

Neues Konzept für Mehrschichtumhüllungen von Stahlrohren

Im Bereich der grabenlosen Verlegung von Rohrleitungen hat sich eine Vielzahl von Umhüllungsvarianten durchgesetzt. Dazu zählen nicht nur die zusätzlich mit Zementmörtel- oder Gfk-ummantelten Rohrausführungen, sondern vor allem auch Dickschicht-Systeme auf Polyethylen- oder Polypropylenbasis. Diese Dickschichtumhüllungen werden üblicherweise in mehreren Umhüllungsschritten hergestellt, wobei eine möglichst gute Haftfestigkeit zwischen den Schichten erwartet wird. Die Dickschichtumhüllung muss dabei konzeptionell neben der Korrosionsschutzwirkung auch einen ausreichenden mechanischen Schutz bieten. Der vorliegende Fachbeitrag erläutert die Nachteile dieser Konzeption und bietet mit einem alternativen neuen Beschichtungsaufbau eine interessante Lösung.

1 EINLEITUNG

Grabenlose Verlegeverfahren haben im Laufe der Zeit eine immer größere Bedeutung gewonnen. Es existiert kaum ein größeres Projekt, das nicht mit einer Querung von Straßen, Bahnlinien, Fluss- oder Bachläufen, gegebenenfalls Naturschutzgebieten behaftet ist. Solche Aufgabenstellungen sind unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur mit grabenlosen Bauverfahren zu realisieren. Derartige Sonderbaumaßnahmen bedürfen einer eigenen Planung und setzen sich dadurch von den konventionell zu verlegenden Strecken ab, die mit Standardrohrausführungen bestückt werden.

Für Sonderbaumaßnahmen stehen verschiedene Umhüllungsvarianten zur Verfügung, wobei die Wahl des Umhüllungssystems maßgeblich von den Erfahrungen der Planer bzw. den ausführenden Unternehmen bestimmt wird. Die Anwendung von Dickschichtumhüllungen insbesondere auf Polypropylenbasis hat vor allem im Bereich der Spülbohrverfahren breite Akzeptanz gefunden. Je nach Schichtdicke wird dazu in bis zu zwei oder gar drei Fertigungsschritten das Polypropylen (PP) durch Extrusion aufgetragen. Nachteilig kann sich gerade beim Polypropylen z. B. die unzureichende Beständigkeit bei niedrigen Temperaturen auswirken. Über entsprechende Erfahrungen wurde in der Vergangenheit berichtet [1].

Polypropylen versprödet mit fallender Temperatur. Lokale Spannungsspitzen z. B. durch Punktgerungen oder Punktlasten werden im versprödeten Zustand insbesondere bei Vorschädigungen wie Riefen oder Kerben durch Rissbildung abgebaut. Schäden zeigen, dass im Falle einer Rissbildung die gute Haftfestigkeit zwischen den Polypropylenschichten

einen gravierenden Nachteil darstellt, da die gesamte Schicht von der Rissbildung betroffen ist. Durch die entstehenden Risse besteht ein direkter Zugang zur Stahloberfläche. Dieses gilt natürlich auch für Dickschichtumhüllungen, die in einem Arbeitsgang realisiert werden.

Aber nicht nur bei neuverlegten Leitungen spielt dieses Schadensbild eine Rolle. Im Falle der Alterung von Umhüllungen verlagert sich die Versprödungstemperatur im Laufe der Zeit zu höheren Werten. Die Frage der Rissbildung ist somit je nach Lastfall und Kunststoffbasis eine Frage der Zeit. Gerade im Falle grabenlos verlegter Leitungen ist eine kritische Kombination aus Riefen und Kerben sowie Punktlasten keineswegs auszuschließen. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass eine durchgehende Schädigung bis auf das Stahlrohr vermeidbar ist, wenn im Fall mehrfach extrudierter Deckschichten auf einen Haftverbund zwischen den Deckschichten verzichtet wird. Gerade bei grabenlos ausgeführten Verlegeverfahren wird jedoch ohne den Verbund der Deckschichten ein Abschieben während des Rohreinzugs befürchtet. Der Verzicht auf Haftfestigkeit einerseits und die andererseits erforderliche Scherfestigkeit erscheinen auf dem ersten Blick kontraproduktiv. Im folgenden Absatz sollen daher die Begrifflichkeiten speziell im Falle der Umhüllungen und Ummantelungen von Stahlrohren noch einmal genauer betrachtet werden.

2 HAFTFESTIGKEIT UND SCHERFESTIGKEIT

Ein hoher Schälwiderstand und damit die Haftfestigkeit wird unabhängig von der Schichtdicke als Qualitätsmerkmal für die heute üblichen 3-lagigen Polyethylen- oder Polypropylenumhüllungen bestehend aus Epoxidharzprimer, Kleber und der Polyethylen- oder Polypropylenendeckschicht herangezogen. In den technischen Lieferbedingungen wie DIN 30670 [2] oder DIN 30678 [3] wird bei der Messung des Schälwiderstandes eine Trennung innerhalb der Kleberschicht gefordert. Die Trennung erfolgt bei einem mehrlagigen Aufbau immer im schwächsten Glied. Somit sind bei einer Trennung innerhalb der Kleberschicht die Haftfestigkeit der Umhüllung auf Stahl und die Haftfestigkeit der einzelnen Komponenten untereinander größer als die Festigkeit des verwendeten Klebers. Die Haftfestigkeit der Umhüllung auf dem Stahl wird durch den

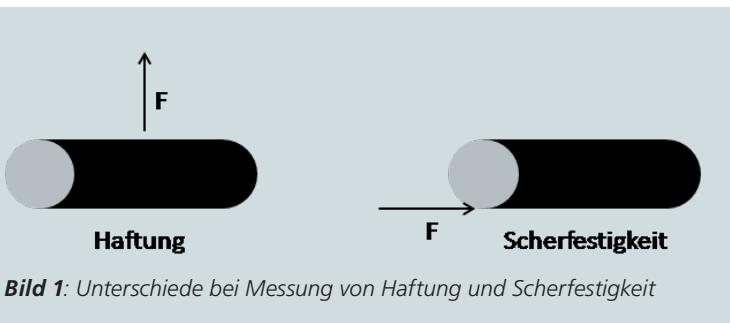


Bild 1: Unterschiede bei Messung von Haftung und Scherfestigkeit

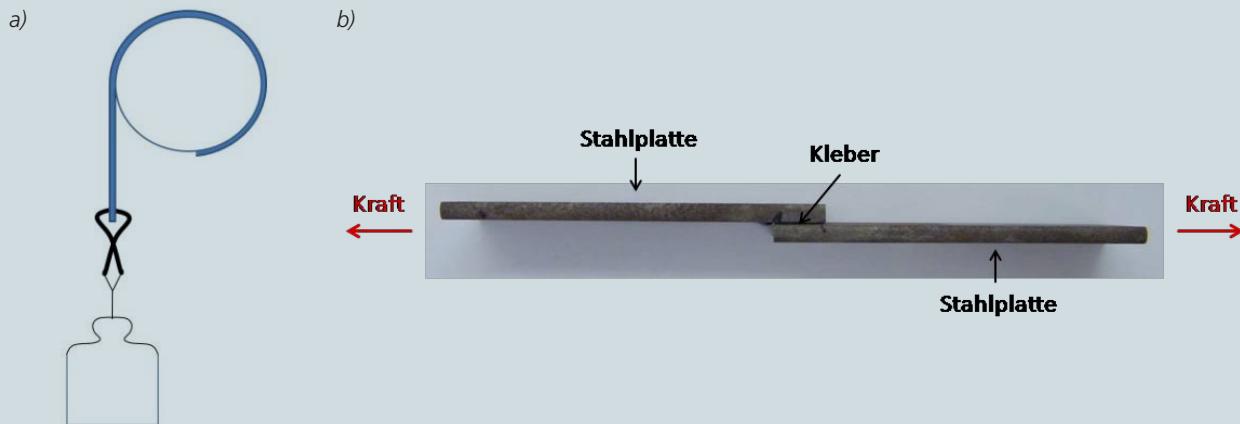


Bild 2: Prüfprinzip zur Ermittlung von Haft- und Scherfestigkeit nach AS/NZS 1518 [5]

Verbund von Epoxidharzprimer und Stahl bestimmt und ist mit einer einlagigen Beschichtung des Epoxidharzes z. B. als FBE (Fusion bonded Epoxy) vergleichbar. Hohe Schälwiderstände mit einer Trennung innerhalb der Kleberschicht besagen, dass die 3-Lagen-Umhüllung richtig produziert wurde und indizieren eine gute Haftfestigkeit der Umhüllung.

Experimentelle Bestimmungen der Haftfestigkeit haben alle das gleiche Prinzip: Auf eine definierte Fläche der Beschichtung wirkt senkrecht eine Kraft. Die Größe der Kraft, die zum Abtrennen der Beschichtung von der Stahloberfläche erforderlich ist, gilt als Maß für die Haftfestigkeit. Die Haftfestigkeit einer einlagigen Epoxidharzbeschichtung wird beispielsweise durch den Stirnabzugsversuch nach DIN EN ISO 4624 [4] ermittelt. Der Messwert entspricht allerdings nur dann der Haftfestigkeit, wenn die Trennung zwischen Beschichtung und Stahl erfolgt (Adhäsionsbruch). Eine Trennung innerhalb der Beschichtung (Kohäsionsbruch) bedeutet auch hier, dass die Haftfestigkeit größer ist als die Festigkeit des Beschichtungsmaterials.

Während im Falle der Haftfestigkeit einer senkrecht zur Umhüllung wirkenden Kraft ein Widerstand entgegengesetzt wird, ist im Falle der Scherfestigkeit dieser Widerstand in Längsrichtung wirksam (**Bild 1**). Kräfte in Längsrichtung zur Rohrachse sind vor allem bei grabenlosen Verlegeverfahren während der Rohreinzugs zu erwarten. Haftfestigkeit und Scherfestigkeit sind dabei physikalisch betrachtet nicht zwangsläufig einander gleichzusetzen.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Größen wird im Falle der AS/NZS 1518 [5], einer australischen Lieferbedingung für 2-Lagen-HDPE-Umhüllungen bestehend aus Kleber und HDPE-Deckschicht, besonders deutlich. Hier werden beide Größen getrennt bewertet. Die Haftfestigkeit wird mit einem Schälversuch bestimmt. Dazu wird ein 25 mm breiter Streifen der Umhüllung eingeschnitten. Am Ende des Streifens hängt zur Prüfung ein 300 g schweres Gewicht. Zur Auswertung dient die sich ergebende Schälgeschwindigkeit, welche 100 mm/min bei Raumtemperatur betragen darf. Das Prinzip dieser Prüfung ist in **Bild 2a**) dargestellt.

Zur Bestimmung der Scherfestigkeit verweist die AS/NZS 1518 auf eine amerikanische Prüfvorschrift, die ASTM D 1002 [6]. Zur Prüfung wird mit dem Kleber des 2-Lagen-Systems zwischen zwei Metallplatten eine definierte Klebefläche erzeugt. In einem Zugversuch wird dann die benötigte Kraft für den Bruch der Klebung gemessen (**Bild 2b**). Für die Scherfestigkeit des Klebers ist in der AS/NZS 1518 ein Mindestwert von 34 N/cm² gefordert. Auf ähnliche Art und Weise wird beispielsweise auch die Scherfestigkeit von FBE nach DIN EN 1465 [7] bestimmt. Ein anderes Prüfprinzip zur Ermittlung der Scherfestigkeit wird im Falle der

Zementmörtelummantelung von PE- oder PP-umhüllten (polyolefinumhüllten) Rohren angewendet. Im Falle der Sonderausführung (Typ S) für grabenlose Verlegeverfahren wird auch hier eine entsprechende Scherfestigkeit der Ummantelung gefordert. Die technische Lieferbedingung, das DVGW-Arbeitsblatt GW 340, sieht dazu auch eine Bauteilprüfung vor [8]. Hier wird das System aus Stahlgrundmaterial, Umhüllung und Ummantelung nicht einer Zugbelastung, sondern einer Druckbelastung parallel zur Rohrachse unterworfen (**Bild 3**).

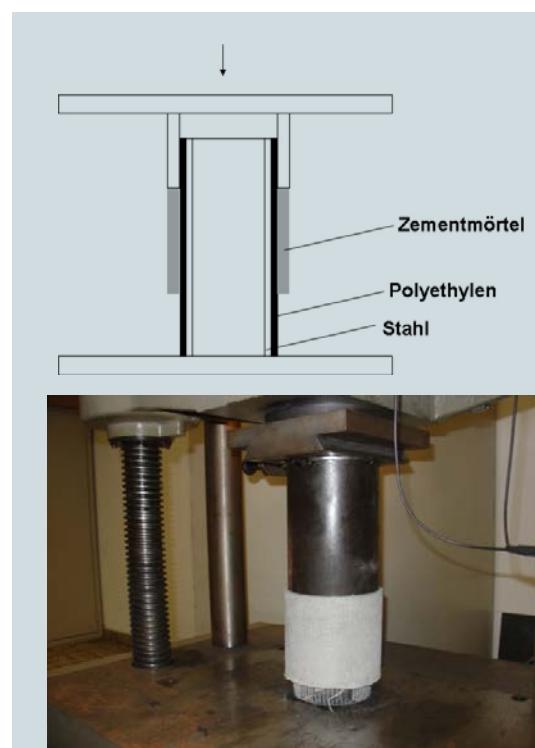


Bild 3: Prüfanordnung zur Ermittlung der Scherfestigkeit nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340

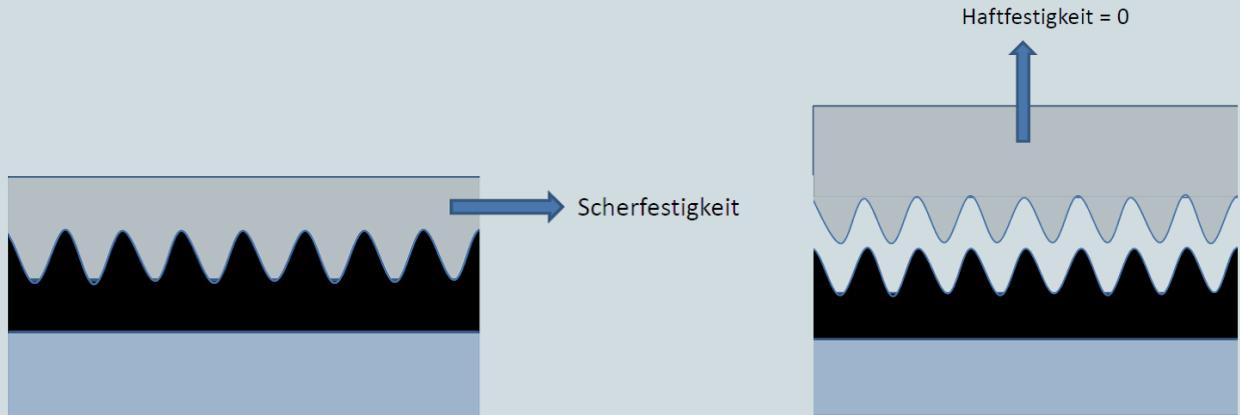


Bild 4: Scherfestigkeit und Haftfestigkeit im Falle einer rauen Oberflächenstruktur

Gerade die Kombination von Zementmörtel und Polyolefinschicht zeigt, dass eine fehlende Haftfestigkeit nicht zwangsläufig auch eine mangelhafte Scherfestigkeit bedeuten muss. Naturgemäß gibt es zwischen Zementmörtel und Polyolefinschichten nur die Möglichkeit einer mechanischen Verklammerung. Im Falle der FZM-S-Ausführung nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 wird die Verklammerung durch eine entsprechende Profilierung der Polyethylenumhüllung erreicht. Dabei werden über den Umfang verteilt T-förmig ausgebildete rau Stege extrudiert, in denen sich die Zementmörtelummantelung verkrallen kann.

Neben der Extrusion eines rauen T-Profils, das naturgemäß sowohl Haftfestigkeit als auch Scherfestigkeit ermöglicht, ist auch die Anwendung eines sogenannten Rough Coats bekannt. Die sogenannte Rough Coat-Ausführung der Polyethylenumhüllung wird gezielt zur Steigerung der Scherfestigkeit einer üblicherweise mit Stahleinlagen bewehrten Betonummantelung angewendet. Diese Ausführung der Umhüllung wird vielfach zur Offshoreverlegung eingesetzt. Nach der Extrusion der

Polyethylenenschicht rieselt dazu ein feines PE-Granulat auf die noch heiße Umhüllung. Das Granulat schmilzt auf und es entsteht eine rauere Oberflächenstruktur. Durch diese Profilierung wird ein deutlicher Scherwiderstand auf mechanischem Wege erreicht (**Bild 4**). Eine Haftfestigkeit ist jedoch nicht gegeben. Speziell diesem Effekt wurde bei der Entwicklung alternativer Mehrschichtsysteme für grabenlose Verlegeverfahren besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

3 DAS ALTERNATIVE UMHÜLLUNGSKONZEPT

Kerngedanke für die Entwicklung einer neuen Umhüllungskonzeption ist der Verzicht auf die Haftfestigkeit in einem mehrschichtigen Aufbau, um eine gegebenenfalls auftretende, bis zum Grundmaterial reichende Rissbildung zu vermeiden. Die Rissbildung wird dementsprechend im Bereich der Grenzfläche zweier nicht haftender Deckschichten gestoppt. Dabei sollte jedoch eine entsprechende Scherfestigkeit sichergestellt sein. Prinzipiell ist dieser Kerngedanke im Falle der Zementmörtelummantelungen bereits umgesetzt. Im Falle der vielfach bevorzugt eingesetzten Dickbeschichtungen auf Kunststoffbasis wurde dieser Ansatz bisher nicht berücksichtigt. Das hier vorgestellte neue Umhüllungskonzept bedient sich anstelle der Zementmörtelummantelung einer extrudierten Polypropylen- oder Polyamiddeckschicht, die sich beim Abkühlen in die rauere Oberflächenstruktur einer durch ein Rough Coat modifizierten 3-Lagen-Polyethylenumhüllung verklammert und so einen

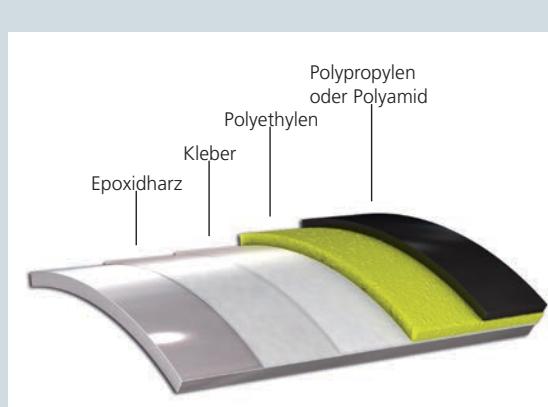


Bild 5: Aufbau der Mehrschichtumhüllung

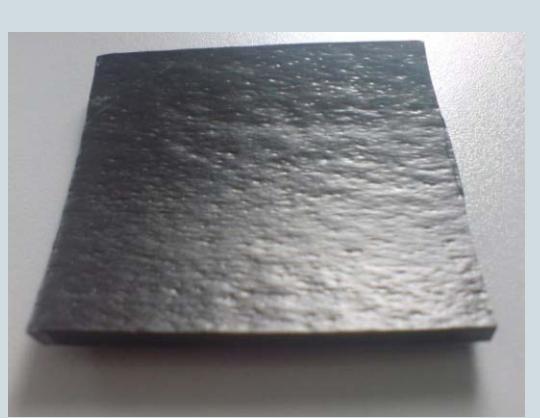


Bild 6: Unterseite der Polyamidschicht

eigenständigen mechanischen Schutz bildet (**Bild 5** und **Bild 6**). Während im Falle der Polypropylenendeckschicht durch die Temperaturführung eine Haftfestigkeit zur Polyethylenschicht unterbunden wird, verhindert im Falle des Polyamids die Kombination aus unpolarer Polyethylenschicht und polarer Polyamidendeckschicht den Haftverbund. In diesem mehrschichtigen Aufbau werden somit wie im Falle des Zementmörtels die Funktionalität des Korrosionsschutzes und die des mechanischen Schutzes gezielt voneinander getrennt.

4 EIGENSCHAFTEN DER NEUEN UMHÜLLUNGSKONZEPTION

4.1 Scherfestigkeit der Umhüllung

Die Umhüllungskombination aus Polyethylen, Rough Coat und Polyamid- bzw. Polypropylenendeckschicht wurde zur Ermittlung der Scherfestigkeit in Anlehnung an Arbeitsblatt GW 340 untersucht [8]. Dazu wird der Schutzmantel auf der Korrosionsschutzmühllung durch ein angepasstes Ringsegment abgeschoben und die erforderliche Kraft aufgezeichnet (**Bild 7**).

Zur Prüfung der Mehrschichtsysteme aus Polyethylen und Polyamid bzw. von Polyethylen und Polypropylen wurden etwa 5 cm breite Rohrsegmente geschnitten und die äußere Polyamidschicht beidseitig auf eine Breite von 25 mm bis zur Polyethylenschicht (oben) bzw. bis zum Epoxidharz (unten) abgedreht (**Bild 8** und **Bild 9**).

Ein auf den Außendurchmesser von Stahl und Polyethylenumhüllung abgestimmter Stahlring erlaubt mit seinem Überstand einen Scherbereich von etwa 5 mm (**Bild 8**). Es wurde davon ausgegangen, dass nach dem Scheren eines Bereiches von 5 mm die Messung beendet ist. Probe und aufgesetzter Ring werden unter der Prüfeinrichtung positioniert und die erforderliche Kraft zur Scherung aufgezeichnet. Die Kombination aus Polyethylen und Polyamid konnte dabei im vorgesehenen Prüfbereich mangels Überstand des Ringsegmentes nicht komplett abgeschoben werden. Die ermittelten Scherkräfte bilden somit Mindestwerte, die in der Praxis auf höherem Niveau liegen. Für den 25 mm breiten Umhüllungsstreifen mit einer Prüffläche von 175 cm² wurde eine Scherkraft von immerhin 3,6 t ermittelt. Die laut DVGW-Arbeitsblatt GW 340 auszuweisende Scherfestigkeit erreicht somit mindestens 200 N/cm².

Im Falle der Polyethylen und Polypropylenkombination konnte im Gegensatz zur Kombination aus Polyethylen und Polyamidumhüllung mit dem gewählten Versuchsaufbau im vorgesehenen Prüfbereich von 5 mm die tatsächliche Scherfestigkeit ermittelt werden. Durch die Profilierung der PE-Umhüllung wird im Falle der nicht



Bild 7: Aufbau zur Prüfung der Scherfestigkeit

haftenden Umhüllung bei gleichen Geometrien eine Scherkraft von knapp 6 t entsprechend einer nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 auszuweisenden Scherfestigkeit von 340 N/cm² ermittelt. Die für Zementmörtelummantelungen vom Typ S nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 geforderte Mindestscherfestigkeit von 50 N/cm² wird laut diesen Messergebnissen von beiden Umhüllungsvarianten weit übertroffen [8].

Obwohl die Scherfestigkeit des neuen Umhüllungssystems lediglich auf mechanischem Wege erreicht wird, liegt diese etwa auf dem gleichen Niveau wie die in der Literatur veröffentlichten Werte für 3-Lagen-Polyethylenumhüllungen. Für die 3-Lagen-Polyethylenumhüllung findet man bei Raumtemperatur Scherfestigkeiten zwischen 300 und 400 N/cm² [9].

4.2 Rissbildung im Mehrschichtsystem

Mit Hilfe einer Schlagprüfung bei niedrigen Temperaturen wurde die Rissbildung im Mehrschichtsystem näher untersucht. Da die PP-Umhüllung gegenüber dem Polyamid deutlich kälteempfindlich reagiert, wurde zur Prüfung die Kombination aus Polyethylen und Polypropylen gewählt. Die



Bild 8: Prüfling PE/PP-Kombination



Bild 9: Prüfling PE/PA-Kombination

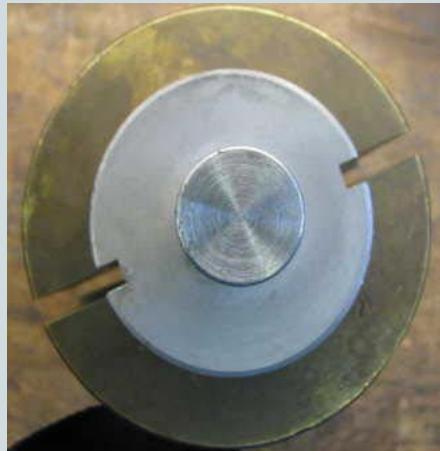


Bild 10: Fallgewicht



Bild 11: Ergebnis der Schlagprüfung

4.3 Prüfung des Eindruckwiderstandes

Zur Simulation der Belastungen während eines Einzugverfahrens wurde der sogenannte Gouge-Test nach der kanadischen Norm, der CAN CSA Z 245.20-10 [10], gewählt. Als Modellvorstellung für diese Prüfung wurde die Wirkung eines spitzen Steins gewählt, über den das Rohr beim Einzug im Bohrkanal gezogen wird. Dem entsprechend wird eine umhüllte Rohrprobe unter einer Prüfspitze

Schlagprüfung erfolgt dabei gegenüber einer Anforderung, wie sie z. B. in der Lieferbedingung von Polypropylenumhüllungen formuliert ist, unter deutlich verschärften Bedingungen (siehe DIN 30678 [3]). Es wird mit einer Schlagkraft von 200 Nm (gegenüber 10 Nm nach DIN 30678) bei Minustemperaturen (gegenüber 0 °C nach DIN 30678) geprüft, um gezielt Risse zu provozieren. Das Fallgewicht ist dabei keine Halbkugel, wie dies nach DIN 30678 vorgesehen ist. Die Prüffläche hat eine abgeflachte Form mit einem Durchmesser von 21 mm (**Bild 10**).

Mit dieser Schlagprüfung sollte die Frage geklärt werden, ob bei dem mehrschichtigen Aufbau ein in der äußeren Schicht entstandener Riss über die Grenzfläche hinweg in das darunter liegende Polyethylen übertragen werden kann. Während bei gleichem Versuchsaufbau im Falle der reinen PP-Umhüllung schon bei -10 °C Risse erzeugt werden [1], treten diese im Mehrschichtsystem erst bei -60 °C auf, was möglicherweise auf die Pufferwirkung der tendenziell weicheren Polyethylenumhüllung zurückzuführen ist. Wie erwartet, bleibt die Polyethylenumhüllung in diesem Schichtaufbau unversehrt. In **Bild 11** ist nach der Schlagprüfung im Rissbereich lediglich das schwarze Rough Coat unter der abgelösten Polypropylenumhüllung zu erkennen. Die Risse enden wie erwartet in der Grenzfläche von Polyethylen und Polypropylen.

(**Bild 12**) auf einer Länge von 50 mm durchgezogen. Die Prüfspitze wird dazu mit einem Gewicht von 50 kg beschwert (Winkel der Prüfspitze 20°, Halbkugel 2,5 mm Durchmesser). Der Vorschub der umhüllten Rohrprobe erfolgt mit einer Geschwindigkeit von 200 mm/min. Die Eindringtiefe des Dorns wird mit Hilfe einer Messuhr bestimmt. **Bild 13** zeigt die Ergebnisse dieser Messungen. Die Polyamid- und GfK-Deckschichten setzen sich deutlich von den Polyethylen- und Polypropylenenschichten ab. Der Eindruckwiderstand der Polyamidumhüllung liegt dabei fast auf dem Niveau einer GfK-Umhüllung. Dieser Test zeigt eindrucksvoll, dass die Polyamidumhüllung im Vergleich zum Polypropylen deutlich belastbarer ist und bestätigt die schon früher beschriebenen Vorteile des Polyamids [11], [12].

5 PRAXISERFAHRUNGEN

5.1 Die Umhüllungskombination aus PE und PA in der Pflugverlegung

Im Rahmen eines Sanierungs- und Ausbauprogramms wurde vom Wasserverband Bayrischer Wald eine Wassertransportleitung gebaut, um die Städte und Gemeinden des Versorgungsgebietes südlich der Donau mit Trinkwasser aus dem Grundwasserpumpwerk in Moos bei Plattling zu versorgen. Die für den Zeitraum von April bis August 2011 geplante Leitungsbaumaßnahme umfasst eine Trassenlänge von 9,5 km. Aufgrund der Bodengegebenheiten hatten sich die beteiligten Unternehmen schon in der Planungsphase entschieden, einen großen Teil der Gesamtstrecke mittels Pflugverfahren zu verlegen. Für diese Verlegeweise war etwa die Hälfte der geplanten Leitungstrasse vorgesehen. Diese wurde in 21 Einzelabschnitte mit einer maximalen Einziehänge von 760 m unterteilt. Auf einem Teil der Strecke wurde erstmalig neben der vorgesehenen Dickschichtpolyethylenumhüllung auf 1.200 m ein Mehrschichtsystem bestehend aus Polyethylen und Polyamid verwendet. Die Rohre wurden in der

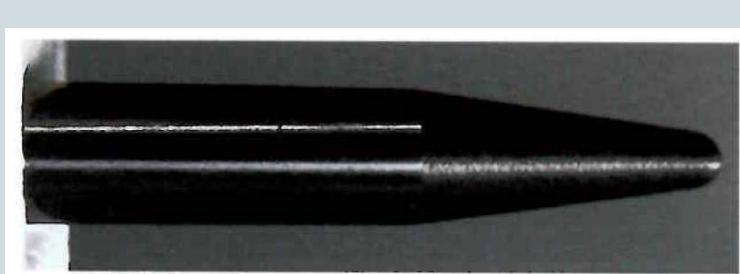


Bild 12: Prüfspitze

Leitungstrasse zu Strängen verschweißt und zum Einzug auf Rollenböcke gelagert. Zur Nachumhüllung wurden die Verbindungsgebiete gestrahlt und mit Schalungen zur Aufnahme einer Polyurethanvergussmasse versehen.

Zur Verlegung kam eine 480 PS starke Winde mit einer Zugkraft von maximal 220 t zum Einsatz (**Bild 14**). Diese Winde zieht den Verlegepflug, der das Rohr auf eine Verlegetiefe bis maximal 2,5 m bringt. Die Pflugspitze räumt und formt sowohl den Hohlraum als auch die Sohle für den Rohrstrang. Unter Berücksichtigung eines verfahrensbedingt vorgesehenen Biegeradius von 190 m kann die gewählte Rohrausführung mit einer maximalen Zugkraft von 100 t belastet werden. Diese Zugkräfte wurden jedoch selbst bei einer Einzieh länge von 760 m nicht erreicht. Die maximale Zugkraft lag nie über 60 t. Dabei spielten einerseits die gutmütigen Bodenverhältnisse, andererseits aber auch die geringe Gleitreibung der Kunststoffumhüllung eine wesentliche Rolle.

5.2 Die Umhüllungskombination aus PE und PP im HDD-Verfahren

Im Rahmen einer Umverlegung zur Versorgung eines Hotelkomplexes im Norden der Stadt Münster wurde im Auftrag der zuständigen Stadtwerke eine Gasleitung DN 200 unter einem Waldstück und dem hoteleigenen Tennisplatz hindurch verlegt. Das Spülbohrverfahren bietet sich speziell in solchen Fällen an. Im Gegensatz zum oben beschriebenen Pflugverfahren ist die Verlegung im HDD-Verfahren bzw. Spülbohrverfahren hinlänglich bekannt (**Bild 15**). Während beim Pflügen der Rohrstrang in der Regel trocken in den anstehenden Boden eingezogen wird, sorgt beim Spülbohrverfahren eine Bentonitlösung für den im Idealfall schwimmenden Einzug. Projektstart war im März/April 2013. Die mit einer Kombination aus Polyethylen- und Polypropylenumhüllung versehenen Rohre wurden zu einem Strang verschweißt. Zum Schutz der Verbindungsgebiete dient eine Nachumhüllung auf GfK-Basis. Der Rohreinzug fand im September 2013 statt. Die etwa 2,5 m tiefe Horizontalbohrung war 60 m lang. Der Leitungsstrang wurde dann im weiteren Verlauf unter einer denkmalgeschützte Mauer hindurchgeführt und anschließend in das bestehende Netz integriert.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im Bereich der grabenlosen Bauverfahren existieren verschiedene Konzepte in der Wahl von Umhüllungen und Ummantelungen. Gerade bei den bisher häufig eingesetzten Dickschichtumhüllungen sind die Funktion des Korrosionsschutzes und die des mechanischen Schutzes untrennbar miteinander verbunden. Ereignisse der jüngeren Vergangenheit erlauben einen tieferen Einblick in die bruchmechanischen Eigenschaften von Kunststoffen, die nicht nur allein auf das neuwertige Produkt beschränkt bleiben können. Es sind zwangsläufig auch zeitliche Veränderungen dieser Werkstoffe zu berücksichtigen. Mechanische Belastungen, die am neuwertigen Material

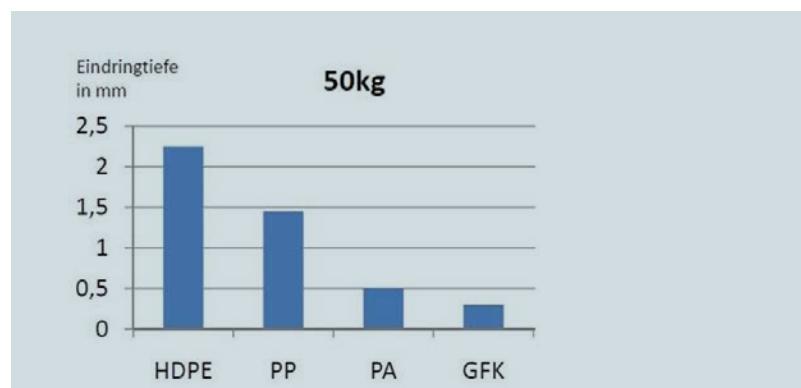


Bild 13: Ergebnisse verschiedener Umhüllungen im Gauge-Test (Prüfung nach CAN CSA Z 245.20-10 [10])



Bild 14: Die Umhüllungskombination von Polyethylen und Polyamid in der Pflugverlegung



Bild 15: Die Umhüllungskombination von Polyethylen und Polypropylen im Spülbohrverfahren

keine Probleme bereiten, können im späteren Betrieb zur Rissbildung führen. Da diese Risse bis zum Stahlgrundmaterial reichen, ist bei solchen Dickschichtsystemen die Funktion des passiven Korrosionsschutzes nicht mehr gegeben.

Bei den zusätzlich mit Zementmörtel ummantelten polyethylen- oder polypropylenumhüllten Rohren ist die Funktion des Korrosionsschutzes und des mechanischen Schutzes seit jeher voneinander getrennt. Im Falle von Biegungen beispielsweise, wie sie bei der Handhabung an der Baustelle auftreten können, ist eine Rissbildung in der Zementmörtelummantelung gar nicht ungewöhnlich. Die Armierung der Ummantelung mit Fasern und Gewebebandagen dient dabei zur Rissüberbrückung, um den Zusammenhalt der Ummantelung für die weitere Handhabung sicherzustellen. Da Zementmörtel und Polyethylen keine stoffliche Verbindung eingehen, sind Risse im Mörtel für die Funktion des Korrosionsschutzes ohne Bedeutung.

Bei den hier vorgestellten neuen Mehrschichtumhüllungen wird durch die gezielte Wahl der Umhüllungswerkstoffe und gegebenenfalls der Fertigungsparameter diese Konzeption einer Trennung der Funktionen von Korrosionsschutz und mechanischem Schutz auf reine Kunststoffumhüllungssysteme übertragen. Die für den Anwendungsbereich einer grabenlosen Verlegung erforderliche Scherfestigkeit wird durch das Rough Coat und das damit verbundene mechanische Verkrallen der Schichten realisiert.

Erste Anwendungserfahrungen zeigen, dass bei der Verlegung keine Beeinträchtigungen gegenüber den bisher verwendeten Dickschichtsystemen erkennbar sind. Vorteile in der Langzeitbeständigkeit sind im Falle der bei solchen Verlegeverfahren typischen Kombination aus Rissen und/oder Kerben sowie Punktlasten bzw. Punktbelastungen zu erwarten. Sollten im Laufe der Zeit durch eine alterungsbedingte Versprödung einwirkende Kräfte aus Punktlasten und Punktbelastungen durch eine Rissbildung in der äußeren Deckschicht abgebaut werden, bleibt diese im Einbauzustand durch den anstehenden Bodendruck formstabil. Die Funktion des Korrosionsschutzes der darunterliegenden Umhüllungsschicht wird nicht beeinträchtigt. Hier sind die neu entwickelten Mehrschichtsysteme den bisher eingesetzten Dickschichtsystemen gegenüber deutlich überlegen und erweitern so das Produktspktrum an Sonderlösungen für den Rohrleitungsbau.

7 LITERATUR

- [1] H.-J. Kocks, C. Bosch, M. Betz; „Die bruchmechanischen Eigenschaften der Polyolefine; 3R international 50 (2011) H. 8-9, S. 618-625
- [2] DIN 30670: Polyethylen-Umhüllungen von Rohren und Formstücken aus Stahl Anforderungen und Prüfungen, DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2012).
- [3] DIN 30678: Polypropylen-Umhüllungen von Rohren und Formstücken aus Stahl Anforderungen und Prüfungen, DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2013).
- [4] DIN EN ISO 4624: Beschichtungsstoffe Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit, ISO (2003).
- [5] AS/NZS 1518: External extruded high-density polyethylene coating systems for pipes, Standards Australia/Standards New Zealand (2002).
- [6] ASTM D 1002: Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal), American Society for Testing and Materials (2010).
- [7] DIN EN 1465: Klebstoffe - Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Überlappungsklebungen, DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2009).
- [8] DVGW Arbeitsblatt GW 340: FZM-Ummantelung zum mechanischen Schutz von Stahlrohren und -formstücken mit Polyolefinumhüllung, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (04-1999).
- [9] S. W. Guan, P. Mayes, A. Andrenacci, D. Wong: ADVANCED TWO LAYER POLYETHYLENE COATING TECHNOLOGY FOR PIPELINE PROTECTION, Corrosion Control 2007, Sydney, Australia, November 25, 2007. CAN CSA Z 245.21-10: Plant-applied external polyethylene coating for steel pipe, Canadian standards association (May 2010).
- [10] M. Hartmann, H.-J. Kocks, S. Maier; „Umhüllungen aus Polyamid für grabenlose Bauweisen“; GWF Gas Erdgas (2011), H. 12, S. 846-854
- [11] S. Maier, H.-J. Kocks; „Die Polyamidumhüllung, eine Lösung für die Pflugverlegung von Stahlrohrleitungen“; 3R international 50 (2011), H. 10, S. 48-50

AUTOREN



Dr. HANS-JÜRGEN KOCKS

Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH,
Siegen
Tel. +49 271 691-170
E-Mail: hans-juergen.kocks@smlp.eu



Dr. MARKUS BETZ

Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH,
Duisburg
Tel.: +49 203 999-3113
E-Mail: m.betz@du.szmf.de



RALF NORDMANN

Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH,
Siegen
Tel.: +49 271 691-246
E-Mail: ralf.nordmann@smlp.eu