

Umhüllungen und Ummantelungen von Stahlleitungsrohren

Sonderdruck 009

Umhüllungen und Ummantelungen von Stahlleitungsrohren

Hans-Jürgen Kocks

Erdverlegte Rohrleitungen haben als Transportmittel der wichtigsten Energieträger sowie der Wasserver- und Abwasserentsorgung große volkswirtschaftliche Bedeutung. Aktive und passive Schutzmaßnahmen bilden die Basis für einen störungsfreien Betrieb dieser Rohrleitungen. Diese lassen sich in werks- und bau- bzw. einseitig ausgeführte Schutzmaßnahmen unterscheiden. Zu den bau- bzw. einseitig durchgeführten Maßnahmen zählen im Falle der Stahlleitungsrohre beispielsweise die Nachumhüllung der Rohrverbindungen und der kathodische Korrosionsschutz. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Entwicklung, des in den Normen festgelegten aktuellen Standes der Technik und über die Einsatzmöglichkeiten der werksseitig ausgeführten Umhüllungen und Ummantelungen von Stahlleitungsrohren.

1. Polyethylen- und Polypropylenumhüllungen für Stahlrohrleitungen

Der Einsatz von Polyethylen und Polypropylen für die Umhüllung von Stahlleitungsrohren ist anerkannter Stand der Technik. Ein wesentlicher Vorteil dieser Materialien liegt in der chemischen Beständigkeit, die den Einsatz dieser Rohrumhüllungen in allen Bodenaggressivitätsstufen ermöglicht. Polyethylen als Umhüllungsmaterial hat das früher standardmäßig eingesetzte Bitumen vollständig verdrängt. Ende der 50er Jahre wurde die Polyethylenumhüllung als Korrosionsschutz erdverlegter Stahlrohre eingeführt. Im Vergleich zum Bitumen zeichnet sich das Polyethylen vor allem durch den deutlich größeren elektrischen Umhüllungswiderstand aus. So können beispielsweise heute problemlos über 100 km Pipeline mit einer Kathodenschutzeinrichtung überwacht und geschützt werden.

Die ersten Polyethylenumhüllungen wurden im sogenannten Sinterverfahren hergestellt. Die Rohre wurden zunächst mit Stahlkorn metallisch blank gestrahlt. Bei einer Oberflächentemperatur von etwa 300 °C rieselte Polyethylenpulver auf das sich drehende Rohr und verschmolz bei Kontakt mit der Rohroberfläche zu einer homogenen Schicht. Diese Pulverbeschichtungen hatten im Vergleich zu den später im Schlauchextrusionsverfahren hergestellten Umhüllungen den Nachteil der geringeren Haftung und Reißdehnung. Das gesinterte Polyethylen verhält sich im Vergleich zu den heute üblicherweise extrudierten Materialien relativ spröde.

Die heute gebräuchlichen Schlauch- und Wickelextrusionsverfahren werden seit Mitte der 60er Jahre eingesetzt und haben das Sinterverfahren im Bereich der Rohrumhüllungen inzwischen vollständig verdrängt. So wurde anfänglich eine Zweischichtumhüllung bestehend aus Kleber und Polyethylen hergestellt. Ab Mitte der 80er Jahre kamen Dreischichtsysteme zum Einsatz. Diese Dreischichtumhüllungen verfügen über einen zusätzlichen Primer auf Epoxidharzbasis. Diese auf die Praxis ausgerichteten Systeme erzielen bei Raumtemperatur hohe Haftfestigkeiten und erlauben bei der Herstellung von Schnittrohren den problemlosen Rückschnitt des Polyethylens durch Erwärmen der Rohrenden. Als Materialien sind sowohl Polyethylene niedriger Dichte (LDPE) als auch Polyethylene hoher Dichte (MDPE und HDPE), beispielsweise für erhöhte Betriebstemperaturen im Einsatz. Umhüllungen aus Polypropylen (PP) haben im Vergleich zum Polyethylen bisher nur geringe Bedeutung und werden überwiegend für Sonderanwendungen, wie die grabenlose Rohrverlegung, eingesetzt.

Die Anwendungsbereiche von Schlauch- und Wickelextrusionsverfahren sind in der Regel auf unterschiedliche Dimensionsbereiche der Stahlrohre beschränkt. Das Wickelextrusionsverfahren kommt vor allem bei Großrohren zum Einsatz. Nach dem Stahlstrahlen auf einen Reinheitsgrad von SA 2 1/2 und Vorwärmen der Rohre auf etwa 200 °C erfolgt die Epoxidharzprimerbeschichtung als Pulverapplikation, während Kleber und Polyethylen bzw. Polypropylen anschließend über Seitenextruder mit Hilfe von Anpreßrollen aufgebracht werden.

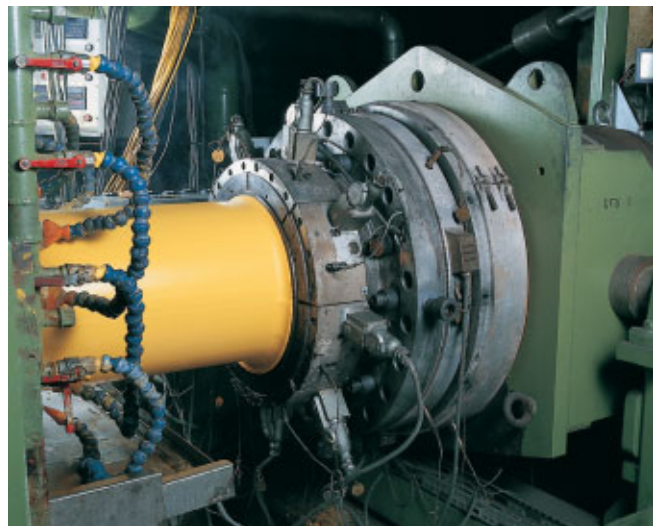


Abb.1: Das Schlauchextrusionsverfahren zur Herstellung der Polyethylenumhüllung

Bei der Schlauchextrusion werden Primer und Kleber in der Regel als Pulverbeschichtung appliziert. Im letzten Arbeitsgang erfolgt hier die Extrusion von Polyethylen oder Polypropylen als nahtloser Schlauch (Abb. 1). Die Schlauchextrusion hat sich vor allem bei Rohren im Nennweitenbereich bis max. DN 600 durchgesetzt.

2. Die Zementmörtelummantelung als mechanische Schutzmaßnahme

Kunststoffumhüllte Stahlrohre müssen entsprechend den technischen Regeln in steinfreies Material gebettet werden. Die mögliche Einsparung solcher Bettungen war Mitte der 80er Jahre Auslöser für die Entwicklung einer Faser-Zement-Mörtel-Ummantelung als Schutz gegen mechanische Beschädigungen der Polyethylenumhüllung.

Das heute bevorzugte Herstellungsverfahren für die Zementmörtelummantelung ist mit der Wickelextrusion einer Polyethylenumhüllung vergleichbar (Abb. 2). Der mit Kunststofffasern modifizierte Mörtel wird über eine Flachdüse auf das sich drehende Rohr aufgebracht. Für den Halt der frischen Mörtelschicht auf der kunststoffumhüllten Rohroberfläche sorgt eine gleichzeitig gewickelte Polyethylenbandage. Die Bandage wird leicht in die Mörteloberfläche eingearbeitet und übernimmt im ausgehärteten Zustand des Mörtels die Funktion einer Armierung.



Abb. 2: Herstellung der Zementmörtelummantelung

3. Die Normung der Umhüllungen und Ummantelungen von Stahlleitungsrohren

Nach derzeitigem Stand der Technik werden Polyethylenumhüllungen national entsprechend der DIN 30670 aus dem Jahr 1991 und Polypropylenumhüllungen nach DIN 30678 gefertigt. Die Umhüllungen werden in Schichtdicken gemäß Tabelle 1 gefertigt.

Tabelle 1: Normschichtdicken der Polyethylen- und Polypropylenumhüllungen

Polyethylenumhüllungen nach DIN 30670			Polypropylenumhüllungen nach DIN 30678	
Rohrdurchmesser	Schichtdicke		Rohrdurchmesser	Schichtdicke
	n	v		
bis DN 100	1,8 mm	2,5 mm	bis DN 100	1,8 mm
über DN 100 bis DN 250	2,0 mm	2,7 mm	DN 125 bis DN 250	2,0 mm
über DN 250 bis unter DN 500	2,2 mm	2,9 mm	DN 300 bis DN 500	2,2 mm
ab DN 500 bis unter DN 800	2,5 mm	3,2 mm	ab DN 600	2,5 mm
ab DN 800	3,0 mm	3,7 mm		

Die Entwicklung der Normung insbesondere für die Polyethylenumhüllung von Stahlrohren ist eng verknüpft mit dem technischen Fortschritt der Vormaterialqualität und der Herstellungsverfahren. Während von der DIN 30678 für die Polypropylenumhüllung nur eine Fassung aus dem Jahr 1992 existiert, wurde die bereits 1974 erstmals publizierte DIN 30670 für Polyethylenumhüllungen mehrfach überarbeitet. Die erste überarbeitete Fassung aus dem Erscheinungsjahr 1980 brachte die erste Anhebung der Schälwiderstände für die Polyethylenumhüllung. Diese Mindestanforderungen wurden 1991 durch eine Prüfung bei höherer Temperatur ergänzt.

Auf europäischer Ebene wurde in den letzten Entwürfen der Normen eine weitere Anhebung der Schälwiderstände auf 80 N/cm bei Raumtemperatur und 30 N/cm bei 50 °C (Schlauchextrusion) bzw. 60 °C (Wickelextrusion) diskutiert. Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Mindestanforderungen für die Schälwiderstände der Polyethylenumhüllungen von Stahlrohren.

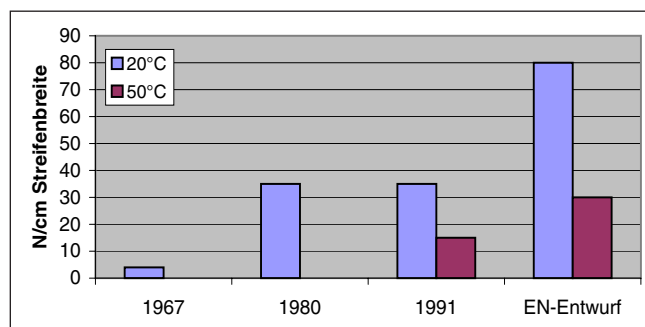


Abb. 3: Entwicklung der Mindestanforderungen für die Schälwiderstände der Polyethylenumhüllung

Neben den Anforderungen an die fertigungsbedingten Produkteigenschaften wurden auch materialeitig die Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit des Polyethylens erhöht. Noch 1974 wurde beispielsweise eine kombinierte Prüfung der Wärme- und Lichtalterung des Polyethylens bei 65 °C, und 800 Stunden Bestrahlung mit einer Xenonbogenlampe gefordert. In der DIN 30670 aus dem Jahr 1980 wurde diese kombi-

nierte Prüfung getrennt. Die Prüfung der Wärmealterung erfolgte in einem Zeitraum von 2400 Stunden bei 100 °C und die Prüfung der Lichtalterung des Polyethylens bei gleicher Versuchsdauer und einer Prüftemperatur von 45 °C. Seit 1991 wird in der DIN 30670 für die Lichtalterung ein definierter Energieeintrag von 7 GJ mit zusätzlicher Bewitterung, d.h. mit zusätzlichem Befeuchten der Proben während der Auslagerung, gefordert. Die Anforderungen an die thermische Beständigkeit des Polyethylens blieben seit 1980 unverändert. Ein anderes Beispiel für zusätzliche Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit des Polyethylens ist die auf europäischer Ebene diskutierte Spannungsrißbeständigkeit. So wird die Prüfung der Spannungsrißbeständigkeit von Polyethylen- und Polypropylenummüllungen voraussichtlich Bestandteil der jeweils geltenden europäischen Normen.

Auf europäischer Ebene sind als Ersatz für die DIN 30670 drei europäische Normen vorgesehen:

- für die Dreischicht-Polyethylenummüllung, die EN 10285 (Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserlegte Rohrleitungen – Im Dreischicht-Verfahren extrudierte Polyethylenbeschichtungen)
- für die im Sinterverfahren gefertigte Umhüllung, die EN 10287 (Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserlegte Rohrleitungen – Aufgeschmolzene Polyethylenbeschichtungen) und
- für die Zweischichtummüllung, die EN 10288 (Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserlegte Rohrleitungen – Im Zweischicht-Verfahren extrudierte Polyethylenbeschichtungen).

Die Polypropylenummüllung nach DIN 30678 wird zukünftig in der DIN EN 10286 (Stahlrohre und -formstücke für erd- und wasserlegte Rohrleitungen – Im Dreischicht-Verfahren extrudierte Polypropylenbeschichtungen) genormt sein.

Für die FZM-Ummantelung liegt bisher kein europäischer Normentwurf vor. 1999 wurde das DVGW Arbeitsblatt GW 340 publiziert, in dem die Anforderungen und Prüfungen für diesen mechanischen Schutz der Kunststoffummüllung von Stahlrohren festgelegt sind. Das DVGW-Arbeitsblatt GW 340 unterscheidet zwei Ausführungen der Zementmörtelummantelung. Die Sonderausführung (S) zeichnet sich im Gegensatz zur Normalausführung (N) durch den Haftverbund zwischen Kunststoffummüllung und Zementmörtel aus. Die Sonderausführung wird im Falle besonderer mechanischer Beanspruchungen, wie sie beispielsweise bei der grabenlosen Rohrverlegung auftreten, eingesetzt. Während im Falle der Polyethylenummüllung separate Normen und Richtlinien für die Nachummüllung an der Baustelle existieren, wurden die Anforderungen an die Materialien zur Vervollständigung der Zementmörtelummantelung in das DVGW-Arbeitsblatt GW 340 mit aufgenommen. Die in der Regel dazu eingesetzten Gießmörtel und Zementbinden sind so zu gestalten und

zu verarbeiten, daß die Nachummüllung die gleichen Eigenschaften wie die Zementmörtelummantelung der Rohre aufweist.

4. Umhüllungen und Ummantelungen in der Planung von Rohrleitungen

Der Einsatz von Stahlrohren ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Rohrausführungen und damit von Möglichkeiten in der Verlegung. Bei der Auswahl von Umhüllungen und Ummantelungen sind in der Planungsphase sowohl die Bodenverhältnisse im Trassenbereich als auch die vorliegenden Betriebsbedingungen zu berücksichtigen. Die Betriebsbedingungen und dabei insbesondere die Betriebstemperatur spielen eine wesentliche Rolle in der Auswahl der jeweiligen Materialien zur Umhüllung der Rohre. Für Standardbetriebsbedingungen, d.h. Betriebstemperaturen bis 50 °C wird für Polyethylenummüllungen die Ausführung N nach DIN 30670 gewählt, während Betriebstemperaturen bis 70 °C, wie sie beispielsweise im Bereich von Verdichterstationen von Gashochdruckleitungen auftreten, die Ausführung S oder im Falle höherer Temperaturen die Polypropylenummüllung nach DIN 30678 erfordern (Tab. 2).

Tabelle 2: Umhüllungen und Ummantelungen für Stahlleitungsrohre

Umhüllungsart	Betriebsbedingungen zur Betriebstemperatur	an der Umhüllung ermittelte Schlagbeständigkeit
Polyethylen Typ N nach DIN 30670	max. 50 °C	12 Nm (Schichtdicke 2 mm)
Polyethylen Typ S nach DIN 30670	max. 70 °C	15 Nm (Schichtdicke 2 mm)
Polypropylen nach DIN 30678	max. 110 °C	20 Nm (Schichtdicke 2 mm)
Zementmörtelummantelung nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340	je nach Kunststoffummüllung	180 Nm (Schichtdicke 9 mm)

Polyethylen- und Polypropylenummüllung können aufgrund ihrer chemischen Beständigkeit in allen Bodenaggressivitätsstufen eingesetzt werden. Aufwändige Untersuchungen, wie sie für eine Beurteilung der Bodenaggressivität nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 erforderlich sind, entfallen. Die ermittelten Schlagbeständigkeiten der verschiedenen Kunststoffummüllungen zeigen, daß in Bezug auf die mechanischen Eigenschaften kaum signifikante Unterschiede zu erzielen sind (Tab. 2). Zur Vermeidung mechanischer Verletzungen müssen daher kunststoffummüllte Rohrleitungen in steinfreies Material gebettet werden. Diese Sandbettung bedeutet je nach regionalen Gegebenheiten einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor. Hier bietet sich die Zementmörtelummantelung an, die im Vergleich zu den Kunststoffummüllungen deutlich günstigere mechanische Eigenschaften aufweist und daher die Wiederverfüllung des Rohrgrabens mit dem vorhandenen Grabenmaterial zuläßt.

Die Flexibilität des Stahlrohres erlaubt die Herstellung von Feldbögen, wodurch bei entsprechender Planung Formteile eingespart werden. Dabei können kunststoffumhüllte Stahlrohre bis zu 1.5° und zusätzlich mit Zementmörtel ummantelte Stahlrohre bis 1° gebogen werden. Hinweise für die Herstellung solcher Feldbögen gibt das VDTÜV-Merkblatt 1054.

Die Zementmörtelummantelung bietet aus technischer Sicht Vorteile insbesondere durch die mechanische Schutzwirkung während der Verlegung und bei späteren Aufgrabungen im Trassenbereich. Die Nachteile einer Sandbettung, wie breitere Arbeitsstreifen für den Transport von Sand und Aushubmaterial sowie die gefürchtete Drainagewirkung in landwirtschaftlich genutzten Flächen und Naturschutzgebieten entfallen. Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich nicht nur aufgrund der eingesparten Sandbettung, sondern auch aufgrund entfallender Transportkosten für Sand und Aushub sowie evtl. erforderlicher Deponiekosten beim Bodentausch.

Das Biegen der Rohre im elastischen Bereich wird z.B. bei geringfügigen Richtungsänderungen im Rohrgraben, bei der grabenlosen Verlegung oder auch im Falle der Pipelineverlegung ausgenutzt. Bei der Pipelineverlegung wird der komplette Rohrstrang neben dem Graben vormontiert und mit Hebezeugen im Rahmen der zulässigen elastischen Biegung in den Graben abgesenkt (Abb. 4). Die Berechnung der elastischen Biegeradien ist für Gasleitungen in den DVGW-Arbeitsblättern G 462 und G 463 festgelegt. Für zementmörtel ausgekleidete Wasser- und Abwasserleitungen entspricht der zulässige Biegeradius dem 500fachen des Rohraußendurchmessers in mm ($R_{zul} = 500 \cdot D_a$). Die hier angegebenen elastischen Biegeradien gelten in gleichem Maße für kunststoffumhüllte und zementmörtelummantelte Stahlrohre.

Auch in der grabenlosen Rohrverlegung kommen je nach den vorliegenden Bodenverhältnissen die hier beschriebenen Umhüllungssysteme zum Einsatz. So werden beispielsweise in den sandigen Böden Norddeutschlands überwiegend polyethylen- oder die mechanisch beständigeren polypropylenumhüllten Rohre eingesetzt. Die grabenlose Verlegung in steinigem oder gar felsigen Böden ist wiederum der bevorzugte Einsatzbereich der Zementmörtelummantelung, hier jedoch in der Sonderausführung nach DVGW-Arbeitsblatt GW 340 mit entsprechender Haftung zwischen Polyethylen und Mörtelschicht. Die grabenlose Rohrverlegung erfordert im Gegensatz zur konventionellen Rohrverlegung z.T. besondere Maßnahmen bei der Nachumhüllung der Schweißnähte an der Baustelle. So werden beispielsweise kunststoffumhüllte Rohre im Verbindungsbereich zur Verstärkung der standardmäßigen Nachumhüllungssysteme mit GFK-Matten versehen, die unter Wärmeeinfluß oder UV-Bestrahlung aushärten. Bei der Zementmörtelummantelung wird hier insbesondere der Gießmörtel eingesetzt, weil dieses System mit der Mörtelschicht der Rohre bündig abschließt.

Die Zementmörtelummantelung bietet in den größeren Schichtdicken eine weitere interessante Lösung als Ballastcoating für die Seeverlegung. Die Schichtdicke der Zementmörtelummantelung wird hier so abgestimmt, daß die Mörtelmasse dem Auftrieb der Rohre entgegenwirkt.

Die hier beschriebenen Beispiele von Anwendungsmöglichkeiten zeigen, daß die unterschiedlichen Ausführungen der Stahlleitungsrohre einerseits durch eine Vielzahl von Möglichkeiten in der Verlegung gekennzeichnet sind und andererseits ihren Aufgabenstellungen entsprechend auch optimal angepaßte Systeme darstellen. Stahlleitungsrohre werden seit vielen Jahrzehnten für den Transport brennbarer Flüssigkeiten und Gase sowie in der Wasserver- und Abwasserentsorgung eingesetzt. Das Erscheinungsbild dieser Produkte hat sich, wie gerade die Umhüllungen und Ummantelungen der Stahlrohre zeigen, im Laufe der Zeit gewandelt und sich entsprechend den Erfahrungen der Praxis weiterentwickelt. Es gibt keinen Rohrwerkstoff, dessen Anwendungsmöglichkeiten aber auch Einsatzgrenzen mit gleicher Ausführlichkeit in den Regelwerken beschrieben und erfaßt sind. Dem Anwender bietet diese umfangreiche Dokumentation die Chance, mit Gestaltungsmerkmalen wie den Verbindungstechniken, Materialgütern, Wanddicken, Auskleidungen oder auch den hier vorgestellten Umhüllungsmöglichkeiten Stahlrohrleitungen für jedes gewünschte Sicherheitsniveau im Rohrleitungsbau und -betrieb wirtschaftlich realisieren zu können.



Abb. 4: Pipelineverlegung einer polyethylenumhüllten Stahlrohrleitung



Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH
In der Steinwiese 31 | 57074 Siegen
Telefon: 0271 691-0 | Telefax: 0271 691-299
info@smlp.eu | www.smlp.eu

