

Das Stahlrohr für grabenlose Bauweisen

Steel pipes for trenchless installation

Von Dr. H.-J. Kocks

Die Entscheidung für oder gegen die Anwendung grabenloser Bauweisen wird heute trotz aller wirtschaftlichen Vorteile maßgeblich vom Vertrauen in die Verlegetechnik und der Eignung eingesetzter Materialien bestimmt. Es ist dabei wenig hilfreich sich in der Betrachtung allein auf einzelne Elemente wie Nachumhüllung, Gerätetechnik oder den Rohrwerkstoff zu beschränken. Erst durch den Systemgedanken und die damit verbundene gezielte Abstimmung aller beteiligten Komponenten, sei es in der Behandlung werkstoffbezogener Biegeradien und Zugkräfte oder auch die hier beschriebene Vorbereitung der Rohrenden für eine bessere Haftung des Nachumhüllungssystems, lassen sich die Vorteile jeder einzelnen Komponente für das Ergebnis eines solchen Verlegeverfahrens optimal ausschöpfen. Wenn darüber hinaus wie beim verschweißten Stahlleitungsrohr eine nachträgliche messtechnische Überprüfung des Verlegeerfolges möglich ist, besteht unter sicherheitstechnischen Aspekten kaum noch ein Unterschied zur konventionellen Verlegung im offenen Graben.

The decision for or against the use of trenchless installation methods is nowadays, despite all the economic benefits, decisively influenced by relative confidence in this installation procedure and the suitability of the materials to be used. It is of little assistance in this context to restrict observations solely to individual elements, such as on-site recoating, equipment hardware and the piping material. Only an overall system concept, and the associated systematic harmonization of all the components involved, whether in the treatment of material-specific bending radii and tensile forces, or in the preparation of the pipe ends for improved adhesion of the on-site recoating, as described here, make it possible to optimally and exhaustively exploit the advantages of each individual component to achieve the best possible result from such an installation method. Where, in addition, retrospective mensurational checking of installation success is possible, as in the case of welded steel pipes, there remain, on safety-relevant criteria, scarcely any differences to conventional installation in open trenches.

Einleitung

Grabenlose Verfahren zur Verlegung von Rohrleitungen haben sich in allen Bereichen der Ver- und Entsorgungswirtschaft durchgesetzt. Bei Sonderbaumaßnahmen, wie beispielsweise der Unterquerung von Gebäuden, Flussläufen oder Verkehrswegen, ist die Anwendung von Schildvortrieb, Ramm- bzw. Bohrpressverfahren und gerichteter Bohrverfahren Stand der Technik. Die offene Verlegung erfordert in solchen Fällen einen hohen Aufwand, der wirtschaftlich vielfach kaum zu vertreten ist. Für grabenlose Verfahren gelten die Vorteile wie

- geringe Schädigung des Straßenunterbaus durch die Vermeidung von Setzungen,
- schnelle Verlegung, da die aufwändige Wiederherstellung der Oberflächen fehlt,
- keine Beeinträchtigung von Anwohnern und Verkehrsteilnehmern im Baustellen-

bereich. Behinderungen werden aufgrund kleiner Baugruben minimiert, es fehlen Baustellenlärm durch die Vermeidung von Baustellenverkehr und die bei konventioneller Verlegung üblichen Baustellenaktivitäten,

- kurze Bauzeiten.

Die Anwendung grabenloser Verlegetechniken berührt dabei nicht nur den Neubau von Leitungen, sondern dient in immer stärkerem Maße auch der Rehabilitation von Rohrleitungen bzw. Leitungsnetzen [1]. Es existiert heute eine Vielzahl von Verfahren die sich prinzipiell in der Gerätetechnik oder aber der Vorgehensweise bei der Verlegung unterscheiden. Die Frage welche Stahlrohrausführung für welches Verfahren die geeignete ist, wird nicht nur vom Verfahren selbst, sondern auch maßgeblich von den Randbedingungen einer Baumaßnahme bestimmt und kann nicht generell festgelegt werden. In diesem Bei-

trag werden somit neben den verschiedenen Stahlrohrausführungen für grabenlose Verfahren auch Beispiele aus der Anwendung vorgestellt, um die Wahl der besten Lösung für eine solche Baumaßnahme zu unterstützen.

Normen und Regelwerke

Die Anforderungen an die nicht konventionelle Rohrverlegung sind in den Arbeitsblättern des DVGW beschrieben. Zur nicht konventionellen Rohrverlegung zählen nicht nur die grabenlosen Verlegetechniken, sondern auch Verfahren, die auf eine üblicherweise vorgeschriebene Sandbettung verzichten. Aktuell sind die folgenden Arbeitsblätter zu berücksichtigen:

- DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 „Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen durch PE-Reliningverfahren mit Ringraum“ (2000-06)
- DVGW-Arbeitsblatt GW 320-2 „Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen durch PE-Reliningverfahren ohne Ringraum“ (2000-06)
- DVGW-Arbeitsblatt GW 321 „Steuerbare, horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen“ (2003-10)
- DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1 „Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 1: Press-/Ziehverfahren“ (2003-10)
- DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2 „Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 2: Hilfsrohrverfahren“
- DVGW-Merkblatt GW 323 „Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining“ (2004-07)
- DVGW-Arbeitsblatt GW 324 „Frä- und Pflugverfahren für Gas- und Wasserversorgungsleitungen“ (im Druck)

Das PE-Relining nach DVGW-Arbeitsblatt GW 320 wurde in dieser Übersicht aufgenommen, da in Anlehnung speziell des ersten Teils bereits Stahlrohre eingezogen wurden. Exemplarisch sei hier auf das später noch vorgestellte Verfahren der Gelsenwasser verwiesen. Das DVGW-Arbeitsblatt wird derzeit überarbeitet und steht als Entwurf mit dem

Tab. 1: Verbindungstechniken für Einzugsverfahren
Table 1: Joining methods for the jacking procedure

Wasser			Gas
Schweißverbindungen		Steckverbindung	Schweißverbindungen
Stumpfschweißen Endenausführung C2	Einsteckschweißverbindung	Tyton-Sit	Stumpfschweißen
Stumpfschweißen Endenausführung C3	Schweißüberschieber	DKM	Einsteckschweißverbindung

neuen Titel „Erneuerung von Gas- und Wasserleitungen durch Rohreinzug mit Ringraum“ seit Januar 2008 zur Verfügung. In diesem überarbeiteten Entwurf sind neben den Polyethylenrohren auch die Stahl- und Gussrohre berücksichtigt.

Je nach Verfahren sind in den Arbeitsblättern die möglichen Ausführungen der Rohre festgelegt. In den Anhängen dieser Regelwerke finden sich darüber hinaus auch die zulässigen Grenzwerte für die Zugkräfte und Biegeradien. Angesichts der Vielzahl möglicher Werkstoffgüten und Wanddicken werden beim Stahlrohr in den Tabellen nur die gängigen Ausführungen genannt. Es ist jedoch auch das Verfahren beschrieben, mit denen für alle Ausführungen und Verlegebedingun-

gen die jeweiligen Grenzwerte berechnet werden können.

Stahlrohrausführungen

Stahlrohre

Das wesentliche Kennzeichen der Leitungsröhre aus Stahl für die Versorgungswirtschaft ist eine, für den jeweils vorgesehenen Anwendungsbereich mögliche Festlegung von Festigkeiten und Wanddicken. Darüber hinaus bieten die unterschiedlichen Verbindungstechniken, Umhüllungen und Auskleidungen eine große Palette von Lösungen für jede Aufgabenstellung und Bauweise. Je nach Anwendungsbereich sind Stahlrohre nach unterschiedlichen Lieferbedingungen zu bestellen (**Tabelle 1**).

Als technische Lieferbedingung für Gasleitungsrohre aus Stahl im Anwendungsbereich der DIN EN 12007-3 bzw. der derzeit noch gültigen DIN 2470 Teil 1 für Leitungen mit einem Betriebsdruck bis 16 bar wird überwiegend die DIN EN 10208-1 oder auch noch die DIN 1626 vereinbart. Für Gasleitungen über 16 bar sind entsprechend DIN EN 1594 und dem DVGW-Arbeitsblatt G 463 Rohre nach DIN EN 10208-2 einzusetzen. Für Wasserleitungen aus Stahl nach DIN 2460 wird heute als technische Lieferbedingung i.d.R. die DIN EN 10224 vereinbart.

Verbindungstechniken

Ein wesentlicher Vorteil der Stahlleitungsrohre ist die Vielzahl möglicher Verbindungstechniken. Die Schweißverbindungen sind für die grabenlose Rohrverlegung im Bereich der Gas- und Wasserversorgung bzw. der Abwasserentsorgung „Stand der Technik“. In der Wasserversorgung sind darüber hinaus auch längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen im Einsatz.

Aus sicherheitstechnischer Sicht haben die Schweißverbindungen den Vorzug der Längskraftschlüssigkeit und Längsleitfähigkeit. Die mechanischen Festigkeiten des Stahls können im Falle der geschweißten Verbindung vollständig in die Dimensionierung der zulässigen Zugkraft einfließen und vor allem durch das Ausschöpfen größtmöglicher Einziehlängen die wirtschaftlichen Vorteile der grabenlosen Verlegetechniken voll zur Geltung bringen. Eine regelrechte Spielwiese bieten dabei die verschiedenen Stahlgüten und damit die Werkstofffestigkeit, die in Kombination mit der optimalen Rohrwanddicke ein wirtschaftliches Produktdesign ermöglichen.

Tabelle 1 liefert eine Übersicht der üblichen Verbindungstechniken für Einzugsverfahren.

Tab. 2: Zulässige Zugkräfte, Biegeradien und Abwinkelungen von längskraftschlüssigen Stahlsteckmuffenrohren (Rohrlänge 6 m). Die Verwendung von Rohren mit reibschlüssigen Muffenverbindungen kann nur bei überwiegend geradlinig verlaufenden Trassen bzw. konstantem Biegeradius erfolgen, da permanente Bewegungen in den Muffen während des Einzugs nicht zulässig sind.

Table 2: Permissible tensile forces, bending radii and angling of axially force-locked steel socket pipes (pipe length: 6 m). The use of pipes with friction locked socket joints is possible only on predominantly straight routings or with a constant bending radius, since permanent movements in the sockets during jacking are not permissible.

DN	da [mm]	Wanddicke [mm]	Zulässige Zugkraft [kN] Tyton-Sit	Zulässige Zugkraft [kN] DKM	Abwinkelung / max. Kurvenradius [°]/[m]
80	97	3,6	20	30	3/115
100	117,5	3,6	29	50	3/115
125	143,0	4,0	43	70	3/115
150	168,1	4,0	60	100	3/115
200	219,1	4,5	102	170	3/115
250	273,0	5,0	107	260	3/115
300	323,9	6,3	152	370	3/115

*Die Verwendung von Rohren mit reibschlüssigen Muffenverbindungen kann nur bei überwiegend geradlinig verlaufenden Trassen bzw. konstantem Biegeradius erfolgen, da permanente Bewegungen in den Muffen während des Einzugs nicht zulässig sind.

Als Schweißverbindungen werden sowohl die Stumpfschweiß- als auch die Einstekschweißverbindung eingesetzt. Die Längsleitfähigkeit der Rohrverbindung erlaubt den Einsatz des kathodischen Korrosionsschutzes. Dabei spielt es für die Verlegemaßnahme keine Rolle, ob die gesamte Rohrleitung oder nur der grabenlos verlegte Leitungsabschnitt über eine lokale Anlage kathodisch geschützt wird. Ein gewisser Unsicherheitsfaktor der grabenlosen Verlegetechnik ist die Frage einer möglichen Beschädigung des eingezogenen Leitungstranges. Hier bietet im Gegensatz zu allen anderen Rohrmaterialien gerade die geschweißte Stahlrohrausführung in Kombination mit dem kathodischen Korrosionsschutz die Grundlage zur Bewertung des eingezogenen Leitungstranges. In der geschweißten Rohrausführung ist die erforderliche Freifläche zur Montage der einzuziehenden Leitungstränge zu berücksichtigen. Der Rohrstrang wird dazu meist auf Rollen gelagert.

Fehlende Freiflächen für die Montage der Leitungstränge erfordern entweder die aufwändige Einzelrohrschiessung in der Startgrube oder den in der Wasserversorgung üblichen Einsatz von längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen, wie sie in DVGW-Arbeitsblatt GW 368 beschrieben sind. Hier sind je nach Zugkraft bei Stahlrohren im Dimensionsbereich von DN 80 bis DN 300 zwei Ausführungen der Steckmuffe, nämlich Tyton-Sit und DKM-Verbindung zu unterscheiden (Tabelle 1). Einen Überblick der max. zulässigen Zugkräfte in Abhängigkeit von der Steckmuffenausführung bietet **Tabelle 2**.

Bei Steckmuffenrohren ist im Vergleich zur Schweißverbindung mit einer größeren Aufweitung des Bohrkanals und einer größeren erforderlichen Zugkraft aufgrund der Muffengeometrie zu rechnen. Einfallendes Material kann die Muffen im Bohrkanal festsetzen. Im Gegensatz zur Schweißverbindung besteht bei Steckmuffenrohren die Gefahr, dass bei zu hohen Zugkräften die Längskraftschlüssigkeit der Verbindung versagt. Aufgrund der äußerst engen Stahlrohrtoleranzen versagt in solchen Fällen meist die erste Steckmuffenverbindung hinter dem Zugkopf, da hier die Summe der an jeder Einzelrohrlänge auftretenden Reibungs- und Gewichtskräfte wirksam wird. Bei Spülbohrverfahren empfiehlt sich daher insbesondere bei Trinkwasserleitungen die Montage einer Abdichteinheit hinter der ersten Steckmuffenverbindung zur Vermeidung einer Verunreinigung der Zementmörtelauskleidung durch die einbrechende Bohrsuspension. Im Versagensfall kann der bereits verlegte Rohrabschnitt ggf. freigelegt und die dabei hergestellte Grube als neuer Startpunkt für die weitere Verlegung dienen.

In der Planung sind zur Berechnung der zulässigen Zugkräfte auch die Biegeradien zu berücksichtigen. Die Ermittlung der zulässigen Biegeradien ist nicht nur für die spätere

Tab. 3: Vergleich der produktbezogenen Biegeradien für Gas (DIN EN 12007-3) mit den verfahrensbedingten Biegeradien der Technischen Richtlinie der DCA (Drilling Contractors Association)

Table 3: Comparative assessment of product-specific bending radii for gas (DIN EN 12007, Part 3) against the method-specific bending radii of the Drilling Contractors Association's technical rules

Dimension			Empfehlung der DCA*	Gasleitungsrohr L235 GA	Gasleitungsrohr L360 GA
Nominal	Da (mm)	Wanddicke (mm)	Biegeradius (m)	Biegeradius (m)	Biegeradius (m)
DN 80	88,9	3,6	89	117	76
DN 100	114,3	3,6	114	150	98
DN 150	168,3	4,0	168	221	144
DN 200	219,1	4,5	219	288	188
DN 250	273,0	5,0	273	359	234
DN 300	323,9	5,6	323	426	278
DN 350	355,6	5,6	356	468	305
DN 400	406,4	6,3	363	534	349
DN 500	508,0	6,3	507	668	436
DN 600	610,0	7,1	667	802	424

*Drilling Contractors Association

Leitungsführung von Bedeutung, sondern bestimmt auch die Größe der Startgrube für den Einziehvorgang. Die möglichen elastischen Biegeradien der standardmäßig eingesetzten Rohrwerkstoffe sind in den Anhängen der jeweiligen DVGW-Arbeitsblätter angegeben. Bei Gasleitungen aus Stahl ist speziell für den späteren Leitungsverlauf die Berechnungsgrundlage in den DVGW-Arbeitsblättern G 462 bzw. G 463 zu beachten.

Diese Biegeradien gewährleisten, dass auch weiterhin der für das gerade Rohr bei gegebener Wanddicke und Werkstofffestigkeit kalkulierte zulässige Innendruck eingesetzt werden kann. Für das Handling im Bauzustand sind die in DIN 2413-1 bzw. DIN 2880 festgelegten Biegeradien zulässig. Bei Wasserleitungsrohren mit Standardwanddicken kann dieser Biegeradius speziell im Bereich nicht begehbarer Rohrdimensionen (bis DN 600) auch zur Verlegung angewendet werden, da die mit diesen Wanddicken realisierbaren Innendrücke i.d.R. gar nicht zur Anwendung kommen. Mit zunehmender Werkstofffestigkeit sind kleinere Biegeradien und größere Zugkräfte zu realisieren. Stahlrohre haben den wesentlichen Vorteil, dass durch die große Auswahl an Werkstoffgüten und Wanddicken die Rohrausführung an die geforderten Zugkräfte angepasst werden können und damit die möglichen Zugkräfte noch deutlich gesteigert werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den Anhängen der Arbeitsblattreihe GW 320ff die Angaben letztlich nicht verfahrensgebunden, sondern produktbezogen zusammengestellt sind. Verfahrensbedingt können die erforderlichen Mindestbiegeradien deutlich größer sein.

Die verfahrensbedingten Biegeradien werden üblicherweise auf Basis der Technischen Richtlinie der Drilling Contractors Associ-

ation (DCA) festgelegt [2]. Beim Vergleich der produkt- und verfahrensbezogenen Biegeradien gilt dann jeweils der größere der Beiden. Dieser Abgleich ist exemplarisch für Gasleitungsrohre verschiedener Dimensionen in **Tabelle 3** dargestellt. Bei Gasrohren gilt produktbezogen der zulässige Biegeradius nach DVGW-Arbeitsblatt G 462 bzw. DVGW-Arbeitsblatt G 463. Je nach eingesetztem Werkstoff liegen diese Biegeradien oberhalb oder unterhalb der empfohlenen Biegeradien der technischen Richtlinie der DCA. Für Gasrohre der Werkstoffgüte L235 GA gelten in den hier dargestellten Fällen die produktbezogenen Biegeradien, während im Falle der Rohre aus L360 GA die Biegeradien nach Technischer Richtlinie der DCA anzuwenden sind. Diese Biegeradien fließen in die Berechnung der zulässigen Zugkräfte ein. Hier gilt die im DVGW-Arbeitsblatt GW 321 angegebene Berechnungsgrundlage:

$$F_{BZul} = \sigma_{BZul} - \frac{d_a \cdot E}{2000 \cdot R_{min}} \cdot \frac{A_{quer} \cdot v_{Nfeld}}{1000}$$

mit

$$\sigma_{BZul} = \frac{K}{S} \cdot f_{BZ}$$

und

$$A_{quer} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_a^2 - d_i^2) \\ = \frac{\pi}{4} \cdot [d_a^2 - (d_a - 2 \cdot s_{min})^2]$$

wobei:

F_{BZul} = zulässige Zugkraft während des Bauzustandes

σ_{BZul} = zulässige Spannung während des Bauzustandes

d_a = Rohraußendurchmesser

E = Elastizitätsmodul (210 000 N/mm²)

R_{min} = Mindestbiegeradius

A_{quer} = Rohrwandquerschnittsfläche

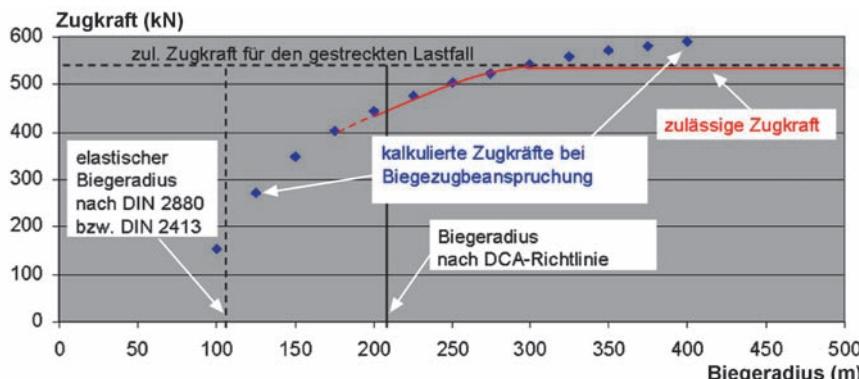


Bild 1: Zulässige Zugkräfte in Abhängigkeit von den Biegeradien (Bed.: DN 200, stumpfgeschweißt $v_{NFeld} = 0,9$; Nennwanddicke 4,5 mm; Werkstoff L 235)

Fig. 1: Permissible tensile forces as a function of bending radii (condition: DN 200, butt-welded $v_{NFeld} = 0.9$; nominal wall thickness 4.5 mm; material: L 235)

Tab. 4: Normschichtdicken der Polyethylen- und Polypropylenumhüllungen

Table 4: Standard layer thicknesses of polyethylene and polypropylene coatings

Polyethylenumhüllungen Nach DIN 30670			Polypropylenumhüllung Nach DIN 30678	
Dimension	Schichtdicke (n)	Schichtdicke (v)	Dimension	Schichtdicke
bis DN 100	1.8 mm	2.5 mm	bis DN 100	1.8 mm
über DN 100	2.0 mm	2.7 mm	DN 125 bis DN 250	2.0 mm
bis DN 250			DN 300 bis DN 500	2.2 mm
über DN 250 bis unter DN 500	2.2 mm	2.9 mm	ab DN 600	2.5 mm
ab DN 500 bis unter DN 800	2.5 mm	3.2 mm		
ab DN 800	3.0 mm	3.7 mm		

v_{BFeld} = zulässiger Ausnutzungsgrad der Feldschweißnaht

K = Mindeststreckgrenze des Rohrwerkstoffes

S = Sicherheitsbeiwert der Zugkraftberechnung (= 1,1)

f_{BZ} = Faktor für die zulässige Spannung des Bauzustandes (für Biegezugbeanspruchung ist dieser Faktor = 1,36; für den Lastfall eines gestreckten Einzugs wird dieser Faktor = 1 und $R_{min} \rightarrow \infty$)

d_i = Rohrinnendurchmesser

s_{min} = Mindestwert der Rohrwanddicke

Dabei ist zu berücksichtigen, dass für eine kombinierte Biegezugbeanspruchung die

Zugkräfte auf das 1,36-fache der Mindeststreckengrenze angehoben werden dürfen. Die Anwendung des Faktors wird begrenzt durch die zulässige Zugkraft bezogen auf die wirksame Querschnittsfläche bei gestreckter Zugrichtung. Hier wird die zulässige Zugkraft unter Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes von 1,1 bezogen auf die Mindeststreckengrenze des eingesetzten Stahlgrundmaterials berechnet.

Bild 1 verdeutlicht die Wirkung einer Anwendung des Faktors für die kombinierte Biegezugbeanspruchung auf die zulässige, aber grenzwertbehafte Zugkraft für den Fall

eines geschweißten Rohres DN 200 mit der Standardwanddicke von 4,5 mm und dem Grundwerkstoff L 235 (ehem. St 37.0).

Umhüllungen und Ummantelungen

Stahlleitungsrohre erhalten standardmäßig eine Polyethylenumhüllung im Dreischichtverfahren nach DIN 30670. Eine Alternative ist die mechanisch beständiger Polypropylen-Umhüllung nach DIN 30678. Für sehr anspruchsvolle und schwierige Verlegungen kann zusätzlich zur Kunststoff-Umhüllung die FZM-Ummantelung nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 aufgebracht werden (**Bild 2**).

Die Drei-Schicht-Polyethylenumhüllung nach DIN 30670 besteht aus einer Epoxidharzgrundschicht, einem Kleber und der eigentlichen Kunststoff-Umhüllung aus Polyethylen. Umhüllungen in der Normalausführung N können für Dauerbetriebstemperaturen bis zu 50 °C und in der Sonderausführung S bis 70 °C eingesetzt werden. Die normale Schichtdicke (n) ist abhängig von der Rohrdimension und liegt zwischen 1,8 und 3,0 mm (**Tabelle 4**). Die verstärkte Schichtdicke (v) liegt um 0,7 mm höher; je nach Erfordernissen sind natürlich auch andere Schichtdicken möglich.

Die Polypropylenumhüllung wird nach DIN 30678 gefertigt und ist ähnlich der Polyethylenumhüllung dreischichtig aufgebaut, der Kunststoffmantel der Umhüllung besteht in diesem Fall aus dem mechanisch belastbareren Polypropylen. Die Umhüllung kann mit den heute verwendeten Rohstoffen für Betriebstemperaturen bis zu 100 °C eingesetzt werden, die Schichtdicken sind wie im Falle der Polyethylenumhüllung abhängig von den Rohrdimensionen (siehe Tabelle 4). Kunststoffumhüllungen bieten den Vorteil, dass eine zusätzliche Profilierung aufgebracht werden kann. So wird beispielsweise für Rohreinzugsverfahren ein schräg gestelltes Rippenprofil als mechanischen Schutz und Lauffläche appliziert.

Die nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 gefertigte FZM-Ummantelung diente ursprünglich zur Einsparung der üblichen Sandbettung beim konventionellen Leitungsbau im Falle steiniger oder felsiger Böden. Vor allem die Druckfestigkeit und Schlagbeständigkeit der FZM-Ummantelung liegen um ein Vielfaches über den Werten der Kunststoffumhüllungen.

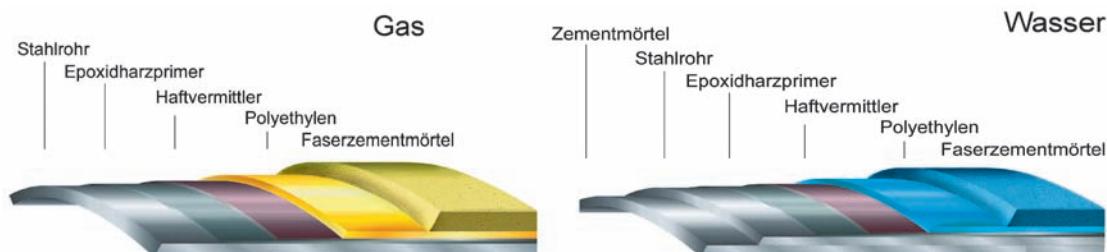


Bild 2: Schichtaufbau von Gas- und Wasserleitungsröhren

Fig. 2: Layer structure of gas and water line pipes

Im Laufe der Zeit wurden auch spezielle Ummantelungstypen entwickelt, die den Einsatz in der grabenlosen Verlegung ermöglichen. Beim Rohreinzug können durch die entstehende Mantelreibung sehr hohe Scherbelastungen entstehen, die von der Ummantelung auf das Leitungsröhr übertragen werden müssen. Im Vergleich zur FZM-Ummantelung in der Normalausführung (FZM-N) erhält die Ausführung für die grabenlose Verlegung (FZM-S) einen Haftverbund zwischen Kunststoff-Umhüllung und FZM-Ummantelung. Heute besteht die Möglichkeit die Ausführung für grabenlose Verfahren so zu gestalten, dass unabhängig von der Richtung einwirkender Kräfte die Mörtelschicht zerstört werden muss, um den Haftverbund zur Polyethylenumhüllung zu trennen. **Bild 3** zeigt die Prüfvorrichtung und das Prüfergebnis eines Abscherversuches der FZM-Ummantelung.

Zur Herstellung der Ausführung FZM-S wird durch ein spezielles Werkzeug am Extruderkopf die Polyethylenumhüllung in Längsrichtung mit einem T-förmigen Profil versehen. Auf die noch heiße Umhüllung werden zusätzlich grobe Polyethylenpartikel aufgeschmolzen, die der profilierten Umhüllung eine zusätzliche Strukturierung verleihen. Bewegungen des Mörtels in Umfangs- und Längsrichtung werden dadurch komplett unterbunden. Diese Profilierung wird beim Aufbringen des Mörtels an den Rohrenden auf einen Bereich von 2 bis 3 cm nicht mit Zementmörtel überdeckt, so dass die Nachumhüllung aus Gießmörtel oder ggf. Gießharzen sich im Übergang zur Mörtelumhüllung ebenfalls mechanisch verkrallen kann (**Bild 4**).

Bearbeitung der Verbindungsbereiche an der Baustelle

Vor dem Einzug der Rohrleitungen müssen alle Rohrverbindungen korrosionsschützt und ggf. der mechanische Schutz im Verbindungsbereich ergänzt werden. Grundsätzlich sind für alle Polyethylen- und Polypropylenumhüllungen Nachumhüllungen aus Korrosionsschutzbinden oder unter Erwärmung schrumpfenden Materialien entsprechend DIN 30672 bzw. DIN EN 12068 einsetzbar. Alternativ bzw. ergänzend können aufgrund der höheren mechanischen Belastungen während des Einzugs Produkte verwendet werden, die speziell für die grabenlose Rohrverlegung entwickelt wurden wie beispielsweise Materialien auf GfK-Basis mit Glasfaser oder Glasgewebeeinlagen.

Auch unter Einsatz der FZM-Ummantelung wird der Bereich der Rohrverbindung zunächst mit den üblichen Korrosionsschutzsystemen nach DIN 30672 bzw. DIN EN 12068 vervollständigt. Da die Schichtdicke der FZM-Ummantelung mindestens 7 mm beträgt,

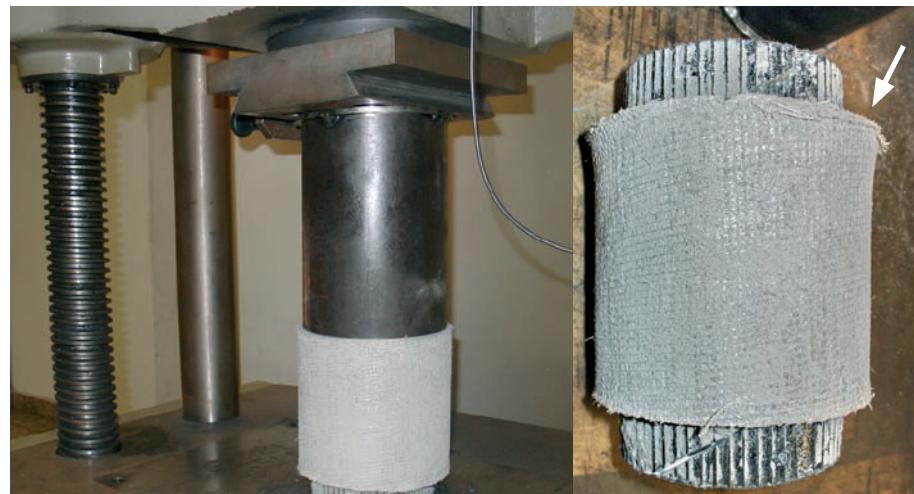


Bild 3: Prüfung der Scherfestigkeit nach DVGW (A) 340 (links) und aufgekelchte Ummantelung nach dem Scherversuch (rechts oben)

Fig. 3: Testing of shear strength in accordance with DVGW (A) 340 (left) and splayed cladding after the shear test (top right)

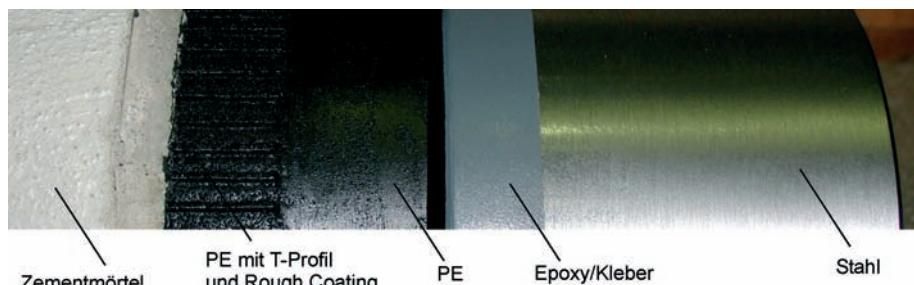


Bild 4: Endenausführung der FZM-S-Ummantelung nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340

Fig. 4: Completed FCM-S cladding in accordance with DVGW Code GW 340

wird die Restschichtdicke durch einen Gießmörtel oder alternativ ein Gießharzsystem vervollständigt (**Bild 5**).

Anwendungsbeispiele Das Stahlrohr als Inliner – das Relining (DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1)

Beim Relining mit Stahlrohren handelt es sich um ein Sanierungsverfahren, dass im Gegen-

satz zu den Kunststoffrohren bisher nur in Anlehnung an den Teil 1 des DVGW-Arbeitsblattes GW 320 angewendet wurde. Konzeptionell zählen die Stahlleitungsrohre zu den statisch tragfähigen Systemen und finden häufig dort Anwendung, wo das Altrohr diese Anforderungen nicht mehr erbringen kann. Mit dem Einzug des neuen Rohrstranges in eine vorhandene Leitung ist zwangsläufig eine Reduzierung der Leitungsdimension verbunden.

Bild 5: Kombination von FZM-Ummantelung und PUR-Gießharzsystem

Fig. 5: Combination of FCM cladding and PUR cast-resin system





Bild 6: Einzug eines Stahlsteckmuffenrohres mit dem Rohreinzugverfahren

Fig. 6: Installation of a steel socket pipe using the pipe-pull method



Bild 7: Rippenprofil für Stahlrohre mit Schweißverbindung

Fig. 7: Rib profile for weld-jointed steel pipes

In der Wasserversorgung wird in den letzten Jahren, entgegen vielen früheren Erwartungen, ein Rückgang der Verbrauchsmengen beobachtet. Der Wasserverbrauch je Haushalt, aber auch der Bedarf in der Industrie ist durch den Einsatz von Kreislaufsystemen eher rückläufig. Aus diesem Grunde kann insbesondere bei älteren zu rehabilitierenden Leitungen gleichzeitig über eine Querschnittsreduzierung nachgedacht werden. In solchen Fällen bietet sich der Einzug neuer Leitungen in bereits bestehende Rohrleitungen geradezu an. Exemplarisch ist hier das Rohreinzugverfahren der Gelsenwasser zu nennen, das seit etwa Anfang der 90er Jahre angewendet wird [3]. Für dieses Inlinerverfahren sind sowohl geschweißte Rohrverbindungen als auch längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen geeignet. Bei der Wahl der Verbindungstechnik spielt die erforderliche Rohrdimension eine wesentliche Rolle. Mechanische Verbindungen erfordern zwangsläufig mehr Platz als eine geschweißte Rohrverbindung. Die Anordnung der Gruben richtet sich nach den Trassengegebenheiten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass beispielsweise Bögen beim Einzug nicht durchfahren werden können.

In Bergsenkungsgebieten sind ursprünglich gerade Rohrleitungen auf Krümmungen zu überprüfen, die im Laufe der Betriebszeit durch Bodenbewegungen entstanden sein können. Kamerabefahrungen erlauben auch die Lokalisierung zuvor unbekannter Einbauten, die u. U. den Einzug der neuen Leitung behindern. Die vorhandene Leitung wird vor dem Einzug des neuen Stranges mit Kratzern und Gummischeiben gereinigt. Der Einzug der Rohre erfordert die Koordination von Zugvorgang und Rohrmontage in der Startgrube. Der Strang wird dazu in der Startgrube Rohr für Rohr zusammengestellt. Bei Steckmuffenrohren werden die Verbindungsbereiche durch eine zusätzliche Blechmanschette vor Beschädigungen geschützt (**Bild 6**).

Steckmuffenrohre gleiten beim Einzug auf den Blechmanschetten und bedürfen daher keines zusätzlichen Aufwandes zum Schutz der Umhüllung. Im Falle der Schweißverbindung wird üblicherweise ein zusätzlich aufextrudiertes Rippenprofil als Lauffläche beim Einzug verwendet (**Bild 7**). Je nach Verbindungstechnik können Rohrstränge bis zu 400 m Länge eingezogen werden. Nach dem Einzug wird der verbleibende Hohlraum zwischen Altrohr und neuem Rohrstrang in der Regel mit einem Dämmer verfüllt.

Spülbohrverfahren (DVGW-Arbeitsblatt GW 321)

Etwa seit Ende der 1980er Jahre gewannen Spülbohrverfahren insbesondere bei Sonderbaumaßnahmen wie Dükerungen im Transportleitungsbau mehr und mehr an Bedeutung. Die Entwicklung vollzog sich dabei ausgehend von den Rohren mit großem Durchmesser hin zu den kleineren Rohrabmessungen im Bereich der Gas- und Wasserversorgungen.

Die erste Verlegung mit einem polyethylenumhüllten und zementmörtelummantelten Stahlleitungsrohr im kleineren Nenweitenbereich wurde 1990 bei der früheren NGW in

Rheinberg dokumentiert. Es handelt sich um eine Gasleitung DN 100, die auf einer Länge von 130 m unter einem Parkplatz und einer Bundesstraße hindurch eingezogen wurde. Diese Verlegemaßnahme kennzeichnete für diesen Dimensionsbereich den damaligen aktuellen Stand der Technik. 1996 wurde für die Saarferngas mit einer Gashochdruckleitung die Mosel in der Dimension DN 200 auf einer Länge von 368 m unterquert. Unter der Mosel musste auf einer Länge von 80 m sehr harter Quarzit durchbohrt werden [4]. Im gleichen Jahr wurde für die VNG Leipzig erstmal eine polypropylenumhüllte Stahlrohrleitung DN 300 in Wesenberg auf einer Länge von 576 m eingezogen (**Bild 8**). Es folgten weitere Entwicklungsschritte mit der ersten grabenlose Verlegung von Steckmuffenrohren 1997 in Offenbach unter Einsatz der Tyton-Sit-Verbindung und im Jahr 2000 der Einzug von Steckmuffenrohren mit DKM-Verbindung für die Hamburger Wasserwerke in der Dimension DN 200 (**Bild 9**) [5].

Das Press-Ziehverfahren (DVGW-Arbeitsblatt GW 322)

Das Press-Zieh-Verfahren dient der grabenlosen und trassengleichen Auswechselung von Versorgungsleitungen der Nennweite DN 100 bis DN 400. Speziell in Berlin werden bereits seit Anfang der 1990er Jahre Stahlrohre mit Hilfe von Press-Zieh-Verfahren wie dem Hydros- oder Hydros plus Verfahren eingezogen (Hydraulisches Rohrzug-Spaltverfahren). Zielsetzung dieses Verfahrens ist der grabenlose Ersatz meist alter Graugussleitungen.

Bei diesem Verfahren wird das Ziehgerät in der Zielgrube so eingebracht, dass es gleichzeitig Alt- und Neurohr ziehen und dabei über einen Dorn das alte Rohr zerstören kann. Der alte Rohrleitungsstrang wird mittels eines an seinem Ende angekoppelten Zuggestänges aus dem Erdreich gepresst, wobei im gleichen Arbeitsgang eine ebenfalls an dem Ende

Bild 8: Wesenberg, DN 300, Bauj. 1996

Fig. 8: Wesenberg, DN 300, installed 1996



Bild 9: Hamburg, DN 200, Bauj. 2000

Fig. 9: Hamburg, DN 200, installed 2000



der alten Rohrleitung befestigte neue Rohrleitung eingezogen wird (**Bild 10** und **Bild 11**).

Die Montage des einzuziehenden Rohrstranges erfolgt in der Startgrube. Zug- und Montagephasen sind somit während der Verlegung aufeinander abzustimmen. Das Ziehen des Altrohres ist meist auf kürzere Strecken begrenzt und hängt ganz wesentlich von der Festigkeit des Altrohrmaterials ab. Auf einer Ziehfläche von 60 bis 80 m befinden sich somit meist mehrere kleinere Baugruben, in denen jeweils Teilstränge der alten Leitung zertrümmert werden.

Beim alternativen Hilfsrohrverfahren wird die trassengleiche Auswechslung in zwei Arbeitsgänge aufgeteilt. Zunächst werden wie im Falle des zuvor beschriebenen Verfahrens je eine Rohrbaugrube zum Ausbau des Altrohres und zur Einbringung der neuen Rohre und eine Maschinenbaugrube zur Aufnahme des Rohrauswechselungsgerätes hergestellt. Alle 20 bis 50 m werden Zwischenbaugruben angelegt, die an Abzweigen, Hausanschlüssen und Armaturen angeordnet werden. Die alte Rohrleitung wird durch Vorpressen der Hilfsrohre aus dem Erdreich in Richtung der Rohrbaugrube geschoben und dort ausgebaut. Das Altrohr wird in ganzen Rohrlängen geborgen. Nach der vollständigen Entfernung des letzten Altrohrs ist die Trasse mit den wieder verwendbaren Hilfsrohren belegt. Sie übernehmen jetzt die Lasten aus der Überdeckung und der Verkehrslast und sichern so den Rohrkanal. Im zweiten Abschnitt 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.

Das Berstlining (DVGW-Arbeitsblatt GW 323)

Kennzeichen der Berstlining-Verfahren sind die im Boden verbleibenden Überreste des Altrohres. Das neue Rohr wird unter Zerstörung des Altrohres an dessen Stelle gezogen. Dabei können sowohl Rohre mit gleichem Durchmesser aber ggf. auch größere Durchmesser eingezogen werden. Dazu muss der Boden durch einen Aufweitkopf nach Zerstörung des Altrohres verdrängt werden (**Bild 12**). Zum Auftrennen des Altrohres stehen für alle Rohrmaterialien entsprechende Werkzeuge zur Verfügung.

So wurde beispielsweise bei einer Verlegermaßnahme der GASO Dresden eine Gasleitung aus Stahl der Dimension DN 100 gegen eine neue polyethylenumhüllte und zementmörtelummantelte Stahlleitung auf einer Länge von 405 m in zwei Teilstrecken ausgetauscht. Zwei Stahlrohrstränge von etwa 200 m Länge wurden verschweißt und

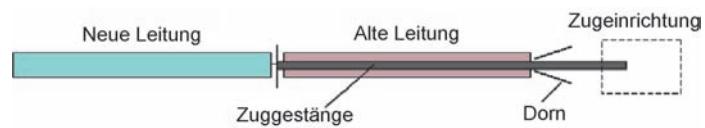


Bild 10: Montagegrube von Rohren für das Hydros-Verfahren

Fig. 10: Pipe installation pit for the Hydros method

Bild 11: Verfahrensprinzip

Fig. 11: Functional principle of method



nachumhüllt. Die vorhandene Altrohrleitung aus Stahl wurde aufgeschnitten, geweitet und der vorbereitete Stahlrohrstrang eingezogen (**Bild 13**).

Der Einbau gliederte sich in vier Arbeitsschritte. Nach dem Schneiden wurde das Altrohr zweimal geweitet. Mit dem dritten Aufweitvorgang wurde gleichzeitig die neue Stahlleitung eingezogen. Das hier erforder-

liche häufige Aufweiten ist maßgeblich auf die rückfedernde Eigenschaft des geschnittenen Altrohrs aus Stahl zurückzuführen.

Das Pflugverfahren (DVGW-Arbeitsblatt GW 324)

Pflugverfahren wurden gezielt für die Verlegung in unbebauten Flächen entwickelt, um Erdbewegungen auf ein Minimum zu

Bild 12: Vorrichtung zum Bersten des Altrohres

Fig. 12: Device for bursting of the old pipe



Bild 13: Stahlrohr mit Zugkopf

Fig. 13: Steel pipe with jacking head





Bild 14: Strangführung mit Oberbogen

Fig. 14: Line guidance with top bow

stimmt werden. Der wesentliche Vorteil ist dabei die Kalkulierbarkeit der erforderlichen Werkstofffestigkeiten für die unterschiedlichen Kombinationen der Lastfälle während der Verlegung und des Betriebes. Während die entsprechende Berechnungsgrundlage mit den Anwendungsbeispielen für Stahlrohre in den Anhängen der DVGW-Arbeitsblattreihe GW 320ff beschrieben ist, fehlt eine derartige Kalkulationsgrundlage beispielsweise für Rohre aus Polyethylen bisher völlig. Hier sind lediglich die maximal möglichen Zugkräfte für den geraden Zug definiert. Auf die erforderliche Reduktion der Zugkräfte bei zusätzlicher Biegung wird nur in Fußnoten hingewiesen und damit dem Anwender überlassen.

Neben der mechanischen Belastbarkeit des Stahlrohres ist der Schutzwirkung der Umhüllung bzw. Ummantelung entscheidende Bedeutung beizumessen. Mit der Flexibilität in der Gestaltung von Verbindungstechniken, die verschiedenen Ausführungen an Beschichtungen und Ummantelungen, eine auf die grabenlose Verlegung ausgerichtete Verfahrensweise zur Vervollständigung der Umhüllungssysteme an der Baustelle und ggf. auch die Möglichkeit der Überwachung durch den kathodischen Korrosionsschutz bietet das Stahlleitungsrohr somit für den Anwender eine auf die grabenlose Bauweise abgestimmte Systemlösung.

Schlussbemerkungen

begrenzen. Die dadurch realisierte Reduzierung des Arbeitsaufwandes und damit der Bauzeiten bietet nicht nur Einsparungsmöglichkeiten. Da die Bodenstruktur mit diesem Verfahren kaum verändert wird, ergeben sich auch unter ökologischen Gesichtspunkten wesentliche Vorteile. Bei dem von der Fa. Föckersperger, Münchaurach entwickelten und patentierten Raketenpflug werden Rohre aus Eisenwerkstoffen an das Pflugschwert mit dem Verdrängerteil (Rakete) montiert und in den damit geschaffenen Hohlraum eingezogen. Mit dem Verdrängerteil können Hohlräume bis zu 500 mm Durchmesser hergestellt und Stahlrohre bis DN 300 eingezogen werden. Gleichzeitig können mit Hilfe eines auf dem Verdrängerteil montierten Verlegeschachtes zusätzliche Schutzrohre, Kabel und Warnbänder verlegt werden. Beim Raketenpflug werden die Rohre hinter der Startgrube ausgelegt und fertig montiert. Der vorgestreckte Rohrstrang wird dann mit dem Pflug in das Erdreich eingezogen [5].

Die Firma Föckersperger aus Pauluszell hat inzwischen ein alternatives Pflugverfahren entwickelt, dass auf einen Rohreinzug und die erforderliche Montage im Bereich vor der Startgrube verzichten kann. Im Gegensatz zum Raketenpflugverfahren erfolgt die Montage des Rohrstrangs auf der vorgesehenen Leitungstrasse. Der Verlegepflug wird durch entsprechend starke Winden gegen diesen Rohrstrang gezogen (**Bild 14**). Unter Ausnutzung der elastischen Biegeradien wird dabei der Rohrstrang durch das Verlegeschwert auf die gewünschte Verlegetiefe geführt. Da auf den Rohrstrang keinerlei Zugbeanspruchung ausgeübt wird, besteht keine verfahrensbedingte Begrenzung der zu verlegenden Stranglänge (**Bild 14**). Derzeit wird das Verfahren bis zur Rohrdimension DN 100 eingesetzt.

Die grabenlosen Verlegeverfahren haben heute eine nicht zu unterschätzende Bedeutung erlangt. So existiert fast kein größeres Leitungsprojekt, wo Querungen von Bahnenlinien, Wasserwegen oder Straßen schon unter wirtschaftlichen Aspekten nicht unter Einsatz grabenloser Verlegetechniken realisiert werden.

Verfahren der grabenlosen Rohrverlegung haben jedoch nicht nur ihre Bedeutung im Falle der Neuverlegung von Leitungen, sondern spielen auch im Bereich der Rehabilitation von Leitungsnetzen eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die Rohrleitungen eines Versorgungsunternehmens stellen etwa 60 bis 80 % seines Anlagevermögens dar. Auf der Basis der heute vorliegenden Analysen müsste für einen gleich bleibenden Standard in Bezug auf die Versorgungs- und Betriebssicherheit der Netze mit einer Erneuerungsrate von 1,5 % gerechnet werden. Wenn in verschiedenen Bereichen der Versorgungswirtschaft lange Zeit von Erneuerungsraten im Bereich von 0,1 bis 0,5 % berichtet wurde, ergeben sich zwangsläufig immer größere Anforderungen an die Instandhaltung der Leitungsnetze und damit ein entsprechender Sanierungsbedarf. Um die dazu erforderlichen Investitionen möglichst gering zu halten, werden auch hier in immer stärkerem Maße grabenlose Bauverfahren eingesetzt, um die kostentreibende Wiederherstellung der aufwändigen Oberflächen in bebauten Bereichen zu vermeiden.

Die Eignung von Rohrsystemen für den grabenlosen Leitungsbau wird wesentlich von der mechanischen Belastbarkeit der Rohre bzw. ihren Umhüllungen bestimmt. Stahlrohre ermöglichen aufgrund ihrer Verschweißbarkeit und den mechanischen Festigkeiten sehr hohe Zugkräfte. So können alle Verfahren des grabenlosen Leitungsbaus angewendet werden. Im Einzelfall kann, je nach vorliegender Rohrbelastung, die Wanddicke und Stahlgüte auf die Verlegebedingungen abge-

Literatur

- [1] Kocks, H.-J.: Die Bedeutung des Stahlrohres in der Rehabilitation von Rohrleitungen. GWF Wasser Abwasser 147 (2006) Nr. 1, S. 53-60
- [2] Brink, H.J.; Kruse, H.M.G.; Lübers, H.; Hergarden, H.J.A.M.; Spiekholz, J.: Entwurfshinrichtlinien für den Biegeradius von Stahlrohren mit großem Durchmesser für die Horizontalbohrtechnik. 3R international 46 (2007) Nr. 11, S. 740-743
- [3] Kleinau, A.: Leitungserneuerung durch Rohreinzug von duktilen Gusseisen- und Stahlrohren. bbr 51 (2000) Nr. 9, S. 23-27
- [4] Kocks, H.-J.; Joens, H.; Reekers, C.: Ummantelungen aus Faser-Zement-Mörtel – Ein mechanischer Schutz für kunststoffumhüllte Stahlleitungsrohre. bbr 48 (1997) Nr. 8, S. 32-38
- [5] Kocks, H.-J.; Joens, H.; Föckersperger, F.: Das Stahlrohr in der grabenlosen Rohrverlegung. 3R international 41 (2002) Nr. 2, S. 132-137

Autor:

Dr. Hans-Jürgen Kocks
Salzgitter Mannesmann Line Pipe
GmbH, Siegen

Tel. +49(0)0271/691-170
E-Mail: Hans-Juergen.Kocks@
smpl.eu

