt über 5 Mrd. m<sup>3</sup> Wasser. Das unentbehrliche Naß ist sehr kostbar; man kann es an den steigenden Gebühren für die Frischwasserversorgung ablesen. Die Statistik belegt, daß die Bundesbürger zunehmend umweltbewußter mit Wasser umgehen. Der durchschnittliche Verbrauch an Trinkwasser je Einwohner und Tag sank von 1990 bis 1998 um rund 12 %; 127 Liter sind im internationalen Vergleich ein guter Wert (Bild 2).

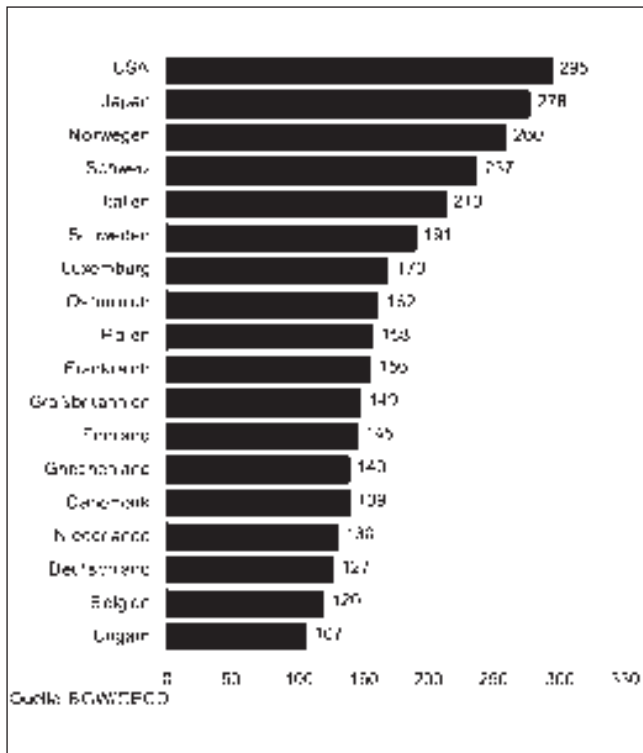


Bild 2: Durchschnittlicher Haushaltswasserverbrauch je Einwohner und Tag (einschließlich Kleingewerbe) in Liter

## 1 Trinkwasserverteilungsanlagen

### 1.1 Bedeutung

Die öffentliche Wasserversorgung Deutschlands hat im Zeitraum von 1960 bis 1998 insgesamt etwa 75 Mrd. DM investiert. Davon wurden im Durchschnitt 62 % für das Rohrnetz, 11 % für Gewinnungsanlagen, 8 % für Aufbereitungsanlagen, 7 % für Speicher und 12 % für sonstige Maßnahmen ausgegeben (s. auch Bild 3).

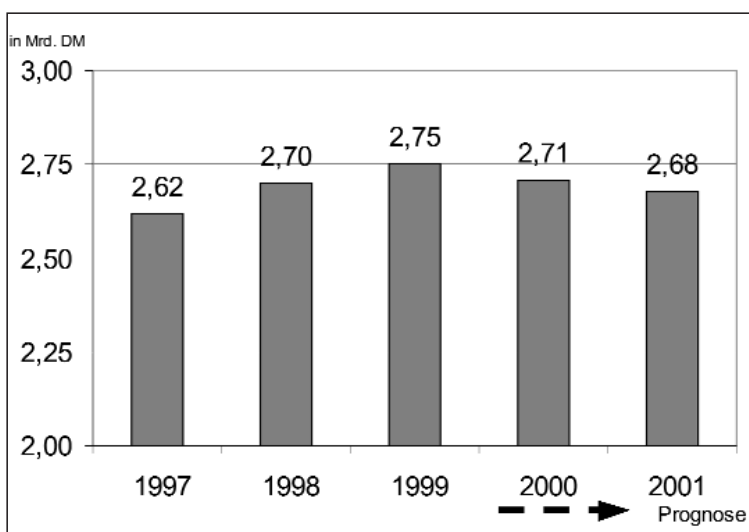


Bild 3: Investitionen in das Rohrnetz der öffentlichen Wasserversorgung Deutschlands

Der Auswahl der Rohrleitungsteile und dem Korrosionsschutz kommt eine besondere Bedeutung im Hinblick auf Versorgungssicherheit und Nutzungsdauer zu, zumal Reparaturen meistens mit besonderen Problemen (Verkehrsbehinderung, Unterbrechung der Versorgung) verbunden sind.

Daher sind verschiedene technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte bei der Planung von Rohrleitungen und Rohrnetzen zu beachten:

- ▷ hohe Versorgungssicherheit
- ▷ Gesamtwirtschaftlichkeit (geringe Jahreskosten aus Kapitaldienst, Betrieb und Instandhaltung)
- ▷ einfache Erweiterungsmöglichkeiten
- ▷ keine nachteilige Beeinflussung des Trinkwassers
- ▷ einfache Überwachung von Netzteilen
- ▷ Leistungsreserven des Netzes bzw. der Leitungen.

Da sich diese Vorstellungen kaum gemeinsam verwirklichen lassen, kommt es auf die Gewichtung der Ziele an (s. hierzu DVGW-Merkblatt W 403).

Bereits in den 50er Jahren wurden in der Trinkwasserversorgung vermehrt Kunststoff-Druckrohre aus PVC-U und PE eingesetzt. Ihre positiven Eigenschaften waren Voraussetzung hierfür.

Inzwischen stehen bewährte Verbindungen sowie ein breites Sortiment an Formstücken und Armaturen zur Verfügung und verschaffen den Versorgungsleitungen aus Kunststoff in der deutschen Versorgungswirtschaft Vorteile im Wettbewerb mit traditionellen Rohwerkstoffen.

### 1.2 Beispiel eines Trinkwasserverteilungssystems

Eine Trinkwasserverteilungsanlage (Bild 4) besteht aus folgenden Leitungsarten:

- ▷ Zubringerleitungen
- ▷ Hauptleitungen
- ▷ Versorgungsleitungen
- ▷ Anschlußleitungen.

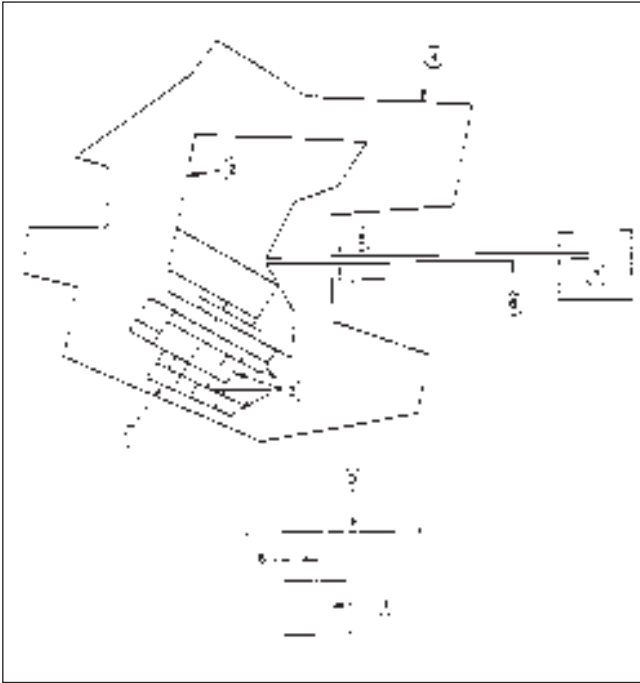


Bild 4: Prinzip einer Trinkwasserverteilungsanlage

1 Rohrnetz, 2 Hauptleitung, 3 Versorgungsleitung, 4 Versorgungsgebiet, 5 Wasserbehälter (kann vorhanden sein), 6 Zubringerleitung, 7 Wassergewinnungs- oder -aufbereitungsanlage, 8 Anschlußleitung, 9 Verbraucher

### Zubringerleitungen

Zubringerleitungen verbinden die Wasseraufbereitungsanlagen und Wasserbehälter mit dem Versorgungsgebiet, ohne daß üblicherweise eine direkte Verbindung zum Verbraucher besteht.

Die Leitungen werden auf kurzem Wege – möglichst unter Umgehung von Ortschaften – durch freies Gelände geführt.

### Hauptleitungen

Über Hauptleitungen wird die Verteilerfunktion innerhalb eines Versorgungsgebietes erzielt. Auch sie haben üblicherweise keine direkte Verbindung zum Verbraucher.

Empfohlen wird, die Leitungen in vertretbaren Abständen

- ▷ bei Zubringerleitungen 5 km
- ▷ bei Hauptleitungen 2 km

mit Absperrarmaturen zu versehen. Zwischen Streckenabsperrarmaturen sollten Vorrichtungen zur Druckabsenkung angebracht werden.

Die Teilstrecken müssen möglichst auch zu entleeren sein. Sofern wartungsbedürftige Leitungsteile untergebracht werden müssen, sollten diese in Gebäuden und Schächten angeordnet sein.

### Versorgungsleitungen

Versorgungsleitungen übernehmen die Verteilung bis unmittelbar zur Anschlußleitung. Diese Leitungsabschnitte wie auch die Hauptleitungen werden in der Regel innerhalb der öffentlichen Verkehrsflächen untergebracht, möglichst längs der Straße oder – falls möglich – in Bürgersteigen und Randstreifen. Sie werden grundsätzlich auf der Straßenseite angeordnet, auf der die meisten Hausanschlüsse erwartet werden. Bei breiten, mehrspurigen Fahrbahnen werden auch beidseitig Leitungen untergebracht. Es empfiehlt sich, Ringverbindungen vorzusehen.

### Hausanschlußleitungen

Hausanschlußleitungen übernehmen die Trinkwasserverteilung zum Verbraucher hin und sollten möglichst geradlinig, rechtwinklig und auf kürzestem Wege von der Versorgungsleitung zum Gebäude geführt werden. Die Trasse sollte frei von Hindernissen sein, damit sie leicht zugänglich und einfach zu überwachen ist. Sie ist frostsicher und – soweit möglich – mit gleichmäßiger Steigung zum Gebäude hin auszuführen.

## 1.3 Druckzonen

Hauptleitungen, Versorgungsleitungen und Hausanschlußleitungen sind mindestens für PN 10 auszulegen. Der höchste Druck ohne Druckstöße soll etwa 2 bar unter dem Nenndruck der Leitung liegen.

Nenndruck PN 10	10 bar
Reserve für Druckstöße In der Regel höchster Ruhedruck	8 bar
Druckminderer in der Verbrauchsanlage	6 bar
Empfohlener Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone	5 bar

In Gebieten mit ausgeprägten Tief- und Höhenlagen müssen zur Einhaltung eines ausreichenden Versorgungsdruckes einzelne Druckzonen geschaffen werden (Bild 5). Jede Druckzone ist als selbständige Versorgung anzusehen und sollte über eigene Speicher verfügen. Die Druckzonen sind durch zu kennzeichnende Schieber voneinander getrennt.

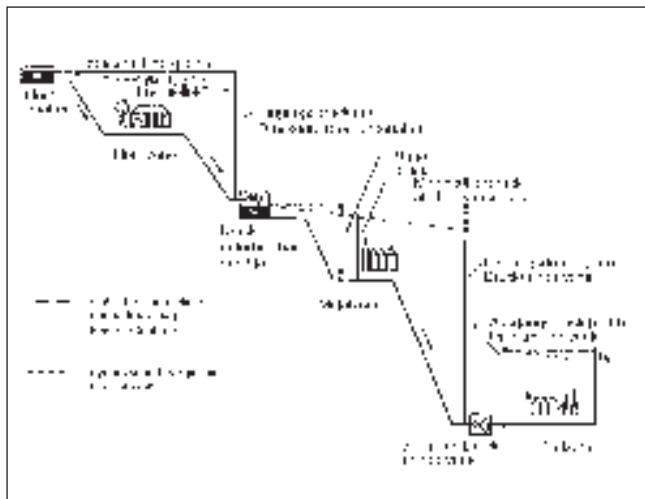


Bild 5: Beispiel für die Teilung eines Versorgungsgebietes in Druckzonen

Stehen durch die topographischen Verhältnisse und Versorgungsgegebenheiten zu hohe Drücke an, so können diese durch Druckunterbrecherbehälter oder Druckminderer reduziert werden.

In Fällen, in denen die Versorgungsdrücke in einem Gebiet nicht ausreichend sind, werden die entsprechenden Zonen über Druckerhöhungsanlagen versorgt. Für einzelne hochgelegene Gebäude sollen keine Druckzonen eingerichtet werden.

Die Versorgung der einzelnen Druckzonen kann über einen eigenen Hochbehälter, über Druckminderer oder Druckunterbrecher aus einer höher gelegenen Druckzone oder über eine Druckerhöhungsanlage aus einer tiefer gelegenen Druckzone realisiert werden.

Der Versorgungsdruck ist gemäß DVGW-Merkblatt W 403 so zu bemessen, daß am Hausanschluß unmittelbar vor dem Wasserzähler folgende Mindestdrücke nicht unterschritten werden:

empfohlener Versorgungsdruck gemessen am Hausanschluß	neue Netze	bestehende Netze
für Gebäude mit EG	2,00 bar	2,00 bar
für Gebäude mit EG und 1 OG	2,50 bar	2,35 bar
für Gebäude mit EG und 2 OG	3,00 bar	2,70 bar
für Gebäude mit EG und 3 OG	3,50 bar	3,05 bar
für Gebäude mit EG und 4 OG	4,00 bar	3,40 bar

Falls Rohrnetze auf dieser Grundlage bemessen werden, steht bei DIN-gerechter Auslegung der Wasserverteilungsanlagen innerhalb des Gebäudes ein Mindestdruck von ca. 1 bar an der am ungünstigsten gelegenen Wasserentnahmestelle zur Verfügung.

## 1.4 Hydraulische Bemessung

Neu zu planende Wasserversorgungsanlagen bzw. Erweiterungsbauwerke sollen nicht nur den derzeitigen Versorgungsverhältnissen Rechnung tragen, sondern müssen auch langfristig die Trinkwasserversorgung sicherstellen, d.h. die Anlagen sind unter Berücksichtigung des zukünftig zu erwartenden Bedarfs auszulegen. Hierbei sollten Prognosezeiträume von 20 bis 30 Jahren in Ansatz gebracht werden.

Ist der Wasserbedarf ermittelt, kann die Dimensionierung des Netzes bzw. der Rohrleitung festgelegt werden.

Mit Hilfe der hydraulischen Berechnung sind für das Versorgungssystem

- ▷ die Deckung des geschätzten Wasserbedarfs
- ▷ der Betrieb mit angemessenen Fließgeschwindigkeiten und
- ▷ der Betrieb innerhalb des erforderlichen Druckbereiches

nachzuweisen.

Zudem sind der Systembetriebsdruck sowie der höchste Systembetriebsdruck an entsprechenden Stellen des Systems festzusetzen und die für die Sicherstellung der Durchflußanforderungen erforderlichen Durchmesser zu prüfen.

### Rohrnetzrechnung

Bei der Rohrnetzrechnung ist grundsätzlich zwischen Versorgungsnetzen und verfahrenstechnischen Netzen zu unterscheiden. Hierbei werden noch unterschiedliche Anforderungen an die entsprechenden Rechenverfahren gestellt. Ein Versorgungsnetz ist in der Regel größer und stärker vermascht. Bei einem verfahrenstechnischen Netz ist die Ermittlung der Strangwiderstände aufwendiger, da in den einzelnen Strängen Apparate eingebaut sein können, deren Widerstand zu halten im allgemeinen von vielen Parametern abhängt.

Rohrnetzrechnungen dienen einer möglichst kostengünstigen und versorgungssicheren Dimensionierung bei der Neuverlegung oder dem Ausbau bestehender Versorgungsnetze. Die für die Rechnung wesentlichen Vorgaben sind ein bestimmter Mindestversorgungsdruck an jedem Knoten und eine obere Grenze für die Strömungsgeschwindigkeit.

## Druckstoß

Zu den Hauptbeanspruchungen erdverlegter Druckrohre zählt auch der maximale innere Betriebsdruck. Er setzt sich zusammen aus dem hydrostatischen und hydrodynamischen Innendruck sowie dem größtmöglichen positiven Druckstoß. Durch eine geeignete Führung der Trasse sowie durch die Einteilung z.B. des Trinkwasserverteilungsnetzes in Druckzonen können die Betriebsdrücke minimiert werden. Laut Empfehlungen des DVGW soll der Betriebsdruck aus wirtschaftlichen Gründen 8 bar nicht überschreiten. Durch plötzliches Öffnen oder Schließen hervorgerufene Durchflußveränderungen verursachen naturgemäß Druckschwankungen, wodurch Anlagenteile des Wasserversorgungssystems gefährdet werden können. Dieses sogenannte Druckstoßphänomen ist dadurch charakterisiert, daß die entstehenden Drücke nach oben und unten um den Ausgangsdruck der Druckleitungen pendeln.

Kurzfristige Änderungen der Durchflußmenge z.B. in Trinkwasserleitungssystemen und damit verbundene Änderungen der Fließgeschwindigkeit, die durch schnelles Öffnen und Schließen von Absperrarmaturen oder Ausschalten von Pumpen erzeugt werden, bewirken die Entstehung von Druckstößen in Rohrleitungen. Die so entstehenden Druckspitzen belasten die Rohrleitungen zusätzlich. Aufgrund des geringen E-Moduls (hohe Elastizität) von Kunststoffrohrleitungen (z.B. PVC-U 1750 N/mm<sup>2</sup>) wird die Druckwellengeschwindigkeit und damit die Druckstoßintensität im Vergleich zu starren Rohren (z.B. E-Modul metallischer Werkstoffe bis zu 175000 N/mm<sup>2</sup>) stark gemindert (Tafel 1).

Daraus folgt: Je höher der E-Modul des Rohrwerkstoffes ist, desto geringer ist die Dämpfung der Druckwellengeschwindigkeit – mit höherer Druckwellengeschwindigkeit steigt direkt die Druckstoßintensität.

	PVC-UDN 200 PN 10	PE 225x20,5 PN 12,5	GGG DN 200 KB
v = 0,5 m/s	1,45 bar	0,61 bar	5,99 bar
v = 1,0 m/s	2,90 bar	1,22 bar	11,98 bar
v = 1,5 m/s	4,36 bar	1,83 bar	17,98 bar

Tafel 1: Vergleich Druckstoßintensität in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit und dem Rohrleitungswerkstoff

Von daher und aufgrund der hydraulisch sehr glatten Innenoberfläche – was geringe Reibung und

damit geringen Druckverlust bedeutet – können Kunststoffrohrleitungen in niedrigeren Druckstufen ausgeführt werden.

## 1.5 Statische Bemessung

Für die statische Bemessung der Rohre sind im Hinblick auf einen sicheren und zuverlässigen Betrieb in Wasserversorgungssystemen folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- ▷ maximale und minimale Betriebstemperaturen und temperaturbedingte Belastungen
- ▷ höchstzulässiger Innendruck
- ▷ möglicher Abfall des Wasserdruckes auf den absoluten Druck 0,2 bar = 20kPa (0,8 bar = 80 kPa Unterdruck)
- ▷ planerische Nutzungsdauer von 50 Jahren
- ▷ Belastungen aus Grabenverfüllung, Auflast und Grundwasser
- ▷ Belastungen aus der Verlegung
- ▷ Verkehrslast (im allgemeinen SLW 60).

Langjährige Erfahrungen zeigen, daß bei Einhaltung der geltenden Verlegehinweise der Hersteller sowie der Anforderungen der DIN 19630 („Richtlinien für den Bau von Wasserrohrleitungen; technische Regeln des DVGW“) bzw. der zukünftigen europäischen Norm DIN EN 805 PVC-U- und PE-HD-Druckrohre der Druckstufe PN 10 im allgemeinen auch ohne Nachweis mit Überdeckungen > 0,8-1,0 m bei anstehendem, bindigem Mischboden und einer Verkehrslast SLW 60 eingesetzt werden können.

Im Rahmen der europäischen Normung und des bereits angesprochenen Schlußentwurfs prEN 805 („Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden“) müssen – solange keine europäische Norm über einheitliche Berechnungsverfahren vorhanden ist – die in den Produktnormen für die Klassifizierung verwendeten Berechnungsverfahren angegeben werden.

## 1.6 Weitere Planungsgrundsätze

Bei der Planung von Trinkwasserverteilungsanlagen sind sämtliche Annahmen, die sich auf die inneren Kräfte, die äußeren Kräfte, den Temperaturbereich und die Rohrleitungskräfte infolge Innendruck bezie-

hen sowie weitergehende Annahmen, die für die statische Bemessung der Rohrleitung relevant sind, festzulegen.

Weiterhin sind der Systembetriebsdruck (DP), der höchste Systembetriebsdruck (MDP) sowie der Prüfdruck (STP) unter Berücksichtigung aller maßgebenden Durchflußbedingungen festzulegen.

Die Rohrleitungsteile sind so auszuwählen, daß die Bedingungen nachstehender Tabelle erfüllt werden:

Rohrleitungsteile		System
PFA	≥	DP
PMA	≥	MDP
PEA	≥	STP
≥ 80 kPa Unterdruck		≤ 80 kPa Unterdruck

Erläuterung und Definition:

**DP = Systembetriebsdruck**  
höchster festgelegter Betriebsdruck des Systems oder einer Druckzone unter Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen, jedoch ohne Berücksichtigung von Druckstößen

**MDP = höchster Systembetriebsdruck**  
höchster festgelegter Betriebsdruck des Systems oder einer Druckzone unter Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen und Druckstöße

**STP = Systemprüfdruck**  
hydrostatischer Druck, der für die Prüfung der Unversehrtheit und Dichtigkeit einer neuverlegten Rohrleitung angewandt wird

**PFA = zulässiger Bauteilbetriebsdruck**  
höchster hydrostatischer Druck, bei dem ein Rohrleitungsteil im Dauerbetrieb standhält


**PMA = höchster zulässiger Bauteilbetriebsdruck**  
höchster zeitweise auftretender Druck einschließlich Druckstoß, dem ein Rohrleitungsteil standhält

**PEA = zulässiger Bauteilprüfdruck auf der Baustelle**  
höchster hydrostatischer Druck, dem ein neuinstalliertes Rohrleitungsteil für relativ kurze

Zeit standhält, um die Unversehrtheit und Dichtung der Rohrleitung sicherzustellen.

## 1.7 Rohre und Formstücke

### Allgemeine Anforderungen

Rohre und Formstücke für die Trinkwasserversorgung müssen allen Anforderungen für den Gebrauch in Wasserversorgungssystemen entsprechen. Einer einwandfreien Trinkwasserbeschaffenheit in chemischer, mikrobiologischer und gesundheitlicher Hinsicht gilt höchste Priorität. Leitungsteile, die das DVGW-Prüfzeichen bzw. das RAL-Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V.  tragen, erfüllen diese Anforderungen.

Bei der Auswahl von Rohrleitungsteilen ist eine gesicherte Mindestnutzungsdauer von 50 Jahren zu fordern. Die Eignung von Rohren und Verbindungen wird wesentlich bestimmt durch

- ▷ zu erwartende innere und äußere Belastungen
- ▷ örtlich vorhandene Baugrundverhältnisse
- ▷ chemische Einflüsse des umgebenden Bodens und Beschaffenheit des Wassers
- ▷ Trassierung – gewählte Leitungsführung
- ▷ werkstoffbezogene Anforderungen des Fachpersonals
- ▷ Möglichkeit zur nachträglichen Herstellung von Anschlüssen und Abzweigen
- ▷ Aufwand für Erstellung, Betrieb und Instandhaltung
- ▷ örtliche klimatische Verhältnisse
- ▷ erwartete Nutzungsdauer
- ▷ Wandrauhigkeit der Rohre insbesondere bei Zubringer-, Fern- und Hauptleitungen.

Kunststoffrohrsysteme entsprechen den vorgenannten Bewertungskriterien in hohem Maße.

### Übersicht der Kunststoffrohre und Werkstoffe

Kunststoffdruckrohre finden Anwendung als Trinkwasserleitungen außerhalb von Gebäuden, als kaltwasserführende Trinkwasserleitungen innerhalb von Gebäuden, als Leitungen für Brauchwasser verschiedenster Art – im Über- bzw. Unterdruckbereich (Tafel 2).



	PVC-U-Rohre	PE 80/PE 100-Rohre	PE-UD-Rohre	PE-X-Rohre	GFK-Rohre
Maßnormen	DIN 19532, DIN 8062	DIN 19533, VP 608, DIN 8074	DIN 19533, DIN 8072	DIN 16893	DIN 16868 -1 DIN 16869 -1
Güteeinfor- derungen	DIN 8061, W 320, R 1.1.1	DIN 8075, W 320, VP 608, W 320, R 1.4.3.1 (TW)	DIN 8073, W 320, R 1.3.1	DIN 16892, VP 605, R 1.10.30	DIN 16868 -2 DIN 16869 -2 VP 615, R 1.8.1.8, R 1.8.24, R 9.9.1/8
Nennweiten	≤ DN 400	≤ DN 600	≤ DN 80	≤ DN 150	DN 100-1200
Lieferlänge	6 m, 12 m	6 m, 12 m, 20 m, 30 m Ringbunde bis zu 300 m, Tormeln bis zu 4.000 m	Handlslängen von 5 bis 12 m, Ringbunde bis zu 300 m	6 m, 12 m Ringbunde bis zu 300 m	6 m bzw. nach Ver- einbarung
Bemessung	für Innendruck ≤ PN 16, statische Bemessung für den Anwendungs- fall	für Innendruck ≤ PN 16 / PN 20, statische Bemessung für den Anwendungsfall	für Innendruck ≤ PN 10	für Innendruck ≤ PN 20, statische Bemessung für den Anwendungs- fall	für Innendruck ≤ PN 16, statische Bemessung für den Anwendungsfall
Rohrverbin- dungen	gummigedichtete Stechverbindun- gen, Flanschver- bindungen	Klemmverschraubungen und Steckverbinder, Heizwendelschweißver- bindungen, Stumpf- schweißverbindungen, Bundflanschverbindun- gen	Klemmverschrau- bungen	≤ DN 100 Klemmverbinder  ≤ DN 200 Heizwendel- schweißung	doppelgelenkige Überschiebarme, Klebverbindung; Laminatverbindung
Anwendungsbereich	in Gebieten mit hoher Korrosions- gefahr	große Anwendung im Hausanschlussbereich, Versorgungsleitungen in ländlichen Bereichen, vor allem für aggressive Böden und Dächerleitungen, Anwendung neuerer Verlegetechniken bei Sanierungen	überwiegend Anwendung im Hausanschlussbe- reich	überwiegend An- wendung im Haus- anschlussbereich	siehe Abschnitt 1.7.5

Tafel 2: Kunststoffe in der Trinkwasserversorgung (Übersicht)


### 1.7.1 Druckrohre aus PVC-U

Für die Wasserversorgung werden die in Tafel 3 aufgeführten Rohre standardmäßig eingesetzt. Sie sind in der Anwendungsnorm DIN 19532 beschrieben und entsprechen der Grundnorm DIN 8062.

Als Baulängen werden geliefert:

- ▷ Rohre bis DN 40 in Längen von 5 m
- ▷ Rohre ab DN 50 in Längen von 6 m.

Als Baulänge gilt die Rohrlänge abzüglich der Muffentiefe. Die Rohre sind für einen Betriebsdruck von PN 10 bzw. PN 16 ausgelegt. Rohre bis zu einem Außendurchmesser von 50 mm werden aus Gründen der mechanischen Festigkeit nur mit einer Wanddicke entsprechend der Druckstufe PN 16 verwendet. Die Farbe der Rohre ist dunkelgrau gemäß RAL 7011. Die Kennzeichnung ist fortlaufend in Abständen von 1 m eingepreßt und enthält folgende Angaben:

Gütezeichen  - PVC-U – DN – PN – DIN 19532 – Herstellerzeichen – Herstelldatum – Maschinen-Nr. – DVGW- Prüfzeichen mit Registrier-  
nummer.

DN	SDR 21 PN 10		SDR 13,6 PN 16	
	AußenØ [mm]	Wanddicke [mm]	AußenØ [mm]	Wanddicke [mm]
10	-	-	16	1,2
15	-	-	20	1,5
20	-	-	25	1,9
25	-	-	32	2,4
32	-	-	40	3,0
40	-	-	50	3,7
50	63	3,0	63	4,7
65	75	3,6	75	5,6
80	90	4,3	90	6,7
100	110	5,3	110	8,2
125	140	6,7	140	10,4
150	160	7,7	160	11,9
200	225	10,8	225	16,7
250	280	13,4	280	20,8
300	315	15,0	315	23,4
400	450	21,5		

Tafel 3: Abmessungen der PVC-U-Trinkwasserrohre

Die Rohre werden mit Steckmuffe, Klebmuffe oder mit glatten Enden geliefert.

Das breite Sortiment an Formstücken ermöglicht eine zügige und problemlose Erstellung von Rohrleitungssystemen. Es umfaßt neben Rohren Formstücke aus PVC-U, aus duktilem Gußeisen sowie Flanschverschraubungen, Anbohrarmaturen und Absperrschieber aus PVC-U.

10	15	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	250	300	400	Nennweite
																Klebmuffen
																Steckmuffen
																Flansche
																Werkzeugbohrungen
																Spitzbohr- Klebstiftung
																Rohrbögen, Sonder- formstücke aus Kunststoff
																Anbohrarmaturen
																Quellformstücke

Bild 6: Anwendungsbereiche der Rohrverbindungen/ Formstücke

### Güteanforderungen

Das Qualifikationsniveau aller PVC-U-Rohre für den Bereich Trinkwasser wird durch folgende Normen und Richtlinien sichergestellt:

- ▷ Richtlinie R 1.1.1 „Druckrohre aus PVC-U mit dem Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V.“
- ▷ DVGW – W 320 „Herstellung, Gütesicherung und Prüfung von Rohren aus PVC hart (Polyvinylchlorid hart), HDPE (Polyethylen hart) und LDPE (Polyethylen weich) für die Wasserversorgung und Anforderungen an Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile“
- ▷ DIN 8061 „Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid – allgemeine Güteanforderungen“
- ▷ DIN 8062 „Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U, PVC-HI) – Maße“
- ▷ DIN 19532 „Rohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC hart, PVC-U) für die Trinkwasserversorgung – Rohre, Rohrverbindungen, Rohrleitungsteile, technische Regeln des DVGW“.

Entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 320 dürfen im Trinkwasserbereich nur Rohre PN 10 (SDR 21) und PN 16 (SDR 13,6) verwendet werden.

Im Rahmen der Gütesicherung werden sowohl Prüfungen durch den Rohrerhersteller (werkseigene Produktionskontrolle) wie auch durch eine Prüfstelle (Fremdüberwachung) durchgeführt.

### Rohrverbindungen

Für die Herstellung von erdverlegten Trinkwasserversorgungsleitungen aus PVC-U stehen folgende Verbindungsmöglichkeiten (Bild 6) zur Verfügung.

### Steckverbindung mit werksseitig fixiertem Dichtelement

Seit nahezu drei Jahrzehnten werden Dichtelemente bei PVC-U-Druckrohren werksseitig eingelegt. Die durch die Verpressung des Dichtelementes erreichte Dichtigkeit ist sogar bei kurzzeitigen Unterdruckbelastungen von 0,2 bar absolut zuverlässig.

Rohre und Formstücke auch größerer Nennweiten können, durch die Konstruktion der Dichtelemente bedingt – geringere Einschubkräfte – ohne Hilfsmittel zu einer Steckverbindung, die dauerhaft dicht ist, zusammengefügt werden. Gleichzeitig sind Anfassungen baustellenseitig abgelängter Rohre nicht mehr erforderlich. Hier reicht ein Brechen der äußeren Kanten der Spitzenden (Entgraten).

Wird aufgrund örtlicher Gegebenheiten eine Längskraftschlüssigkeit für zweckmäßig angesehen, z.B. beim Einbau in nicht tragfähige Böden, so kann diese durch den Einsatz von nachträglich um die Muffenverbindung montierten Zugsicherungen erzielt werden. Die Kraftübertragung auf dem glatten Spitzende wird durch Haftreibungen mittels Einlagen erreicht. Im Muffenbereich wird der Formschluß ausgenutzt.

### Kleberverbindungen

Diese Verbindungsart hat sich beim Bau von Wasserverteilungsanlagen innerhalb von Gebäuden in verschiedensten Anwendungsbereichen mit Erfolg behauptet.

Die Herstellung einer Klebverbindung bis DN 300 ist für einen in der Klebtechnik erfahrenen Rohrleitungsbauer problemlos möglich.

## Übergangsverbindungen, z.B. Flanschverbindungen

Der Einbau von Schiebern und Armaturen ist mit einfachen Mitteln unter Zuhilfenahme von Flanschmuffenstücken bzw. Einflanschstücken per Flanschverbindung möglich (Bild 7).

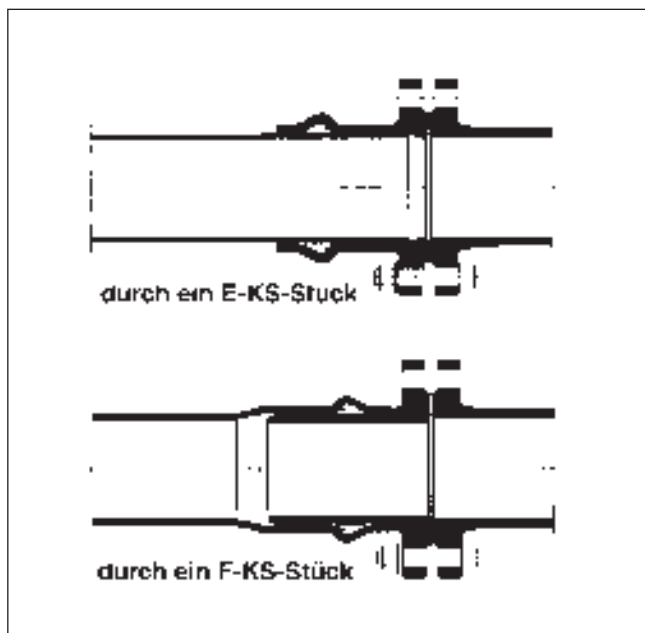


Bild 7: Übergangsverbindungen

Weiterhin gibt es verschiedene Konstruktionen mit losen Flanschen und dazugehörigen Bundbuchsen, die auf das Rohr aufgeklebt bzw. aufgesteckt werden.

### 1.7.2 Druckrohre aus PE

PE-HD- und PE-LD-Rohre wurden Anfang der 60er Jahre hauptsächlich in der Trinkwasserversorgung eingesetzt. Aufgrund des höheren Materialpreises gegenüber PVC-U beschränkte sich der Einsatz zunächst weitgehend auf Hausanschlußleitungen (Ringbunde) und einige Sonderanwendungen. Seit den 70er Jahren erlebt PE einen starken Aufwärtstrend im Bereich der Wasserversorgung.

Die neue DIN 8075 „Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD, allgemeine Güteanforderungen, Prüfung“ Ausgabe August 1999 sieht gegenüber der Ausgabe Mai 1987 u.a. folgende Änderungen vor:

- ▷ Werkstoffbezeichnung (PE 80, PE 100)
- ▷ Die bisher mit 50 Jahren angesetzte Betriebsfähigkeit wird aufgrund langjähriger Versuche und

Erfahrungen für PE-Rohre auf eine mindestens 100jährige Betriebsfähigkeit erweitert.

- ▷ Prüfung der Ovalität (direkt nach der Herstellung).

Damit wird den überaus positiven Erfahrungen mit PE in den verschiedenen Anwendungen Rechnung getragen.

### Druckrohre aus PE 80

Für die Wasserversorgung stehen die in Tafel 4 aufgeführten Rohre standardmäßig zur Verfügung. Als Baulängen werden geliefert:

- ▷ gerade Längen von 5, 6 und 12 m
- ▷ größere Längen sind möglich (max. 30-35 m)
- ▷ Ringbunde bis DA 180 mm in Längen von ca. 100 m.

Die Farbe der Rohre ist schwarz. Zusätzlich sind sie für den Trinkwasserbereich zur besseren Unterscheidung von anderen erdverlegten Leitungssystemen gemäß DVGW VP 608 bzw. R 14.3.1 (TW) mit blauen Streifen versehen.

DN	da	SDR 11	SDR 7,4
		Wanddicke [mm]	Wanddicke [mm]
15	20	1,9	2,8
20	25	2,3	3,5
25	32	2,9	4,4
32	40	3,7	5,5
40	50	4,6	6,9
50	63	5,8	8,6
65	75	6,8	10,3
80	90	8,2	12,3
100	110	10,0	15,1
100	125	11,4	17,1
125	160	14,6	21,9
150	180	16,4	24,6
200	225	20,5	30,8
200	250	22,7	34,2
250	280	25,4	38,3
250	315	28,6	43,1
300	355	32,2	48,5
350	400	36,3	54,7
400	450	40,9	61,5
400	500	45,4	68,3
500	560	50,8	-
500	630	57,2	-

Tafel 4: Abmessungen der PE 80-Trinkwasserrohre

Die Rohre sind fortlaufend in Abständen von einem Meter mit folgenden Angaben gekennzeichnet:

Herstellerzeichen – DVGW-Prüfzeichen mit Registrier-Nr. – Werkstoff – MFI-Gruppe – Gütezeit-

chen  $\text{DN}$  - PN - SDR - Außendurchmesser x Wanddicke - Herstellungsdatum - Maschinen-Nr.

### Güteanforderungen

Die Qualitätsanforderungen an die Rohre werden durch folgende Normen und Richtlinien sichergestellt:

- ▷ Richtlinie R 14.3.1 TW „Druckrohre aus PE 80 und PE 100 für Trinkwasser mit dem Gütezeichen der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V.“
- ▷ DVGW VP 608 „Rohre aus PE-HD (PE 80 und PE 100) für Gas- und Trinkwasserverteilungen, Anforderungen und Prüfungen“
- ▷ DIN 8075 „Rohre aus Polyethylen (PE – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung“
- ▷ DIN 19533 „Rohrleitungen aus PE hart (Polyethylen hart) und PE weich (Polyethylen weich) für die Trinkwasserversorgung – Rohre, Rohrverbindungen, Rohrleitungsteile“.

Es werden sowohl Prüfungen durch den Rohrhersteller (werkseigene Produktionskontrolle) wie auch durch eine Prüfstelle (Fremdüberwachung) durchgeführt.

### Verbindungen

Für die Verbindung von Rohren und Formstücken stehen ausgereifte Verbindungstechniken (Bild 8) zur Verfügung.

	Nennweite	15	20	25	32	40	50	63	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	630	
Rohrverbindungen	Kleinnasenverbindungen aus Metall																			
	Kleinnasenverbindungen aus Kunststoff																			
	Flanschenverbindungen																			
Formstücke	Heizelement-Stopf-schweißverbindungen																			
	Heizwendelschweißverbindungen																			
	Rohrbogen aus Rohren																			

Bild 8: Verbindungsarten in Abhängigkeit von der Nennweite des Rohres

### Druckrohre aus PE 100

Seit Anfang der 90er Jahre stehen für die Rohrherstellung neue Polyethylene der Leistungsklasse PE 100, Rohrwerkstoffe mit einer wesentlich verbesserten Zeitstandfestigkeit von mindestens 10 MPa bei 20 °C und 50 Jahren, zur Verfügung.

Diese Hochleistungspolyethylene zeichnen sich durch eine sehr hohe Steifigkeit (Dichte, Biegekriechmodul) und bei Anwendung im Druckbereich durch einen sehr hohen Widerstand gegen langsames Rißwachstum (Spannungsrißbeständigkeit, Kerbunempfindlichkeit) und durch Zeitstandfestigkeit aus.

DN	da	SDR 17	SDR 11
		Wanddicke [mm]	Wanddicke [mm]
15	20	-	-
20	25	-	-
25	32	-	2,9
32	40	2,4	3,7
40	50	3,0	4,6
50	63	3,8	5,8
63	75	4,5	6,8
80	90	5,4	8,2
100	110	6,6	10,0
100	125	7,4	11,4
125	160	9,5	14,6
150	180	10,7	16,4
200	225	13,4	20,5
200	250	14,8	22,7
250	280	16,6	25,4
250	315	18,7	28,6
300	355	21,1	32,2
350	400	23,7	36,3
400	450	26,7	40,9
400	500	29,7	45,4
500	560	33,2	50,8
500	630	37,4	57,2

Tafel 5: Abmessungen der PE 100-Trinkwasserrohre

Durch den Rohrwerkstoff PE 100 wird das Anwendungsspektrum von Polyethylenrohren erheblich ausgeweitet. Nunmehr ist es möglich, bei gleicher Wanddicke im Vergleich zu Rohren aus PE 80 den Betriebsdruck zu erhöhen, bzw. bei gleichbleibendem Betriebsdruck die Wanddicke zu verringern.

Bedingt durch den vergleichsweise geringeren Materialeinsatz der PE 100-Druckrohre lassen sich nunmehr auch Objekte mit deutlich größeren Rohrdimensionen realisieren.

Trinkwasserrohre aus PE 100 (Tafel 5) erfüllen alle Qualitätskriterien, die für den Einsatz eines Rohres in der Trinkwasserversorgung notwendig sind (VP 608, DIN 8075).

Daneben unterliegen auch diese Rohre den Güterichtlinien der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V., dokumentiert durch das Gütezeichen. Die Güteüberwachung erfolgt nach der Richtlinie R 14.3.1 (TW).

Rohre aus PE 100 sind in Abhängigkeit der Druckstufe für folgende Belastungen zugelassen.

SDR	Wasser
11	PN 16
17	PN 10

Die Einteilung der Nenndruckstufen für Rohre aus PE 100 in der Trinkwasserverteilung basiert auf der Dimensionierung mit einem Sicherheitsbeiwert 1,25 (Festlegung des CEN/TC 155 „Kunststoff-Rohrsysteme“).

me“), die für Rohre aus dem Werkstoff PE 80 (nach DIN 8074/75) aber auf der Dimensionierung mit einem Sicherheitsfaktor 1,60. Daher hat der DVGW-Arbeitskreis „Kunststoffrohrsysteme in der Gas- und Wasserverteilung“ zur Gleichbehandlung beider Rohrwerkstoffe beschlossen, den Sicherheitsbeiwert auf 1,25 für alle PE-Werkstoffe zu übernehmen und die zulässigen Nenndruckstufen für Rohre aus PE 80 SDR 11 und SDR 7,4 entsprechend anzuheben.

Zur deutlichen Unterscheidung sind die Rohre aus PE 80 und PE 100 verschieden eingefärbt:

PE-Typ	Trinkwasserrohre
PE 80	schwarz (RAL 9004) mit hellblauen Streifen (RAL 5012)
PE 100	königsblau (RAL 5005)

Auf diese Weise ist eine eindeutige Unterscheidung möglich, obwohl der Werkstoff PE 100 mit PE 80 voll kompatibel und somit auch verschweißbar ist.

### Verbindungen

Für Verbindungen von PE 100-Trinkwasserrohren und -formstücken steht eine Vielzahl von Alternativen zur Verfügung. Die nachfolgende Tabelle (Tafel 6) gibt an, welche Rohre mit welchen Formstücken unter Berücksichtigung des Systemdrucks und der Verbindungstechnik zusammenpassen. Ausgehend von der Nennwanddicke der Rohre, wurden die Schweißverfahren danach ausgewählt, daß eine Nachbearbeitung des Rohres oder des Formstückes bezüglich des zulässigen Kantensatzes beim Stumpfschweißen nach DVS 2207-1 nicht erforderlich ist.

Rohr		Formstück			
Rohrtyp	zul. Betriebsdruck [bar]	PE 80 SDR 7,4	PE 80 SDR 11	PE 100 SDR 11	PE 100 SDR 17
vorhandene Rohrleitungen aus PE HD, PN 10, Rohrreihe 5 <sup>1)</sup>	10	HM	HM/HS	HM/HS	HM
PE 80 – SDR 11	12,5	HM	HM/HS	HM/HS	HM
PE 80 – SDR 7,4	20	HM/HS	HM	HM	HM
PE 100 – SDR 11	16	HM	HM/HS	HM/HS	HM
PE 100 – SDR 17	10	HM	HM	HM	HM/HS

Rohr		Formstück	
Rohrtyp	zul. Betriebsdruck [bar]	PE 80 SDR 7,4	PE 100 SDR 11
vorhandene Rohrleitungen aus PE HD, PN 16, Rohrreihe 6 <sup>1)</sup>	16	HM/HS	HM
PE 80 – SDR 7,4	20	HM/HS	HM
PE 100 – SDR 11	16	HM	HM/HS

<sup>1)</sup> Bezeichnung nach DIN 8074 (Ausgabe 9/87); gilt sinngemäß für PE-Rohre, die Bezeichnungen nach früheren Ausgaben der DIN 8074 aufweisen (z. B.: HDPE, PE hart, PE Typ II).

Tafel 6 oben: Leitungssystem Trinkwasserversorgung bis 10 bar (PN 10); unten: bis 16 bar (PN 16)

Die Kurzzeichen für die Schweißverfahren entsprechen DIN 1910-1 (HS = Heizelementstumpfschweißen HM = Heizwendelschweißen).

Heizelementstumpfschweißungen und Heizwendelschweißungen sind – wie bei PE 80-Rohren und -Formstücken – auf Basis der DVS-Richtlinie 2207 auszuführen. Ein Eignungsnachweis im Zeitstandzugversuch nach DVS 2203-4 ist zu führen.

### 1.7.3 Trinkwasserleitungen aus PE-X

#### Allgemeines

Neben der Verwendung von unvernetztem Polyethylen (PE 80 oder PE 100) als Werkstoff zur Produktion von Gas- und Trinkwasserrohren findet auch vernetztes Polyethylen zunehmend Verwendung. Dabei kann man auf Erfahrungen zurückblicken, die im Laufe der letzten dreißig Jahre mit vernetztem Polyethylen gesammelt wurden, welches nach dem Peroxid-Verfahren (auch Verfahren nach Engel genannt) hergestellt wird. Gemäß ISO 1043-1 bzw. DIN 16892 und DIN 16893 wird so vernetztes Polyethylen als PE-Xa bezeichnet. Im folgenden wird speziell auf Trinkwasserrohre aus PE-Xa eingegangen.

#### Kerbbildung und Kerbwachstum

Unter Praxisbedingungen ist es unvermeidbar, daß während der Erdverlegung von Trinkwasserrohren und unter Umständen auch noch während der Betriebsphase Kerben auf der äußeren Rohroberfläche entstehen. Diese Kerben können sich durch mechanische Belastung, hervorgerufen durch den Innendruck oder auch durch die Erdbelastung, im Laufe der Betriebsdauer der Rohre vergrößern. Die Lebenserwartung eines solchen kerbgeschädigten Rohres ist von der anfänglichen Kerbtiefe und der Wachstumsgeschwindigkeit der Kerbe (Rißfortpflanzung) abhängig.

Der Widerstand von Rohren aus PE-Xa sowohl gegen die anfängliche Kerbbildung als auch besonders gegen das Kerbwachstum ist eine hervorzuhebende Eigenschaft.

Rohre aus PE-Xa neigen weder zur langsamen noch zur schnellen Rißfortpflanzung. Unter schneller Rißfortpflanzung versteht man, daß sich Rohrbeschädigungen beim Anlegen hoher Innendrucke unter Verwendung kompressibler Medien bei niedrigen Temperaturen in Form von schlagartig in Längsrichtung fortlaufenden Rissen großer Länge potenzieren

können. Bei Rohren aus PE-Xa tritt sie selbst bei Temperaturen bis unter  $-20\text{ °C}$  und Drücken bis über 20 bar nicht auf.

### *Verlegung*

Das Eigenschaftsprofil von Rohren aus PE-Xa erlaubt es, diese unter Verwendung des Grabenaushubmaterials ohne spezielle Sandbettung zu verlegen.

Bei einer Mindestüberdeckung von 0,8 m über Rohr-scheitel sind Rohre aus PE-Xa mit SDR 11 schwerlastfähig im Sinne der Einstufung SLW 60 nach DIN 1072.

Durch die gute Kälteflexibilität der Rohre aus PE-Xa wird deren Verlegung unter winterlichen Bedingungen bei niedrigen Temperaturen deutlich erleichtert.

Die Materialeigenschaften von PE-Xa gestatten es zudem, bei der Verlegung sehr kleine Biegeradien zu wählen.

### *Verbindungen*

Bei der Verwendung von Rohren aus vernetztem Polyethylen können sowohl thermische als auch mechanische Verbindungstechniken zur Anwendung gelangen.

Ähnlich wie bei Rohren aus PE 80 oder PE 100 können Verbindungen zwischen Rohren aus PE-Xa mit Heizwendel-Schweißmuffen hergestellt werden (vgl. Kap. 1.8.4). In einem vom DVGW initiierten und beaufsichtigten Forschungsvorhaben konnte nachgewiesen werden, daß die Verbindung trotz des auf der Rohrseite vorliegenden vernetzten Materials die gleiche Festigkeit besitzt wie die Verbindung zwischen zwei gleichartigen unvernetzten Materialien. Dabei wird das DVS-Merkblatt 2207-1 Beiblatt 1 berücksichtigt. Der Verbund zwischen einem vernetzten und einem unvernetzten Polyethylen – die Heizwendel-Schweißmuffen bestehen üblicherweise aus letzterem – ist deshalb möglich, weil PE-Xa eine großmaschige Vernetzung aufweist. Die Festigkeit konnte durch Untersuchungen im Zeitstand-Innendruckversuch sowie durch Anwendung des Peel-Tests gemäß ISO 13954 sowie im Langzeit-Zugversuch nach DIN EN ISO 899-1 belegt werden.

Zu weiteren Verbindungstechniken s. Abschnitt 1.8.4.

### *Normen und Zulassungen*

Die heute produzierten Trinkwasserrohre aus PE-Xa entsprechen den allgemeinen Grundnormen DIN 16892 (Güteanforderungen) und DIN 16893 (Maße) sowie der Prüfgrundlage VP 605 des

DVGW. Sie sind entweder durchgefärbt oder als naturfarbenes PE-Xa-Kernrohr mit eingefärbter Außenschicht aus PE-HD in der Einfärbung Lichtblau nach RAL 5012 für Trinkwasserrohre erhältlich. Der Außendurchmesserbereich erstreckt sich von 25 mm bis 160 mm bei einem üblichen Verhältnis von Außendurchmesser zu Wanddicke (SDR) von 11.

Für Trinkwasserrohre aus PE-Xa darf gemäß DIN EN ISO 12162 ein Mindest-Gesamtbetriebs-(berechnungs)-Koeffizient C von 1,25 angenommen werden. Mit einem MRS-Wert von 9,5 MPa gemäß DIN 16892 ergibt sich unter der Annahme einer Lebensdauer von 100 Jahren bei einer Temperatur von  $20\text{ °C}$  ein maximal zulässiger Betriebsdruck von 15 bar (SDR 11) bzw. 24 bar (SDR 7,4).

Die Lieferung der Trinkwasserrohre aus PE-Xa erfolgt standardmäßig in Ringbunden mit einer Länge von 100 m bzw. Stangen von 6 m oder 12 m Länge, welche gebündelt in Holzrahmenverschlügen geliefert werden. Darüber hinaus sind auch Sonderaufmachungen möglich.

Die Kennzeichnung der PE-Xa-Trinkwasserrohre erteilt Auskünfte über den Hersteller, den verwendeten Werkstoff, die DVGW-Registriernummer, den Anwendungsbereich, den PE-X-Vernetzungstyp (hier Typ a), der gültigen DIN, den maximal zulässigen Betriebsdruck PN, den Außendurchmesser mit Wanddicke und deren Quotienten (SDR), das Produktionsdatum mit Schicht, die Extruderlinie des Herstellers und die laufende Meterzahl (nur bei Ringbunden).

### **1.7.4 PE-HD-Rohre mit Schutzmantel**

Die Einführung von PE-HD-Rohren mit Schutzmantel stellt eine Weiterentwicklung der PE-Rohrsysteme dar. Durch gute Flexibilität, hohe Spannungsrißbeständigkeit der Produktenwerkstoffe und einen widerstandsfesten Schutzmantel gegenüber mechanischen Belastungen konnte der Anwendungsbereich dieser Rohre in verschiedene Richtungen der grabenlosen Verlegetechniken erweitert werden:

- ▷ Fräs- und Pflügeverfahren
- ▷ Bodenverdrängungsverfahren und Spülbohren
- ▷ Reliningverfahren
- ▷ Berst- und Kaliberberstliningverfahren.

Die Einsatzmöglichkeiten umfassen die Verlegung von Versorgungsleitungen für Gas und Wasser sowie Abwasserleitungen.

PE-HD-Rohre mit Schutzmantel zeigen folgenden Rohraufbau:

- ▷ bewährtes, zugelassenes PE-HD-Rohr nach DIN 8074/75 aus PE 80 und PE 100
- ▷ zusätzlich widerstandsfester Schutzmantel aus Polyolefin
- ▷ grüne Streifen als Mantelkennzeichnung.

Variante: das Mantelrohr Aluminium:

- ▷ zusätzliche, innenliegende Aluminiumschicht als dauerhaft zuverlässige Diffusionssperre
- ▷ als weltweit einziges Kunststofftrinkwasserrohr zugelassen für die Verlegung in kontaminierten Böden.

Die lieferbaren Rohrabmessungen umfassen den Durchmesserbereich von 25 bis 400 mm in allen gängigen Druckstufen. Rohre bis zum Durchmesser von 180 mm können auch als Ringbund oder Trommel geliefert werden.

Unabhängige Prüfinstitute wie die Amtliche Materialprüfanstalt an der Universität Hannover und das Süddeutsche Kunststoffzentrum haben in Form von Ritz-, Abrieb- und Verschleißprüfungen die hohe Belastbarkeit des Schutzmantels nachgewiesen.

#### *Punktbelastungsuntersuchungen*

Wenn der Rohrleitungsbau im offenen Rohrgraben nicht fachgerecht ausgeführt wird, kann es vorkommen, daß die Leitungszone mit Baustoffen verfüllt wird, die dazu ungeeignet sind. Solche Umstände können 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, und somit mögliche Schäden verursachen.

Die PE-HD-Rohre mit Schutzmantel bieten hierbei deutliche Vorteile, denn das Produktrrohr ist vor Riefen, Kerben, Punktlast usw. geschützt. Rißfortpflanzung wird durch den Zwei-Schicht-Aufbau unterbunden.

Untersuchungen am Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule in Oldenburg unterstreichen die außergewöhnliche Belastbarkeit dieser Mantelrohre.

### **1.7.5 Rohrleitungen aus GFK**

Rohre aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) sind heute das Material, das vor allem in größeren Nennweiten gute Chancen hat, herkömmliche Systeme wie Guß oder Stahl abzulösen. Die Vorteile für Anwendungen in der Trinkwasserversorgung liegen dabei auf der Hand: variable Baulängen bis 18 m, leichtes Rohrgewicht und damit verbunden gutes Handling auf der Baustelle, eine herausragende chemische Beständigkeit ohne zusätzliche Korrosionsschutzmaßnahmen und dauerhaft dichtsichere Verbindungsarten, um nur einige zu nennen.

#### *Rohre und Formstücke*

Der Sandwichaufbau der GFK-Rohrwand erlaubt es, die Rohre für die jeweilige Druckstufe genau zu dimensionieren. Daraus resultiert auch, daß die Wandstärken mit zunehmender Druckstufe abnehmen können, da zwar der Glasanteil (Aufnahme der Innendruckbelastung) steigt, aber der Füllstoffanteil überproportional abnimmt.

GFK-Rohre für die Trinkwasserversorgung werden in Druckstufen bis 40 bar hergestellt; dabei kommen vor allem für höhere Druckstufen Epoxidharze zum Einsatz. Mit den heute vor allem gebräuchlichen Polyesterharzen ist es problemlos möglich, Druckrohre bis PN 16 herzustellen.

Der Nennweitenbereich, der mit GFK-Rohren abgedeckt werden kann, erstreckt sich von DN 50 bis DN 400, wobei die wirtschaftlichen Alternativen sicherlich bei Rohren > DN 150 gesehen werden müssen.

Die Regelbaulängen, welche die meisten GFK-Rohrhersteller anbieten, sind 6 m, 12 m oder 18 m. Bei einigen Herstellern, die die Rohre in der Wickeltechnologie herstellen, ist es möglich, auch Zwischenlängen zu erhalten und damit den Verlege- und Bearbeitungsaufwand auf der Baustelle zu optimieren.

In den Güterichtlinien R 1.8.24 bzw. R 1.8.1/8 für GFK-Druckrohre sind sowohl für gewickelte wie für geschleuderte Rohre Materialanforderungen und relevante Prüfungen festgeschrieben.

Mit der Erlangung des Gütezeichens sind auch die hygienischen Anforderungen gemäß den KTW-Richtlinien des ehem. Bundesgesundheitsamtes (heute BgVV) erfüllt.

Ein umfangreiches Formstückprogramm ergänzt die Rohrleitungssysteme aus GFK. Dazu gehören Bögen, T-Stücke, Reduzierungen und F- oder FF-Stücke. Die-

se Formstücke werden entsprechend der geforderten Druckstufe aus Rohrsegmenten gefertigt. Nachträgliche Anschlüsse an GFK-Trinkwasserleitungen lassen sich mit Hilfe von sogenannten geteilten Überschiebern für größere Anschlüsse oder mit herkömmlichen Anbohrschellen für Hausanschlüsse herstellen.

Da heute von den meisten GFK-Rohrherstellern eine GFK-Rohraußendurchmesserserie 2 angeboten wird, ist es möglich, im Nennweitenbereich dieser Serie auch Formstücke aus duktilem Guß einzusetzen. Die Außendurchmesser der GFK-Rohre der Serie 2 entsprechen in den meisten Fällen bis mindestens DN 500 denen von GGG. Um eine annähernd gute chemische Beständigkeit der gesamten Rohrleitungen zu erhalten, sollte beim Einsatz von GGG-Formstücken darauf geachtet werden, daß emaillierte Formstücke verwendet werden.

Nennweite	Serie 1	Serie 2	Serie 3
DN 100 bis 500 (600)	-	Außendurchmesser dieser Serie entsprechend dem da von duktilem Guß	-
DN 300 bis 500	-	-	Außendurchmesser entspricht dem da von PVC-U
DN 600 bis 2.400	reine GFK-Außendurchmesserserie	-	-

Tafel 7: Außendurchmesserserien von GFK-Rohren

Des weiteren wird auch eine Serie 3 angeboten, die in ihrem Außendurchmesser PVC-U-Rohren entspricht. Beim Einsatz solcher Rohre ist es möglich, einen Materialwechsel ohne Sonderformstücke durchzuführen. In Tafel 7 sind die Außendurchmesserreihen erklärt.

### Verbindungen

Als Rohrverbindung fungiert meist eine doppelgelenkige Überschiebmuffe (Bild 9) oder eine Muffen-/Spitzenden-Klebsverbindung. Beide Verbindungsarten sichern eine dauerhaft dichte Rohrverbindung, auch unter extremen Einsatzbedingungen wie z.B. sehr hohe Überdeckungshöhen (damit verbundene Rohrverformung) oder bei der Verlegung in wenig tragfähigen Böden.

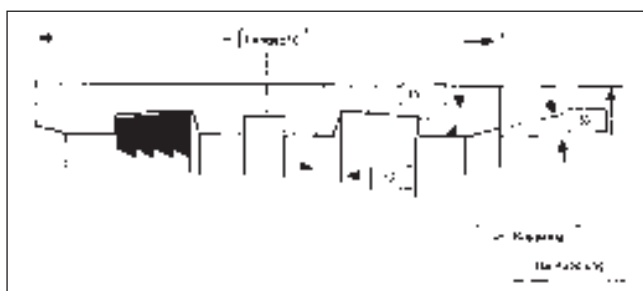


Bild 9: GFK-Rohrkupplung

Eine weitere alternative Rohrverbindung sind Überlamine. Durch Laminatverbindungen ist es möglich, auf der Baustelle an schlecht zugänglichen Punkten oder in Kreuzungsbereichen eine Rohrverbindung herzustellen.

Lamine können an Bögen oder Abzweigen Ablenkkräfte, die aus dem Innendruck resultieren, aufnehmen.

## 1.8 Bau von Trinkwasserleitungen

### 1.8.1 Allgemeine Anforderungen

Die geltenden Verlegeanleitungen des Kunststoffrohrverbandes sehen vor, daß mit den Verlegearbeiten nur Rohrleitungsbaufirmen zu beauftragen sind, die über eine DVGW-Bescheinigung gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 301 verfügen.

Sofern Schweißarbeiten durchzuführen sind, ist darauf zu achten, daß nach dem DVGW-Merkblatt GW 330 „Schweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Polyethylen (PE 80, PE 100 und PE-X) für Gas- und Wasserleitungen; Lehr- und Prüfplan“ eine Ausbildung erfolgt ist und die Schweißarbeiten gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt GW 331 „Schweißaufsicht für Schweißarbeiten an Rohrleitungen aus PE-HD für Gas- und Wasserversorgung; Lehr- und Prüfplan“ überwacht werden.

Die Ausführung der Bauarbeiten muß mit nationalen Normen, im vorliegenden Fall mit der DIN 19630 „Richtlinien für den Bau von Wasserleitungen“, sowie mit den Anforderungen der Versorgungsunternehmen und der Anleitung der Hersteller der Rohrleitungsteile – auf die nachfolgend unter Werkstoffgesichtspunkten näher eingegangen wird – übereinstimmen.

Die geltenden Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften, der Straßenverkehrsordnung und die Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen sind ebenfalls zu beachten.

### 1.8.2 Transport und Lagerung

Kunststoffrohrleitungsteile sind – wie auch korrosionsgeschützte Rohre aus konventionellen Werkstoffen – vor Beschädigungen zu schützen. Beim Auf- und Abladen palettierter und nicht palettierter Rohre sind breite Gurte oder andere schonende Vorrichtungen, bei größeren Rohrlängen Traversen zu empfehlen.



Es empfiehlt sich, nicht palettierte Rohre während des Transportes möglichst auf ihrer ganzen Länge zu lagern und Sicherungsmaßnahmen vorzunehmen gegen Rollen, Verschieben und Schwingen – insbesondere bei Temperaturen um den Gefrierpunkt.

Der Kontakt zu schädigenden Stoffen (z.B. Öle, Fette, Kraftstoffe) ist zu vermeiden. Auch wenn die Rohrenden mit Verschlusskappen versehen sind, werden Maßnahmen empfohlen, die Verunreinigungen durch Erde, Schlamm, Abwasser oder ähnlich schädigende Stoffe verhindern.

Damit keine unzulässigen Verformungen auftreten, eignen sich Lagerflächen, die eben und frei von spitzen Gegenständen sind. Für nicht palettierte Rohre sollen folgende Stapelhöhen nicht überschritten werden: PVC-U = 1,5 m, PE 80 und PE 100 = 1,0 m und GFK = 1,5 m.

Bei palettierten Rohren sollten Vorkehrungen getroffen werden, daß die Palettenhölzer jeweils auf den nächstunteren aufliegen.

Ringbunde sind vorwiegend liegend oder in geeigneten Vorrichtungen geschützt zu lagern. Die Verpackungsbänder sind erst kurz vor dem Einbau zu entfernen.

### **1.8.3 Einbau von Rohren und Rohrleitungsteilen**


Bei klimatischen Einflüssen unter + 5 °C bei PVC-U sowie 0 °C bei PE 80 und PE 100 werden zusätzliche Maßnahmen, z.B. Vorwärmen, Einzelten oder Beheizen, empfohlen. Auf das Herstellen von PVC-U-Kleberverbindungen im Bereich unter + 5 °C sollte verzichtet bzw. der Arbeitsbereich besonders geschützt werden. In diesem Fall ist auch für ausreichende Be- und Entlüftung der zu verklebenden PVC-Formstücke zu sorgen. Sind bei Minustemperaturen Verlegearbeiten notwendig, ist insbesondere darauf zu achten, daß die Rohre nicht schwingend bzw. stoßweise belastet werden.

Eine Lagerbefristung für Rohre und Formstücke, die in der Wasserversorgung eingesetzt werden und unmittelbar der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, besteht im Gegensatz zu internationalen Normentwürfen derzeit nicht. Bei mehrmonatigen oder gar mehrjährigen Lagerungen können sich jedoch bei PVC-U-Rohren optische Veränderungen der Außenoberfläche sowie eine leichte Abnahme der Schlag-

zähigkeit ergeben. Diese Veränderungen sind auf photochemische Umwandlungen des dem Rohrwerkstoff beigemischten Stabilisators zurückzuführen, womit jedoch keine Funktionsminderung – auch im Hinblick auf die Mindestanforderungen im Zeitstand-Innendruckverhalten – verbunden ist. Derart in der Außenoberfläche veränderte Rohre mit Steckmuffen können ohne Einschränkungen verbunden werden. Bei Einsatz von Klebverbindungen wird allerdings auf die besonderen Hinweise der Klebanleitungen verwiesen, da der verfärbte Bereich besonderer Vorbehandlung bedarf.

In den demnächst generell für PE-Druckrohre im Wasserbereich geltenden europäischen Produktstandards sind Festlegungen enthalten, die sehr hohe Anforderungen z.B. hinsichtlich der thermischen Stabilität an die äußere Oberfläche stellen. Da bei längerer Freilagerung (> 1 Jahr) mechanische Veränderungen der Außenoberfläche eintreten können – obschon aufgrund des Schälvorganges bei Schweißverbindungen nicht relevant – wird eine Limitierung von 1 Jahr empfohlen. Bei Freilagerungen von mehr als einem Jahr sind zusätzliche Nachweise erforderlich. Es empfiehlt sich daher, Rücksprache mit dem Produzenten der Rohre und der aus Rohren hergestellten Formstücke zu nehmen.

Druckrohre und -formstücke sind im Anlieferungszustand in der Regel allseitig durch Stopfen oder Kappen verschlossen. In PVC-U-Formstücken werkseitig eingelegte Dichtelemente sind somit u.a. gegen UV-Strahlen geschützt. Bei Fehlen des Muffenstopfens begrenzt sich die freie Lagerungszeit auf zwei Jahre. Muffenstopfen können auch separat zur Verfügung gestellt werden.

Vor Einbau der Rohre und Formstücke sind diese auf Transportbeeinträchtigungen oder sonstige sichtbare äußere Einflüsse zu überprüfen. Weiterhin sind Herstellerzeichen, DVGW-Registriernummer, GKR-Gütezeichen , DIN etc. der Rohrkenzeichnung zu überprüfen. Nur so kann zuverlässig festgestellt werden, daß die zur Baustelle gelieferten Teile den Anforderungen des Auftraggebers entsprechen. Riefen bzw. Kratzer und flächige Abtragungen dürfen bei PE 80- und PE 100-Rohren und -Formstücken 10 % der Mindestwanddicke nicht überschreiten und keine scharfkantigen Ausprägungen aufweisen.

Schnitte sind rechtwinklig zur Achse auszuführen. Zweckmäßig ist der Einsatz einer feinzahnigen Säge oder eines Rohrschneiders für Kunststoffrohre. Grate und Unebenheiten sind mit einem geeigneten Werk-

zeug, z.B. grobtriebige Feile, Ziehklinge oder Schaber, zu entfernen. Für die Bearbeitung der GFK-Rohre und -Formstücke sind Diamant- oder Hartmetallwerkzeuge einzusetzen.

Die zugeschnittenen Rohrenden sind entsprechend der Verbindungsart zu bearbeiten.

Beim Abwickeln der PE-Rohre vom Ring ist darauf zu achten, daß

- ▷ PE-Rohre bis 63 mm Außendurchmesser im allgemeinen senkrecht abgerollt werden, wobei der Rohranfang festzuhalten ist
- ▷ bei größeren Abmessungen eine Abwickelvorrichtung verwendet wird
- ▷ PE-Rohre gerade abgewickelt und nicht geknickt werden
- ▷ das Abziehen in einer Spirale unzulässig ist.

Ferner ist beim Abwickeln der PE-Rohre von Trommeln oder Ringbunden zu beachten, daß die Rohrenden beim Lösen der Befestigung federnd wegschnellen können. Da besonders bei größeren Rohren erhebliche Kräfte frei werden, ist entsprechende Vorsicht geboten.

Beim Abwickeln ist außerdem daran zu denken, daß die Flexibilität der PE-Rohre von der Umgebungstemperatur beeinflusst wird. Bei Temperaturen in Frostnähe empfiehlt sich zur leichteren Handhabung, die noch aufgewickelten Rohre zu erwärmen; z.B. mit Warmluft (max. 80 °C).

### **1.8.4 Herstellen der Rohrverbindungen**

#### *Steckmuffenverbindungen*

Beim Herstellen von Steckmuffenverbindungen ist wie bei allen elastomeren Dichtringverbindungen der verschiedenen Rohrkonstruktionen auf größtmögliche Sauberkeit zu achten. Bodenreste oder anderer Schmutz in den Muffen, an den Dichtringen oder auf den Spitzenden können zu undichten Verbindungen führen bzw. Probleme beim Entkeimen von Trinkwasserleitungen vor der Inbetriebnahme verursachen.

Zu Beginn ist die Lage und Unversehrtheit der werkseitig eingelegten Dichtelemente zu überprüfen bzw. bei GFK-Formstücken der Dichtring auf das Spitzende aufzuziehen oder in die entsprechende Dicht-ringkammer der Steckmuffe einzulegen. Einzusetzende Gleitmittel müssen unbedingt sauber und für

den Verwendungszweck geeignet sein. Es wird empfohlen, nur werkseitig gelieferte Hilfsmittel einzusetzen. Derartige Hilfsmittel sind dünn auf das Spitzende im Bereich der Anfasung (bei PVC-U-Rohren) aufzutragen. Überschüssige, nicht durch Spülung entfernte Restmengen können gegebenenfalls beim Entkeimen Probleme verursachen.

Vor der Herstellung von Steckmuffenverbindungen ist darauf zu achten, daß die Achsen des liegenden und des einzuschiebenden Rohres oder Formstückes eine Linie bilden. Einstecktiefen sind, falls keine Kennzeichnung vorhanden ist, vorher aufzubringen und nach dem Steckvorgang zu kontrollieren.

Werden Rohrleitungen mit Medien höherer Temperatur beauftragt, kann die werkstoffbedingte Dehnung bei nicht zugfesten Verbindungen in den Steckmuffen aufgenommen werden. Gegebenenfalls sind zusätzliche Lagesicherungsmaßnahmen vorzusehen, damit nur die Dehnung einer jeden Rohrlänge von der nächstfolgenden Muffe aufzunehmen ist.

Dem gegenüber können nicht längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen die in Richtung der Leitungsachse wirkenden Kräfte nicht oder nur in sehr begrenztem Maße aufnehmen, so daß ungesicherte Formstücke wie Bögen und Abzweige durch den Innendruck in Richtung der resultierenden Kraft weggeschoben werden. Die Sicherung kann durch Widerlager gemäß DVGW-Merkblatt GW 310 oder durch geeignete Schubsicherungsklemmen in Anlehnung an das DVGW-Merkblatt GW 368 erfolgen.

Bei waagrecht wirkenden Kräften ermöglichen es die örtlichen Verhältnisse zumeist, die resultierende Kraft über ein Betonwiderlager auf die Grabenwand zu übertragen. Bei Kraftübertragung auf die Grabensohle sind gegebenenfalls zusätzlich wirkende Kräfte, z.B. aus der Bodenlast, zu berücksichtigen. Die erforderliche Kraftübertragungsfläche des Widerlagers an der Grabenwand/Grabensohle richtet sich nach der zulässigen Beanspruchung des Bodens. Nach oben gerichtete Kräfte sind durch Gewichte abzufangen.

#### *Klebverbindungen bei PVC-U-Rohren*

Klebverbindungen sind im Gegensatz zu Steckverbindungen längskraftschlüssige Verbindungen. Ihre Anwendung empfiehlt sich

- ▷ bei der Verlegung in nicht tragfähigen Böden (Bodenklasse 2.22 nach DIN 18300)

- ▷ bei der Verlegung in Kanälen und Schächten
- ▷ bei der Verlegung von Düker- und Brückenleitungen.

Bei Klebverbindungen ist ein Klebstoff auf Basis von Tetrahydrofuran (THF) zu verwenden (DIN 16970 und Richtlinie 1.1.7 der Gütegemeinschaft Kunststoffrohre e.V.). Bei der Verklebung von Trinkwasserleitungen ist zudem darauf zu achten, daß der Klebstoff den zusätzlichen Anforderungen der DIN 19532 entspricht.

Die zu verklebenden Flächen müssen trocken und frei von Schmutz sein. Das Einsteckende ist außen, die Muffe bzw. das Formstück innen mit Reiniger und mit saugfähigem, nicht faserndem und nicht eingefärbtem Papier zu reinigen. Bei Temperaturen unter 5 °C empfiehlt es sich, Rohrenden und Muffe handwarm zu temperieren. Der Klebstoff ist gleichmäßig aufzutragen. Bei Durchmessern > 110 mm sollte der Klebauftrag durch zwei Personen erfolgen, die den Klebstoff gleichzeitig am Einsteckende und an der Muffe auftragen. Beim Vorliegen einer Spielpassung ist das Rohr zum Spitzende hin besonders dick einzustreichen.

Unmittelbar nach dem Kleberauftrag sind die Rohrleitungsteile schnell ohne gegenseitiges Verdrehen und Verkanten ineinander zu schieben. Bei Temperaturen unter 20 °C und/oder starker Luftbewegung verkürzt sich die „offene“ Zeit des Klebstoffes – Folge: der Zusammenschiebevorgang muß in noch kürzerer Zeit erfolgen. Dieses gilt auch für durch Sonneneinstrahlung erwärmte Rohroberflächen.

Der überschüssige Kleber ist nach dem Zusammenfügen zu entfernen, da das Rohr sonst zu stark angelöst wird. Die Verbindung sollte zum Aushärten entsprechend den Angaben der Klebstoff-Produzenten nicht bewegt bzw. beansprucht werden. Die Verbindung ist einer Druckbelastung erst nach einer zusätzlichen Wartezeit auszusetzen.

Da die im Klebstoff enthaltenen Lösungsmittel schwerer sind als Luft, ist während der Verlegung eine ausreichende Belüftung sicherzustellen. Das Verschließen der Rohrleitung z.B. über Nacht ist daher nicht statthaft.

#### *Klebverbindungen bei GFK-Rohren*

Für die Vorbereitung der Klebverbindung können einfache Schleifwerkzeuge verwendet werden. Durch das Aufräumen soll nicht zuviel Material abgetragen werden.

Nach dem Schmirgeln der Fügeflächen dürfen keine Schattierungen der Oberfläche erkennbar sein. Schleifstaub ist mit einem trockenen und sauberen Pinsel zu entfernen. Lösungsmittel dürfen zum Reinigen nicht verwendet werden.

Der Klebstoff besteht aus zwei Komponenten, deren gutes Vermischen Voraussetzung für eine hohe Festigkeit der Verbindung ist. Harz und Härter werden im Gebinde in getrennten Dosen im vorgeschriebenen Mischungsverhältnis geliefert.

Eine optimale Mischung ist erreicht, wenn die gesamte Menge des Härters dem Harz hinzugefügt und so gründlich vermischt wird, daß eine vollständig einheitliche Färbung entsteht. Bei tiefen Temperaturen (unter + 5 °C) ist deshalb ein Kleben nur mit zusätzlichen Heizmaßnahmen durchzuführen.

Zunächst sollte auf die vorbereitete Muffeninnenfläche eine dünne Klebstoffschicht aufgetragen und gut einmassiert, danach auf das vorbereitete Rohrende eine dünne Klebstoffschicht (0,5-1 mm) aufgetragen und ebenfalls gut einmassiert werden. Die Schnittkante des Rohres ist vor dem Zusammenfügen mit Klebstoff zu versiegeln. Danach ist das Formstück mit einer leichten Drehbewegung bis zum Anschlag auf das Rohr zu schieben bzw. das Rohr in das Formstück einzuschieben. Der überschüssige Klebstoff ist sofort zu entfernen.

Das Ausrichten der geklebten Teile darf nur innerhalb der Gebrauchsdauer der Klebmischung erfolgen. Während des Aushärtvorgangs sind Lageänderungen zu vermeiden.

#### *Laminatverbindungen bei GFK-Rohren*

Für die Bearbeitung des GFK-Werkstoffes verwendet man Diamant- oder Hartmetallwerkzeuge. Die Bearbeitung muß mindestens bis zur ersten Glaslage vorgenommen werden.

Alle Schnitt- und Schleifflächen, die nicht überlamiert werden, müssen mit artgleichen Harzen versiegelt werden. Die zu versiegelnden Flächen müssen staub- und fettfrei sein. Die Anwendung von Lösungsmitteln zur Reinigung bearbeiteter Flächen sollte vermieden werden.

Die Spalten der Stoßstellen sind mit einer Harzspachtelmasse auszufüllen. Stoßstellen ab DN 300 sind mit einem Innenlaminat zu versehen.

Für die Herstellung des Laminates sind die Verarbeitungsanweisungen des Rohrherstellers zu beachten.

Der Harzansatz ist unmittelbar vor der Verarbeitung herzustellen. Das Laminat darf nicht zu schnell aushärten. Während der Härtezeit darf die Verbindung nicht bewegt werden. Für den Laminataufbau sollten Glasmatten, Gewebe und Vliese in Bandform verwendet werden.

Der Aufbau des Überlaminates muß mit einer Textilglasmatte beginnen und ist möglichst luftblasenfrei aufzuwickeln.

Die Außenschicht besteht aus einem C-Glasvlies oder Synthesefaservlies und einer witterungs- sowie temperaturbeständigen Harzschicht von 0,2 mm Dicke.

#### *Schweißverbindungen bei PE 80- und PE 100-Rohren*

PE 80- und PE 100-Rohre werden außerhalb des Hausanschlußbereiches in der Regel verschweißt. Vor dem Verschweißen sind die Rohre und Formstücke zu reinigen. Bei ungünstigen Witterungseinflüssen wie Feuchtigkeitseinwirkung oder Temperaturen unter 0 °C dürfen Schweißarbeiten nur ausgeführt werden, wenn Arbeitsbedingungen (z.B. Vorwärmen, Einzelten oder Beheizen) geschaffen werden, die ein einwandfreies Arbeiten gemäß DVS-Merkblatt 2207 ermöglichen.

Die am häufigsten angewandten Verfahren, die Heizwendelschweißung und die Heizelementstumpfschweißung, haben sich bei sorgfältiger Ausführung hervorragend bewährt.

Die Zuordnung der Rohre und Formstücke untereinander ist unter Berücksichtigung der Schweißverbindungen in Tafel 7 dargestellt.

Besonderes Augenmerk ist auf das sorgfältige und vollständige Abschaben – empfohlen werden rotierende Schabeinrichtungen – der zu verschweißenden Rohroberfläche zu richten. Anschließend sind diese Flächen mit einem geeigneten und vom Hersteller der Schweißformstücke empfohlenen Reinigungsmittel zu reinigen. Hierfür ist saugfähiges, nicht faserndes und nicht eingefärbtes Papier zu verwenden.

Die elektrisch verschweißbaren Formstücke, Anbohrschellen usw. sind erst kurz vor dem Schweißen der Originalverpackung des Herstellers zu entnehmen

und unmittelbar auf dem gereinigten Rohr zu fixieren. Bei Heizwendelschweißungen wird der Einsatz von Einspannvorrichtungen zur Vermeidung verlegebedingter Spannungen während des Schweißvorganges empfohlen.

Aus Gründen u.a. der Arbeitserleichterung empfiehlt es sich, diese außerhalb des Rohrgrabens auszuführen. Ist zudem der Rohrgraben verbaut bzw. sind andere Versorgungseinrichtungen zu kreuzen, kann der Rohrstrang über den Kopf des Grabens und mittels Rollen unter dem Verbau hindurchgezogen werden. Die Art der Verlegung wird durch die Flexibilität des PE-HD-Rohrstranges sehr erleichtert.

#### *Heizwendelschweißen*

Bei diesem Verfahren werden die Verbindungsflächen (Rohraußenoberfläche und Muffeninnenseite) mittels in der Muffe vorhandener Widerstandsdrähte durch elektrischen Strom auf Schweißtemperatur erwärmt und geschweißt. Die Schweißung erfolgt mit eigens hierfür entwickelten und geeigneten Schweißregeleinheiten sowie Haltevorrichtungen.

#### *Heizelementstumpfschweißen*

Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile werden am Heizelement unter Druck angeglichen, anschließend bei reduziertem Druck erwärmt und nach Entfernung des Heizelementes unter Druck zusammengefügt.

Während der Abkühlung ist der Fügedruck der in der Schweißvorrichtung eingespannten Teile aufrechtzuerhalten. Maßnahmen für eine beschleunigte Abkühlung der verschweißten Teile sind unzulässig.

#### *Schiebehülstechnik bei PE-Xa-Rohren*

Rohre aus PE-Xa lassen sich rein mechanisch mittels Schiebehülstechnik problemlos verbinden. Dabei wird das am Ende aufgeweitete Rohr zunächst auf den profilierten Stützkörper des metallenen Verbindungsstückes geschoben. Der Memory-Effekt bewirkt anschließend über die Selbstrückformung des PE-Xa ein festes Anliegen des Rohres auf dem Stützkörper. Zur Erhöhung der Verbindungssicherheit wird schließlich noch eine zuvor über das Rohr geschobene metallene Hülse axial über Rohr und Stützkörper geschoben. Es wird hierbei auf die Benutzung eines elastomeren Dichtrings verzichtet, da der Rohrwerkstoff selbst das Dichtmaterial darstellt. War diese Art der Verbindungstechnik bislang nur in der Heizungs- und Sanitärinstallation von Rohren

aus PE-Xa üblich, so darf sie heute mit Zulassung des DVGW auch im erdverlegten Bereich angewendet werden.

Eine ähnliche Verbindungstechnik wie die auf dem Memory-Effekt basierende Schiebehülstechnik besteht darin, daß man an Stelle einer metallenen Schiebehülse lediglich eine Hülse aus PE-Xa vor der Aufweitung des Rohrendes auf das Rohr schiebt, die anschließend zusammen mit dem Rohr aufgeweitet wird. Nachdem das PE-Xa-Rohr auf den Stützkörper geschoben wurde, stellt sich die Verbindung hier ausschließlich durch die Rückformung sowohl des Rohres als auch der Hülse her. Wie für die Schiebehülstechnik gibt es auch für dieses Verfahren eine DVGW-Zulassung.

### Klemmverbindungen bei PE-Rohren

Verbindungen von PE 63-, PE 80- und PE 100-Trinkwasserrohren kleineren Durchmessers (z.B. im Hausanschlußbereich) werden grundsätzlich mit lösbarem, mechanischem Klemmverbinder ausgeführt. Klemmverbinder aus Kunststoff müssen der DIN 8076-3, die aus Metall den Anforderungen der DIN 8076 sowie der VP 600 des DVGW entsprechen.

Zunehmend finden auch Übergangsstücke PE-HD/Metall Verwendung. Hierbei ist ein Rohrstück aus Metall mit einem Innen- oder Außengewinde versehen, das andere Ende ist mit einer PE-HD-Muffe umgeben. Die mechanische und dichte Verbindung ist dadurch erzielt, daß das Kunststoffteil auf die Metallhülse im Spritzgießen aufgespritzt wurde und durch das Schwinden beim Abkühlen aus der Schmelze und Erstarren auf die Metallhülse fest aufgeschumpft ist.

### Flanschverbindungen

PVC-U-Rohre können lösbar und zugfest verbunden werden mit:

- ▷ Flanschverbindung mit Bundbuchsen
- ▷ Flanschverbindung mit kegeligen Flanschbuchsen
- ▷ Anschluß an Metallflansche mit Bundbuchsen
- ▷ Anschluß an Metallflansche mit kegeliger Flanschbuchse.

Für die Verbindung von PE-Rohren durch Flansche stehen ab 32 mm Außendurchmesser Vorschweißbunde mit losem oder festem Flansch zur Verfügung. Es sind drei verschiedene Ausführungen gebräuchlich:

- ▷ Vorschweißbunde für Heizwendelschweißen
- ▷ Vorschweißbunde für Heizelementmuffenschweißen
- ▷ Vorschweißbunde für Heizelementstumpfschweißen.

Bei der Herstellung von Flanschverbindungen ist sicherzustellen, daß die Teile weitgehend frei von Biegespannungen und temperaturbedingten Zugspannungen bleiben. Auf genau fluchtende Leitungsteile sowie auf eine ausreichende Sicherung schwerer Armaturen ist zu achten. Flanschverbindungen an PE-HD-Rohren kleinerer Nennweiten sollten möglichst zugunsten von Klemmverbindungen entfallen.

Generell soll das Anziehen der Schrauben über Kreuz und mit einem geeigneten Werkzeug erfolgen, damit eine dauerhafte Abdichtung der Verbindung gewährleistet ist. Bei Verwendung stahlarmerter Kunststoff-Flansche sind Unterlegscheiben zu verwenden, um die wirksame Axialkraft gleichmäßig auf die Flansche zu übertragen.

### 1.8.5 Flexibilität

Die Flexibilität von Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen erlaubt eine weitestgehende Anpassung an den Rohrgraben und damit auch an die Trassenführung. Dabei dürfen die nachstehenden Werte für den kleinsten zulässigen Biegeradius nicht unterschritten werden.

Rohrwerkstoff	Verlegtemperatur	kleinster zulässiger Biegeradius
PE 80 und PE 100	20 °C 0 °C	20 x d 50 x d
PVC-U	0 °C	300 x d
PE-Xa	20 °C 0 °C	10 x d 25 x d

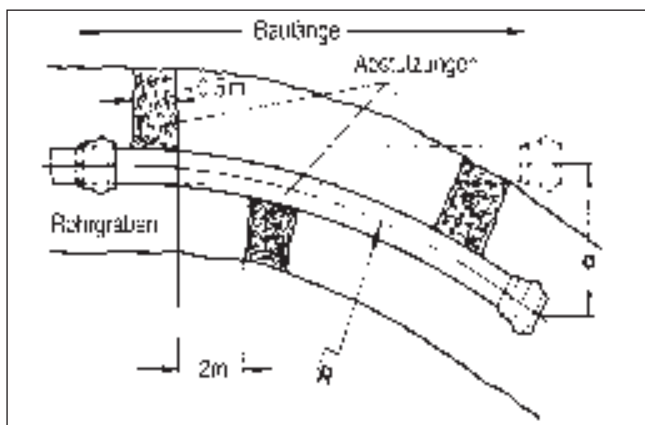
Bei Biegungen in PVC-U-Druckleitungssystemen mit Steckmuffenverbindungen ist durch entsprechende Abstützung des Rohres die nicht zulässige Abwinklung des Einsteckendes in der Muffe zu verhindern (Bild 10). Rohre größerer Nennweiten (ab DN 200) lassen sich auf Grund der höheren Eigensteifigkeit kaum noch biegen. Geringe Richtungsänderungen können jedoch auch bei diesen Rohren erzielt werden. Auf Grund der größeren Muffenspalte und des Dichtringvolumens ist eine Abwinklung in der Muffe möglich. Sie darf ca. 0,5° (entspricht ca. 5 cm Auslenkung bei 6 m Baulänge) betragen.

Auf das Erwärmen von Rohren zur Herstellung von Rohrbögen auf der Baustelle sollte – auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten - verzichtet werden.

### 1.8.6 Einbau von Armaturen

Die Forderung, Armaturen und deren Umführungen spannungsfrei einzubauen, ist mit Flanschverbindungen nur bedingt zu erfüllen, da Flansche Längskräfte, Querkräfte sowie Biege- und Torsionsmomente übertragen. Viele Versorgungsunternehmen sind dazu übergegangen, flanschlose Armaturen einzusetzen.

Zudem sind Formstücke mit hohem Eigengewicht (gußeiserne Formstücke und schwere Armaturen) erforderlichenfalls so zu unterbauen, daß die Rohrleitung nicht durch ihr Gewicht belastet wird.



DN	d <sup>II</sup> [mm]	R [m]	a in [m] bei Baulängen	
			6 m	12 m
50	63	18,9	0,94	3,69
65	75	22,2	0,80	3,13
80	90	27,0	0,66	2,63
100	110	33,0	0,54	2,16
125	140	42,0	0,43	1,70
150	160	48,0	0,38	1,49
200	225	67,5	0,27	1,07
250	280	84,0	0,22	0,86
300	315	94,5	0,19	0,76
400	450	135,0	0,13	0,54

<sup>II</sup> Rohraußendurchmesser  
Auslenkung a darf beim Biegen nicht überschritten werden.

Bild 10: Richtungsänderung

### 1.8.7 Rohrgraben

Im allgemeinen werden an Leitungsgräben die gleichen Anforderungen wie bei Stahl- und Gußrohrleitungen gestellt. Auch die Tiefbauarbeiten sind praktisch die gleichen. Die Überdeckung richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen.

Der Rohrgraben ist so anzulegen, daß alle Leitungsteile in frostsicherer Tiefe (Überdeckungshöhe je nach Klima und Bodenverhältnissen; in der Regel 1,0 bis 1,8 m) verlegt werden können. Die Grabensohle ist so herzustellen, daß die Rohrleitung gleichmäßig aufliegt (Bild 11 links).

Bei felsigem oder steinigem Untergrund ist die Grabensohle tiefer auszuheben und der Aushub durch ein geeignetes Bodenmaterial, dessen Korngrößenzusammensetzung keine Beschädigungen der Rohre verursacht, zu ersetzen (Bild 11 rechts).



Bild 11: Überdeckung

In Steilstrecken muß durch geeignete Sicherung vermieden werden, daß der verfüllte Rohrgraben als Drän wirkt und dadurch die Rohrbettung abgeschwemmt und die Rohrleitung unterspült werden. In Hang- und Steilstrecken ist die Rohrleitung auch gegen Abrutschen zu sichern, z.B. durch Riegel.

Wie bei mit Außenschutz-Umhüllungen geschützten Druckrohren aus konventionellen Werkstoffen sind auch bei Kunststoffrohren Bodenmaterialien einzubringen, deren Korngrößenzusammensetzung auf die mechanische Widerstandsfähigkeit der Rohre abgestimmt ist.

Bei nicht tragfähigen Böden (überwiegend moorigen Böden) oder bei Böden mit großen Setzungen (überwiegend im aufgeschütteten Gelände) können besondere Maßnahmen erforderlich werden. Hier sind Pfahlgründungen, Stahlbetontragplatten, elastische Matten oder andere Sonderkonstruktionen zu empfehlen.

Der Austausch des Aushubmaterials im Bereich der Rohrleitungszone und die Überschüttung kann eine kostenaufwendige Maßnahme sein, zumal für alle Versorgungsrohre Sandeinbettung bzw. sandiger Kies vorgeschrieben ist. Dies erfordert in bergigen Regionen oder in Gebieten mit steinigem Baugrund vielfach einen vollständigen Bodenaustausch. Konsequenz: finanzielle Mehraufwendungen für das Beseitigen von ungeeignetem Boden, da entsprechende Deponien nur an wenigen Stellen zur Verfügung stehen. Dieser Sachverhalt gewinnt aus ökologi-

schen Gründen zusehends an Bedeutung, zumal natürlicher Sand aus Sandgruben oft sehr teuer ist und neue nahegelegene Sandgruben wegen der Landschaftszerstörung nicht ohne weiteres eröffnet werden können. Somit ist die Frage der Eignung von Brechsanden von besonderer Bedeutung.

### 1.8.8 **Temperatenausgleich vor der Verfüllung der Rohrleitungszone**

Vor der eigentlichen Grabenverfüllung ist besonders in warmen Jahreszeiten infolge der relativ großen temperaturabhängigen Ausdehnung, insbesondere bei PE 80- und PE 100-Rohrmaterialien, darauf zu achten, daß der notwendige Längenausgleich durch entsprechende Abkühlung stattfindet. Hier wird die Rohrleitung lediglich eingesandet oder nur geringfügig abgedeckt. Nach erfolgter Temperaturangleichung kann die weitere Verfüllung vorgenommen werden. Anpaßarbeiten an vorhandene Leitungen sind erst nach erfolgtem Temperaturausgleich durchzuführen.

### 1.8.9 **Grabenverfüllung**

In Verkehrsflächen ist für den Bereich der Leitungszone – also bis 30 cm über Rohrscheitel – ein gut verdichtbarer Boden einzubringen, sofern nicht besondere Vereinbarungen oder Anordnungen vorliegen. Im freien Gelände oder in Vegetationsflächen kann weitgehend auf besondere Anforderungen bei der Einbringung des Bettungsmaterials verzichtet werden, sofern keine Hohlräume auftreten und statische Anforderungen nicht vorliegen. Grundsätzlich darf allerdings kein gefrorener Boden in der Leitungszone verwendet werden.

Das restliche Verfüllen des Rohrgrabens ist entsprechend der Vorschrift ZTVA-St B 97 „Zusätzliche Technische Verkehrsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen“ vorzunehmen. Maschinelle Geräte können nach Erreichen der vorgeschriebenen Schütthöhe verwendet werden.

Die Breite des Rohrgrabens ist von einer Vielzahl von Bedingungen und Kriterien abhängig. Nur wenn Rohrgräben überhaupt nicht betreten werden müssen und hinsichtlich der Verdichtung keine Anforderungen gestellt werden, kann die Grabenbreite nach konstruktiven und technischen Gesichtspunkten gestaltet werden, wodurch insbesondere alternative

Verlegetechniken in Verbindung mit PE 80- und PE 100-Druckrohren zunehmend große Bedeutung gewinnen.

### 1.8.10 **Innendruckprüfung**

Jede Rohrleitung ist nach der Verlegung einer Wasserinnendruckprüfung zu unterziehen, um die Dichtigkeit bzw. ordnungsgemäße Verlegung der Rohre, Formstücke, Verbindungen und weiterer Rohrleitungsteile sowie Hausanschlußleitungen sicherzustellen.

Für die Durchführung der Druckprüfung gilt die Vornorm DIN V 4279-7 „Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser“. Bei dieser Druckprüfung werden Rohre einem Verfahren unterworfen, in dem während der Vorprüfung der vollständig mit Wasser gefüllte Leitungsabschnitt eine einstündige Entspannungsphase durchläuft und anschließend der Prüfdruck durch ständiges Nachpumpen über eine Zeit von 10 Minuten gehalten wird. Es folgt eine einstündige Ruhephase, während der sich die Leitung viskoelastisch verformt, einzuhalten. Bei größerem Druckabfall liegt eine Undichtigkeit vor, oder die Leitung war einer unzulässigen Temperaturerhöhung ausgesetzt. Die Temperatur der Rohrwand darf während der Druckprüfung 20 °C nicht überschreiten.

Bei erfolgreicher Vorprüfung kann die Hauptprüfung durchgeführt werden. Trotz der einstündigen Vorbelastung dehnt sich die Leitung weiter. Durch eine kurzzeitige Druckabsenkung um 2 bar bei Trinkwasserleitungen bis 10 bar bzw. 3 bar bei Trinkwasserleitungen bis 16 bar wird dieser Prozeß unterbrochen. Dieser Druckabfall führt zu einer Kontraktion der Leitung. Im Verlaufe eines nachfolgenden 30minütigen Zeitabschnittes läßt sich dann die Dichtigkeit der Leitung sicher beurteilen (*Bild 12*).

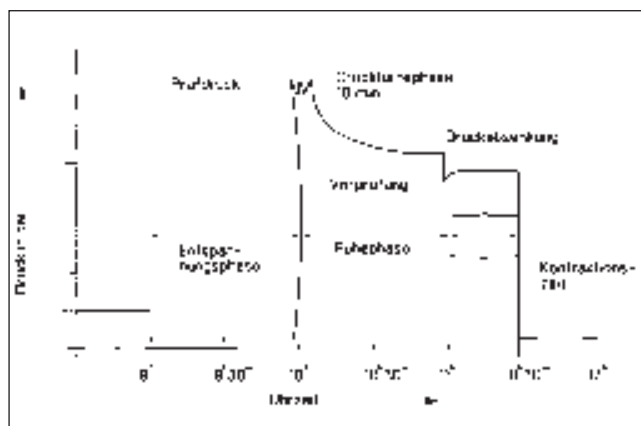


Bild 12: Druckverlauf während der Druckprüfung an einer Druckrohrleitung aus PE-HD

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

Über die Prüfung ist ein Prüfbericht nach DIN 4279-9 anzufertigen.

### 1.8.11 Spülung und Desinfektion

Nach erfolgter Innendruckprüfung ist eine Desinfektion der Trinkwasserleitung durchzuführen. Es werden folgende Verfahren angewendet:

- ▷ Spülverfahren ohne Zugabe von Desinfektionsmitteln mit oder ohne Luftzugabe
- ▷ statisches Verfahren mit Zugabe von Desinfektionsmitteln
- ▷ dynamisches Verfahren mit Zugabe von Desinfektionsmitteln.

Für die Verfahren ist ausschließlich Trinkwasser zu verwenden.

Beim Spülverfahren sind die vorgeschriebenen Mindestdauern sowie die Fließgeschwindigkeit und eine eventuelle Luftzugabe zu beachten.

Beim statischen Verfahren verbleibt die Desinfektionslösung im vollständig gefüllten Leitungsabschnitt. Die Konzentration und die Verweilzeit der Desinfektionslösung sind zu beachten.

Beim dynamischen Verfahren fließt Desinfektionsmittel durch den vollständig gefüllten Rohrabschnitt. Die Konzentration und die Fließgeschwindigkeit der Desinfektionslösung sind zu beachten.

Weitere ausführliche Hinweise sind im DVGW-Arbeitsblatt W 291 „Desinfektion von Wasserversorgungsanlagen“ nachzulesen.

## 1.9 Alternative Verlegeverfahren

Im Rahmen der Diskussion über Kostensenkungspotentiale in der Trinkwasserversorgung werden verstärkt Bemühungen unternommen, Handlungsempfehlungen für kostengünstiges Bauen voranzutreiben.

Beweggründe sind zum einen die Siedlungsstruktur mit vielfach ländlicher Prägung und häufig großen Entfernungen zwischen Wassergewinnung und -ver-

brauch, aber auch die durch weitläufige Siedlungsstrukturen hohen Investitionskosten für den Rohrleitungsbau bei vergleichsweise geringem Wasserverbrauch.

Es wurden daher alternative Verlegeverfahren für Kunststoffrohrleitungen und hier insbesondere mit PE 80-, PE 100- und PE-Xa-Rohren entwickelt, die z.B. in ausgespülten Bohrungen oder aber in nicht begehbaren, ungesicherten Schlitzen bzw. Gräben eingelegt und anschließend sofort verfüllt werden.

### Horizontal-Spülbohrverfahren

Ein vielfach anzutreffendes Verlegeverfahren ist das steuerbare Horizontal-Spülbohrverfahren (*Bild 13*). Es ist in der Regel ein Naßbohrverfahren, bei dem in verschiedenen Stufen das Bodenmaterial mittels Bohrsuspension gelockert und fortgespült wird. Zum Rohrezug dient eine Innenziehvorrichtung, die über einen Drehwirbel mit dem Aufweitkopf verbunden ist.

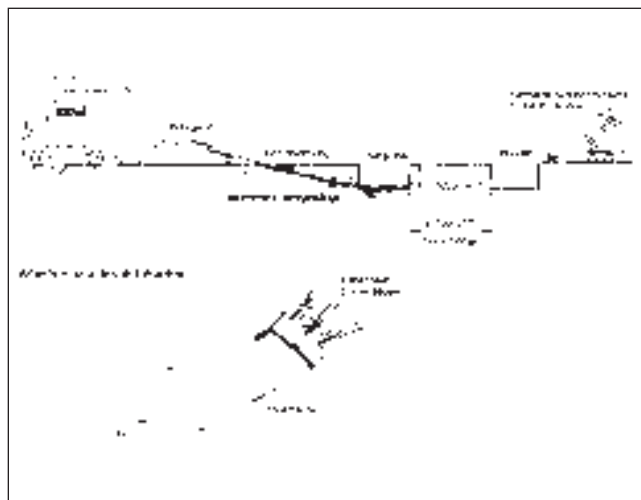


Bild 13: Horizontal-Spülbohrverfahren

Der Aufweitungsdurchmesser des Mikrotunnels sollte ca. 20 bis 30 % größer sein als der Außendurchmesser des Produktröhres.

Dieses, aber auch die übrigen alternativen Verfahren, schließen eine besonders intensive Trassen erkundung ein. Hierfür stehen geeignete Techniken zur Erkennung künstlicher Strukturen im Untergrund zur Verfügung. Auch querende Fremdleitungen in fast allen Materialien können hiermit erfaßt werden.

Bei etwaigen Korrekturen innerhalb der Trasse ist die hohe Flexibilität der Rohrwerkstoffe PE 80 und



PE 100 besonders vorteilhaft, wenn Kanäle, Baumwurzeln etc. zu umfahren sind.

Weitreichende Erfahrungen liegen z.B. vor bei der Verlegung von Kommunikations-, Melde- und Stromkabeln sowie bei Wasserleitungen z.B. aus Polyolefinen bis Durchmesser 300 mm. Auch Erdgasleitungen aus PE 80 und PE 100 werden heute in hohem Maße mittels Horizontalbohrtechnik verlegt. Im Wasserbereich – und hier insbesondere bei Unterquerungen von Bäumen, Biotopen, Parkanlagen, hochfrequentierten Verkehrswegen sowie unterirdischen Verkehrswegen und Werkshallen – hat sich diese grabenlose Verlegetechnik etabliert. Der Durchmesser der zu verlegenden Rohre liegt häufig bei 100 mm innen bzw. 140 mm außen.

### *Einpflügeverfahren*

Eine weitere Verlegemethode, die zunehmend für die Verlegung von Rohren außerhalb von innerstädtischen Bereichen an Bedeutung gewinnt, ist die maschinelle Verlegung mittels Einpflügen (*Bild 14*). Dabei wird mit Hilfe eines Verdrängungsteils ein Schlitz geformt, in den das Rohr sofort eingezogen und abgelegt wird. Je nach Standfestigkeit des anstehenden Bodens neigt sich das Erdreich von oben her, und der Schlitz wird geschlossen.

Im allgemeinen wird ein Verlegepflug ohne eigenen Antrieb verwendet, der über eine Seilwinde, die auf einem Zugfahrzeug befestigt ist, durch den Untergrund gezogen wird. Das Schwert wird beim Trassenbeginn in eine Startgrube auf Höhe der Verlegetiefe eingesetzt. Durch die Zugkraft des Seiles verdrängt das Pflugschwert das Erdreich im Bereich der Leitungszone und glättet durch sein hohes Eigengewicht die Rohrgrabensohle. Dadurch wird ein steinfreier Hohlraum für das Rohr erzeugt, das über den Rohreinführstutzen des Pflugschwertes auf der Grabensohle in der gewünschten Tiefe spannungsfrei abgelegt wird.

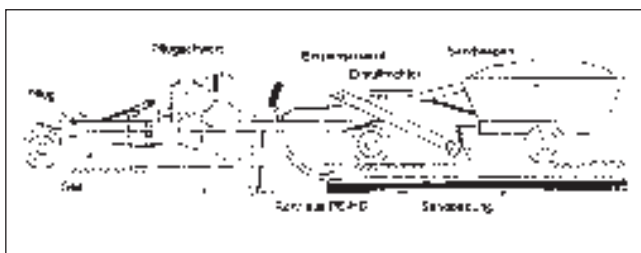


Bild 14: Einpflügeverfahren / Prinzip

Außerdem besteht die Möglichkeit, das Rohr bei steinigem Untergrund einzusanden. Dabei wird

über einen direkt am Pflug anhängenden Sandwagen kontinuierlich Sand zugegeben. Die Verlegetiefe kann mittels Lasersteuerung ständig kontrolliert und bei Bedarf korrigiert werden.

Die Rohrleitung (Ringbund, Stangenware) kann entweder parallel zur Trasse ausgelegt und vor Ort verschweißt werden oder aber im Ringbund auf einer Trommel mitgeführt und synchron zum Pflugvertrieb verlegt werden. Als Leitungsmaterial wird meistens ein Rohr aus PE 80 bzw. PE 100 verwendet.

Das Verfahren ist besonders geeignet in ländlichen Gebieten außerhalb versiegelter Flächen, wo häufig große Rohrleitungslängen mit wenigen Anschlüssen erforderlich sind. Das Gelände muß unbefestigt sein, ohne größere Hindernisse. Das Kreuzen kleiner Gewässer und das Verlegen von Rohren in Böschungen stellen aufgrund der Pflugkonstruktion mit allseitig verstellbaren Radauslegern keine Probleme dar. Das Pflugverfahren kann in den Bodenklassen 2 bis 5 nach DIN 18300 angewendet werden. Teilweise ist in schwer pflügbaren Böden ein Vorpflügen notwendig, wodurch das Erdreich aufgelockert und beim zweiten Arbeitsgang das Rohr eingezogen werden kann. Der Einsatz des Pfluges hat sich bei Rohrverlegungen unterhalb des Grundwasserspiegels und in Mooregebieten als sehr wirtschaftlich und umweltschonend erwiesen.

### *Einfräsen von Rohrleitungen*

Zur Herstellung von Rohrleitungsgräben stehen mehrere Grabenfräsen zur Verfügung. Man unterscheidet zwischen Grabenfräsen, die einen offenen Rohrgraben als Alternative zur konventionellen Bauweise mit Baggern herstellen, und Verlegeverfahren, die in einem Arbeitsvorgang einen Rohrgraben fräsen, das Rohr einziehen und den Rohrgraben wieder verfüllen. Diese Herstellungsart wird als „Einfräsen“ bezeichnet.

Das Verlegesystem besteht im allgemeinen aus einer selbstfahrenden Fräs- und Verlegeeinheit, die auf einem geländegängigen Fahrzeug befestigt ist und einem zweiten nachgeschalteten Fahrzeug mit einer Wiederverfüll- und Verdichtungseinheit. Die Grabensohle kann mittels Lasersteuerung mit einem rotierenden Fräskopf hergestellt werden. Das Aushubmaterial wird seitlich ausgeworfen und kann nach dem Einziehvorgang mittels Axialschnecken wieder in den Graben verfüllt werden.

Das Fräsverfahren wird vor allem in ländlich strukturierten Bereichen eingesetzt, wo verstärkter Bedarf bei der Anbindung von Haushalten an die öffentliche Trinkwasserversorgung besteht. Mit dem Verfahren ist es möglich, sowohl Druckleitungen als auch Gefälleleitungen herzustellen.

Das Fräsverfahren kann in den Bodenklassen 3 bis 5 (standfeste Böden) nach DIN 18300 und unterhalb des Grundwasserspiegels eingesetzt werden.

Die maximalen Verlegetiefen und Rohrdurchmesser reichen beim Einfräsen von Leitungen bis 1,60 m bzw. DN 300. Im Bereich von Verkehrsflächen kann eine zusätzliche Verdichtung des Rohrgrabens mit Hilfe von Rüttelplatten nötig sein.

Einsparpotentiale bei Anwendung verschiedener Verlegeverfahren:

	Bagger	Fräse	Pflug
Erdaushub	x	xxx	xxxx
Deponierung von Erdaushub	x	xxx	xxxx
Wasserhaltung	x	xxx	xxxx
Baugrundbesicherung	x	xxx	xxxx
Spalten	xxx	xxx	x
Wahl eines geeigneten Rohrmaterials, um in Abhängigkeit von den vorhandenen Bodenverhältnissen evtl. auf eine Sandeinbettung, Verfüllung und Verdichtung des Rohrgrabens in unbefestigten Flächen zu verzichten	xxx	xxx	xxx
x = kein oder nur geringes Einsparpotential xxx = Einsparpotential vorhanden xxxx = hohes Einsparpotential			

### Kurzzeitige Biegeradien und maximal zulässige Zugkräfte bei alternativen Verlegetechniken

Bei den zuletzt beschriebenen alternativen Verlegeverfahren müssen temporär sehr kleine Biegeradien bei der Umlenkung realisiert werden. Als Kriterium für die Bestimmung der zulässigen Biegeradien sind bei kleinem Verhältnis von Rohrwanddicke zum Rohrdurchmesser die Knickung, bei großem Verhältnis die Randfaserdehnung zu betrachten.

Bezogen auf die verschiedenen Rohrabmessungen ergeben sich folgende kurzzeitig zulässige Biegeradien bezogen auf 20 °C.

SDR	PE 80/PE100
17,6	14 x DA
17,0	13,5 x DA
11,0	8,2 x DA

PE 100-Druckrohre, $\sigma = 10 \text{ N/mm}^2$						
DA [mm]	s [mm]	SDR 11 [PN 16]	s [mm]	SDR 17 [PN 10]	s [mm]	SDR 17,6 [PN 9,7]
		Zugkraft [kN]		Zugkraft [kN]		Zugkraft [kN]
20	1,9	1	-	-	-	-
25	2,3	2	1,8	1	1,8	1
32	2,9	3	1,9	2	1,9	2
40	3,7	4	2,4	3	2,3	3
50	4,6	7	3	4	2,9	4
63	5,8	10	3,8	7	3,6	7
75	6,8	15	4,5	10	4,3	10
90	8,2	21	5,4	14	5,1	14
110	10	31	6,6	21	6,3	21
125	11,4	41	7,4	27	7,1	26
140	12,7	51	8,3	34	8	33
160	14,6	66	9,5	44	9,1	43
180	16,4	83	10,7	56	10,2	54
200	18,2	103	11,9	69	11,4	68
225	20,5	131	13,4	88	12,8	85
250	22,7	162	14,8	109	14,2	105
280	25,4	203	16,6	136	15,9	132
315	28,6	257	18,7	173	17,9	167
355	32,2	327	21,1	219	20,1	211
400	36,3	415	23,7	279	22,7	269
450	40,9	526	26,7	352	25,5	340
500	45,4	648	29,7	436	28,3	419
560	50,8	813	33,2	546	31,7	526
630	57,2	1.029	37,4	691	35,7	667

Tafel 8: Maximal zulässige Zugkräfte für Rohre aus PE 100

Die maximal zulässigen Zugkräfte an Rohren aus PE 100 und PE 80 orientieren sich an ihren Festigkeitseigenschaften. Die Angaben in den Tafeln 8 und 9 basieren auf 20 °C. Bei 40 °C sind die maximalen Zugkräfte mit dem Faktor 0,6 zu multiplizieren.

### 1.10 Weitere Anwendungsgebiete

Ein weiteres spezielles Anwendungsgebiet für Rohre aus PE-HD ist der Einsatz in Bergsenkungsgebieten. In typischen Bergbaugebieten kann es durch den unterirdischen Abbau bedingt zu größeren Absackungen bzw. Bodensetzungen kommen. Hier hat der Betreiber dafür Sorge zu tragen, daß die auf die Leitung übertragenen Längskräfte durch zusätzliche Maßnahmen kompensiert werden bzw. nicht zum Schaden der Leitung führen.

Geht man davon aus, daß die aus den Bewegungen des Bodens wirksam werdenden Kräfte in voller Höhe auf die Rohrleitung übertragen werden, so zeigen Untersuchungen, daß die zulässige Dehnung des Rohrwerkstoffes PE-HD ein Mehrfaches der maximalen Belastung durch den Boden beträgt. Daraus geht eindeutig hervor, daß zusätzliche Maßnahmen zur Aufnahme dieser Belastungen entfallen können.

Ein weiteres Einsatzgebiet für Rohre aus PE-HD ist die Verlegung in instabilen Böden. Durch ihre Fähigkeit, Längskräfte aufzunehmen, und durch die längskraftschlüssigen Schweißverbindungen sind auch hier Verlegungen in äußerst kritischen Bereichen, in denen andere Rohrmaterialien ihre Einsatzgrenzen finden, problemlos möglich.

PE 80-Druckrohre, $\sigma = 8 \text{ N/mm}^2$								
DA [mm]	s [mm]	SDR 7,4 [PN 20]	s [mm]	SDR 11 [PN 12,5]	s [mm]	SDR 17 [PN 6,3]	s [mm]	SDR 17,6 [PN 6]
		Zugkraft [kN]		Zugkraft [kN]		Zugkraft [kN]		Zugkraft [kN]
20	2,8	1	1,9	1	-	-	-	-
25	3,5	2	2,3	1	1,8	1	-	-
32	4,4	3	2,9	2	1,9	1	1,9	1
40	5,5	5	3,7	3	2,4	2	2,3	2
50	6,9	7	4,6	5	3	4	2,9	3
63	8,6	12	5,8	8	3,8	6	3,6	5
75	10,3	17	6,8	12	4,5	8	4,3	8
90	12,3	24	8,2	17	5,4	11	5,1	11
110	15,1	36	10	25	6,6	17	6,3	16
125	17,1	47	11,4	33	7,4	22	7,1	21
140	19,2	59	12,7	41	8,3	27	8	26
160	21,9	77	14,6	53	9,5	36	9,1	34
180	24,6	97	16,4	67	10,7	46	10,2	43
200	27,4	120	18,2	83	11,9	56	11,4	54
225	30,8	152	20,5	105	13,4	71	12,8	68
250	34,2	187	22,7	130	14,8	87	14,2	84
280	38,3	235	25,4	163	16,6	110	15,9	105
315	43,1	297	28,6	206	18,7	139	17,9	134
355	48,5	377	32,2	262	21,1	177	20,1	169
400	54,7	478	36,3	332	23,7	224	22,7	215
450	61,5	600	40,9	421	26,7	284	25,6	272
500	68,3	741	45,4	519	29,7	351	28,3	335
560	-	-	50,8	650	32,2	427	31,7	421
630	-	-	57,2	823	37,4	557	35,7	533

Tafel 9: Maximal zulässige Zugkräfte für Rohre aus PE 80

## 2 Hausanschlußleitungen

An Hausanschlußleitungen werden besonders hohe Anforderungen gestellt. Hier sind z.B. das flexible Verhalten bei Setzungen, hohe Korrosionsbeständigkeit, langfristige Wartungsfreiheit, hohe Lebensdauer sowie die einfache und sichere Handhabung zu nennen.

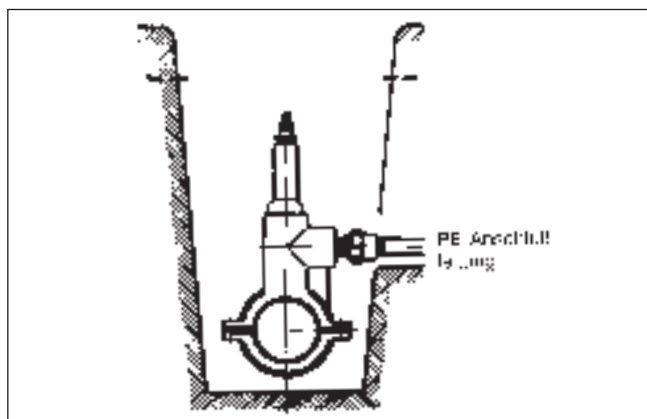


Bild 15: Hausanschlußleitung aus PE-HD

Hausanschlußleitungen aus Kunststoff (Bild 15) zeichnen sich für diesen Anwendungszweck in idealer Weise aus. Hervorzuheben ist bei PE-HD die Möglichkeit, auch längere Hausanschlußleitungen mit minimalem Verbindungsanteil (Ringbunde und Stangen in Lieferlängen von 6 m, 12 m und 20 m) und damit geringen Verlegekosten herzustellen, sowie auch auf grabenlose Verlegeverfahren zurückgreifen zu können.

Als Anschluß- bzw. Verbindungsmöglichkeiten stehen handelsübliche Heizwendelschweißformstücke oder Klemmverschraubungen zur Verfügung.

In jüngster Zeit werden neue Rohrkonstruktionen, z.B. aus vernetztem Polyethylen oder mit mehrlagigem Wandaufbau, in Extrembereichen eingesetzt.

Die Verbindung der Hausanschlußleitung mit der Versorgungsleitung wird in der Regel mit Anbohrarmaturen ermöglicht. Dies hat den Vorteil, daß die Versorgung anderer Abnehmer beim Anschluß neuer Anlieger nicht vorübergehend unterbrochen werden muß. Diese Armaturen werden üblicherweise so eingebaut, daß die Versorgungsleitung von oben im Scheitel angebohrt werden kann. Der Vorteil liegt hier in der besseren Zugänglichkeit bei der Montage.

Später, bei betriebsnotwendigen Arbeiten, kann hier eine Abführung der in der Leitung befindlichen Luft über die Hausanschlußleitung erfolgen.

Hausanschlußleitungen, die über Nennweiten größer als DN 50 hinausgehen, werden auf Grund der großen Abmessungen der Anbohrarmaturen und des damit zu erwartenden geringen Erdüberbaus seitlich angebohrt oder durch den Einbau eines Abzweigformstückes angeschlossen.

Für die Verbindung der Hausanschlußleitung mit der Versorgungsleitung werden Anbohrarmaturen oder bei großen Abmessungen T-Stücke verwendet.

Anbohrarmaturen für Hauptleitungen aus PVC-U werden entweder auf die PVC-U Hauptleitung aufgeklebt oder mit Keilen bzw. Schrauben befestigt. Anbohrarmaturen aus metallischen Werkstoffen müssen breite Auflageflächen besitzen, um die Flächenpressung gering zu halten. Die in der Praxis zur Anwendung kommenden Anbohrarmaturen erfüllen diese einfachen konstruktiven Anforderungen. Zum

Anbohren dürfen nur geeignete Bohrwerkzeuge mit ausreichend bemessenen Spannuten verwendet werden.

Die Hausanschlüsse an Hauptleitungen aus PE-HD (Bilder 16 und 17) werden mit entsprechenden Anbohrschellen hergestellt, die mittels der Heizwendelschweißverbindung einfach auf die Hauptleitung aufgeschweißt werden. Diese Methode, Hausanschlüsse herzustellen, hat sich aufgrund ihrer unkomplizierten Handhabung und langfristigen Funktionssicherheit in der Praxis seit Jahren bewährt.

Rohre und Formstücke müssen in ihrer Beschaffenheit den betrieblichen Beanspruchungen standhalten. Für die Verlegung/den Bau von Hausanschlußleitungen gelten die Festlegungen der DIN 19630.

Verbindungsart	max. Durchlauf (m)	max. Durchlauf (m)	max. Durchlauf (m)	max. Durchlauf (m)
1	10	10	10	10
2	10	10	10	10
3	10	10	10	10
4	10	10	10	10
5	10	10	10	10

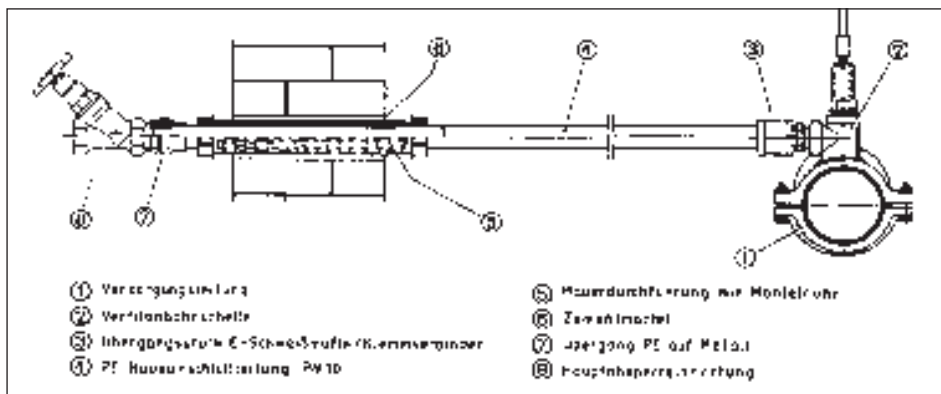


Bild 16: Hausanschluß mit Mantelrohr

Hausanschlußleitungen sind für den Nenndruck auszulegen, für den die jeweilige Hauptversorgungsleitung bemessen wurde (mind. PN 10). Müssen Anschlußleitungen durch Hohlräume oder unter Gebäudeteilen, z.B. Terrassen oder Treppen, durchgeführt werden, so sind die Leitungen in diesem Bereich in einem Schutzrohr zu verlegen.

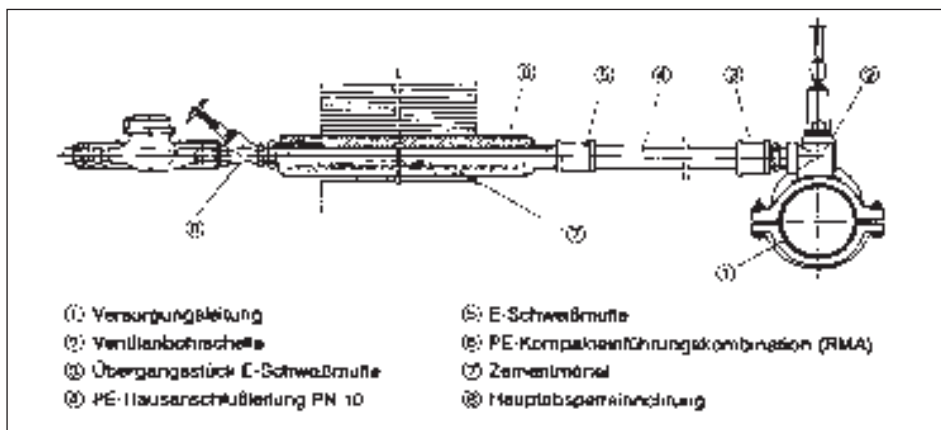


Bild 17: Mantellose, auszugssichere Mauerdurchführung

Die Fließgeschwindigkeit in der Hausanschlußleitung soll < 2 m/s betragen und ist entsprechend Tafel 10 bemessen.

Die Bemessung von Anschlußleitungen für Industriebetriebe, Gebäude mit Druckerhöhungsanlagen oder andere größere Verbraucher muß gesondert entsprechend dem Spitzenbedarf ausgelegt werden. Die

Tafel 10: Bemessung von Hausanschlußleitungen für Wohngebäude

Vor Inbetriebnahme der Anschlußleitung muß eine Dichtungsprüfung mit Wasser durchgeführt werden. Hierbei sind die Vorgaben der DIN V 4279 zu beachten. Tafel 11 zeigt eine Übersicht über die Rohrverbindungen bei Hausanschlußleitungen.

Nach der Verlegung ist die Hausanschlußleitung einzumessen und in Bestandsplänen nach DIN 2425 – 1 festzuhalten. Hierbei ist die Einführungsstelle der Anschlußleitung außen durch ein Hinweisschild zu kennzeichnen.

Verbindungsart	Rohrwerkstoff	
	PE-Rohr	PVC-U-Rohr
Schweißverbindung	Heizelementmuffenschweißung, Heizwendelschweißung, Heizelementstumpfschweißung	
Steckverbindung	Steckverbinder	Steckmuffenverbindung
Flanschverbindung (vorwiegend zum Anschluß von Armaturen)	Bundflanschverbindung	über Formstück oder Klebverbindung
Schraubverbindung	Klammverbinder	-
Kleberverbindung	-	sollte vermieden werden

Tafel 11: Rohrverbindungen bei Hausanschlußleitungen