



# Information

Nr. 20-1

Rehabilitation von Druckrohrleitungen

Juni 2019

Grabenloses Bauen Leitungsinstandhaltung

Arbeitskreis  
Rehabilitation von Druckrohrleitungen

NO DIG – warum Gräben aufreißen, wenn es bessere Lösungen gibt

!

# Rehabilitation von Druckrohrleitungen

## INHALT

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Schadensursachen und Schadensbilder.....</b>	<b>4</b>
2.1	Schadensursachen .....	4
2.2	Schadensbilder .....	5
2.2.1	Guss- und Stahlrohre.....	5
2.2.2	PVC / PE – Rohre .....	8
2.2.3	Asbestzementrohre.....	8
2.2.4	Stahlbeton- und Spannbetonrohre .....	9
2.2.5	GFK .....	10
<b>3</b>	<b>Aufgabenstellung.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Verfahrensbeschreibungen.....</b>	<b>12</b>
4.1	Zementmörtelauskleidung .....	12
4.2	Schlauchlining-Verfahren .....	15
4.2.1	Allgemeines .....	15
4.2.2	Vorarbeiten .....	15
4.2.3	Nacharbeiten.....	16
4.2.4	Vor Ort härtendes Schlauchlining .....	17
4.2.4.1	Glasfaserliner .....	17
4.2.4.2	Glasfaserverstärkter Nadelfilzliner .....	17
4.2.5	Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung .....	18
4.2.5.1	Allgemeines .....	18
4.2.5.2	Gewebeschlauchverfahren .....	18
4.2.5.3	Glasfaserverstärkter Geweschlauch .....	20
4.2.6	Lining mit eingezogenen Schläuchen .....	20
4.3	Rohreinzug/ -schub mit Ringraum .....	22
4.4	Close-Fit-Verfahren .....	23
4.5	Berstverfahren.....	25
4.6	Press-Zieh-Verfahren .....	26
4.7	Hilfsrohrverfahren .....	27
<b>5</b>	<b>Auswahlmatrix.....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>Werkstoffeigenschaften des einzusetzenden Rohrmaterials.....</b>	<b>31</b>
6.1	Rohre aus duktilem Gusseisen .....	31
6.2	Stahlrohre.....	31
6.3	Rohre aus Polyethylen .....	32
6.4	GFK-Rohre .....	34
<b>7</b>	<b>Qualitätshinweise .....</b>	<b>36</b>
7.1	Qualitätssicherung bei der Sanierung und grabenlosen Erneuerung.....	36
7.2	Regelsetzung.....	37
7.3	Zertifizierung .....	37

7.4	Durchführung der Gütesicherung .....	37
7.5	Druckprüfung.....	37
<b>8</b>	<b><i>Literatur</i></b> .....	<b>38</b>
8.1	Vorbemerkungen.....	38
8.2	Normen .....	38
8.3	DVGW-Regelwerk .....	42
8.4	Unfallverhütungsvorschriften .....	44
8.5	Weitere Richtlinien und Unterlagen .....	45

## **1 Vorbemerkungen**

Große Teile unserer Ver- und Entsorgungsnetze weisen ein Alter von mehreren Jahrzehnten und darüber hinaus auf. Nicht nur der technologische Standard zum Zeitpunkt der Errichtung sondern auch die veränderten Belastungen während der Betriebsdauer haben in vielen Fällen zum Erreichen der geplanten technischen Nutzungsdauer bzw. zu Schäden an diesen Rohrleitungen/Netzen geführt.

Die vorliegende technische Information soll Planern, Bauherren, ausführenden Unternehmen und Betreibern als Leitfaden dienen, eine Auswahl zwischen den einzelnen Methoden für die Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit von Druckleitungsabschnitten im Bereich von < 0 bis > 16 bar zu treffen. Unterdruckleitungen werden hauptsächlich im Bereich der Unterdruckentwässerungssysteme entsprechend DIN EN 1091 bzw. DWA-A 116-1 eingesetzt.

Dabei werden ausschließlich grabenlose Technologien zur Rehabilitation vorhandener Leitungssysteme in gleicher Rohrtrasse behandelt. Die offene Bauweise bzw. grabenlose Bauweisen zur Verlegung in neuer Trasse sind nicht Gegenstand dieser technischen Information.

## **2 Schadensursachen und Schadensbilder**

### **2.1 Schadensursachen**

Je nach Rohrleitungssystem, Funktion und Material zeigen sich unterschiedliche Formen von Schäden, wobei folgende Faktoren einzeln oder in Kombination für den überwiegenden Teil der Schadensfälle in der Regel die Hauptursache bilden:

- Allgemeine Alterungserscheinungen
- Undichte Rohrverbindungen
- Der chemische Angriff durch das transportierte Medium oder den umgebenden Boden auf die Rohrleitung in Form von Korrosion
- Die mechanische Beanspruchung der Rohre resultierend aus den Betriebszuständen (Innendruck, Druckstoß) sowie aus der Belastung von außen (Erd- und Verkehrslasten)

Ungeeignete Rohrauswahl, Produktionsfehler, Transportschäden sowie Mängel bei der Verlegung der Rohrleitungen (ungeeignete Bettung, scharfkantige Gegenstände im Rohrgraben, nicht ausreichende Überdeckung) erhöhen die Beanspruchung und können damit die eigentliche Schadensursache darstellen.

Das Alter der Leitung sowie über die Nutzungsdauer veränderte Betriebs- sowie Umgebungsbedingungen sind ein weiterer wesentlicher Grund für auftretende Schäden. Eine Ermüdung und Versprödung des Rohrwerkstoffes oder einzelner Komponenten der Rohrleitung führt ebenfalls zu Schadensfällen.

Je nach Rohrmaterial und Beanspruchung führen die Schadensursachen zu unterschiedlichen Formen von Schäden. Nachstehend werden die je nach Rohrwerkstoff unterschiedlichen Schadensbilder beschrieben.

## 2.2 Schadensbilder

### 2.2.1 Guss- und Stahlrohre

Für Guss- und Stahlrohre existiert ein ausführliches Regelwerk, das über die historische Entwicklung von Rohren, Formstücken, Verbindungstechniken und Korrosionsschutz sowie deren Bewertung informiert. Es handelt sich dabei um die Regelwerke DVGW GW 19-1 (M) und GW 19-2 (M) sowie DVGW GW 22 (I).

Für Planung und Ausführung eines Sanierungsverfahrens ist eine gewissenhafte Bestandsaufnahme der Altleitung in Bezug auf Schadensbilder und -ursachen unerlässlich. Dafür bietet das Regelwerk des DVGW die entsprechende Grundlage. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Rohrausführungen.

Tabelle 1: Übersicht Rohrausführungen aus Guss und Stahl /DVGW GW19-1/

Grundwerkstoff Guss	Grundwerkstoff Stahl
Material Grauguss (in den alten Bundesländern bis ca. 1965 im Einsatz, in den neuen Bundesländern bis ca. 1989)	Stahl bis ca. 1950
Duktiles Gusseisen (in Deutschland ab ca. 1964 im Einsatz)	
Verbundrohre aus duktilem Gusseisen (in den alten Bundesländern ab ca. 1980, in den neuen Bundesländern ab ca. 1990).	Ab ca.1950 Verbundrohre aus Stahl (in den neuen Bundesländern ab ca. 1980).

Bei der Bewertung von Rohrleitungen aus Grauguss ist die Spongiose, eine materialspezifische Korrosionserscheinung, zu berücksichtigen. Die Spongiose in Graugussrohren ist in DIN EN 12502-5 beschrieben und wird aufgrund der selektiven Auflösung des Eisenanteils im Werkstoffgefüge auch als Graphitierung bezeichnet. Bei dieser Korrosionsform bleibt häufig die ursprüngliche Gestalt des Werkstücks erhalten und die Oberfläche kann das Aussehen von Graphit annehmen. Die Festigkeit der graphitierten Bereiche nimmt stark ab, so dass hier potenzielle Schwachstellen und damit eine generell erhöhte Bruchgefahr vorliegen.

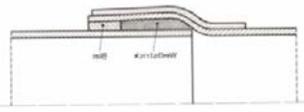
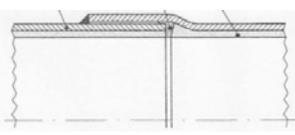
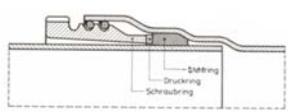
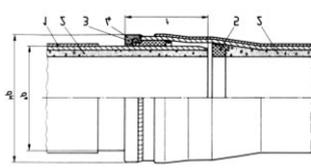
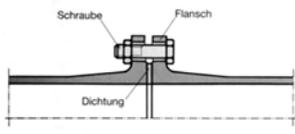
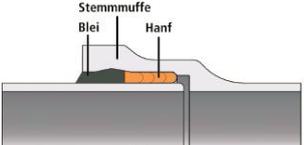
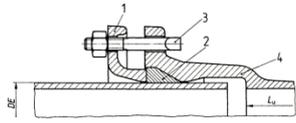
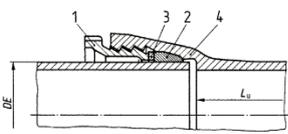
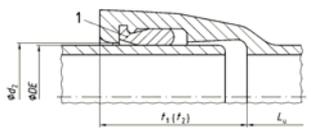
Bei Stahl- und Gussrohren sind im Falle eines fehlenden oder unzureichenden Korrosionsschutzes im Wesentlichen zwei verschiedene Korrosionserscheinungen in Betracht zu ziehen. Dazu zählen einerseits der nahezu gleichmäßige Flächenabtrag, der im Allgemeinen nur zu einer unbedeutenden Waddickenverminderung führt und andererseits der ungleichmäßige Flächenabtrag in Form von Mulden- und Lochfraß, der zu einem Korrosionsschaden in Form eines Waddurchbruches führen kann. Bei alten Rohrausführungen mit fehlendem oder unzureichendem Korrosionsschutz musste dementsprechend bei der Waddickenauslegung ein Korrosionszuschlag berücksichtigt werden.

Seit Jahrzehnten sind Verbundrohre im Einsatz. Hier sind Korrosionsvorgänge nur im Falle äußerer Einwirkungen möglich, sofern die üblicherweise als Dickschichtsysteme verwendeten Kunststoffmaterialien bzw. die Zementmörtelauskleidung ihre Barriereigenschaften nicht verlieren.

Ein äußerer Korrosionsangriff kann durch Fremd- oder Streustrombeeinflussungen verstärkt werden. Diese können im Falle einer durchgehenden Längsleitfähigkeit bei geschweißten Stahlrohren, aber auch bei Gussrohren mit leitfähigen längskraftschlüssigen Muffenverbindungen (siehe Tab. 2, Kategorie 3) auftreten. Neben der Wirksamkeit eines Korrosionsschutzes ist daher auch den Verbindungstechniken besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Aus diesem Grunde ist die historische Entwicklung der Verbindungstechniken in den DVGW-Regelwerken insbesondere unter dem Blickwinkel der Längsleitfähigkeit tabellarisch erfasst. Das DVGW-Regelwerk unterscheidet entsprechend der Leitfähigkeit drei Kategorien (Tabelle 2).

Tabelle 2: Beispiele für die Einordnung von typischen Muffenverbindungen /GW 19-2/

Merkmale	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Elektrische Längsleitfähigkeit an Verbindungen	Nicht unterbrochen, metallisch leitend	Indifferent, nicht eindeutig leitend	Unterbrochen, nicht metallisch leitend
Stahlrohrleitungen	-		-
	-	Stemmmuffe bis 1930	-
			
	Schweißmuffe	Schraubmuffe	Steckmuffe
Gussrohrleitungen			-
	Flanschverbindung (DIN EN 1092-2)	Stemmmuffe bis 1930	-
	-		-
	-	Stopfbuchsenmuffe (DIN 28602)	-
	Schraubmuffen-Verbindungen mit Kontaktelement innerhalb der Muffe		-
		Schraubmuffe (DIN 28601)	-
Steckmuffen-Verbindungen mit Kabel überbrückt		Beispiele in Beiblatt DVGW GW 368 (zurückgezogen)	
		Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen <sup>1)</sup>	Steckmuffe (DIN 28603)

1) nur bei Rohren aus duktilem Gusseisen

Die Frage einer Sanierung oder Erneuerung ist bei längsleitfähigen Stahlrohren im Falle ausreichender statischer Eigenschaften maßgeblich an die Bewertung des passiven Korrosionsschutzes geknüpft. Ermöglicht die Umhüllungsqualität den Einsatz des kathodischen Korrosionsschutzes so kann die Leitung unter Berücksichtigung der Hinweise in DVGW GW 18 (M) weiterhin auch ohne Sanierung betrieben werden. Anstriche und die ersten Umhüllungen auf Bitumenbasis mit weniger verrottungsbeständigem Trägermaterial sind in vielen Fällen für derartige zusätzliche Maßnahmen nicht mehr geeignet. Das DVGW-Regelwerk gibt dazu einen Überblick zur historischen Entwicklung der Umhüllungsmaterialien (Tabelle 3).

Tabelle 3: Übersicht Historie Umhüllungsmaterialien für Guss- und Stahlrohre /GW19-1/

Umhüllungsmaterial für Gussrohre	Umhüllungsmaterial für Stahlrohre
Korrosionsschutzsysteme ohne Zinküberzug üblicherweise aus bituminösen Massen oder fehlendem Korrosionsschutz (in den alten Bundesländern bis ca. 1974, in den neuen Bundesländern bis ca. 1990)	Fehlender oder unzureichender Korrosionsschutz (Anstriche) Einsatz bis etwa 1940 (in den neuen Bundesländern bis ca. 1980)
Korrosionsschutzsysteme mit Zinküberzug, welche im Zeitraum zwischen 1974 und 1980 verlegt wurden	Korrosionsschutzsysteme mit Jute- bzw. Wollfilz-pappe als Trägermaterial für die bituminöse Masse bis ca. 1960 (in den neuen Bundesländern bis ca. 1980)
Korrosionsschutzsysteme, welche neben den Dünnbeschichtungen, seit ca. 1980 in Verwendung sind oder Mehrschichtumhüllungen oder baustellenseitig aufgebraute Umhüllungen (z. B. PE-Folien) (in den neuen Bundesländern ab ca. 1990)	Korrosionsschutzsysteme mit einer Bitumen-Glasvliesumhüllung ab ca. 1960 ab 1950 in den alten Bundesländern Verbundrohrtechnologie
	Polyolefinumhüllungen bzw. Mehrschichtsysteme, die seit ca. 1980 in Verwendung sind. Verbundrohrtechnologie (in den neuen Bundesländern ab ca. 1990)

Die Innenkorrosion bei Guss- und Stahlrohren ist nicht nur unter rohrstatischen Gesichtspunkten im Falle einer Wanddickenabnahme, sondern wie im Falle der Wasserrohre auch mit Blick auf hygienische und ggf. sogar betriebliche Aspekte hin zu bewerten. Inkrustationen haben einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die hydrodynamischen Verhältnisse einer Leitung. Erst mit den Zementmörtelauskleidungen konnte für Trink- und Abwasser sowohl Korrosion als auch Inkrustation verhindert werden. Auch hier kann für die Einordnung einer Altleitung auf die Tabellen des DVGW-Regelwerkes zurückgegriffen werden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Auskleidungsarten für Guss- und Stahlrohre /GW19-1/

Auskleidungen für Gussrohre	Auskleidungen für Stahlrohre
Fehlende oder unzureichende Auskleidungen	Bis ca. 1940 Fehlende oder unzureichende Auskleidungen
Bis ca. 1980 Auskleidungen aus Bitumen oder bituminösen Massen	Bis ca. 1950 Auskleidungen aus bituminösen Massen
Ab ca. 1950 (ab 1950 gelegentlich; ab 1970 als Werksauskleidung üblich) Zementmörtelauskleidungen	Ab ca. 1950 (ab 1950 gelegentlich; ab 1980 als Werksauskleidung üblich) Zementmörtelauskleidungen

## **2.2.2 PVC / PE – Rohre**

### **PVC Rohre**

Die PVC-Rohrfertigung begann Mitte der 1930er Jahre mit dem Werkstoff Hart-PVC für die chemische Industrie. Nach dem 2. Weltkrieg wurden Kunststoffrohre aus Hart-PVC erst wieder zu Beginn der 50er Jahre eingesetzt. In den folgenden 15 Jahren nahm die Verlegung von PVC-Rohren ständig zu.

Für die Herstellung von Rohren und Formstücken wird dem Werkstoff kein Weichmacher hinzugefügt, daher spricht man von Hart-PVC bzw. PVC-U (unplasticised Plastic). Als Rohrverbindungen kommen gummigedichtete elastische Steckmuffenverbindungen, Flanschverbindungen (nur geklebt) und Muffen-Klebeverbindungen zur Anwendung.

### **PE-Rohre**

Voraussetzung für die Herstellung von Kunststoffrohren aus Polyethylen (PE) war die Produktion von Polymeren. Mitte der 1930er Jahre gelang es, in industriellem Maßstab aus niedermolekularen Verbindungen durch Polymerisation, -kondensation bzw. -addition hochmolekulare Produkte nach verschiedenen Verfahren herzustellen.

Die Verbindung der PE-Rohre erfolgte über Schweißung.

Kunststoffrohre sind bei normaler Beanspruchung auch in stark aggressiven Böden korrosionsbeständig. Sie sind jedoch empfindlich bei extremen Auflagerbedingungen. Schäden an verlegten Rohren sind insbesondere auf schlechte Rohrbettung und spitze bzw. scharfkantige Steine unter oder über den Rohren zurückzuführen, die eine unzulässige Punktbelastung verursachen.

### **Alterung/Versprödung**

Die heute gefertigten Rohre werden auf Zeitstandfestigkeit geprüft. Bei älteren PVC- und PE-Rohren muss mit zunehmender Nutzungsdauer mit einer Festigkeitsabnahme gerechnet werden, die teilweise zu einer vorzeitigen Versprödung führen kann.

PVC-Rohre können auch Schäden in Form von Rissen z. B. durch unsachgemäßes Verlegen (nicht spannungsfrei) und Schwachstellen in der Verbindung durch Verkleben aufweisen.

Bei PE-Rohren treten Schäden durch unsachgemäßes Verlegen auf, die zu unzulässiger Beanspruchung (Punktlast) und damit zu Schäden in Form von Längsrissen und Rohrbrüchen führt.

Schäden als Folge von Schmutzeinschlüssen in der Rohrwand und infolge ungleicher Abkühlung sind ebenfalls bekannt.

Die Alterung/Versprödung des PE 63 - Materials (PE der ersten Generation bis 1979) bildet oftmals den Grund für Schäden.

## **2.2.3 Asbestzementrohre**

Asbestzementrohre wurden in Deutschland in der Zeit von 1930 bis 1993 hergestellt und verlegt. Die Rohre bestehen aus einem Asbestzementgemisch, welches in dünnen Schichten von etwa 0,1 mm unter hohem Druck auf einem Stahlkern nahtlos bis zur gewünschten Wanddicke aufgewickelt wurde. In Deutschland West (BRD) und Deutschland Ost (DDR) wurden zur Herstellung der AZ-Rohre anfangs langfaserige Asbeste verwendet. Druckstufen der Rohre bis PN 16 wurden so erreicht. In den 80er Jahren standen dann in Deutschland Ost (DDR) für die

Herstellung der Rohre nur noch kurzfaserige Asbeste zur Verfügung. Solche Rohre besaßen eine geringere Festigkeit; verwendet wurden diese AZ-Rohre bis zur Druckstufe PN 6.

Seit dem 1. Januar 1995 dürfen Rohre aus Asbestzement in Deutschland nicht mehr hergestellt und verwendet werden; eine Ausnahme besteht bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten unter Berücksichtigung der TRGS 519 und DGUV-Information 201-012. Bestehende Asbestzementrohrleitungen können weiterbetrieben und repariert werden. Bei Reparaturarbeiten sind asbesthaltige Materialien gegen asbestfreie auszutauschen.

Asbestzementrohre wurden ab DN 50 in Baulängen von 4 bis 5 m produziert und zeichneten sich durch geringes Gewicht, gute Verarbeitbarkeit und weitgehende Korrosionsbeständigkeit aus.

Korrosionsgefährdung besteht allerdings durch kalkaggressives Wasser und kalkaggressive Böden. Gegen Kalkaggressivität wurden sie innen und außen durch Bitumenüberzüge geschützt. Bei Feuchtigkeitsdiffusion durch die Rohrwand können Blasenbildungen und damit die Ablösung der Bitumenschicht auftreten.

Ein Festigkeitsabbau von Asbestzementrohren tritt besonders in Gebieten mit Wasserversorgung aus Talsperren durch weiches, nicht aufgehärtetes Wasser auf.

Als Rohrverbindungen wurden Gummigleit-, Gummiroll- und Gummidichtungen verwendet (Kuas-, Simplex-, Gibault-, Magnaniverbindungen, Reka-Kupplung u.a.). Die Rohrenden durften nicht vollständig zusammengeschoben werden, um die Rohrenden vor Beschädigungen zu bewahren und eine Abwinkelung – bei kleinen Nennweiten bis 6°, bei großen Nennweiten bis 3° – zu gewährleisten.

Systembauteile wie gemuffte Bögen, Abzweige, Übergangsstücke, Übergangskupplungen oder Überschiebmuffen wurden nicht aus Asbestzement hergestellt. Wenn Systembauteile zum Bau der Leitung benötigt wurden, dann kamen meistens Bauteile aus Stahl (geschweißt) oder Gusseisen ohne Zementauskleidung zum Einsatz. Diese Bauteile wurden per Muffe (Gusseisen) oder per Übergangskupplung oder Überschiebmuffen mit den Asbestzementrohren verbunden.

Die Verlegung von Asbestzementrohren erforderte eine einwandfreie Rohrbettung, da sie empfindlich gegen Stoß und Schlag sind und eine geringe Biegezugfestigkeit besitzen. In bindigen Böden (Lehm-, Mergel-, Schluffboden) traten nach längeren Frost- und Trockenperioden Schadenshäufungen auf. Auftretende typische Rohrschäden sind Brüche der Rohre.

#### **2.2.4 Stahlbeton- und Spannbetonrohre**

Seit den 1920er Jahren wurden Stahlmantelschleuderbetonrohre hergestellt, die innen aus Stahlblech und außen aus Stahlbeton bestanden. Druckrohrleitungen aus Stahlbeton der 1930er Jahre erhielten Rundeiseneinlagen. Die Dichtung erfolgte mit Hanfstrick und Blei wie bei Guss- und Stahlrohren. Bei aggressiven Böden wurde ein Asphaltbetonaußenschutz aufgebracht. Die Produktion von Spannbetonrohren erhielt in den 1950er Jahren mit dem Bau großer Fernwasserleitungen einen beträchtlichen Aufschwung. Es wurden Rohre ab DN 500 bis zu 8 m Baulängen und Betriebsdrücken bis 35 bar hergestellt. Die Längsbewehrung wurde vorher in der Form vorgespannt, der Betonkörper einschichtig hergestellt und mit Hochfrequenzrüttlern verdichtet. Schäden können durch undichte Verbindungen (Abbildung 1 bis Abbildung 4), Karbonatisierung und Bewehrungskorrosion auftreten.

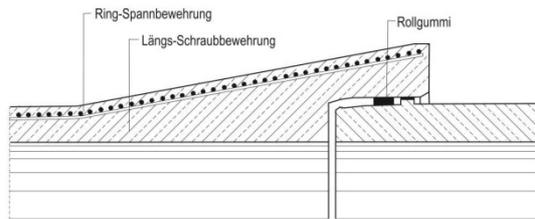


Abbildung 1: Bauart DYWIDAG SENTAB [DYWIDAG]

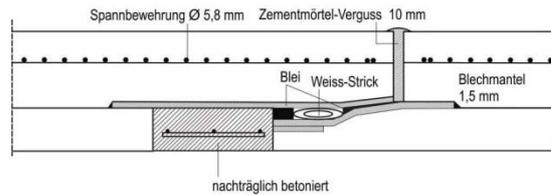


Abbildung 3: Bauart Bonna-Rohr (Stahlmantelschleuderbetonrohr) [DYWIDAG]

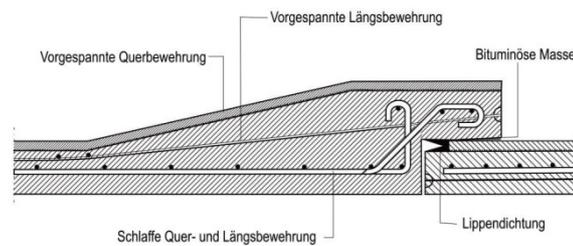


Abbildung 2: Bauart Züblin [Züblin]

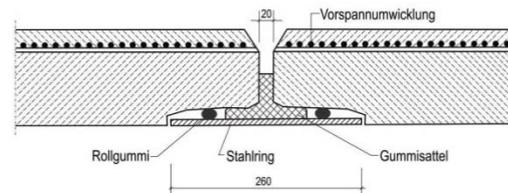


Abbildung 4: Bauart gerade Muffe

## 2.2.5 GFK

An GFK-Rohrleitungen erkennbare Schäden ergeben sich im Regelfall vor der Inbetriebnahme. Beschädigungen durch Schlag, Stoß, Sturz vor und während des Einbaus der Rohre oder beim Transport zur Verlegestelle sind die häufigsten Ursachen von Mängeln. Diese zeigen sich oftmals in Form von Rissen der inneren Schutzschicht. In seltenen Fällen sind Einbeulungen zu erkennen.

Schlag- und Stoßschäden an Rohren sind i.d.R. erkennbar durch:

- Von einem Punkt ausgehenden Rissen in der inneren Schutzschicht in Längsrichtung
- Von einem Punkt sternförmig ausgehenden Rissen in der inneren Schutzschicht mit Faserverstärkung
- Konzentrisch zur Schadstelle und über die sichtbare Risslänge hinausgehende als „Aufhellung“ erkennbare Ablösung (Delamination) der inneren Schutzschicht
- Vom Spitzende ausgehende Risse an der inneren Schutzschicht
- Punktuell eingedrücktes Rohrspitzende

Beschädigungen am Spitzende können bei der Montage der Rohre mit schwerem Gerät verursacht werden. Geringfügige Abplatzungen am Spitzende sollten durch den Rohrhersteller bewertet werden.

Ursachen für undichte Muffenverbindungen ergeben sich aus der Ausführung der Rohrbettung, Montage und Abwinklung der Rohre.

Zulässige Muffenspalte können abhängig vom Rohrsystem bis zu 35 mm betragen. Bei der Rehabilitation ist zwischen zugfesten und nicht zugfesten GFK-Rohrsystemen zu unterscheiden.

Eine gestörte Rohrbettung ist bei einer TV-Inspektion zu erkennen durch:

- Versatz der Rohrachsen benachbarter Rohre;
- Differenzverformung nacheinander verlegter Rohre (Absatz am Innendurchmesser) vertikal oder horizontal;
- Zu großer Muffenspalt zwischen den Spitzenden zweier Rohre.

Eine gestörte Rohrbettung kann durch eine ungleichmäßige Verdichtung während des Rohreinbaus, durch benachbarte Baumaßnahmen oder durch ein Freispülen der Rohrleitungszone als Folge von Undichtigkeiten hervorgerufen werden.

### **3 Aufgabenstellung**

Um die Funktionstüchtigkeit einer Rohrleitung technisch einwandfrei und in wirtschaftlicher Form wiederherzustellen, ist es notwendig, den Rohrzustand in seiner Gesamtheit zu erfassen und ein möglichst genaues Schadensbild des betreffenden Leitungsabschnittes zu erstellen.

Die Ermittlung der Schadensursachen und die Untersuchung, ob deren (teilweise) Beseitigung möglich ist, folgen im ersten Schritt.

In weiterer Folge können die nächsten Fragestellungen behandelt werden:

- Bietet die Anwendung von grabenlosen Methoden technische und wirtschaftliche Vorteile in Bezug auf Umweltschutzauflagen, Inanspruchnahme von Flächen, Bauzeit und Kosten?
- Kann die Altrohrleitung für die weitere geplante Nutzungsdauer ganz oder teilweise eine statische Funktion übernehmen oder ist deren Erneuerung bzw. Ersatz erforderlich?

In den nachfolgenden Abschnitten dieser technischen Information werden Voraussetzungen und Anwendungsmöglichkeiten grabenloser Verfahren zur Rehabilitation vorhandener Druckrohrleitungen durch Sanierung, d.h. unter teilweiser oder vollständiger Einbeziehung der bestehenden Rohrsubstanz, bzw. Erneuerung, d.h. den Ersatz durch eine neue Rohrleitung, beschrieben.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der Rehabilitation von Trinkwasserleitungen in der Regel eine Ersatzleitung erforderlich ist.

Die Unterscheidung in grabenlose Erneuerung und Sanierung kann auch aus finanzieller Sicht durchaus Vorteile bieten. Im ersten Fall handelt es sich um eine Neuverlegung, der zweite Fall bezieht sich auf die Instandsetzung einer vorhandenen Leitung. Abschreibungstechnisch können Instandsetzungskosten entweder aktiviert oder als direkter Aufwand geltend gemacht werden.

Als Entscheidungshilfe befindet sich im Abschnitt 5 eine Auswahlmatrix, die für eine erste Auswahl in Frage kommender Verfahren herangezogen werden kann. Dabei wird sowohl nach Art des Mediums als auch des Schadensbildes eine Aussage über die grundsätzliche Anwendbarkeit der einzelnen Verfahren getroffen.

## **4 Verfahrensbeschreibungen**

### **4.1 Zementmörtelauskleidung**

Die Auskleidung bereits in Betrieb befindlicher Trinkwasserleitungen mit Zementmörtel wird in dem DVGW-Arbeitsblatt W 343 beschrieben. Eine Sanierung von Trinkwasserleitungen mit Zementmörtelauskleidung setzt voraus, dass die Standfestigkeit der Leitung gegen innere und äußere statische und dynamische Belastungen auch weiterhin gegeben ist, damit eine ausreichende Nutzungsdauer der sanierten Rohrleitung möglich ist.

Die Zementmörtel-Auskleidung bildet einen Innenschutz, der Korrosion verhindert und die Bildung von Inkrustationen, die die hydraulischen Eigenschaften negativ beeinflussen, vermeidet.

Technisch bedingt können nur Rohrleitungen mit gleicher Nennweite bzw. gleichem Durchmesser (in einer Strecke) gereinigt und anschließend ausgekleidet werden.

### **Reinigungsverfahren**

#### ***Allgemeines***

Die Reinigungsverfahren sind so auszuwählen, dass der Zementmörtel einerseits eine ausreichende Haftung erlangt und die Rohrleitung andererseits nicht zusätzlich beschädigt wird.

Inkrustationen und Korrosionsprodukte sind zu entfernen. Bei bitumenbeschichteten Rohren sind alle nichthaftenden Teile zu beseitigen. Eine metallische Oberfläche muss nicht erreicht werden. Die Wahl des Reinigungsverfahrens ist unter anderem abhängig von der chemischen Zusammensetzung der Inkrustationen, dem Vorhandensein einer Beschichtung (Bitumen), von der Nennweite und von den Abwinkelungen der Rohrleitung (Bögen u. a.).

#### ***Mechanische Reinigung***

Die Reinigung der Nennweiten 80 mm bis 1200 mm kann mit Kratzern, Bürsten und Gummischeidenmolchen erfolgen. Diese Reinigungsgeräte werden an einem Stahlseil von einer Winde durch die Rohrleitung gezogen. Dabei werden von den Federstahlkratzern die Inkrustationen und Korrosionsprodukte sowie die Beschichtung gelöst. Mit den Gummischeidenmolchen wird das Reinigungsgut aus der Leitung gezogen. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt, bis die Rohrleitung einen ausreichenden Reinigungsgrad aufweist.

#### ***Reinigung von Hand***

In begehbaren Nennweiten und dort, wo eine mechanische Reinigung nicht möglich ist, kann die Reinigung von kurzen Abschnitten, Formstücken und Krümmern von Hand ausgeführt werden. Ebenso kann eine Nachreinigung in Muffen und Abzweigen von Hand erfolgen.

#### ***Hydraulische Reinigung***

Die hydraulische Reinigung kann für lange Transportleitungen mit gleichbleibendem Durchmesser eingesetzt werden. So können mehrere Kilometer mit Molchen durchfahren werden. Dabei wird das Reinigungsgerät mit Wasserdruck durch die Leitung befördert. Aufgrund der großen anfallenden Wassermenge bei großen Rohrleitungen wird dieses Verfahren vorwiegend im kleineren Nennweitenbereich eingesetzt.

Voraussetzung für die hydraulische Reinigung ist, dass die Rohrleitung bei ihrer Erstellung bereits so konzipiert wurde, dass sie molchbar ist.

### ***Wasserhochdruckreinigung***

Die Wasserhochdruckreinigung bis zu 150 bar ist lediglich bei Rohrleitungen mit leicht zu lösenden Inkrustationen und Korrosionsprodukten bzw. als Nachreinigung einzusetzen.

### ***Wasserhöchstdruckreinigung***

Immer öfter werden Trinkwasserleitungen mit Wasserhöchstdruck gereinigt. Dieser ist einsetzbar im Nennweitenbereich von 80 mm bis 3000 mm und bei Bedarf noch darüber hinaus. Hierbei werden schwer zu lösende Inkrustationen und Korrosionsflächen sowie Beschichtungen üblicherweise mit bis zu 1000 bar Wasserdruck gelöst.

### **Verfahrensweise der Zementmörtelauskleidung**

Das Anschleuderverfahren kann für alle in der Wasserversorgung üblichen Nennweiten von DN 80 bis DN 3000 eingesetzt werden. Bei diesem Verfahren wird der Zementmörtel durch einen rotierenden Schleuderkopf mit hoher Drehzahl an die Rohrrinnenwand geworfen. Eine mitlaufende Kelle bzw. ein nachgezogener Trichter kann die Oberfläche glätten. Die Mörtelschicht geht nach der Inbetriebnahme der Leitung eine Verbindung mit dem Eisenmaterial des Rohres ein. Passiver Korrosionsschutz der Rohrwand wird durch die Barrierewirkung des Zementmörtels erreicht. Die aktive Schutzwirkung wird durch die alkalische Reaktion des Zementmörtels hervorgerufen, die eine Korrosion verhindert. Meistens wird auf die Glättung der Beschichtung verzichtet, da zum Einen noch einragende Hausanschlüsse, Abwinkelungen und Bögen den Glätttrichter beschädigen können und zum Anderen die Rohre durch eine zu große Ovalität das Glätten erschweren.

### **Beschichtungsdicken und Mörtelfestigkeiten**

Geforderte Schichtdicken der Zementmörtelauskleidung sind bei maschineller Auskleidung gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 343 zu wählen. Rohrleitungen können aus unterschiedlichen Gründen, z.B. Rohrgeometrie, Hydraulik, wesentlich dicker beschichtet oder sogar doppelt ausgekleidet werden. Der Mörtel besteht aus Zement, Quarzsand und Trinkwasser.

Das Mischungsverhältnis ist mit 1:1 Gewichtsteilen Zement und trockenem Quarzsand vorgegeben.

Der Mörtel soll bei der Prüfung gemäß DVGW W 343 nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von 50 N/mm<sup>2</sup> und eine Biegezugfestigkeit von 5 N/mm<sup>2</sup> aufweisen. Diese Werte gelten als indirekte Qualitätsmerkmale.

### **Nachbehandlung der Zementmörtelauskleidung**

Nach der Auskleidung ist die Rohrleitung an den Enden zu verschließen, um sie vor dem Austrocknen zu schützen und dadurch Rissbildungen zu vermeiden. Nach dem Beschichten muss sichergestellt werden, dass der Erhärtungsvorgang des frischen Zementmörtels unter einem ausreichenden Feuchtigkeitsangebot und einer Mindesttemperatur von 5 °C erfolgen kann.

## **Inbetriebnahme von Rohrleitungen mit Zementmörtelauskleidungen**

### ***Spülen der Rohrleitung***

Nach dem Befüllen der Rohrleitung kommt es zu einer Erhöhung des pH-Wertes bis 12,5. Dies ist insbesondere bei Trinkwasserleitungen problematisch, da der gemäß Trinkwasserverordnung festgelegte Grenzwert  $\text{pH} = 9,5$  beträgt. Der Anstieg des pH-Wertes ist auch bei abnehmender Strömungsgeschwindigkeit und damit längerer Verweilzeit des Wassers in der sanierten Rohrleitung zu beobachten. Zudem ist festzustellen, dass sich der pH-Wert mit abnehmendem Verhältnis von Leitungsvolumen zur Innenfläche (bei kleinen Nennweiten) schneller erhöht. Diese Erhöhung, die sich auch bei Druckprüfungen einstellt, kann im Normalfall durch Spülen der Leitung reduziert werden. Wird der Grenzwert der Trinkwasserverordnung eingehalten, kann die Leitung in Betrieb genommen werden.

### ***Druckprüfung***

Eine Druckprüfung sollte frühestens sieben Tage nach der Auskleidung erfolgen und erfordert eine Wassersättigung des Mörtels. Die Druckprüfung sollte entsprechend DVGW-Arbeitsblatt W 343 mit einem über dem Betriebsdruck liegenden Prüfdruck ausgeführt werden. Die Prüfung wird dann in Anlehnung an DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 durchgeführt. Diese Prüfung ist nur für Leitungsabschnitte ohne Anschlüsse geeignet. Dabei muss sichergestellt sein, dass die nicht ausgekleidete Rohrleitung (vor der Beschichtung) dem geforderten Prüfdruck standhält.

### **Qualitätssicherung und Zertifikate**

Die Qualitätssicherung ist in dem DVGW-Arbeitsblatt W 343 beschrieben. Dieses Arbeitsblatt kann für die Konformitätsbewertung der ausführenden Firmen gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 302 in der Zusatzgruppe R4 herangezogen werden.

### **Literaturverzeichnis / Regelwerk**

DVGW W 343 (A) „Sanierung von erdverlegten Guss- und Stahlrohrleitungen durch Zementmörtelauskleidung – Einsatzbereiche, Anforderungen und Prüfungen“

DVGW W 346 (A), „Guss- und Stahlrohrleitungsteile mit ZM-Auskleidung - Handhabung“

DIN 2614, „Zementmörtelauskleidungen für Gussrohre, Stahlrohre und Formstücke; Verfahren, Anforderungen, Prüfungen“

DIN 2880 „Anwendungen von Zementmörtelauskleidungen für Gussrohre, Stahlrohre und Formstücke“

DIN EN 196-1 „Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit“

Roscher, H. u.a.: Sanierung städtischer Wasserversorgungsnetze, Verlag Bauwesen, 1. Auflage, 2000, S. 148

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW): Information zur PAK-Problematik, TZW TAK-Info 09/2000 Karlsruhe

Schuchart, J. und Zech, H. Trinkwasser für München, Zementmörtelauskleidung bei Großrohren. 3R internat. 27 (1999) Nr. 3/4, S. 184-187

Naber, G.: Über die Zementmörtel-Auskleidung großer Stahlrohre, Beton (1971) Nr. 11, S. 441-444

## **4.2 Schlauchlining-Verfahren**

### **4.2.1 Allgemeines**

Schlauchlining-Verfahren dienen der Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit einer vorhandenen Rohrleitung durch Einbringen von Schläuchen, die mit oder ohne Verklebung mit der Rohrwand ausgeführt sind. Weiterhin ergeben sich im Hinblick auf die Übernahme von internen und externen Belastungen verfahrensspezifisch unterschiedliche statische Auslegungsmöglichkeiten. Alle Schlauchverfahren erfordern grundsätzlich Vorarbeiten in Form einer Inspektion und Reinigung der vorhandenen Leitung. Durch die Sanierung erfolgt i.d.R. eine Verbesserung der Rauigkeit (k-Wert). Arbeiten an der außer Betrieb genommenen Rohrleitung und Einbau erfordern die Einhaltung der Einbaurichtlinien des Herstellers und die Anwendung dafür geeigneter Technik durch sachkundiges, d.h. qualifiziertes und geschultes Fachpersonal.

Die Eignung für den geplanten Einsatzbereich und Nutzungsdauer sind in chemischer, mechanischer und u. U. thermischer Hinsicht durch Baumusterprüfungen auf Grundlage einschlägiger Regelwerke zu belegen.

Für den Einsatz in Trinkwasserleitungen muss eine trinkwasserhygienische Unbedenklichkeit des Gesamtsystems für den vorgesehenen Anwendungsbereich entsprechend der KTW-Leitlinie des Umweltbundesamtes bzw. der Beschichtungsleitlinie des Umweltbundesamtes sowie hinsichtlich der mikrobiologischen Eigenschaften nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 nachgewiesen werden.

Gemäß DIN EN ISO 11295, Tabelle 17, können Schlauchliner in Abhängigkeit von der statischen Auslegung als unabhängige, vollständig statisch belastbare Liner der Klasse A bzw. als semi-strukturelle Liner der Klasse B und Klasse C klassifiziert werden. Klasse A Liner können alle aus dem Regelbetrieb der Leitung resultierenden äußeren und inneren Lastzustände in geraden Leitungsabschnitten aufnehmen. In diesem Fall ist auch eine Nenndruckerhöhung der sanierten Altrrohrleitung möglich, da diese nicht mehr für die Übernahme statischer Aufgaben benötigt wird.

Bei statisch vollständig belastbaren Systemen (gemäß Klassifizierung der DIN EN ISO 11295, Tabelle 17, Klasse A) ist darauf zu achten, dass diese vom Altrrohr unabhängig und nicht verklebt sind.

Bei interaktiver semi-struktureller Klassifizierung (Klasse B und Klasse C nach DIN EN ISO 11295, Tabelle 17) ist darauf zu achten, dass der Liner entweder während des Einbaus und nach dem Aufbringen des Betriebsdruckes eng am Altrrohr anliegt, so dass die innere Druckbelastung radial auf das Altrrohr übertragen werden kann. Klasse B Systeme haben eine Eigenringsteifigkeit. Eine Verklebung ist möglich, aber nicht erforderlich. Klasse C Systeme beruhen auf einer obligatorischen Verklebung mit dem Altrrohr.

Die statische Auslegung wird in GSTT-Information 20-2 beschrieben.

### **4.2.2 Vorarbeiten Inspektion der Altleitung**

Durch eine erste Inspektion (in der Regel durch Befahrung mit einer Kamera) muss die Sanierungsfähigkeit u. a. hinsichtlich Rohrzustand und Leitungsverlauf sowie etwaiger Maßnahmen zur Hindernisbeseitigung festgestellt werden.

Festzustellen und zu dokumentieren sind:

- die Leitungslänge
- Innendurchmessertoleranzen (Querschnittssprünge und Versätze)
- Inkrustationen, Ablagerungen und Verunreinigungen
- in den Querschnitt hineinragende Hindernisse (z.B. scharfkantige Schweißwurzeldurchhänge, Schrauben, Stifte, Stopfen, Stützen und Opferanoden)
- nicht fachgerechte bzw. schadhafte ausgeführte Rohrstöße
- Deformationen, Vorverformungen und Querschnittssprünge
- Richtungsänderungen (Bögen)
- Abzweige
- Einbauten (z.B. Wassertöpfe, Dehner/Kompensatoren)
- Armaturen

Alle Querschnittsänderungen im Leitungsverlauf außerhalb des Toleranzbereichs für die Anwendung des Schlauches, Hindernisse, die ihn beschädigen können sowie schädliche Verunreinigungen, müssen entfernt werden.

Die Hindernisfreiheit (der freie innere Rohrdurchmesser) ist durch eine zweite Inspektion nach der Reinigung festzustellen und zu dokumentieren.

### **Reinigung**

Das Ziel der Rohrreinigung ist es, den freien inneren Durchmesser (Hindernisfreiheit) des zu sanierenden Rohres durch Entfernung von Inkrustationen bzw. schädlicher Ablagerungen herzustellen. Dabei hat sich in den meisten Fällen das Hindurchziehen von Federstahlkratzern und Gummischeiben bewährt. Feststehende Hindernisse (wie z. B. Gussfehler des Rohrmaterials, Schweißwurzeldurchhänge, überstehende Kragen, hineinragende Schrauben, Stifte, Stopfen, Stützen und Opferanoden), welche in den Rohrrinnendurchmesser hineinragen, können durch den Ausbau des Rohrleitungsbereiches mit dem Hindernis entfernt oder durch einen Fräsroboter mit dafür geeigneten Werkzeugen bearbeitet werden. Schweißnähte sind solange zu bearbeiten bis eine umlaufende Gleichmäßigkeit und Ebenheit vorhanden ist.

Bei verklebenden Systemen muss die Rohrinnenoberfläche zudem frei von Ablagerungen und lose anhaftenden Beschichtungen sein. Die Oberfläche wird i.d.R. mittels Wasserhöchst- (bis 1500 bar) und/oder Sandstrahlreinigung soweit (metallisch blank) gereinigt und anschließend getrocknet, um einen ausreichenden Haftgrund zur Erzeugung einer vollflächigen Verklebung zu erzielen.

#### **4.2.3 Nacharbeiten**

Nach Beendigung von Installation und Aushärtung erfolgt die abschließende optische Inspektion als Nachweis des ordnungsgemäßen Einbaus.

Druckprüfung, eine etwaige Keimfreiheitsprüfung und Desinfektion sowie die Wiedereinbindung in das Druckleitungsnetz müssen wie in der offenen Bauweise durch hierfür qualifiziertes Fachpersonal vorgenommen werden.

## **4.2.4 Vor Ort härtendes Schlauchlining**

### **4.2.4.1 Glasfaserliner**

GFK-Schlauchliner können im Nennweitenbereich von DN 150 bis DN 1500 verwendet werden. Gemäß DIN EN ISO 11295, Tabelle 17, können GFK-Schlauchliner in Abhängigkeit von der statischen Auslegung als unabhängige, vollständig statisch belastbare Liner der Klasse A bzw. als semi-strukturelle Liner der Klasse B klassifiziert werden.

GFK-Schlauchliner eignen sich daher hauptsächlich für die Sanierung der Hauptschadensbilder Außen- und Innenkorrosion (z.B. Lochfraß), Schalenbrüche, undichte Muffen, einzelne Löcher, Längs- und Querrisse sowie verfahrens- und betriebstechnisch vertretbare Muffenversätze. Bögen (Formstücke) sind i.d.R. mit diesem Verfahren nicht sanierbar.

Der eingesetzte GFK-Schlauch besteht i.d.R. aus einer PE/PA Innenfolie, die nach der Aushärtung, herstellerabhängig, aus dem Schlauchliner entfernt wird oder im Liner verbleibt, dem GFK-Komplex aus EC-R-Glasfasern und UP- bzw. VE-Harz sowie einer PE/PA-Außenfolie und einer Lichtschutzfolie. Projektbezogen ist die Herstellung in Einzellängen bis zu 600 Metern möglich.

Der Einbau in die zu sanierende Rohrleitung erfolgt durch Einzug mittels Winde von Baugrube zu Baugrube. Für die Aushärtung wird der GFK-Schlauchliner zunächst mittels Druckluft aufgestellt und anschließend von innen mit UV-Licht bestrahlt. Hierfür wird ein UV-Lampenzug mit definierter Geschwindigkeit und Lampenleistung durch den Liner bewegt.

Die Einbindung des GFK-Schlauchliners in das Leitungsnetz kann entweder über Innenmanschette in einem am Altrohr befestigten neuen Rohrende mit Flansch oder über Flansche (aus Stahl oder GFK-Handlaminat), die an den Schlauchliner nach der Aushärtung angebunden bzw. anlaminiert werden, erfolgen.

Eine aus betrieblichen Gründen erforderlich werdende Reinigung des eingebauten GFK-Schlauchs kann im Bedarfsfall entsprechend der Herstellervorgaben ggf. mit einer Hochdruckspülung und/oder einer Reinigungsscheibe bzw. Schaumstoffmolch durchgeführt werden.

### **4.2.4.2 Glasfaserverstärkter Nadelfilzliner**

Dieser Verbundwerkstoff kombiniert die hochfesten Glasfasergelege mit den flexiblen Eigenschaften der Polyesternadelfilze.

Der Nennweitenbereich liegt in Abhängigkeit der Einbaumethode zwischen DN 100 und DN 1600. Die Einbaulänge beträgt bis zu 300 m. Die Sanierung von Bögen ist je nach Lage, Verlauf und Radius möglich. Die vorkonfektionierten Schlauchliner werden entweder mittels Inversionsverfahren mit Luft- (Drucktrommel) oder Wasserdruck (Inversionsturm, Wassersäule) oder im kombinierten Verfahren durch Einzug eines Pull-in-Liners mittels Winde und anschließende Inversion eines Kalibrierschlauches, der den Liner aufstellt und an die Altrohrwandung presst, erfolgen.

Für den Einbau sind eine Start- und eine Zielbaugrube erforderlich. Die Aushärtung des Harzsystems aus Epoxidharz (EP), ungesättigtem Polyesterharz (UP) oder Vinylesterharz (VE) erfolgt mittels Warmwasser oder Dampf.

Der glasfaserverstärkte Nadelfilzliner kann je nach Schadensbild des Altrohres als unabhängige, statisch voll tragfähige oder als interaktive semi-strukturell Lösung bemessen werden.

Der zum Einsatz kommende Schlauchliner besteht aus einem glasfaserverstärkten Nadelfilz und einer dem Einsatzzweck angepassten Innenbeschichtung aus Polyolefin oder einem thermoplastischen Elastomer. In Abhängigkeit von den statischen Anforderungen wird der glasfaserverstärkte Nadelfilzliner in Wanddicken von 3 mm bis 24 mm hergestellt.

Der Anschluss des glasfaserverstärkten Nadelfilzliners an das bestehende Leitungsnetz kann über mechanische Kupplungen, GFK-Flansche und/oder marktübliche Gummimanschetten erfolgen.

Für eine aus betrieblichen Gründen erforderlich werdende Reinigung des eingebauten Schlauchliners sind entsprechend der Herstellervorgaben geeignete Molche zu empfehlen.

## **4.2.5 Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung**

### **4.2.5.1 Allgemeines**

Die Qualitätssicherung für mit der Rohrwand verklebte Gewebeschlauchverfahren ist im DVGW-Arbeitsblatt GW 327 für Gas- und Wasserleitungen detailliert beschrieben. Baumusterprüfungen für den Einsatz in Gasleitungen erfolgen für den Druckbereich bis 4 bar nach DIN 30658-1 und über 4 bis 30 bar entsprechend der DVGW-Prüfgrundlage VP 404. Für den Einsatz in Wasserleitungen enthält DVGW-Arbeitsblatt W 330 die entsprechenden Vorgaben für den Druckbereich bis 10 bar bzw. über 10 bar bis 40 bar.

Ausführende Unternehmen, die das Gewebeschlauchverfahren mit Verklebung anwenden, können ihre Qualifikation durch eine Zertifizierung gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 302 in der Zusatzgruppe R 1 nachweisen.

### **4.2.5.2 Gewebeschlauchverfahren**

Bei diesem Verfahren wird zunächst ein auf der Außenseite kunststoffbeschichteter Gewebeschlauch auf der innenliegenden Gewebeseite mit einem Zweikomponenten-Klebstoffsystem getränkt. Der so vorbereitete Gewebeschlauch wird im Umkehrverfahren (Inversion) in die zuvor gereinigte Rohrleitung eingestülpt und vollflächig mit deren Innenwand verklebt. Je nach verwendetem Klebstoffsystem erfolgt die innendruckgestützte Aushärtung:

- kalt bei Umgebungstemperaturen der Rohrleitung,
- warm durch Einleiten thermischer Energie in Form von Dampf bzw. Wasser zur Aufheizung von Gewebeschlauch und Rohrkörper oder
- durch sukzessive Bestrahlung des Gewebeschlauches mit UV-Licht mittels eines durch die Rohrleitung bewegten Lampenzuges.

Auf diese Weise wird eine semi-statisch belastbare Innenauskleidung der vorhandenen Rohrleitung gebildet, die der Klasse C gemäß DIN EN ISO 11295, Tabelle 17, entspricht. Es stehen Verfahrensvarianten für die Rehabilitation von Gashausanschlüssen ab DN 20 bis zu Gas-, Trinkwasser- und Abwasserdruckrohrleitungen bis DN 1200 zur Verfügung. Abhängig von Lage und Durchmesser ist die Sanierung von Bögen möglich.

Durch Baumusterprüfungen und Produktzertifizierungen weisen verklebte Gewebeschläuche eine Betriebsfähigkeit von mindestens 50 Jahren sowie ihre Eignung für vorhandene Rohrleitungen mit Drücken bis 40 bar nach.

Das Verfahren ist insbesondere für Rohrwerkstoffe aus Stahl und Gusseisen geeignet. Bei entsprechenden Nachweisen hinsichtlich Reinigung, Haftfestigkeit und Rohrbruch ist eine Anwendung bei Rohrwerkstoffen aus Beton, Faserzement und PVC ebenso möglich. Während übliche Installationslängen des Gewebeschlauchs bei innerstädtischen Versorgungsleitungen im Bereich von 50 m bis 250 m liegen, sind bei Transportleitungen auch Abschnittslängen von bis zu 600 m realisierbar. Das Verfahren wird insbesondere bei der Sanierung bruchgefährdeter Rohrmaterialien bzw. Rohrleitungen mit lokalen Schäden, die ihre strukturellen Eigenschaften für die weitere geplante Nutzungsdauer nicht beeinträchtigen, eingesetzt.

Eine Rehabilitation mit einzuklebenden Gewebeschläuchen ist vorteilhaft bei Leitungen mit Richtungsänderungen und/oder Anschlüssen. Hierbei sind außer einer Start- und Zielbaugrube keine zusätzlichen Aufgrabungen nötig. Bei fast allen Gewebeschlauchverfahren können Anschlüsse üblicherweise ab DN 80 (bei Gasleitungen) bzw. DN 150 (bei Wasserleitungen) von innen geöffnet werden.

Bei Rohrleitungen mit eingeklebten Gewebeschläuchen ist hinsichtlich Betrieb und Wartung folgendes zu berücksichtigen:

- Anbohrungen können weiterhin vorgenommen werden. Hierzu ist anstelle eines Kronenbohrwerkzeuges eine Lochsäge zu verwenden.
- Es sind keine speziellen Verbindungstechniken erforderlich. Rohrtrennarbeiten sollten mit einer Rohrsäge erfolgen. Nach Zurückschneiden des Gewebeschlauchs vom Rohrende kann die Verbindung mit handelsüblichen Rohrkupplungen bzw. durch Einschweißen von Passstücken erfolgen.
- Schweißarbeiten an Gasleitungen sind bei kontrollierter Wärmeabfuhr ebenfalls möglich. Bei Trinkwasserleitungen sind Schweißarbeiten wegen der in der Wärmeeinflusszone auftretenden örtlichen thermischen Beeinflussung der Auskleidung aus hygienischen Gründen nicht möglich.
- Aufgrund der Kunststoffbeschichtung sind bei etwaigen zukünftigen Reinigungsarbeiten abrasive Verfahren nicht zulässig. Allenfalls ist hier eine Schaumstoffmolchung in Betracht zu ziehen.

## **Regelwerke**

DVGW W 330 (A) „Einzuklebende Gewebeschläuche für Wasserrohrleitungen“

DVGW GW 327 (A) „Auskleidung von Gas- und Wasserrohrleitungen mit einzuklebenden Gewebeschläuchen“

DVGW VP 404 (P) „Rehabilitation von Gas-Hochdruckleitungen mit Gewebeschläuchen im Druckbereich über 4 bar bis 30 bar“

DIN 30658-1 „Mittel zum nachträglichen Abdichten von erdverlegten Gasleitungen - Teil 1: Folienschläuche und Gewebeschläuche zum nachträglichen Abdichten von Gasleitungen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen“

#### **4.2.5.3 Glasfaserverstärkter Gewebeschlauch**

Ein glasfaserverstärkter Gewebeschlauch ist ein bogengängiger GFK-Verbundliner für die grabenlose Rehabilitation von Druckrohrleitungen im Gas-, Trinkwasser- und Abwasserbereich aus allen üblichen Rohrwerkstoffen mit einem Betriebsdruck von bis zu 16 bar.

Er besteht aus einer Glas-Gewebekomplexverstärkung aus korrosionsbeständigem ECR-Glas und einem innenliegenden Gewebeschlauch.

Die Einbringung des Liners erfolgt durch Reversion, dadurch ist die Rehabilitation von Rohrbögen bis zu 45° möglich.

Der Nennweitenbereich liegt zwischen DN 80 und DN 1000.

In Abhängigkeit von den statischen Anforderungen wird der glasfaserverstärkte Gewebeschlauch in Wanddicken von bis zu 12 mm hergestellt.

Der Liner ist durch den innenliegenden, kunststoffbeschichteten Gewebeschlauch mediendicht, übernimmt durch die GFK-Verstärkung alle inneren sowie äußeren Lasten und kann somit das Altrohr in Bezug auf dessen statische Aufgaben vollständig ersetzen.

Designabhängig kann der glasfaserverstärkte Gewebeschlauch hinsichtlich der Klassifizierung gemäß DIN EN ISO 11295, Tabelle 17, auch so ausgelegt werden, dass er den Klassen A, B oder C entspricht.

Die Einbindung der rehabilitierten Druckrohrleitung erfolgt mit handelsüblichen Formteilen über die Enden der rehabilitierten Rohrleitung.

Übliche Installationslängen des Liners sind im Bereich bis 150 m.

#### **4.2.6 Lining mit eingezogenen Schläuchen**

##### **Anwendungsbereich**

Der eingesetzte Gewebeschlauch besteht i.d.R. aus einer Außenbeschichtung aus PE, einem Gewebekern aus Verstärkungsfasern (z.B. Kevlar) und einer Innenbeschichtung aus PE oder thermoplastischem PU (TPU). In Abhängigkeit der zu erreichenden Druckstufe der zu sanierenden Leitung werden nicht verklebte Gewebeschläuche mit Wandstärken von 6 mm bzw. 8 mm (Gewebekern 2 mm bzw. 4 mm) hergestellt. Der Anschluss des Gewebeschlauches an das Leitungsnetz erfolgt über Verbindungsstücke (aus Stahl oder Guss) in die der Gewebeschlauch eingepresst wird.

Der Schlauch wird projektbezogen bis zu mehreren hundert Metern konfektioniert, im Werk U-förmig vorgefaltet, auf Trommeln gewickelt und zur Baustelle verbracht.

Dort wird er mittels Winde in die zuvor gereinigte Rohrleitung eingezogen und mit Ringraum verbaut (loose-fit). Eine Verklebung mit dem Altrohr ist nicht erforderlich, da der eingezogene und nicht mit der Rohrwand verklebte Gewebeschlauch den aus dem Betrieb resultierenden Innendruck vollständig und unabhängig vom Altrohr aufnimmt. Die rehabilitierte Rohrleitung muss daher zukünftig nur noch die äußeren statischen Lasten aufnehmen. Bei eingezogenen Gewebeschläuchen handelt es sich somit um unabhängige Druckleitungs-Liner entsprechend der Begriffsdefinition 3.1.8

der DIN EN ISO 11295. Gemäß Tabelle 17, Anmerkung 1, dieser Norm steht eine Klassifizierung noch aus.

Es stehen Systeme für die Rehabilitation von Druckleitungen im Abwasser, Wasser, Gas- und Ölbereich ab DN 80 bis DN 500 zur Verfügung.

Durch entsprechende Baumusterprüfungen und Produktzertifizierungen weisen eingezogene Gewebeschläuche eine Lebensdauer von mindestens 50 Jahren und aufnehmbare Betriebsdrücke von bis zu 82 bar gemäß DVGW-Prüfgrundlage VP 643 auf. Das Verfahren ist für alle Rohrwerkstoffe (Stahl, Gusseisen, Beton, Faserzement und Kunststoffe) geeignet. Der eingezogene Gewebeschlauch ist für Bögen bis zu 45° geeignet.

### **Installation**

Der vorgefaltete und mittels Klebebänder in dieser Form fixierte Schlauch wird mittels Winde eingezogen. Mit Druckluft wird er in eine runde Form gebracht, da sich die Klebebandfixierung bereits ab einem Innendruck von 0,5 bar löst.

Anschließend werden Verbindungsstücke aus Stahl oder Guss auf den Schlauch aufgepresst.

### **Dichtheitsnachweis, abschließende Inspektion und Wiedereinbindung**

Eingezogene Gewebeschläuche können entsprechend der anerkannten Regeln der Technik (DVGW, DIN, DIN EN) wie neu errichtete Rohrleitungen auf Dichtheit geprüft werden. Als Basis für den Prüfdruck ist der Betriebsdruck der Leitung anzusetzen.

Die Einbindung des sanierten Leitungsbereiches erfolgt nach der bestandenen und durch den Bauherrn abgenommenen Druckprüfung. Die Wiedereinbindung erfolgt wie im Abschnitt Betrieb und Wartung beschrieben.

### **Nutzungscharakteristik**

Innenkorrosion (z.B. Lochfraß), undichte Muffen, einzelne Löcher, Längsrisse, Querrisse und Versätze gehören zu den Hauptschadensbildern.

Äußere Lasten und Unterdrücke werden vom eingezogenen Gewebeschlauch nicht aufgenommen.

### **Betrieb und Wartung**

Bei Rohrleitungen mit nicht verklebten Gewebeschläuchen ist hinsichtlich des Betriebes und der Wartung folgendes zu berücksichtigen:

Ein Anbohren des nicht verklebten Gewebeschlauches ist nicht möglich.

Der Anschluss (die Wiedereinbindung) des sanierten Leitungsbereiches an das Netz erfolgt über die an die Verbindungsstücke angeschraubten oder angeschweißten Passstücke.

Nachträglich einzubauende T-Stücke oder Anschlüsse können über neu einzubauende Verbindungsstücke in den sanierten Bereich integriert werden.

Die Reinigung des Gewebeschlauches darf, im Bedarfsfall, nur mit einem Schaumstoffmolch durchgeführt werden.

## **Qualitätssicherung und Zertifikate**

Die Herstellung der Gewebeschläuche und der Verbindungsstücke erfolgt werksseitig. Auf der Baustelle erfolgt der Einbau unter Einhaltung der Verlegerichtlinien des Herstellers. Die Zulassung zu den jeweiligen Druckstufen erfolgt gemäß DVGW-Prüfgrundlage VP 643.

## **Regelwerk**

DVGW VP 643 (P) „Flexible, gewebeverstärkte Kunststoff-Inliner und zugehörige Verbinder für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 16 bar“ (2004-06)

### **4.3 Rohreinzug/ -schub mit Ringraum**

Für diese Sanierungsverfahren sind einzubringende Rohre aus PE, GFK, Stahl oder GGG in den Nennweiten von 25 mm bis 3000 mm verfügbar. Die Rohre werden je nach Nennweite und Rohrwerkstoff als Einzelrohre, Ringbund oder Trommelware auf die Baustelle geliefert. Sie können entweder mittels Winde in eine vorhandene Rohrleitung mit größerem Durchmesser eingezogen bzw. mittels Schubvorrichtung eingeschoben werden. Verfahrensbedingt verbleibt nach dem Einbringen zwischen Innendurchmesser der Altleitung und dem Außendurchmesser der neuen Rohrleitung ein Ringraum, der in Abhängigkeit der Anforderungen nach der Druckprüfung verfüllt wird.

Beim Rohreinzug werden die neuen Rohre in der Regel mittels Winde einzeln oder als vorgeschweißter bzw. vormontierter Rohrstrang eingezogen. Beim selteneren Fall des Rohreinschubs werden Einzelrohre in der Startbaugrube nach Verbindung mit bereits eingeschobenen Rohren taktweise mittels Schubvorrichtung in die Altleitung eingebracht.

Zur Reduzierung der Einbringkräfte durch Reibkraftminimierung kann der Einbau mit Abstandshaltern, Gleitkufen oder Rollen, die am Neurohrstrang befestigt werden oder auch mittels Einschwimmen erfolgen.

Die zu sanierende Altleitung hat bei Kraftübertragung der äußeren Belastungen auf das Neurohr keine statischen Lasten aufzunehmen. Hierfür ist in der Regel eine Ringraumverfüllung erforderlich.

Je nach Altrohr gehören Innenkorrosion, undichte Muffen, einzelne Löcher, Längs- und Querrisse sowie Muffenversätze zu den Schadensbildern, bei denen die Sanierung durch Rohreinzug/-schub mit Ringraum zum Einsatz kommen kann. Scharfe und/oder einragende Hindernisse sind vor dem Einzug des Neurohres zu entfernen. Durch Reinigung des Altrohres ist der benötigte freie Leitungsquerschnitt her- und die Beseitigung etwaiger Schadstoffe sicherzustellen.

Bei größeren begehbaren Nennweiten mit Steckmuffenverbindung werden in der Regel Gleitkufen eingesetzt.

Im Einzelrohrverfahren erfolgt der Transport mittels Rohrwägen. Die Rohre werden montiert und mittels Abstandhalter / Auskeilung im Altrohr fixiert. Abstandhalter / Keile sind flächig auszuführen. Es sind bevorzugt an den Rohraußendurchmesser vorgerundete Kontaktflächen herzustellen.

Die Ringraumverfüllung muss, abhängig vom eingezogenen Rohrmaterial, in definierten Lagen erfolgen. Beim Verfüllen sind unzulässige Verformungen, Versätze der Rohre durch Aufschwimmen oder lokales Beulen an Stützpunkten zu verhindern.

Bei dem Rohrstrangverfahren mit Ringraum sind in der Regel Formstücke auszubauen.

Bei diesem Verfahren werden in der Regel Rohre mit einem zusätzlichen mechanischen Schutz vorgesehen. Dieser mechanische Schutz verhindert Beschädigungen während des Einzugs. Eine Verbindung zum Altrohr im nicht sanierten Bereich wird entweder mit einem speziellen Übergangsstück oder einer Flanschverbindung ausgeführt.

Die Herstellung des Neurohres und der Verbindungsteile erfolgt werksseitig unter Einhaltung des jeweilig in Abhängigkeit vom Medium geltenden Regelwerks. Auf der Baustelle wird das Neurohr nach den Verlegerichtlinien des Herstellers und dem Regelwerk DVGW GW 320-1, eingebaut. Für das Verfahren eignen sich Rohre nach Abschnitt 5.1 bis 5.4.

#### **4.4 Close-Fit-Verfahren**

Bei den Close-Fit-Verfahren wird ein im Querschnitt reduzierter Rohrstrang mit Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen mittels Windentechnik in die Altleitung eingezogen und danach so rückverformt, dass das Linerrohr eng an der Wandung des vorhandenen Rohres anliegt (Close-Fit). Diese Verfahren werden auch Rohrstrangverfahren ohne Ringraum genannt und können zur Sanierung von Druckleitungen der Ver- und Entsorgungswirtschaft eingesetzt werden. Zum Einsatz kommen Linerrohre, die nach Innendruck, äußeren Lasten bzw. Beuldruck bemessen sind.

Es werden zwei Verfahrensvarianten unterschieden:

##### **1. Reduktionsverfahren**

Beim Reduktionsverfahren wird ein auf der Baustelle mittels Heizelementstumpfschweißverfahren hergestellter Rohrstrang mittels geeigneter Zugvorrichtungen in das Altrohr eingezogen, wobei der Außendurchmesser des Linerrohres in einem konischen Reduzierstück (Gesenk) meist ohne Wärmezugabe bis zu 12 % verkleinert wird. Dabei ist während des gesamten Einziehvorgangs eine Mindestzugspannung zur Vermeidung vorzeitiger Rückverformung einzuhalten.

Nach dem Erreichen der Zielbaugrube und der Zugentlastung dehnt sich das Linerrohr wieder radial aus und legt sich eng an das Altrohr an.

Es kann gegenwärtig ein Nennweitenbereich von DN 100 bis DN 1600 abgedeckt werden. Die maximalen Linerrohrlängen hängen von den zulässigen Zugkräften und den örtlichen Randbedingungen ab. Es sind designabhängig Einzelstreckenlängen bis zu 1000 m möglich.

Als Rohrmaterialien werden thermoplastische Kunststoffe (PE 100, PE 100-RC) eingesetzt. Mit diesen Materialien können bei den Reduktionsverfahren die Druckstufen bis zu PN 16 abgedeckt werden.

##### **2. Verformungsverfahren**

Beim Verformungsverfahren werden kreisförmig extrudierte Rohre werkseitig vorverformt, auf Trommeln gewickelt und auf die Baustelle geliefert. Rohrabmessungen und Längen werden auf das konkrete Projekt abgestimmt, wobei die maximalen Linerrohrängen vom Rohrleitungsdurchmesser und vom Trommelaufnahmevermögen abhängig sind. Als Rohrmaterial werden PE 80, PE 100, PE 100-RC (resistant to crack) Material bzw. RT (raised temperature) Material und modifiziertes PVC eingesetzt. Es wird ein Nennweitenbereich von DN 100 bis DN 500 (DN 500 bis PN 6) bei einer Einziehlänge von bis zu 600 m abgedeckt.

Die Rückverformung nach dem Einzug erfolgt durch einen herstellereitig vorgegebenen Bedampfungsprozess, welcher mit Druckluft so unterstützt wird, dass das Linerrohr am Ende eng an der Innenwand des Altrohres anliegt.

Das Material des Altrohres spielt hinsichtlich der Sanierbarkeit keine Rolle. Es muss jedoch noch soweit tragfähig sein, dass es die Kräfte während des Einzugs ohne zusätzliche Schädigung aufnehmen kann.

Dient die alte Leitung ausschließlich als Trasse (ohne statische Funktion) für den neuen Rohrstrang, werden bei der grabenlosen Erneuerung von Rohrleitungen nur Rohre der SDR-Stufen entsprechend der Tabelle 6 eingesetzt.

Die Einteilung der Reduktions- und Verformungsverfahren kann gemäß DIN EN ISO 11295, Tabelle 17, in Klasse A bzw. B erfolgen.

Es ist zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit von den erforderlichen Nebenleistungen die Versorgung für einen Sanierungsabschnitt unterbrochen wird. Etwaiger Zeitbedarf für Druckprüfungen bzw. Desinfektionsmaßnahmen und Keimfreiheitsprüfungen bei Trinkwasserleitungen ist zusätzlich zu berücksichtigen.

Das Altrohr ist zu reinigen, querschnittsreduzierende Hindernisse sind zu beseitigen und der freie Durchgang ist durch eine TV-Inspektion sowie Kalibrierung nachzuweisen. Bögen sind unter Berücksichtigung der Bauart, der örtlichen Bedingungen und des eingesetzten Verfahrens bedingt sanierbar.

Die Erneuerung vorhandener Knotenpunkte, Armaturen, Formstücke, Dimensionswechsel, Hausanschlüsse und nichtsanierbare Bögen ist in offener Bauweise auszuführen. Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten werden die Abschnitte untereinander und die Übergänge zum Bestand mit speziellen Formstücken und Hilfsmitteln (z.B. Stützhülsen, Expander, Adapterstücke, Lining- oder Standardschweißmuffen, Vorschweißbunde und Losflansche) hergestellt und die Leitung nach Druckprüfung, Spülung und Hygienefreigabe wieder in Betrieb genommen.

Nachträgliche Anbindung von Hausanschlüssen können mit Anbohrarmaturen verschiedener Hersteller ausgeführt werden.

Die Qualitätssicherung und Anforderungen an ausführende Firmen ist in dem Regelwerk DVGW GW 320-2 enthalten.

Die Einhaltung des Regelwerkes für Druckleitungen können Firmen u.a. mit einem Konformitätsnachweis (Zertifikat) in der Gruppe R 3 gemäß DVGW GW 302 nachweisen.

#### 4.5 Berstverfahren

Das Berstverfahren ist ein grabenloses Erneuerungsverfahren von Rohrleitungen DN 50 – DN 1000 in gleicher Trasse. Hierbei wird die vorhandene Altrohrleitung mittels dynamischer oder statischer Krafteinwirkung geborsten und in das umgebende Erdreich verdrängt. Kennzeichnend für das Verfahren ist der Einbau von neuen, werkseitig gefertigten Rohren gleicher oder größerer Nennweite. Die Erneuerung erfolgt von Baugrube zu Baugrube. Nahezu alle Altrohrmaterialien können mittels Berstverfahren auf eine Länge von bis zu 200 m an einem Stück erneuert werden. Lediglich kleine duktile Gussrohrleitungen mit Zementmörtelauskleidungen und alte Stahlrohre mit Muffenverbindungen bedürfen einer gesonderten Prüfung.

Beim dynamischen Berstverfahren wird zunächst ein Windenseil in die Altrohrleitung eingezogen, dieses dient als Führung der Berstmaschine. Im Rückzug der Winde wird mittels dynamischer Rammenergie, die durch eine Berstmaschine (modifizierte Rohrramme) in Rohrlängsrichtung aufgebracht wird, die Altrohrleitung geborsten, das Erdreich verdrängt und gleichzeitig erfolgt der Einzug der neuen Leitung. Das dynamische Berstverfahren wird in der Regel nur bei spröden Altrohrmaterialien eingesetzt.

Beim statischen Berstverfahren können sowohl zähe als auch spröde Altröhre erneuert werden. Zunächst wird mittels einer hydraulischen Zuglafette ein Gestänge in die Altrohrleitung eingeschoben, in der Startbaugrube angekommen, wird ein auf das Altrohrmaterial abgestimmtes Berstwerkzeug angebaut. Im Rückzug des Gestänges wird ebenfalls die Altrohrleitung geborsten und in das Erdreich verdrängt. Im selben Zug wird das Neurohr eingebaut. Ein Vorteil beim statischen Berstverfahren ist, dass kein Druckluftschlauch durch die Neurohrleitung gezogen werden muss (Versorgung der Ramme) und dieses somit sauber bleibt.

Als Neurohrmaterialien können PE-HD Rohre mit integrierten oder zusätzlich aufbrachten Schutzschichten, PP-Rohre, duktiles Gusseisen (GGG) mit zugfester Muffenverbindung oder geschweißte Stahlrohre eingebaut werden. Die PE- und PP-Rohre werden vor dem Einzug mittels Heizelementstumpfschweißung nach DVS 2207-1 zum Rohrstrang verbunden. Die äußeren Schweißwülste sollten entfernt werden. PE- Rohre können auch bis DN180 als Ringbundware zum Einsatz kommen.

Sollte sich aus der Istaufnahme der Altrohrleitung ergeben, dass Hindernisse den Berstvorgang möglicherweise verhindern oder erschweren, so müssen diese vor Beginn des Berstprozesses entfernt werden. Querschnittsverengungen infolge von Inkrustierungen, usw. brauchen verfahrensbedingt nicht beseitigt zu werden, sofern sich ein Windenseil einziehen bzw. das Berstgestänge einschieben lässt.

Eine Reinigung der Altrohrleitung kann dennoch erforderlich sein, wenn durch das Zerstören in Bruchstücke Stoffe (z.B. Teer) in einem Ausmaß freigesetzt werden, das umweltschutzrechtlich von Belang ist (z.B. mancherorts bei Gasleitungen). In diesem Falle ist die Reinigung so sorgfältig durchzuführen, dass eine Freisetzung solcher Stoffe nicht eintreten kann.

Mittels Berstverfahren können nur gerade Abschnitte erneuert werden. Bögen, Schieber, Hydranten oder andere Einbauten müssen vor dem Einzug ausgebaut werden. Aufgrund der Verdrängung müssen Mindestabstände zu längs- oder querkreuzenden Fremdleitungen eingehalten werden. Das Aufweitmaß (Differenz Außendurchmesser der Aufweitung abzüglich Innendurchmesser der Altrohrleitung) ist wichtig für die Einhaltung von Mindestabständen zur Oberfläche, zu anderen

Leitungen und Bauwerken (siehe hierzu DVGW-Merkblatt GW 323). Ebenfalls muss eine Mindestüberdeckung vorhanden sein. An der Einziehgrube müssen die zulässigen Biegeradien der Neurohre eingehalten werden. Die während des Einzugs auf das Neurohr wirkenden Kräfte müssen zwischen der Berstaufweitung und dem Neurohr mittels einer Zugkraftmessanlage gemessen und dokumentiert werden. In der Praxis haben sich online Messsysteme, welche unmittelbar die Einziehkräfte, die auf das Neurohr wirken, per Funk oder Kabel an den Bediener der Zuglafette übertragen, bewährt. Somit kann der Einziehvorgang vor einer eventuellen Beschädigung der Neurohrleitung gestoppt werden. Alternativ kann auch eine Sollbruchstelle hinter der Berstaufweitung eingebaut werden. Alle Arbeiten sollten in einem Berstprotokoll festgehalten werden. Die mit den Berstarbeiten zu beauftragenden Unternehmen sollten für Gas- und Wasserleitungen einen Konformitätsnachweis (eine Zertifizierung) gemäß DVGW GW 302 in der Gruppe GN 3 besitzen. Folgende Regelwerke sind für das Berstverfahren anzuwenden: DVGW-Merkblatt GW 323, DVGW-Arbeitsblatt GW 325, DWA Merkblatt 143-15 und RSV Merkblatt Nr. 8.

#### **4.6 Press-Zieh-Verfahren**

Das Press-Zieh-Verfahren dient der grabenlosen und trassengleichen Auswechslung von Versorgungsleitungen der Nennweite DN 100 bis DN 400 bzw. Anschlussleitungen der Nennweite DN 25 bis DN 65. Dabei wird die vorhandene Altrohrleitung herausgedrückt und an dessen Stelle eine neue Rohrleitung eingezogen, die als Ergebnis mit einer konventionell errichteten Leitung gleichwertig ist.

#### **Anforderungen, Materialien und Durchführung**

Die Anwendung des Verfahrens erfolgt dergestalt, dass die alte Rohrleitung zunächst in der Start- und Zielbaugrube vom Rohrnetz getrennt wird. Die Startbaugrube dient dabei dem Einbringen der neuen Rohre und die Zielbaugrube der Aufnahme der Rohrziehvorrichtung. Anschließend wird ein Zuggestänge durch den Altrohrstrang geführt, in der Startbaugrube mit einem Übergangsadapter am Altrohre und in der Zielbaugrube mit der Rohrziehvorrichtung verbunden. Durch Einleiten von Zugkräften in das Gestänge wird der Altrohrstrang in Richtung Zielbaugrube gedrückt und in dieser aus dem Erdreich entfernt. Im gleichen Arbeitsgang wird sukzessive eine ebenfalls am Übergangsadapter befestigte neue Rohrleitung in die freiwerdende Trasse eingezogen.

Das Press-Zieh-Verfahren eignet sich für geradlinige Rohrleitungsstrecken. Hausanschlüsse, Abzweige und andere Armaturen müssen vorab ausgebaut werden und unterteilen die auszuwechselnde Rohrstrecke für das Herausdrücken der Altrohre ggf. in mehrere Abschnitte mit dimensions- und bodenabhängigen Längen von etwa 15 m bis 50 m. Das Neurohr kann auf einer gesamten Länge von bis zu 150 m eingezogen werden. Nennweitenerweiterungen um bis zu zwei Dimensionsstufen sind in Abhängigkeit der Rohrverbindungen und Bodenverhältnisse möglich. Hierfür wird der Übergangsadapter als Aufweitkegel ausgebildet.

Das Press-Zieh-Verfahren ist für alle druckfesten und sprödbrechenden Altrohrmaterialien, wie Grauguss, PVC und Asbestzement (unter Berücksichtigung der TRGS 519) geeignet. Es kommen alle aus der offenen Rohrverlegung bekannten Neurohrmaterialien in Betracht, die über einen für den grabenlosen Einbau

geeigneten Rohraußenschutz sowie bei Rohren mit Schweißverbindungen zusätzlich über eine abriebfeste Nachumhüllung verfügen.

### **Nutzungscharakteristik sowie Betrieb und Wartung**

Beim Press-Zieh-Verfahren kommen für die grabenlose Bauweise geeignete Standardrohre und Verbindungen zum Einsatz. Hinsichtlich der Nutzungscharakteristik sowie für den Betrieb und die Wartung ergeben sich somit keine weiteren Besonderheiten gegenüber konventionell in offener Bauweise errichteten Rohrleitungen.

### **Qualitätssicherung und Zertifikate**

Wie bei allen Verfahren, bei denen die neuen Rohre durch Aufbringen einer Zugkraft in das Erdreich, ein vorhandenes Leerrohr oder die bereits vorhandene Rohrtrasse eingezogen werden, ist beim Press-Zieh-Verfahren eine auf das jeweilige Rohrmaterial und dessen Verbindungen ausgelegte Zugkraftbegrenzung bzw. Zugkraftüberwachung vorzusehen.

Diese und weitere Maßnahmen der Qualitätssicherung sind für das Verfahren in DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1 (A) detailliert beschrieben.

Ausführende Unternehmen, die das Press-Zieh-Verfahren anwenden, können ihre Qualifikation durch einen Konformitätsnachweis (Zertifizierung) gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 302 (A) in der Gruppe GN1 nachweisen.

### **Regelwerke**

DVGW GW 322-1 (A) „Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 1: Press-/Ziehverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung“

DVGW GW 325 (A) „Grabenlose Bauweisen für Gas- und Wasser-Anschlussleitungen; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung“

## **4.7 Hilfsrohrverfahren**

Beim Hilfsrohrverfahren erfolgt die trassengleiche Auswechslung einer vorhandenen Altrohrleitung gegen eine neue Rohrleitung in zwei Arbeitsgängen. Zunächst werden je eine Rohrbaugrube zum Ausbau der Altröhre und zur Einbringung der neuen Rohre sowie eine Maschinenbaugrube zur Aufnahme des Rohrauswechslungsgerätes hergestellt. In Abhängigkeit von Boden, Altrohrzustand und Dimension werden in der Regel alle 20 bis 50 m Zwischenbaugruben angelegt, die vorteilhafterweise an Abzweigen, Hausanschlüssen und Armaturen angeordnet werden. Mit dem Rohrauswechslungsgerät werden im ersten Arbeitsgang Hilfsrohre aneinandergeschnitten und vorgepresst, mit denen die alte Rohrleitung dann schrittweise aus dem Erdreich in Richtung der Rohrbaugrube geschoben und dort ausgebaut wird. Die alten Rohre werden idealerweise in ganzen Rohrlängen geborgen. Nach der vollständigen Entfernung des letzten Altröhres ist die Trasse dann zunächst mit den wieder verwendbaren Hilfsrohren belegt. Sie übernehmen jetzt die Lasten aus der Überdeckung und der Verkehrslast und sichern so den freien Querschnitt.

Im zweiten Arbeitsgang des Verfahrens wird das neue Rohr in der Rohrbaugrube mittels eines Zugkopfes am Hilfsrohr befestigt und durch Zurückziehen des Hilfsrohres in die Rohrtrasse eingezogen. Stahl- und duktile Gussrohre werden üblicherweise in der Rohrbaugrube montiert, wobei Muffenrohre mit dem Einsteckende in Zugrichtung ausgerichtet sind.

Das Hilfsrohrverfahren ist für alle druckfesten Rohrmaterialien, wie Grauguss, Duktiles Gusseisen, Asbestzement (unter Berücksichtigung der TRGS 519), PVC und Stahl geeignet.

### **Nutzungscharakteristik sowie Betrieb und Wartung**

Hier gelten analog die unter 3.2.5 genannten Ausführungen.

### **Qualitätssicherung und Zertifikate**

Analog zu 3.2.5 ist auch beim Hilfsrohrverfahren eine Zugkraftbegrenzung bzw. Überwachung der auf den Neurohrstrang wirkenden Zugkraft durchzuführen.

Diese und weitere Maßnahmen der Qualitätssicherung sind für das Verfahren in DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2 detailliert beschrieben.

### **Regelwerke**

DVGW GW 322-2 (A) „Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 2: Hilfsrohrverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung“

## 5 Auswahlmatrix

Tabelle 5: Auswahlmatrix

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
2	Auswahlmatrix	Rehabilitation												
3	Medien	ZM-Auskleidung		Vor Ort härtendes Schlauchlining		Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung		Lining mit eingezogenen Schläuchen	Rohrzug-/schub mit Ringraum	Close-Fit Verfahren	Berstlining	Preß-/ Ziehverfahren	Hilfsrohrverfahren	
4	Gas	Trinkwasserleitungen gemäß W 343 mit Zusätzen (nicht für Trinkwasserleitungen)	Glasfaserliner	Glasfaserverstärkter Nadelzylinder	Gewebeschauch	Glasfaserverstärkter Gewebeschauch				Reduktionsverf.	Verformungsverf.			
5	bis 1 bar	—	—	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
6	bis 4 bar	—	—	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
7	bis 10 bar	—	—	—	—	X	X	X	X	X	X	X	X	
8	bis 16 bar	—	—	—	—	X	X	X	X	X	—	X	X	
9	über 16 bar	—	—	—	—	X	—	X	X	—	—	X	X	
10	Wasser													
11	< 0 bar	X	X	X	X	X	X	—	X	X	X	X	X	
12	bis 10 bar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
13	bis 16 bar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	—	X	X	
14	über 16 bar	X	X	X	X	X	—	X	X	X	—	X	X	
15	Fernwärme													
16	bis 10 bar	—	X	—	■	—	—	—	—	—	—	—	—	
17	bis 16 bar	—	X	—	■	—	—	—	—	—	—	—	—	
18	über 16 bar	—	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
19	Abwasser													
20	< 0 bar	X	X	X	X	X	X	—	X	X	X	X	X	
21	bis 5 bar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
22	bis 10 bar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
23	bis 16 bar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	—	X	X	
24	über 16 bar	X	X	X	X	X	—	X	X	X	—	X	X	
25	Schadensbilder													
26	Ablagerungen/ Inkrustationen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
27	Innenkorrosion	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
28	Aussenkorrosion	—	—	X	X	■	X	■	X	X	X	X	X	
29	Undichtigkeiten	■	■	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
30	mangelnde Rohrfestigkeit/ Statik	—	—	X	X	—	X	—	X	X	X	X	X	
31	Nutzungsänderung													
32	Erhöhung des Betriebsdruckes	■	■	■	■	■	■	X	X	X	X	X	X	
33	Änderung des Transportmediums	■	■	■	■	X	X	X	X	X	X	X	X	
34	Querschnittsveränderung													
35	Reduzierung	■	■	■	■	■	■	X	X	X	X	X	X	
37	keine Änderung	■	■	—	—	■	■	—	—	—	—	X	X	
38	Vergrößerung	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	X	
39	Dimensionen in mm													
40	von	80	80	150	100	20	80	80	25	100	100	50	25	
41	bis	2000	2000	1500	1600	1200	1000	500	3000	1600	500*	1000	400	
42	max. Streckenlängen in m													
43	bis	600	600	300 / 600	300	600	150	1000	1000	1000	600	200	150	
44														
45														
46	verfahrensabhängig											X	JA	
47	dimensionsabhängig											—	NEIN	
48	mit Zwischengruben											■	BEDINGT	
49	*) bis DN 500 nur in SDR 21													

## **6 Werkstoffeigenschaften des einzusetzenden Rohrmaterials**

### **6.1 Rohre aus duktilem Gusseisen**

Rohre aus duktilem Gusseisen sind je nach Transportmedium den folgenden Produktnormen entsprechend einzusetzen:

Trinkwasser: DIN EN 545

Abwasser: DIN EN 598

Gas: DIN EN 969

Für Auswechslungs- oder Erneuerungsverfahren, bei denen das neue Rohr für den Einbau mit Zugkräften belastet wird, sind formschlüssige längskraftsichere Verbindungen zu wählen. Bei Einschubverfahren kann die in DIN 28603 genormte Steckmuffenverbindung verwendet werden.

Zum Schutz vor mechanischen Belastungen und Beschädigungen des Außenschutzes beim Einzug sind Rohre mit einer Zementmörtelumhüllung nach DIN EN 15542 oder einer verstärkten PE-Umhüllung nach DIN EN 14628 einzusetzen.

Die Verbindungsbereiche sind mit einem geeigneten Schutz zu versehen, z. B.:

- wärmeschrumpfende Umhüllungen für bewegliche Muffenverbindungen nach DIN 30672
- Gummimanschetten in Verbindung mit einem mechanischen Schutz, z. B. Blechkonen.

Der Einsatz von Rohren mit Zink-Überzug und Deckbeschichtung nach DIN 30674-3 sollte mit dem Rohrhersteller abgestimmt werden.

Reibschlüssige, längskraftschlüssige Muffenverbindungen wie z. B. Tyton-SIT sollten nur in Absprache mit den Rohrherstellern eingesetzt werden.

Die Werte für die zulässigen Zugkräfte und die Trassenkrümmung für den Einzug der Rohre können dem DVGW-Regelwerk (GW 322-1, GW 322-2, GW 323) entnommen werden. Zulässige Druckbelastbarkeiten der Rohrverbindungen sind mit dem Rohrhersteller abzuklären.

Im Übrigen sind die DVGW-Regelwerke DVGW G 461-1 (A) und G 461-2 (A) bzw. W 400-2 (A) zu beachten.

### **6.2 Stahlrohre**

Das wesentliche Kennzeichen der Leitungsrohre aus Stahl ist eine, auf den jeweils vorgesehenen Anwendungsbereich und die Verlegeart ausgerichtete Abstimmung von Festigkeiten, Wanddicken und Umhüllungen.

Je nach Anwendungsbereich gelten für Stahlrohre unterschiedliche Lieferbedingungen. Für Wasser- und Abwasserleitungen aus Stahl wird in der Regel die DIN 2460 mit Hinweis auf DIN EN 10224 vereinbart. Die Rohre sind üblicherweise mit einer Zementmörtelauskleidung nach DIN EN 10298 ausgekleidet. Bei Gasleitungen bis 16 bar ist nach DIN EN 12007-3 die DIN EN ISO 3183 in der Rohrklasse PSL 2 als technische Lieferbedingung zu berücksichtigen. Für Gasleitungen über 16 bar sind Rohre nach Anhang M der DIN EN ISO 3183 vorzusehen. Stahlleitungsrohre für Transportleitungen im Öl- und Gasbereich sind in

der Standardausführung mit einer Polyethylenumhüllung nach DIN EN ISO 21809-1 versehen. Für die Umhüllungen von Wasserleitungsrohren und Gasleitungsrohren im Verteilungsbereich gilt die DIN 30670.

Als zusätzlicher Außenschutz gegen mechanische Belastungen beim Einzug der Rohre kommen entsprechend DIN 30675-1 in Frage:

- verstärkte PE-Umhüllungen nach DIN 30670 oder DIN EN ISO 21809-1
- PP-Umhüllungen nach DIN 30678 oder DIN EN ISO 21809-1
- Zementmörtelummantelungen in der Sonderausführung S nach DVGW GW 340 (A)
- Polyethylenumhüllungen mit einer zusätzlich aufextrudierten gerippten PE-Schicht
- Polyethylenumhüllungen mit einem zusätzlichen Laminat aus GFK.
- Polyethylenumhüllungen mit einer zusätzlichen Umhüllung aus Polyamid oder PP

In Abhängigkeit des zum Einsatz kommenden grabenlosen Bauverfahrens sind die verfahrensspezifischen Anforderungen an den Außenschutz der jeweiligen Technischen Regel zu entnehmen.

Für die Nachumhüllungsbereiche stehen wärmeschrumpfende oder kalt zu verarbeitende Materialien nach DIN 30672 oder DIN EN 12068 zur Verfügung. Diese werden bei Rohren mit werksseitig ausgeführter Zementmörtelummantelung durch Materialien nach DVGW GW 340 (A) ergänzt. Alternativ stehen glasfaserverstärkte Lamine oder Vergussmaterialien auf Kunstharzbasis zur Verfügung. Diese werden vor allem bei dickschichtig ausgeführten Umhüllungen sowie Mehrschichtsystemen eingesetzt.

Für das Handling des Rohrstranges auf der Baustelle kann prinzipiell die gesamte zur Verfügung stehende Materialfestigkeit zur Ermittlung des Rohrbiegeradius (z.B. für die Dimensionierung der Startgrube oder des Oberbogens) herangezogen werden. Der jeweils vorliegende Rohrbiegeradius ist für die Ermittlung der maximal zulässigen Zugkraft beim Rohreinzug zu berücksichtigen (z.B. DVGW GW 320-1 (A)).

S. Höhler, H.-J. Kocks, S. Zimmermann;  
„Machbarkeitsstudie zur grabenlosen Verlegung von Stahlleitungsrohren“;  
Rohrleitungen und deren Netzwerke – Lebensadern der Gesellschaft:  
Vulkan Verlag Essen, 2010, Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau  
der Fachhochschule Oldenburg; Bd. 34, S. 268 – 280 (ISBN 978-3-8027-5333-6)

### **6.3 Rohre aus Polyethylen**

Der teilkristalline Werkstoff Polyethylen wird als Druckrohrwerkstoff im Ver- und Entsorgungsbereich eingesetzt. Betriebsdrücke, Verlegemethoden und Anwendungsbereiche bestimmen die Wahl der jeweiligen Rohrwerkstoffe, Rohrwandaufbauten und Wanddicken.

Für die PE-HD Rohrwerkstoffe besteht aufgrund von Zeitstand-Innendruckversuchen nach DIN EN ISO 12162 und der in DIN EN ISO 9080 festgelegten Extrapolationsmethode eine wissenschaftlich ermittelte Betriebsfähigkeit von 100 Jahren. Die Klassifizierung der unterschiedlichen Polyethylene für Rohrleitungen

erfolgt nach der Mindestfestigkeit (MRS - Minimum Required Strength) des Werkstoffes.

Nach DIN 8075 sind die PE-Typen nach dem MRS-Wert zu unterscheiden in:

- PE 80 (PE der zweiten Generation MRS = 8 N/mm<sup>2</sup>)
- PE 100 (PE der dritten Generation MRS = 10 N/mm<sup>2</sup>)

Neue Werkstoffgeneration der PE 100 Werkstoffe sind PE 100-RC (RC= Resistance to Crack, MRS = 10 N/mm<sup>2</sup>) die aufgrund ihres höheren Widerstandes gegen Rißbildung für alternative Verlegetechniken geeignet sind.

Rohre aus PE-HD sind in der DIN 8074, DIN EN 12201-2 (Trinkwasser und Abwasser), sowie in der DIN EN 1555- 2 (Gas) bezüglich ihrer Dimension, Wanddicke und Toleranzen klassifiziert.

Tabelle 6: PE-HD-Rohrklassifizierung nach DIN 8074

	Rohrreihe	PE 80	PE100
		Angaben in bar	
Gasverteilung	SDR 11	4	10
	SDR 17	1	4
Wasserverteilung	SDR 5	32	40
	SDR 6	25	32
	SDR 7,4	20	25
	SDR 11	12,5	16
	SDR 17	-	10

PE-Rohre können in Abhängigkeit von der Rohrdimension in verschiedenen Baulängen als Stangen-, Ringbund- oder Trommelware ausgeliefert werden.

Die Verbindung von Rohren aus Polyethylen erfolgt mittels Heizelementstumpfschweißen oder Heizwendelschweißen. Bei der Verschweißung sind die Vorschriften der DVS 2207 Teil 1 zu berücksichtigen. Verschweißungen dürfen nur von entsprechend geschultem und geprüftem Personal (PE-Schweißerprüfung nach DVGW GW 330) ausgeführt werden. Das auf der Baustelle angewandte Schweißverfahren muss dem Einbauverfahren angepasst sein. Für Rohre die mittels grabenlosen Verfahren verlegt werden, kommt in die Heizelementstumpfschweißung (HS) zum Einsatz.

Es sind in Abhängigkeit vom Einbaufall auch die Heizwendelschweißung (HM) bzw. mechanische Verbinder wie z.B. Flanschverbindungen, Verpress- oder Steckverbindungen möglich. Diese beschränken sich wegen der Beschädigungsgefahr beim Einzug/Einschub in der Regel auf die offenen Bereiche des Projektes.

Zur Rehabilitation von Druckrohrleitungen mit Kunststoffrohren im Druckbereich > 10 bar werden ein- oder mehrschichtige Kunststoffrohre verwendet, die über eine

äußere Schutzschicht bzw. einen äußeren Schutzmantel aus Polyolefin (PP/PE) verfügen können.

Die bestehenden Regelwerke stellen je nach Rehabilitationsverfahren verschiedene Anforderungen an das Material.

Beim Berstlining von Graugussleitungen müssen laut DVGW Merkblatt GW 323 Rohre mit Schutzeigenschaften verwendet werden. Ist die Rohroberfläche durch Riefen, Kratzer oder flächigen Abtrag von mehr als 10% der Gesamtwanddicke beschädigt, darf der Rohrabchnitt gemäß DIN EN 12007-2 und DVGW G472 (Gas) sowie DVGW W400-2 (Wasser) nicht mehr verwendet werden.

Für den Einsatz bei alternativen Verlegetechniken kann der Rohrerhersteller die Eignung des Rohres bezüglich der Anforderungen von PAS 1075 nachweisen.

Beim Einsatz von Rohren aus Polyethylen sind zulässige Zugkräfte, Biegeradien und Temperaturen einzuhalten (siehe z.B. DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1).

### **Rohre aus vernetztem Polyethylen (PE-X)**

Vernetztes Polyethylen (PE-X) unterscheidet sich von unvernetztem Polyethylen besonders in folgenden Materialeigenschaften: höhere Temperaturbeständigkeit, verbessertes Langzeitverhalten, geringere Anfälligkeit gegen Spannungsrisse, bessere Chemikalienbeständigkeit und höhere Abriebfestigkeit.

Durch ihre Kerbunempfindlichkeit werden sie sowohl bei offenen Bauweisen ohne Sandbettung als auch bei grabenlosen Erneuerungsverfahren eingesetzt. Über Zeitstandinnendruckprüfungen wurde nachgewiesen, dass selbst bei Kerbtiefen von bis zu 20 % der Rohrwanddicke die in DIN 16892 geforderten Mindeststandzeiten übertroffen werden.

PE-X-Rohre finden vor allem im Gas- und Wasser-Hausanschlussbereich Anwendung.

Als Verbindungstechniken kommen das Heizwendelschweißen und Klemmverbinder bei kleinen DN in Betracht. Eine Stumpfschweißung ist nicht möglich, da durch die Vernetzung der thermoplastische Charakter des Polymers beim Schweißen verloren geht. Die Rohre werden daher im grabenlosen Bereich auf ganzer Länge, d.h. ohne Verbindung eingebaut.

### **Regelwerk:**

PAS1075 „Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken – Abmessungen, technische Anforderungen und Prüfung“

### **6.4 GFK-Rohre**

Rohre aus Glasfaser verstärktem Kunststoff (GFK) sind je nach Anwendung den folgenden Produktnormen entsprechend anzuwenden:

Trinkwasser, Rohwasser, Prozesswasser: DIN EN 1796

Abwasser, Grauwasser, Schwarzwasser: DIN EN 14364

GFK-Rohre werden in Druckstufen von PN1 bis PN40 geliefert. Der zulässige dauerhafte Betriebsdruck für GFK Rohre entspricht der Nenndruckklasse der Rohre und Formteile. GFK-Rohre sind für dynamische Drücke dimensioniert. Der zulässige

Druckstoß für den Betrieb der Leitung entspricht der nominellen Druckstufe +40% (z.B. 14 bar für Rohre PN10).

Qualifizierte GFK-Rohrhersteller erwarten aufgrund des wissenschaftlichen Kenntnisstandes aus inzwischen 60 Jahren Produktprüfung und Werkstoffentwicklung eine Betriebsfähigkeit von bis zu 150 Jahren. Die Daten aus Laborprüfung, Bemessungsgrundlagen und Zeitstandprüfungen sind durch die Bewertung von Rohren und Formteilen aus dem Netzbetrieb verifiziert.

Die Druckprüfung nach Verlegung ist entsprechend EN 805 / DIN EN 1610 bzw. DVGW W 400-2 mit bis zu 1,5 x PN zulässig. Sicherungsmaßnahmen der Leitung z.B. Widerlager bzw. Zugsicherungslängen sind zu beachten (siehe auch Abschnitt Druckprüfung).

Die Auswahl der Belastungsklasse gegenüber äußeren Lasten (Verkehrslast, Überdeckung) erfolgt nach statischen Erfordernissen (Verlegetiefe, Verkehrslast, Baugrundverhältnis, Grundwasser etc.) in Standardnennsteifigkeiten von SN 2.500, SN 5.000, SN 10.000 bis SN 1.000.000.

Bei Rohren und Formstücken nach Tabelle 7, DVGW W 400-1 (u.a. GFK Rohre und Formteile nach DIN EN 1796) mit Erdüberdeckung nach DVGW W 400-2 (A), Verkehrslasten SLW 60 (LM 1) nach DIN Fachbericht 101 und Last- und Einbaubedingungen nach DIN EN 14801 (für besondere Lastfälle siehe DVGW GW 312 (A), ATV-DVWK-A 127, VdTÜV 1063; zur optimalen Überdeckung siehe 5.5) sind keine gesonderten Nachweise für GFK-Rohre bei Überdeckungen von 0,8 – 6 m erforderlich.

GFK Rohre sind für den Temperaturbereich von - 50 bis + 100°C lieferbar. Sonderlösungen bis +150°C sind auf Basis von EP-GF (Epoxidharz) möglich. Standardrohrsysteme nach EN 1796 / 14364 dürfen von - 50°C bis + 35°C Umgebungs-, und/oder Medientemperatur eingesetzt werden. Beim Betrieb mit höheren Temperaturen ist der zulässige Betriebsdruck nach Vorgabe des Rohrlieferanten zu begrenzen.

GFK-Rohre nach DIN EN 1796/ DIN EN 14364 sind für den Einsatz in der Wasserver- und -entsorgung konzipiert. Es ist kein zusätzlicher Korrosionsschutz für GFK Rohre und Formteile für den Transport von Trinkwasser, Rohwasser, Abwasser oder gegenüber normal vorhandenem Grundwasser, Oberflächenwasser oder Regenwasser erforderlich.

Standardrohre aus UP-GFK (ungesättigte Polyesterharzbasis) sind für Transportmedien mit pH-Werten von pH1 bis pH10 geeignet. Rohre aus VE-GF (Vinylesterharzbasis) sind für den Einsatzbereich bis pH12 geeignet.

Für industrielle Abwässer erfolgt die Auswahl des geeigneten Materials durch den Rohrlieferanten. Die Auswahl der chemischen Beständigkeitsklasse UP-GF, ISO-GF, VE-GF oder EP-GF (Epoxidharzbasis) erfolgt auf Basis der chemischen Zusammensetzung und Temperatur des Transportmediums. Die Korrosionsbeständigkeit der Glasfaser (E-Glas, C-Glas, ECR Glas) ist zu beachten.

GFK Rohre und Formteile für Trinkwasser beeinflussen die Qualität des Trinkwassers nicht.

GFK Rohre sind UV-stabil. Sie können unter europäischen Umweltbedingungen direkter Sonneneinstrahlung / Freibewitterung ausgesetzt werden. Im Laufe der Zeit kann sich die äußere Schutzschicht farblich / optisch verändern, was keinen Einfluss

auf die Betriebstauglichkeit der Rohre hat. Die äußere Schutzschicht absorbiert die energiereiche UV Strahlung des Sonnenlichts.

Die Auswahl des Verbindungssystems ist in Abhängigkeit von den Projektbedingungen zu unterscheiden in Steckmuffensysteme oder zugfeste Rohrverbindungen mittels Scherstabkupplung, Klebemuffe, Flansch-, Laminat-, oder Schraubverbindung. Die Einbautechnologie (Einschub bzw. Einschub) und das Kupplungssystem müssen im Rahmen der Planung aufeinander abgestimmt werden.

Bei Verwendung von Stecksystemen ohne Zugsicherung ist die Ausführung der Bestandsleitung hinsichtlich der Reaktionskräfte an Formteilen zu beachten. Ggf. sind Formteile durch Widerlager zu sichern. Die technischen Regelwerke wie z.B. DVGW GW 310 und DVGW GW 368 sind sinngemäß anzuwenden.

Für den Einzug werden je nach Nennweite in der Regel Gleitkufen oder Rohrträger mit Rollen eingesetzt. Der Einschub / Einzug erfolgt auf dem gewählten Abstandshaltersystem.

Radien im Leitungsverlauf sind innerhalb der vom Hersteller freigegebenen Grenzen für die zulässige Abwinkelung in den Kupplungsverbindungen möglich. Wird der Kurvenradius auch durch Einsatz von Kurzrohren nicht erreicht sind in offener Bauweise zu erstellenden Bereichen geeignete Druckformteile z.B. Segmentrohrbögen einzusetzen.

In Abhängigkeit des zum Einsatz kommenden grabenlosen Bauverfahrens werden GFK-Rohrsysteme mit erhöhter Wanddicke und außen bündiger GFK oder Edelstahlkupplung eingesetzt.

## **7 Qualitätshinweise**

### **7.1 Qualitätssicherung bei der Sanierung und grabenlosen Erneuerung**

Qualitätsnachweise sind insbesondere beim Einsatz grabenloser Techniken aus folgenden Gründen von großer Bedeutung:

- Die Durchführung der Arbeiten erfolgt meistens im nicht sichtbaren Bereich, so dass Kontrollen schwieriger werden.
- Es gibt eine Vielfalt unterschiedlicher Verfahren der Rehabilitation, so dass der richtigen Auswahl entscheidende Bedeutung zukommt.
- Vermeidung von Mängeln und Folgeschäden bei der Bauausführung.

Die Basis aller qualitätssichernden Maßnahmen ist das Vorliegen detaillierter Verfahrenshandbüchern mit Vorgaben für die zum Einsatz kommenden Produkte und Verfahren. Für die Ausführung der Arbeiten ist neben Erfüllung gesetzlicher Vorgaben, z. B. im Hinblick Arbeitssicherheit und Unfallverhütung, weiterhin die jeweilige Fachkunde des Personals und Eignung der technischen Ausrüstung entscheidend. Sich daraus ableitende Anforderungen können u.a. in Gesetzen, Verordnungen und Regelwerken (Merkblätter, Arbeitsblätter oder auch DIN-Normen) festgelegt sein.

Auf der Grundlage dieser Unterlagen kann dann, sofern ein entsprechendes Konformitätsbewertungsverfahren bzw. eine Zertifizierungsordnung vorliegt, eine Konformitätsbewertung bzw. Zertifizierung (Gas und Wasser) oder die Anerkennung eines Gütezeichens (Abwasser) erfolgen.

Eine Überprüfung des ausführenden Unternehmens im Hinblick auf dessen Organisation und Abläufe kann durch den Nachweis eines wirksamen Qualitätsmanagementsystems gemäß DIN EN ISO 9001 erfolgen.

Als weiterer möglicher Eignungsnachweis des Unternehmens ist das bestandene Präqualifikationsverfahren (PQ-VOB) zu nennen.

## **7.2 Regelsetzung**

Grundvoraussetzung für eine hinreichende Qualitätssicherung ist das Vorliegen detaillierter Vorgaben für das jeweilige Verfahren und zwar nicht nur in Form einer technischen Verfahrensbeschreibung, sondern mit der Vorgabe von Mindestanforderungen, der Beschreibung der Gütesicherung und der Vorgabe von Prüfungen.

Für die Rehabilitation von Trinkwasser- und Gasleitungen wird diese Aufgabe der Regelsetzung vom DVGW wahrgenommen.

## **7.3 Zertifizierung**

Eine Konformitätsbewertung bzw. Zertifizierung für den Bereich der Druckrohrleitungen kann sich beziehen auf Personen, Produkte und Verfahren.

Voraussetzung für eine Konformitätsbewertung von Produkten und Verfahren ist das Vorliegen diesbezüglicher Mindestanforderungen in Form von DVGW-Arbeitsblättern oder Prüfgrundlagen (VP).

Die Konformitätsbewertung von Unternehmen, die im Bereich der Rehabilitation von Gas- und Wasser-Druckrohrleitungen tätig sind, erfolgt auf der Grundlage der DVGW-Arbeitsblätter GW 301 (für Arbeiten an in Betrieb befindlichen Rohrleitungen sowie u.a. Druckprüfungen und die Wiedereinbindung), bzw. GW 302 für die grabenlose Bauweise in Verbindung mit den entsprechenden Arbeitsblättern für die jeweiligen Verfahrensgruppen.

Im Bereich der Abwasserdruckleitungen gibt es keine vergleichbare Konformitätsbewertung.

## **7.4 Durchführung der Gütesicherung**

Die Durchführung der Gütesicherung ist Aufgabe des ausführenden Unternehmens. Dieses hat sicherzustellen, dass allen Anforderungen, die in den technischen Regeln niedergelegt sind, Genüge getan wird. Hierbei geht es insbesondere um Auswahl und Schulung des eingesetzten Personals, die Beachtung des geeigneten Material- und Geräteeinsatzes und der daraus resultierenden Einbauvorschriften sowie die Berücksichtigung der Leitungs- und verfahrensspezifischen Besonderheiten. Ebenfalls ist beim Arbeitsablauf auf der Baustelle sicherzustellen, dass eine ausreichende Materialkontrolle erfolgt und alle wesentlichen prozessrelevanten Daten entsprechend dem relevanten DVGW-Regelwerk dokumentiert werden.

## **7.5 Druckprüfung**

Nach der Rehabilitation werden die Druckrohrsysteme einer Druckprüfung unterzogen. In Anhängigkeit vom Medium gelten hierfür die DIN EN 805, DVGW W 400-2, DVGW G 469, DIN EN 1610, DWA-A 139 sowie verfahrensspezifische Anforderungen oder andere vom Planer geforderten Verfahren. Für die Prüfung von Druckentwässerungssystemen gilt das Arbeitsblatt DWA-A 116-2 in Verbindung mit DIN EN 805. Für die Prüfung von Unterdruckentwässerungssystemen gilt das Arbeitsblatt DWA-A 116-1 in Verbindung mit DIN EN 1091.

## **8 Literatur**

### **8.1 Vorbemerkungen**

Im Folgenden ist eine Auswahl von anerkannten Regeln der Technik, Regelwerken und Hinweisen aufgeführt, die für die Rehabilitation von Druckrohrleitungen im Allgemeinen zur Anwendung kommen. Sie erhebt einerseits keinen Anspruch auf Vollständigkeit und andererseits kommen nicht für jedes Verfahren alle genannten Dokumente in Betracht. Rechtsvorschriften und das Berufsgenossenschaftliche Vorschriften- und Regelwerk in der jeweils gültigen Fassung sind in jedem Fall einzuhalten.

Es liegt daher in der Verantwortung von Planern, Auftraggebern und Auftragnehmern, zu prüfen und festzulegen, welche der genannten und nicht genannten Regeln und Hinweise anzuwenden sind. Dabei ist darauf zu achten, dass die Nennung des jeweiligen Ausgabedatums sich auf den aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung bezieht und nicht die explizite Anwendung der genannten Ausgabe im Falle zukünftiger Überarbeitungen bedeutet. Die Überprüfung der Aktualität bzw. die Festlegung zur Anwendung einer datierten Ausgabe obliegt daher dem Nutzer dieser Information.

### **8.2 Normen**

#### **DIN**

DIN 8074 „Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 80, PE 100, PE-HD – Maße“, (2011-12)

DIN 8075 „Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 80, PE 100, PE-HD - Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen“, (2018-08)

DIN 30658-1 „Mittel zum nachträglichen Abdichten von erdverlegten Gasleitungen - Teil 1: Folienschläuche und Gewebesschläuche zum nachträglichen Abdichten von Gasleitungen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen“ (1998-01)

DIN 30670 „Polyethylen-Umhüllungen von Rohren und Formstücken aus Stahl – Anforderungen und Prüfungen“ (2012-04)

DIN 30672 „Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in Böden und Wässern verlegten Rohrleitungen für Dauerbetriebstemperaturen bis 50 °C ohne kathodischen Korrosionsschutz - Bänder und schrumpfende Materialien“, (2000-12)

DIN 30674-2 (zurückgezogen) „Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen; Zementmörtel-Umhüllung“ (1992-10) ersetzt durch DIN EN 15542 (2008-06)

DIN 30674-3, „Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen - Teil 3: Zink-Überzug mit Deckbeschichtung“ (2001-03)

DIN 30678 „Polypropylen-Umhüllungen von Rohren und Formstücken aus Stahl – Anforderungen und Prüfungen“ (2013-09)

**DIN EN**

DIN EN 545 „Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen - Anforderungen und Prüfverfahren“ (2011-09)

DIN EN 805 „Wasserversorgung - Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden“ (2000-03)

DIN EN 969 „Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Gasleitungen - Anforderungen und Prüfverfahren“; (2009-07)

DIN EN 1555-1 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 1: Allgemeines“ (2010-12)

DIN EN 1555-2 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 2: Rohre“ (2010-12)

DIN EN 1555-3 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 3: Formstücke“ (2013-01)

DIN EN 1555-4 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 4: Armaturen“ (2011-07)

DIN EN 1555-5 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 5: Gebrauchstauglichkeit des Systems“ (2010-12)

DIN EN 1796: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung mit oder ohne Druck – Glasfaserverstärkte duroplastische Kunststoffe (GFK) auf der Basis von ungesättigtem Polyesterharz (UP)“ (2013-05)

DIN EN 10224 „Rohre und Fittings aus unlegiertem Stahl für den Transport von Wasser und anderen wässrigen Flüssigkeiten - Technische Lieferbedingungen“ (2005-12)

DIN EN 10298 „Stahlrohre und Formstücke für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen - Zementmörtel-Auskleidung“ (2005-12)

DIN EN 12007-1 „Gasinfrastruktur - Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar - Teil 1: Allgemeine funktionale Anforderungen“ (2012-10)

DIN EN 12007-2 „Gasinfrastruktur - Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar - Teil 2: Spezifische funktionale Anforderungen für Polyethylen (MOP bis einschließlich 10 bar)“ (2012-10)

DIN EN 12007-3 „Gasinfrastruktur - Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar - Teil 3: Besondere funktionale Anforderungen für Stahl“ (2015-07)

DIN EN 12007-4 „Gasinfrastruktur - Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar - Teil 4: Spezifische funktionale Anforderungen für die Sanierung" (2012-10)

DIN EN 12007-5 „Gasinfrastruktur - Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar - Teil 5: Hausanschlussleitungen - Spezifische funktionale Anforderungen“ (2014-07)

DIN EN 12068 „Kathodischer Korrosionsschutz - Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in Böden und Wässern verlegten Stahlrohrleitungen im Zusammenwirken mit kathodischem Korrosionsschutz - Bänder und schrumpfende Materialien“ (1999-03)

DIN EN 12201-1 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung - Polyethylen (PE) - (Teil 1 – Allgemeines (2011-11)

DIN EN 12201-2 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung - Polyethylen (PE) “ - Teil 2 – Rohre (2013-12)

DIN EN 12889 „Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen“, (2000-03)

DIN EN 14364: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für Abwasserleitungen und -kanäle mit oder ohne Druck - Glasfaserverstärkte duroplastische Kunststoffe (GFK) auf der Basis von ungesättigtem Polyesterharz (UP) - Festlegungen für Rohre, Formstücke und Verbindungen“ (2013-05)

DIN EN 14628 „Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen - Polyethylenumhüllung von Rohren - Anforderungen und Prüfverfahren“ (2006-01)

DIN EN 15885 – „Klassifizierung und Eigenschaften von Techniken für die Renovierung und Reparatur von Abwasserkanälen und –leitungen“ (2011-03)

## **DIN EN ISO**

DIN EN ISO 3183 „Erdöl- und Erdgasindustrie - Stahlrohre für Rohrleitungstransportsysteme“ (2018-09)

DIN EN ISO 9080 „Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme - Bestimmung des Zeitstand-Innendruckverhaltens von thermoplastischen Rohrwerkstoffen durch Extrapolation“ (2013-02)

DIN EN ISO 11295 „Klassifizierung und Informationen zur Planung und Anwendung von Kunststoff-Rohrleitungssystemen für die Renovierung und Erneuerung“ (2018-06)

DIN EN ISO 11297-1 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Abwasserdruckleitungen - Teil 1: Allgemeines“ (2018-09)

DIN EN ISO 11297-2 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Abwasserdruckrohrleitungen - Teil 2: Rohrstrang-Lining“ (2018-09)

DIN EN ISO 11297-3 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Abwasserdruckleitungen - Teil 3: Close-Fit-Lining“ (2019-05)

DIN EN ISO 11297-4 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Abwasserdruckleitungen - Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining“ (2018-09)

DIN EN ISO 11298-1 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Wasserversorgungsnetzen - Teil 1: Allgemeines“ (2018-07)

DIN EN ISO 11298-2 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Wasserversorgungsnetzen - Teil 2: Rohrstrang-Lining“ (2018-05)

DIN EN ISO 11298-3 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Wasserversorgungsnetzen - Teil 3: Close-Fit-Lining“ (2018-12)

DIN EN ISO 11299-1 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Gasversorgungsnetzwerken - Teil 1: Allgemeines“ (2019-04)

DIN EN ISO 11299-2 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Gasversorgungsnetzwerken - Teil 2: Rohrstrang-Lining“ (2019-04)

DIN EN ISO 11299-3 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten Gasversorgungsnetzwerken - Teil 3: Close-Fit-Lining“ (2019-04)

DIN EN ISO 12162 „Thermoplastische Werkstoffe für Rohre und Formstücke bei Anwendungen unter Druck - Klassifizierung und Werkstoffkennzeichnung - Gesamtbetriebs- (berechnungs-) Koeffizient (2010-04)

DIN EN ISO 21225-1 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die grabenlose Erneuerung von unterirdischen Rohrleitungen - Teil 1: Erneuerung durch Rohrberstverfahren und Rohrentfernung“ (2019-06)

### **8.3 DVGW-Regelwerk**

#### **Gas**

DVGW G 402 (A) „Netz- und Schadenstatistik - Erfassung und Auswertung von Daten zum Aufbau von Instandhaltungsstrategien für Gasverteilungsnetze“ (2011-07)

DVGW G 462 (A) Entwurf „Gasleitungen aus Stahlrohren bis 16 bar Betriebsdruck – Errichtung“ (2018-11)

DVGW G 462-1 (A) „Errichtung von Gasleitungen bis 4 bar Betriebsdruck aus Stahlrohren“ (1976-09)

DVGW G 462-2 (A) „Gasleitungen aus Stahlrohren mit mehr als 4 bar bis 16 bar Betriebsdruck; Errichtung“ (1985-01)

DVGW G 463 (A) „Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Errichtung“ (2016-07)

DVGW G 465-2 (A) „Gasleitungen mit einem Betriebsdruck bis 5 bar – Instandsetzung“ (2002-04)

DVGW G 466-1 (A) „Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Betrieb und Instandhaltung“ (2018-05)

DVGW G 469 (A) „Druckprüfverfahren Gastransport/Gasverteilung“ (2010-06)

DVGW G 472 (A) „Gasleitungen bis 10 bar Betriebsdruck aus Polyethylen (PE 80, PE 100 und PE-Xa) - Errichtung“ (2000-08)

DVGW VP 404 (P) „Rehabilitation von Gas-Hochdruckleitungen mit Gewebesläuchen im Druckbereich von 4 bar bis 30 bar“ (2005-02)

DVGW VP 643 (P) „Flexible, gewebeverstärkte Kunststoff-Inliner und zugehörige Verbinder für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 16 bar“ (2004-06)

#### **Gas/Wasser**

DVGW GW 301 (A) „Unternehmen zur Errichtung, Instandsetzung und Einbindung von Rohrleitungen - Anforderungen und Prüfungen“ (2011-10)

DVGW GW 302 (A) „Qualifikationskriterien an Unternehmen für grabenlose Neulegung und Rehabilitation von nicht in Betrieb befindlichen Rohrleitungen“ (2001-09)

DVGW GW 310 (A) „Widerlager aus Beton – Bemessungsgrundlagen“ (2008-01)

DVGW GW 320-1 (A) „Erneuerung von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Rohreinzug oder Rohreinschub mit Ringraum“ (2009-02)

DVGW GW 320-2 (A) „Rehabilitation von Gas- und Wasserleitungen durch PE-Reliningverfahren ohne Ringraum“ (2000-06)

DVGW GW 322-1 (A) „Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 1: Press-/Ziehverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung; mit Korrekturen vom Januar 2009“ (2003-10)

DVGW GW 322-2 (A) „Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 2: Hilfsrohrverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung; mit Korrekturen vom Januar 2009“ (2007-03)

DVGW GW 323 (M) „Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung; mit Korrekturen vom Januar 2009“ (2004-07)

DVGW GW 325 (A) „Grabenlose Bauweisen für Gas- und Wasser-Anschlussleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung“ (2007-03)

DVGW GW 327 (A) „Auskleidung von Gas- und Wasserrohrleitungen mit einzuklebenden Gewebesschläuchen“ (2011-03)

DVGW GW 335-A2 (A) „Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen - Teil A2: Rohre aus PE 80 und PE 100“ (2005-11)

DVGW GW 335-A3 (A) „Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen - Teil A3: Rohre aus PE-Xa“ (2003-06)

DVGW GW 340 (A) „FZM-Ummantelung zum mechanischen Schutz von Stahlrohren und -formstücken mit Polyolefinumhüllung; Anforderungen und Prüfung, Nachumhüllung und Reparatur, Hinweise zur Verlegung und zum Korrosionsschutz“ (1999-04)

DVGW- GW 368 (A) „Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen oder Stahl“ (2013-02)

## **Wasser**

DVGW W 270 (A) „Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich - Prüfung und Bewertung“ (2007-11)

DVGW W 291 (A) „Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen“ (2000-03)

DVGW W 330 (P) „Auskleidung von Gas- und Wasserrohrleitung mit einzuklebenden Gewebesschläuchen“ (2011-03)

DVGW W 343 (A) „Sanierung von erdverlegten Guss- und Stahlrohrleitungen durch Zementmörtelauskleidung – Einsatzbereiche, Anforderungen und Prüfungen“ (2005-04)

DVGW W 400-1 (A) "Technische Regeln Wasserverteilung (TRWV) Teil 1 – Planung" (2015-02)

DVGW W 400-2 (A) "Technische Regeln Wasserverteilung (TRWV) Teil 2 – Bau und Prüfung" (2004-09)

DVGW W 400-3 (A) „Technische Regeln Wasserverteilung (TRWV) – Teil 3: Betrieb und Instandhaltung“ (2006-09)

DVGW W 403 (M) „Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserverteilungsanlagen“ (2010-04)

#### **8.4 Unfallverhütungsvorschriften**

DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ (2013-11)

DGUV Vorschrift 2 „Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit“ (2011-01)

DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (1997-01)

DGUV Vorschrift 38 „Bauarbeiten“ (1997-01)

DGUV Vorschrift 52 „Krane“ (2001-01)

DGUV Vorschrift „Winden, Hub- und Zuggeräte“ (2008-07)

DGUV Vorschrift 70 „Fahrzeuge“ (2007-08)

DGUV Regel 100-001 „Grundsätze der Prävention“ (2014-05)

DGUV Regel 100-500 „Betreiben von Arbeitsmitteln (aktualisierte Fassung)“ (2017/03)

Kap. 2.8: „Betreiben von Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezugbetrieb“ (2007-03)

Kap. 2.12: „Erdbaumaschinen“ (2008-10)

Kap. 2.26: „Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren“ (2004-11)

Kap. 2.31: „Arbeiten an Gasleitungen“ (2010-03)

Kap. 2.39: „Anlagen für Gase der öffentlichen Gasversorgung“ (2009-09)

DGUV Regel 112-189 „Benutzung von Schutzkleidung“ (2007-10)

DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ (2011-12)

DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“ (2013-07)

DGUV Information 201-012 „Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten (bisher: BGI 664)“ (2006-12)

DGUV Information 201-020 „Sicherheitshinweise für grabenloses Bauen“ (2008/04)

DGUV Information 201-052 „Rohrleitungsbauarbeiten“ (2015-01)

DGUV Information 203-032 „Auswahl und Betrieb von Stromerzeugern auf Bau- und Montagestellen“ (2018-01)

DGUV Information 203-081 „Arbeiten an Rohbiogasleitungen“ (2015-02)

DGUV Information 203-085 „Arbeiten unter der Sonne“ (2016-08)

DGUV Information 203-086 „Chlorung von Trinkwasser“ (2017-03)

DGUV Information 208-016 „Handlungsanleitung für den Umgang mit Leitern und Tritten“ (2007-11)

## **8.5 Weitere Richtlinien und Unterlagen**

„Anweisung zum Schutze unterirdischer Telekommunikationslinien der Telekom Deutschland GmbH bei Arbeiten Anderer (Kabelschutzanweisung)“ (Stand 2017-06)

„Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von organischen Materialien in Kontakt mit Trinkwasser (KTW-Leitlinie)“ (2016-03)

„Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser (Beschichtungsleitlinie)“ (2016-03)

PAS 1075 „Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken - Abmessungen, technische Anforderungen und Prüfung“ (2009-04)

CEN/TS 14632 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Entwässerung und Wasserversorgung mit und ohne Druck – Glasfaserverstärkte duroplastische Kunststoffe (GFK) auf der Basis von ungesättigtem Polyesterharz (UP) – Empfehlungen für die Beurteilung der Konformität“ (2012-05)

**An der Erstellung dieser Informationsschrift waren folgende Personen maßgeblich beteiligt:**

Dr.-Ing. Wolfgang Berger (Obmann)  
IAB – Institut für Angewandte  
Bauforschung Weimar gGmbH  
Über der Nonnenwiese 1  
99428 Weimar  
Tel. +49 3643 8684 821  
Fax: +49 3643 8684 113  
E-Mail: [w.berger@iab-weimar.de](mailto:w.berger@iab-weimar.de)

Dipl.-Ing. Firmino Pires Barbosa  
RELIN APTEC GmbH  
Große Ahlmühle 31  
D-76865 Rohrbach  
Tel. +49 6349 93934-229  
Fax. +49 6349 93934-101  
Mobil +49 162 4612598  
E-Mail: [Firmino.Barbosa@reline-apterc.com](mailto:Firmino.Barbosa@reline-apterc.com)

Dipl.-Ing. (FH) Jan Franke  
egeplast international GmbH  
Robert-Bosch-Str. 7  
48268 Greven  
Tel.: +49 2575 9710 251  
Fax: +49 2575 971033 251  
Mobil: +49 151 17453288  
E-Mail: [jan.franke@egeplast.de](mailto:jan.franke@egeplast.de)

Dipl. Ing. (FH) Robert Goletz  
RÄDLINGER  
PRIMUS LINE GMBH  
Kammerdorfer Straße 16  
93413 Cham  
Tel.: +49 9971 4003 121  
Fax: +49 9971 4003 123  
Mobil: +49 170 5655638  
E-Mail: [robert.goletz@primusline.com](mailto:robert.goletz@primusline.com)

Dipl.-Ing., M.Eng. Jens Goll  
RELINEEUROPE AG  
Große Ahlmühle 31  
76865 Rohrbach  
Tel.: +49 6349 93934 225  
Fax: +49 6349 93934 101  
Mobil: +49 172 7097294  
E-Mail: [jens.goll@relineeurope.com](mailto:jens.goll@relineeurope.com)

Dr. Gerd Grasnack  
KARL WEISS Technologies GmbH  
Robert-W.-Kempner-Str. 6  
14167 Berlin  
Tel.: +49 30 311762167  
Fax: +49 30 311762490  
Mobil: +49 163 80970 74  
E-Mail: [grasnack@karl-weiss.com](mailto:grasnack@karl-weiss.com)

Dipl.-Ing. (FH) Klaus Hilchenbach  
Wavin GmbH  
Industriestr. 20  
49767 Twist  
Tel.: +49 5936 12 339  
Mobil: +49 151 21677783  
E-Mail: [klaus.hilchenbach@wavin.com](mailto:klaus.hilchenbach@wavin.com)

Dipl.-Ing. Thomas Hoffmann  
Amiblu Germany GmbH  
Am Fuchsloch 19  
04720 Döbeln  
Tel.: +49 3431 7182-66  
Mobil: +49 151 16304616  
E-Mail: [Thomas.Hoffmann@Amiblu.com](mailto:Thomas.Hoffmann@Amiblu.com)

Dipl.-Ing. Andreas Hüttemann  
Rohrleitungsbauverband e.V. (rbv)  
Marienburger Str. 15  
50968 Köln  
Tel.: +49 221 376 68 - 68  
Fax: +49 221 376 68 - 65  
Mobil: +49 152 02058415  
E-Mail: [huettemann@rbv-koeln.de](mailto:huettemann@rbv-koeln.de)

Dr. Hans-Jürgen Kocks  
Mannesmann Line Pipe GmbH  
In der Steinwiese 31  
57074 Siegen  
Tel.: +49 271 691-170  
Fax: +49 271 691-228  
Mobil: +49 172 5347005  
E-Mail: [Hans-Juergen.Kocks@mannesmann.com](mailto:Hans-Juergen.Kocks@mannesmann.com)

Dipl.-Volkswirt Horst Zech  
BMIRO GmbH  
Beratungs- und Management-  
Institut für Rohrnetze GmbH  
Eidechsenweg 2  
49811 Lingen (Ems)  
Tel.: +49 59 63 982 93 48  
Fax: +49 59 63 982 93 49  
Mobil: +49 175 5618538  
E-Mail: [h.zech@bmiro.de](mailto:h.zech@bmiro.de)



GERMAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY E.V.

Deutsche Gesellschaft für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen e.V.

Kurfürstenstr. 129, D – 10785 Berlin  
Tel.: +49 30 81 45 59 84, Fax: +49 30 22 18 77 65  
E-Mail: [info@gstt.de](mailto:info@gstt.de), Internet: [www.gstt.de](http://www.gstt.de)



Rohrleitungsbauverband e.V.

Marienburger Straße 15, D - 50968 Köln  
Tel.: +49 221 376 68-20, Fax: +49 221 376 68-60  
E-Mail: [info@rohrleitungsbauverband.de](mailto:info@rohrleitungsbauverband.de), Internet: [www.rohrleitungsbauverband.de](http://www.rohrleitungsbauverband.de)