

Umhüllungen aus Polyamid für nicht konventionelle Bauweisen

Rohrnetz, Korrosionsschutz, Polyamid, Stahlrohrumhüllung, nicht konventionelle Rohrverlegung, grabenlose Rohrverlegung

Markus Hartmann, Hans-Jürgen Kocks und Stephan Maier

Erdverlegte Rohrleitungen können bei ihrem Einsatz hohen Belastungen ausgesetzt sein. Dies gilt sowohl für die Verlegung, als auch für den Betrieb der Leitungen. Hier spielen nicht nur dynamische Beanspruchungen durch Verkehrslasten sondern auch witterungsbedingte Setzungen im Grabenbereich eine Rolle. Derartige Belastungen führen zwangsläufig zu Punktlagerungen oder Punktlasten, die für Korrosionsschutzumhüllungen eine lokale Gefährdung darstellen. Standardumhüllungen auf Polyethylenbasis sind daher in steinfreiem Material zu betten. Für nicht konventionelle Verlegeverfahren werden aktuell neben verstärkten Polypropylenumhüllungen auch Kombinationen aus Polyethylen und Faserzementmörtel oder alternativ eine zusätzliche GfK-Ummantelung eingesetzt. In diesem Beitrag wird speziell für diesen Einsatzzweck mit dem Polyamid ein neues Basismaterial zur Umhüllung von Stahlrohren vorgestellt und über erste Anwendungserfahrungen berichtet.

Polyamide coatings for non-conventional pipe laying methods

The use of underground pipes involves considerable stresses being exerted on them. This is not only the case while they are being laid, but also while they are in use. Dynamic stresses result from passing traffic or the weather-related subsidence are not the only stresses that taking place in pipe trenches. Such stresses will inevitably lead to point loads or point supports, which can present a local risk for anti-corrosive coatings. For this reason, ordinary polyethylene-based coating must be bedded in stone-free material. For non-conventional laying methods, combinations of polyethylene and fibre cement mortar or an additional GRP jacket may be used. This article will specifically introduce polyamide as a new base material for pipe coating and examine initial experiences from use.

1. Einleitung

Polyethylen als Umhüllungsmaterial hat sich in den letzten Jahrzehnten im Pipelinebau neben den FBE-Beschichtungen weltweit behauptet. Die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz dieser Umhüllung vor mecha-

nischen Beschädigungen haben Eingang gefunden in den verschiedensten nationalen und internationalen Regelwerken.

Dazu zählt vor allem die Forderung einer Bettung der Rohre in steinfreies Material. In der Literatur ist u.a. auch zum Schutz der Umhüllungen die Verwendung von so genannten Bodenmörteln beschrieben [1, 2]. Für nicht konventionelle Verlegeverfahren, die – wie im Falle grabenloser Bauweisen oder einer sandbettfreien Verlegung – einen zusätzlichen mechanischen Schutz für die Polyethylenumhüllung erfordern, wurden entsprechende Sonderlösungen entwickelt [3, 4]. Dazu zählen die verschiedenen FZM-Ummantelungen nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 [5] wie auch die Profilierung der Polyethylenumhüllung oder die zusätzliche GfK-Ummantelung (**Bild 1**).

Jede dieser Sonderlösungen hat für die Praxis Vor- und Nachteile, die je nach Anwendungserfahrung zwangsläufig die Entscheidungen für oder gegen eine der Ausführungen beeinflussen. In diesem Spektrum möglicher Sonderlösungen ist zukünftig als weitere



◀ Zusätzliche GfK-Ummantelung polyethylenumhüllter Stahlrohre

Zementmörtelum-mangelung Ausführung S nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 ▼

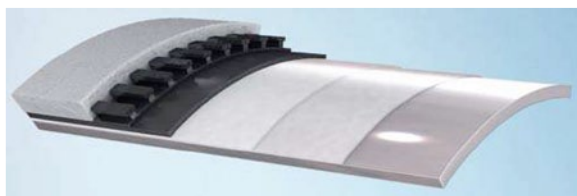


Bild 1. Rohrausführungen für nicht konventionelle Verlegeverfahren.

Alternative auch die extrudierte Umhüllung aus Polyamid zu berücksichtigen.

Der Einsatz von Polyamid als Beschichtungsmaterial ist dabei nicht neu. Das in der DIN EN 10310 (Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen – Auskleidungen und Beschichtungen aus Polyamidpulver) beschriebene im Sinterverfahren aufbrachte Polyamid ist als Beschichtungsmaterial für Rohrleitungen seit langem in der Anwendung [6]. Diese Beschichtungen werden beispielsweise für freiverlegte Leitungen eingesetzt. In vielen Schieberstationen finden sich dazu entsprechende Beispiele (**Bild 2**). Die gesinterte Polyamidbeschichtung ist als Alternative zum FBE, einer Pulver-Epoxidharzbeschichtung (FBE = Fusion Bonded Epoxy), anzusehen.

Für die hier vorgestellte extrudierte Polyamidumhüllung sind zwei Ausführungen denkbar:

- ein zweischichtiges System, bestehend aus einer Grundierung und der extrudierten Polyamidumhüllung
- ein vierschichtiges System, bestehend aus der Dreischicht-PE-Umhüllung mit Epoxidharzprimer, Kleber und Polyethylen sowie der extrudierten Polyamid-schicht

Als Nachumhüllung für den Baustellenbereich ist beispielsweise eine Polyurethanbeschichtung vorgesehen, ein System, das seit langem für derartige Anwendungen bekannt ist [7, 8].

Die Applikation des Materials erfolgt durch das Vergießen oder Spritzen auf die zuvor gereinigte und aufgeraute Stahloberfläche (**Bild 3**). Als Korrosionsschutz sind die Anforderungen an derartige Polyurethanbeschichtungen in der DIN EN 10290 beschrieben [9]. Der Vorteil liegt dabei in der Tatsache, dass etwa gleiche mechanische Eigenschaften von Polyamidumhüllung und Nachumhüllung sichergestellt sind.

2. Polyamid 12 – ein Polykondensat

Die Verkettung einzelner Bausteine zum Polymeren unterscheidet sich beim Polyamid von der Polymerisation des Ethylens oder Propylens zum üblicherweise als Umhüllungsmaterialien eingesetzten Polyethylen oder Polypropylen.

Beim Polyethylen erfolgt diese Verkettung vereinfacht dargestellt durch das Umlappen von Bindungen (**Bild 4**). Beim Polyamid reagiert eine organische Säure mit einem Amin unter Abspaltung von Wasser (**Bild 5**). Die funktionellen Bausteine sind dabei jeweils eine sogenannte Säuregruppe $-\text{COOH}$ und eine Aminogruppe $-\text{NH}_2$. Hat jeder der Reaktionspartner je zwei solcher funktionellen Bausteine, bilden sich durch die Abspaltung von Wasser lange Ketten mit Carbonamidgruppen als Bindeglieder. Das hergestellte Polyamid entsteht durch eine sogenannte Polykondensation.



Bild 2. Polyamidbeschichtete Rohre in einer Schieberstation für Trinkwasser.



Bild 3. Die Nachumhüllung aus Polyurethan (Vergussystem).

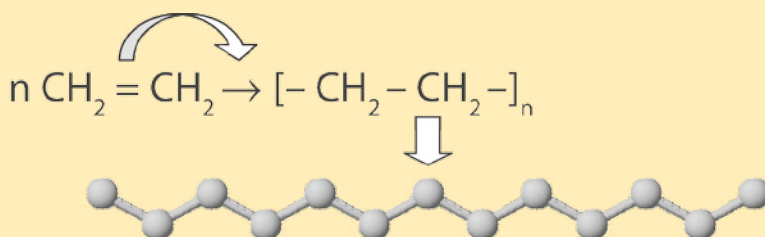


Bild 4. Polymerisation von Polyethylen.

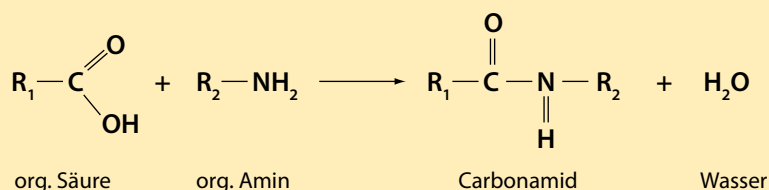


Bild 5. Reaktionsschema zur Herstellung von Carbonamidgruppen unter Wasserabspaltung.

Beim Polyamid 12 wird das sogenannte Laurinlactam als Baustein gewählt (**Bild 6**).

Durch die bei der Polymerisation entstehenden Carbonamidgruppen ($-\text{CO}-\text{NH}-$) bilden sich Wasserstoffbrücken zwischen den einzelnen Ketten der Makromoleküle (**Bild 7**). Die Wasserstoffbrücken tragen zur Kristallinität bei, erhöhen die Festigkeit, den Schmelzpunkt und die Chemikalienbeständigkeit.

Die Konzentration dieser Carbonamidgruppen aller im Handel erhältlichen Polyamide ist bei PA 12 am niedrigsten. Dies hat folgende Vorteile für den Werkstoff:

- Niedrigste Wasseraufnahme
- Außergewöhnliche Schlagzähigkeit und Kerbschlagzähigkeit, selbst weit unter dem Gefrierpunkt
- Gute bis sehr gute Beständigkeit gegen Fette, Öle, Kraftstoffe, Hydraulikflüssigkeiten, viele Lösemittel sowie Salzlösungen und andere Chemikalien
- Ausgezeichnete Spannungsrissbeständigkeit
- Ausgezeichnete Abriebbeständigkeit
- Niedriger Gleitreibungskoeffizient

Aufgrund dieser Eigenschaften reicht der Anwendungsbereich von Polyamid 12 von anspruchsvollen Leitungssystemen wie Kraftstoffleitungen über Aderisierungen in der Kabelindustrie und Kathetern in der Medizintechnik bis hin zu mechanisch belastbaren Präzisions-spritzgussteilen wie Pumpenräder und Schaltventilgehäuse im Maschinen- und Apparatebau.

In **Bild 8** sind die nach DIN EN ISO 868 [10] ermittelten Werte für die Shore D Härte verschiedener Umhüllungsmaterialien einander gegenübergestellt. Polyamid erreicht hier eine deutlich höhere Shorehärte als die üblicherweise eingesetzten Materialien auf Polyethylen- oder Polypropylenbasis. Bei der Betrachtung der – in Zugversuchen nach ISO 527-3 [11] – ermittelten Streckspannungen (**Bild 9**) wird deutlich, dass Polyamid 12 über den gesamten Temperaturbereich ($-40 \dots +23^\circ\text{C}$) signifikant höhere Festigkeiten aufweist. Im Vergleich zum Polyethylen (HDPE) liegt die Streckspannung etwa doppelt so hoch, während das Polypropylen dabei tendenziell zwischen diesen beiden Materialien anzusiedeln ist. Da das Polypropylen im Anwendungsbereich auf 0°C begrenzt ist [12], wurde hier auf Prüfungen bei niedrigeren Temperaturen verzichtet.

Die Streckdehnung (**Bild 10**) zeigt mit fallender Temperatur eine abnehmende Tendenz, wobei auch hier insbesondere bei niedrigen Temperaturen das Polyamid die größere Flexibilität behält. Der Abfall der Streckdehnung ist beim Polypropylen erwartungsgemäß besonders ausgeprägt.

Die Ergebnisse bestätigen, dass Polyamid 12 aufgrund seiner vergleichsweise günstigeren mechanischen Eigenschaften – insbesondere auch bei niedrigeren Temperaturen – eine herausragende Alternative zur Polypropylenumhüllung darstellt. Polypropylen wird vielerorts da eingesetzt, wo die weichen HDPE-Umhüllungen nicht mehr in Frage kommen. Dies gilt insbesondere für nicht konventionelle Verlegeweisen, wie beispielsweise den Rohreinzugsverfahren. Die Vorteile des Polyamids bei niedrigeren Temperaturen lassen sich gegenüber dem Polypropylen durch eine Schlagprüfung in Anlehnung an DIN 30670 bzw. DIN 30678 nachweisen [12, 13].

Zur Prüfung fällt dabei ein Gewicht auf die umhüllte Rohroberfläche. Das Gewicht ist am Ende zu einer Halbkugel mit einem Durchmesser von 25 mm geformt. Die

Bild 6. Laurinlactam, Monomer (Ausgangsprodukt) des Polyamid 12.

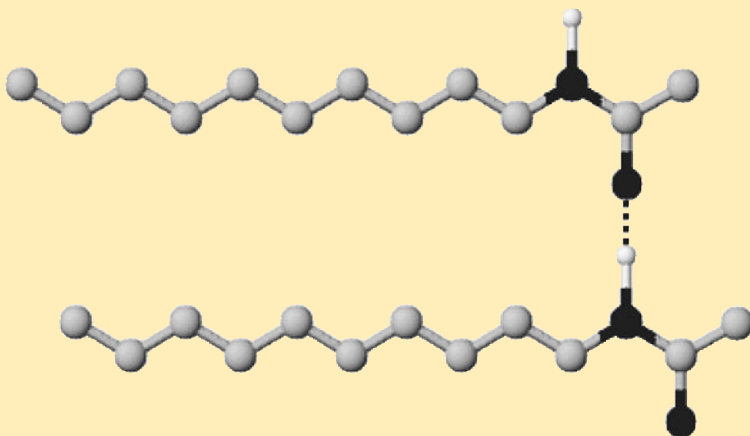
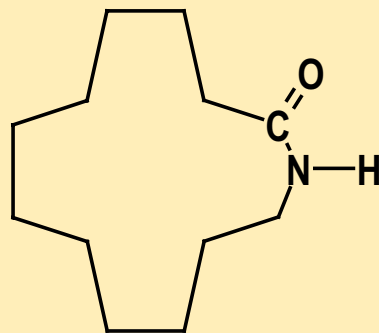


Bild 7. Wasserstoffbrücken-Bindung zwischen zwei Polyamidketten.

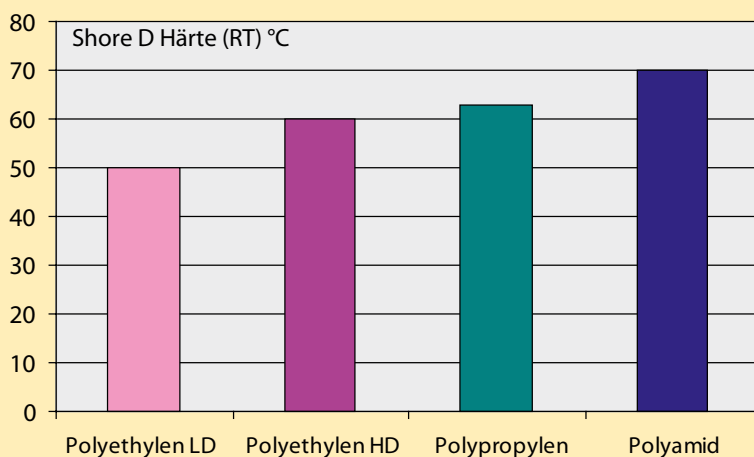


Bild 8. Shore D Härte nach DIN EN ISO 868 [10].

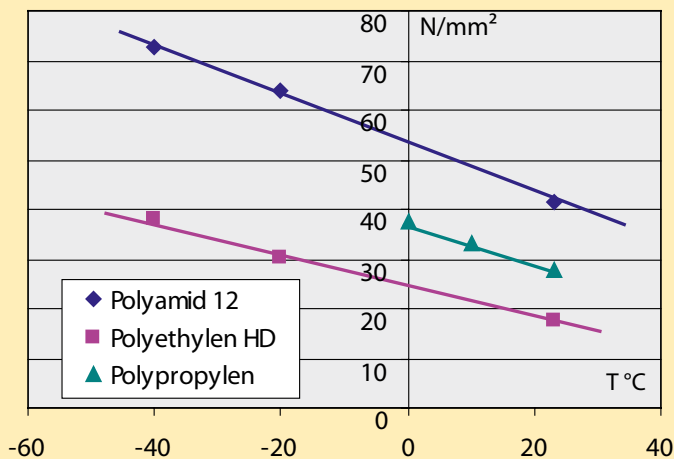


Bild 9. Zugversuch nach ISO 527-3 [11] Streckspannung.

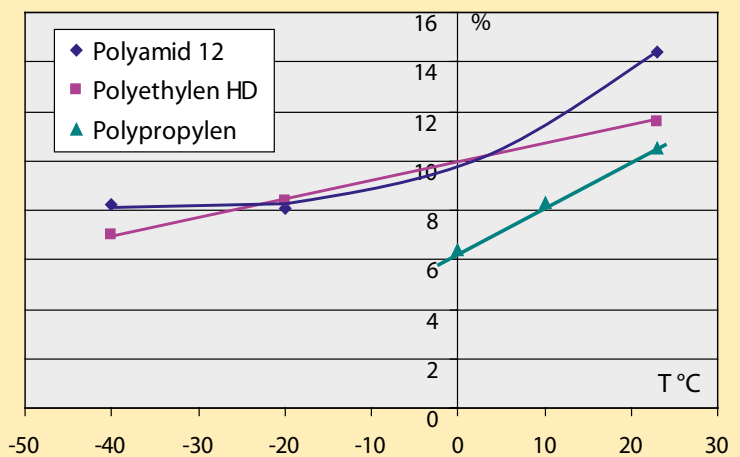


Bild 10. Zugversuch nach ISO 527-3 [11] Streckdehnung.

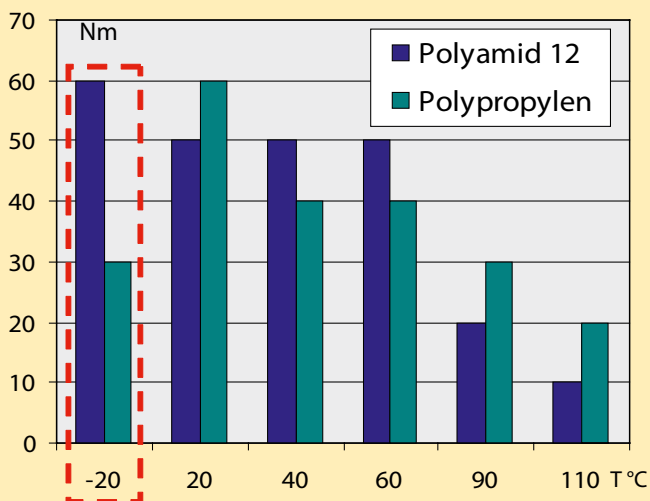


Bild 11. Schlagbeständigkeit in Anlehnung an DIN 30670/30678 [12, 13].

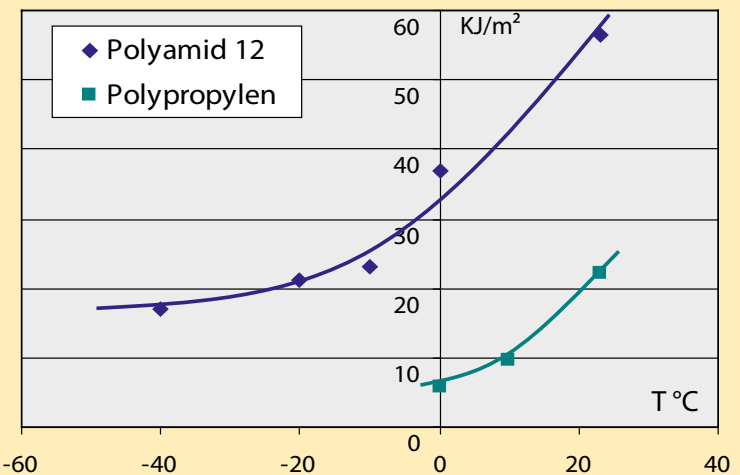


Bild 12. Kerbschlagzähigkeit nach DIN EN ISO 179-1/1eA [14].

Prüfung erfolgt abweichend zu den genannten Normen mit zunehmender Fallhöhe, bis sich erste Durchschläge bei der anschließenden Hochspannungsprüfung (25 KV) zeigen. In **Bild 11** sind in Abhängigkeit von der Temperatur die erzielten Schlagbeständigkeiten aufgetragen. Während die Schlagbeständigkeit beim Polypropylen unter 0 °C rapide abfällt, steigt diese beim Polyamid weiter an.

Auch im Falle der nach DIN ISO 179-1 [14] gemessenen Kerbschlagzähigkeit zeigt das Polyamid 12 im Vergleich zum Polypropylen mit fallender Temperatur deutlich günstigere Eigenschaften. Selbst bei -40 °C ergibt sich für das Polyamid 12 noch ein duktiler Bruchverhalten (**Bild 12**). Aufgrund dieser vielversprechenden, positiven Vergleichsdaten wurden mit der extrudierten Polyamidumhüllung inzwischen erste Testverlegungen durchgeführt.

3. Erste Praxiserfahrungen mit der Polyamidumhüllung

3.1 Vorversuche

Die Eignung der Polyamidumhüllung für die grabenlose Verlegung wurde in Vorversuchen bewertet. Dazu wurden Teststränge mit Polyamid- und Polypropylenumhüllungen vorbereitet. Zur Nachumhüllung wurden die Rohrverbindungen mit Polyurethanharz beschichtet. **Bild 13** zeigt die vorgesehene Ausführung für das Vergussmaterial.

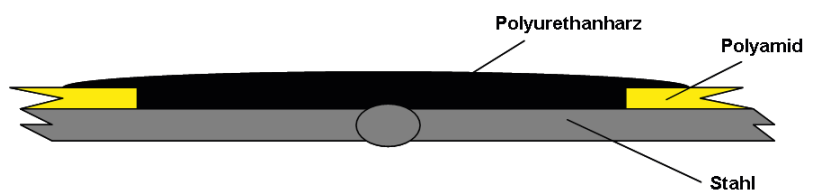


Bild 13. Nachumhüllung im Verbindungsbereich der Teststränge.

Bild 14.
Vorversuche
an
präparierten
Teststrängen
im HDD-
Verfahren.

„Durchziehversuche“ (HDD)

DN 2000 Gardelegen, 100 m
DN 200 Gronau, 280 m

Zielgrube des
Probeinzugs
in Gronau ►



Polypropylen ▲

Nachumhüllung Polyurethan ▲

Polyamid ▲

Diese Teststränge wurden bei zwei Spülbohrprojekten dem eigentlich einzuziehenden Produktstrang in Zugrichtung vorgeschweißt und komplett durchgezogen. Die Vorversuche konnten bei einem Projekt der Eon Avacon über eine Zugstrecke von 100 m in Gardelegen nördlich von Magdeburg und in einem weiteren Projekt bei Gronau über eine Zugstrecke von 280 m in diesem Fall über die Firma Gerhard Rode aus Münster realisiert werden. In beiden Fällen handelte es sich um Leitungen der Dimension DN 200. Die Teststränge wurden jeweils nach dem Durchzug demontiert, mit Hilfe einer Hochspannungsprüfung kontrolliert und visuell beurteilt. **Bild 14** zeigt das Ergebnis des Rohreinzugs in Gronau. Schon bei diesen Vorversuchen wurde beobachtet, dass die Polyamidumhüllung aufgrund der grö-

ßeren Härte erwartungsgemäß kaum Riefen erkennen lässt, während der Rohreinzug im Falle der Polypropylenumhüllung deutliche Spuren hinterlässt.

3.2 Verlegung von polyamidumhüllten Rohren im Spülbohrverfahren

Für den Bau einer Gashochdruckleitung der Dimension DN 200 im Zuständigkeitsbereich der Eon Avacon wurden im Trassenverlauf Abschnitte geplant, die mit dem Spülbohrverfahren auszuführen waren. Eine dieser Bohrungen bei Algermissen im Landkreis Hildesheim bot sich als Pilotprojekt für die Polyamidumhüllung geradezu an. Ausführendes Unternehmen war die Rohr- und Tiefbau Hoya GmbH. Mit dem Spülbohrverfahren wurde hier ein Kanal auf einer Länge von 260 m unterquert. Der



▲ Strahlen des Verbindungsbereiches



Polyurethanbeschichtung ▼

Bild 15. Nachumhüllung der Schweißnähte mit einer Polyurethanbeschichtung.

Bohrgerät ►

Einzug des Rohrstranges ▼



Bild 16.
Pilotverlegung
eines
polyamid-
umhüllten
Rohres mit
dem Spülbohr-
verfahren.

Rohrende nach dem Einzug ▼



etwa 300 m lange Rohrstrang wurde dazu komplett vormontiert. Nach der Prüfung der Rundnähte folgte die Nachumhüllung mit einem Polyurethanmaterial, das im Spritzverfahren verarbeitet wurde. Der Verbindungsbereich wurde dazu zuerst gestrahlt und anschließend mit dem schnell härtenden Material beschichtet (**Bild 15**).

Für die Sondierung der ersten Bohrung war ein Spezialunternehmen zuständig. Dieses Unternehmen ist darauf spezialisiert den Bohrverlauf von der Startgrube aus aufzunehmen. Üblicherweise geschieht dies durch das Begehen der Trasse bei gleichzeitiger Ortung des Bohrkopfes. Eine solche Vorgehensweise ist jedoch im Falle eines zu kreuzenden Wasserweges nicht möglich. Vor dem Einzug des Rohrstranges wurde der Bohrkanal auf einen Durchmesser von 330 mm aufgeweitet. Die Bohrsuspension bestand auf Wunsch der Genehmigungsbehörden aus einer Mischung aus Bentonit und einem langsam härtenden Zementmörtel.

Der eingezogene Rohrstrang wurde abschließend mit Hilfe einer Polarisationsstrommessung bewertet. Die Anforderungen des zugrunde gelegten Regelwerkes für die Beurteilung der Messung und damit der Rohrumhüllung wurden erfüllt. Dies bestätigt auch die visuelle Beurteilung des eingezogenen Rohrendes. Hier

waren nach der Reinigung von Gerätschaft und Rohrende kaum Spuren des Rohreinzieges erkennbar (**Bild 16**).

3.3 Verlegung von polyamidumhüllten Rohren im Pflugverfahren

Zum Bau einer Wassertransportleitung der Wasserversorgung Bayrischer Wald ist erstmalig in Deutschland eine zementmörtelausgekleidete Stahlrohrleitung der Dimension DN 300 mit dem Pflugverfahren verlegt worden. Ausführende Unternehmen waren die Firmen Josef Pfaffinger und Max Streicher. Als Basisrohr für die geplante Trinkwassertransportleitung wurde eine Stahlrohrausführung in Einzelrohrlängen von 16 m mit Zementmörtelauskleidung und Polyethylenumhüllung gewählt. Es handelte sich um Rohre der Dimension DN 300 mit einem Außendurchmesser von 323,9 mm und einer Wanddicke von 4,5 mm. Mit dieser Wanddicke sind die Rohre bei der vorgesehenen Mindestreckgrenze von 355 N/mm² für einen maximal möglichen Betriebsdruck bis 60 bar einsetzbar. Die Zementmörtelauskleidung wurde für die Stumpfschweißverbindung an den Rohrenden entsprechend Typ C3 nach Anhang A der DIN EN 10298 (ehem. Ausführung B der DIN 2614) vorbereitet

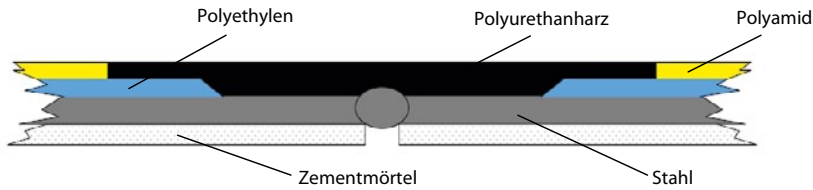


Bild 17. Endenausführung polyamidumhüllter Rohre.

[15, 16]. Der verbleibende Spalt von etwa 5 bis 10 mm wird nach der Inbetriebnahme durch Deckschichtbildung geschützt.

Für die Verlegung mit dem Pflugverfahren wurde die zementmörtel ausgekleidete und polyethylen umhüllte Rohrausführung durch die zusätzliche Polyamidumhüllung als Schutz vor mechanischen Beschädigungen ergänzt. Unter Berücksichtigung der Nachumhüllung aus Polyurethanharz und Zementmörtel ausgekleidung ergibt sich der in **Bild 17** dargestellte Beschichtungsaufbau. Die Rohre wurden vor dem Einpflügen in der Leitungstrasse zu Strängen verschweißt und anschließend zum Einzug auf Rollenböcken gelagert. Vor der Nachumhüllung wurden die Verbindungsbereiche gestrahlt und mit Schalungen zur Aufnahme der Polyurethanvergussmasse versehen.

Für die Verlegung kommt eine 480 PS starke Winde mit einer Zugkraft von max. 220 to zum Einsatz. Diese Winde zieht den Verlegepflug, der das Rohr auf eine

Verlegetiefe bis maximal 2,5 m bringt (**Bild 18**). Das Rohr wird dazu an einem Aufweitkopf (Torpedo) fixiert. Die Pflugspitze räumt und formt den Hohlraum sowie die Sohle für den Rohrstrang. Die Baulänge der Aufweiteinheit wird dabei genutzt um ein möglichst ebenes Auflager zu gestalten. Beim Pflügen wird die Lage des Rohres in Bezug auf Verlegetiefe bzw. Seitenversatz und die aktuelle Zugkraft über einen mobilen Leitstand verfolgt und protokolliert. Im Vorfeld wurde dazu der geplante Trassenverlauf aufgenommen und die sich daraus ergebenden Vergleichsdaten in das Mess- und Steuersystem eingepflegt. Unter Berücksichtigung der Biegeradien und der maximal zugelassenen Zugkräfte ist so eine technisch einwandfreie Rohrverlegung entlang dem geplanten Trassenverlauf und vorgesehenem Verlegeniveau sichergestellt.

Unter Berücksichtigung des zulässigen Biegeradius von 190 m kann diese Rohrausführung mit einer möglichen Zugkraft von 100 to belastet werden. Diese Zugkräfte wurden jedoch selbst bei einer Einziehlänge von 760 m nicht erreicht. Die maximale Zugkraft lag dabei unterhalb von 60 to. Dabei spielen einerseits die Bodenverhältnisse, andererseits aber auch die geringe Gleitreibung der Polyamidumhüllung eine wesentliche Rolle. Die Wiederherstellung der Oberfläche nach dem Einzug des Leitungsstranges erfolgt durch einen Walzvorgang. Dabei wird der Verlegeschlitz im oberen Bereich geschlossen. Im Laufe der Zeit werden dann die verblie-



▲ Zugkopf

Aufweiteinheit ►



◀ Verlegepflug und Zugeinheit

Pflügen des Rohrstranges ▼



Bild 18. Pflugverlegung einer Wassertransportleitung der Wasserversorgung Bayerischer Wald.

benen Hohlräume durch das einsickernde Regenwasser mit Feinanteilen gefüllt. Die abschließend durchgeführten Polarisationsstrommessungen zeigen, dass die Umhüllungen den Einzug unbeschädigt überstanden haben.

4. Ausblick und Fazit

Im Rahmen dieses Beitrages wurde das Polyamid als Umhüllungsalternative für nicht konventionelle Verlegeweisen vorgestellt. In Pilotprojekten sowie in den entsprechenden Vorversuchen konnte die Eignung des Polyamids für grabenlose Bauweisen nachgewiesen werden. Ein wesentlicher Vorteil für die Umsetzung derartiger Produktinnovationen liegt in der Überwachbarkeit solcher Bauvorhaben durch die Messmethoden des kathodischen Korrosionsschutzes, die das Risiko für den Anwender minimieren.

Die Kombination aus Polyamid und Stahl ist nicht nur als mögliches Substitut bereits bestehender Rohrausführungen zu betrachten. Die Werkstoffkombination wird sowohl in der Onshore, wie Offshore-Verlegetechnik Verfahrensweisen zulassen, die vorhandene, derzeit noch nicht genutzte Werkstoffreserven ausschöpfen und damit eine, sowohl aus ökologischer, wie ökonomischer Sicht nachhaltigere Nutzung der eingesetzten Ressourcen ermöglichen. Ein Beispiel für derartige Anwendungen in der Offshoretechnik ist das Reeling [17]. Die Rohre werden dabei Onshore zu einem kilometerlangen Strang verschweißt, auf Rollen gewickelt und später auf hoher See als Strang verlegt (**Bild 19**). Die Stahlrohre unterliegen bei dieser Verlegetechnik einer plastischen Verformung. Den dabei auftretenden Beanspruchungen muss letztlich auch der Korrosionsschutz gewachsen sein.

Ein weiteres Beispiel für die Möglichkeiten einer modifizierten Pflugtechnologie wird derzeit in Kanada zur Verlegung von Stahlrohren getestet [18]. Im Gegensatz zum Einzug des Rohrstranges wird hier der Verlegepflug gegen den vorbereiteten Stahlstrang gezogen (**Bild 20**). Dabei schiebt sich der Rohrstrang in einem leichten Oberbogen - auf Rollen geführt - durch das Pflugschwert und wird in der gewünschten Verlegtiefe abgelegt. Auch hier wird der Verlegepflug von Winden gezogen, die auf geländegängigen Fahrzeugen montiert sind. Derzeit wird der Rohrstrang konzeptionell nur im Rahmen seiner zulässigen elastischen Biegung beansprucht. Speziell bei den größeren Rohrdimensionen ist aber wie schon beim Reeling eine kontrollierte plastische Verformung des umhüllten Rohrstranges über eine entsprechende Rollenkonstruktion denkbar. Bei der Verlegung ist das Rohr keiner Zugbelastung ausgesetzt. Es können daher beliebig lange Rohrstränge in einem Arbeitsgang mit dieser Technologie verlegt werden. Diese Beispiele zeigen, dass mit der Polyamidumhüllung ein flexibles und mechanisch belastbares Umhüllungssystem zur Verfügung steht,



Bild 19. Offshore-Verlegung einer „gereelten“ Leitung.



Bild 20. Pflügen einer Rohrleitung.

dass konzeptionell die Vorteile einer Polyethylenumhüllung und einer Zementmörtelummantelung verbindet.

Literatur

- [1] Kiesselbach, G. und Weilguny, W.: „Erfahrungen mit selbstverdichtenden Verfüllmaterialien“; 2004 – Rohrleitungen im Jahr der Technik; Vulkan Verlag Essen, 2004, Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg, Bd. 28, S. 468–500.
- [2] Berger, W., Krausewald, J. und van Heyden, L.: „Boden-Mörtel – Anwendungsfragen und Wirtschaftlichkeit für den Tiefbau der Gasverteilung“; gwf Gas|Erdgas 140 (1999), H. 8, S. 513–518.
- [3] Kocks, H.-J.: „Das Stahlrohr für grabenlose Bauweisen“; 3R international 47 (2008) H. 12, S. 695–702.
- [4] Kocks, H.-J. und Schmidt, J.: „Zementmörtelummantelung von Stahlrohren – ein System für den dynamischen Rohrvortrieb“; bbr 60 (2009) H. 10, S. 28–31.
- [5] DVGW-Arbeitsblatt GW 340: „FZM-Ummantelung zum mechanischen Schutz von Stahlrohren und -formstücken mit Pololefinumhüllung“, April 1999.

- [6] DIN EN 10310: „Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasser- verlegte Rohrleitungen – Auskleidungen und Beschichtungen aus Polyamid-Pulver“; Juli 2004.
- [7] Rehberg, T. und Schad, M.: „Hochleitungsbeschichtung für den Rohrleitungsbau im Spülbohrverfahren“; 3R international 47 (2008) H. 6, S 329–331.
- [8] Thompson, I.: „Verfahren zur Nachumhüllung des Schweißnahtbereichs von Pipelines“; Nonstop (GL), 2008 H. 3, S. 49–56.
- [9] DIN EN 10290: „Stahlrohre und -formstücke für On- und Offshore-verlegte Rohrleitungen – Umhüllung (Außenbeschichtung) mit Polyurethan und polyurethan-modifizierten Materialien“; August 2004.
- [10] DIN EN ISO 868: „Kunststoffe und Hartgummi – Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte)“; Oktober 2003.
- [11] DIN EN ISO 527-3: „Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften; Prüfbedingungen für Folien und Tafeln“; Juli 2003.
- [12] DIN 30678: „Umhüllung von Stahlrohren mit Polypropylen“; Oktober 1992.
- [13] DIN 30670: „Umhüllung von Stahlrohren und -formstücken mit Polyethylen“; April 1991.
- [14] DIN EN ISO 179-1: „Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften; Nicht instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung“; November 2010.
- [15] DIN EN 10298: „Stahlrohre und Formstücke für erd- und wasser- verlegte Rohrleitungen – Zementmörtel-Auskleidung“; Mai 2005.
- [16] DIN 2614: „Zementmörtelauskleidungen für Gußrohre, Stahlrohre und Formstücke“; Februar 1990.
- [17] Bick, M. und Löbke, H.: „Offshoreverlegung von HFI-geschweißten Rohren in der Abmessung 355,6 × 19,05 mm durch Reeling in Trinidad und Tobago“; Rohrleitungen – Erfordern Ingenieurkompetenz; Vulkan Verlag Essen, 2007, Schriftenreihe aus dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg, Bd. 31, S. 161–166.
- [18] Föckersperger, W. und Kocks, H.-J.: „Ein Pflug übt für Kanadas Weiten“; 3R international 46 (2007) H. 11, S. 752–753.

Autoren



Dipl.-Ing. **Markus Hartmann**
Evonik Industries AG |
Marl |
Tel. +49 2365 49-2294 |
E-Mail: markus.hartmann@evonik.com



Dr. **Hans-Jürgen Kocks**
Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH |
Siegen |
Tel. +49 271 691-170 |
E-Mail: hans-jürgen.kocks@smpl.eu



Stephan Maier
Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH |
Siegen |
Tel. +49 271 691-243 |
E-Mail: stephan.maier@smpl.eu

Parallelheft gwf-Wasser | Abwasser

In der Ausgabe 12/2011 lesen Sie u. a. folgende Beiträge:

Pütz	Zusammenwachsen West und Ost in der ATT
Such	Gründung der ATT und ihre Entwicklung
Scharf	Integrale Talsperrenbewirtschaftung – ein ganzheitlicher Ansatz
Panglisch u. a.	Modernisierung/Neubau der SEBES Trinkwasseraufbereitungsanlage Esch/Sauer – Praxis-Bericht von Pilotuntersuchungen mit Keramikmembranen
Jüngel	Der Weg zum Talsperren-Benchmarking
Brauch	Organische Spurenstoffe in Gewässern – Vorkommen und Bewertung

WISSEN für die ZUKUNFT

Edition
gwf
Gas
Erdgas

Lexikon der Gastechnik

Begriffe, Definitionen und Erläuterungen

Seit über 30 Jahren ist das „Lexikon der Gastechnik“ ein elementares Nachschlagewerk für die Gasversorgungswirtschaft. Kurz gefasste Definitionen erlauben eine Orientierung hinsichtlich der wichtigsten technischen Begriffe in der öffentlichen Gasversorgung.

Ursprünglich entstanden aus einem Arbeitskreis „Begriffsbestimmungen im Gasfach“ des DVGW wurde das Werk von verschiedenen Autorentams kontinuierlich weiterentwickelt und ergänzt. Neben einer Überprüfung der Definitionen enthält die 5. Auflage viele neue Begriffe zu den aktuellen technischen Entwicklungen.

Um dem modernen Nutzungsverhalten gerecht zu werden, wird das Kompendium jetzt auch in vollständig digitaler Form angeboten.

Hrsg.: B. Naendorf

5. Auflage 2011, ca. 250 Seiten + Datenträger, Hardcover



Buch + DVD

mit Zusatzinhalten und
vollständigem eBook



Oldenbourg-Industrieverlag GmbH
www.gwf-gas-erdgas.de

Sofortanforderung per Fax: +49 (0) 201 / 820 02 - 34 oder im Fensterumschlag einsenden

Ja, ich bestelle ☐ gegen Rechnung ☐ 3 Wochen zur Ansicht

Ex. **Lexikon der Gastechnik** (ISBN: 978-3-8356-3280-6)
zum Preis von € 60,- zzgl. Versand

Die bequeme und sichere Bezahlung per Bankabbuchung wird mit einer Gutschrift von € 3,- auf die erste Rechnung belohnt.

Antwort

**Vulkan-Verlag GmbH
Versandbuchhandlung
Postfach 10 39 62
45039 Essen**

Garantie: Dieser Auftrag kann innerhalb von 14 Tagen bei der Vulkan Verlag GmbH, Versandbuchhandlung, Postfach 10 39 62, 45039 Essen schriftlich widerrufen werden. Die rechtzeitige Absendung der Mitteilung genügt.
Für die Auftragsabwicklung und zur Pflege der laufenden Kommunikation werden Ihre persönlichen Daten erfasst und gespeichert. Mit dieser Anforderung erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich per Post, Telefon, Telefax oder E-Mail über interessante Verlagsangebote informiert werde. Diese Erklärung kann ich jederzeit widerrufen.

Firma/Institution

Vorname/Name des Empfängers

Straße/Postfach, Nr.

Land, PLZ, Ort

Telefon

Telefax

E-Mail

Branche/Wirtschaftszweig

Bevorzugte Zahlungsweise

☐ Bankabbuchung

☐ Rechnung

Bank, Ort

Bankleitzahl

Kontonummer

X
Datum, Unterschrift

PALGT52011