

Rohrumhüllungen für erdverlegte Stahlrohrleitungen in Deutschland.

Dr. rer.nat. Gerhard Heim, Hilden

Kurzer Überblick über die 1. historische Entwicklung

In Deutschland werden - abgesehen von ganz wenigen Ausnahmen - Stahlrohre ausschließlich in ortsfesten Anlagen von Röhrenwerken bzw. von speziellen Beschichtungsfirmen mit Beschichtungsstoffen umhüllt. Von etwa 1930 an wurde geblasenes Erdölbitumen als Beschichtungsstoff verwendet. In die etwa 4 mm dicke Umhüllung war zur mechanischen Verstärkung der Umhüllungsschicht ein Gewebe aus Jute eingelagert. Nachdem man erkannt hatte, daß infolge der Dochtwirkung der Jute lokale Korrosionsangriffe auf der Rohroberfläche bei sonst intakter Umhüllung auftraten, wurde die Jute durch Wollfilzpappe ersetzt. Diese Trägereinlage zeigte zwar keine Dochtwirkung, brachte aber infolge ihrer großen Steifigkeit Schwierigkeiten bei der Verarbeitung mit sich. Um auch diesen Nachteil zu vermeiden wurden etwa von 1950 an Glasvlies als Trägereinlage eingesetzt. Versuche an Stelle des Glasvlieses Glasgewebe als Trägermaterial einzusetzen zeigten, daß bei diesem Material - im Gegensatz zum Glasvlies - mit einer Dochtwirkung zu rechnen ist. Um diesen Nachteil zu vermeiden, wird Glasgewebe nur dann eingesetzt, wenn zwischen Stahloberfläche und Glasgewebe eine 2mm dicke Bitumenschicht vorhanden ist. In der allgemeinen Praxis wird Glasgewebe bei der doppelten Bitumentumhüllung mit Schichtdicken von 6 bis 8 mm bei der zweiten Lage der Umwicklung verwendet, wobei für die erste Umwicklungslage Glasvlies verwendet wird.

In Deutschland gab es eine ständige Diskussion über den Einsatz von Erdölbitumen und Steinkohlenteerpech als Beschichtungsstoff. Ganz allgemein setzte sich der Standpunkt durch, daß man mit beiden Beschichtungsstoffen gute Rohrumhüllungen herstellen kann, wobei gewisse Unterschiede beider Stoffe nicht

übersehen wurden. Man kann im wesentlichen zwei Gründe anführen, die dazu geführt haben, daß in Deutschland fast ausschließlich Erölbitumen verwendet wurde:

- Die Geruchsbelästigung bei der Verarbeitung von Teerpech war auf die Dauer nicht tragbar
- Für die Außenumhüllung und die Innenauskleidung der Stahlrohre sollte einheitlich nur ein Beschichtungsstoff verwendet werden. Da Teerpech Geschmacksstoffe an das Trinkwasser abgibt, scheidet es für die Innenauskleidung und damit als Beschichtungsstoff überhaupt aus.

Anfang der 60er Jahre wurden Überlegungen und Versuche mit dem Ziel angestellt einen geeigneten Kunststoff für die Stahlrohrumhüllung herauszufinden. Aus preislichen Gründen kamen nur die relativ billigen Massen-Kunststoff in Betracht. Polyvinylchlorid (PVC) schied u.a. wegen seiner Schlagempfindlichkeit bei tiefen Temperaturen aus. Bei dieser Entscheidung spielt auch das Problem der Weichmacherwanderung eine Rolle. Die Wahl fiel schließlich auf den Beschichtungsstoff Polyäthylen (PE), der folgende Vorzüge aufweist:

- Sehr hohe mechanische Widerstandsfähigkeit
- ausgezeichnete elektrische Eigenschaften
- bei Schichtdicken zwischen 1,8 und 3,5 mm sehr preisgünstig.

In den letzten Jahren wird versucht auch andere Kunststoffe als PE für die Rohrumhüllung einzusetzen. Es handelt sich hierbei um die Epoxid-Pulver-(EP) Beschichtung mit Schichtdicken um 300 µm und um die Beschichtung mit Polyurethan-Teer (PUR-Teer, Schichtdicke 1,5 mm). Die Erfahrungen mit beiden Beschichtungssystemen sind in Deutschland noch verhältnismäßig gering, so daß zur Zeit noch keine endgültige Bewertung abgegeben werden kann.

mit mehr oder weniger großen Abplatzungen der Umhüllungsschicht zu rechnen ist.

Bei kathodisch geschützten erdverlegten Rohrleitungen werden bei sämtlichen Umhüllungssystemen Haftverluste, die von Fehlstellen in der Umhüllung ausgehen, beobachtet. Zur quantitativen Erfassung dieser Erscheinung werden im Laboratorium Versuche durchgeführt, die unter dem Kennwort "Disbonding-Test" bekannt geworden sind. In Tafel 3 sind einige Werte aus einer Versuchsreihe, die gemeinsam mit der Ruhrgas durchgeführt wurde, zusammengefaßt. Bei diesen Versuchen konnten folgende wichtige Feststellungen getroffen werden:

- Nach einer Versuchsdauer von einem Jahr nimmt die Unterwanderungstiefe praktisch nicht mehr zu
- die Unterwanderungstiefe ist vom Rohr/Boden-Potential abhängig
- die Unterwanderungstiefe ist auf die Ausbildung eines sehr dünnen stark alkalischen Filmes zurückzuführen
- im Bereich des Haftverlustes bilden sich keine sichtbaren Spalte zwischen Umhüllung und Rohroberfläche
- eine Anrostung im Haftverlustbereich wurde nicht festgestellt, was auf die Bildung des erwähnten alkalischen Filmes zurückzuführen ist.
- die mechanischen Eigenschaften der Umhüllungsschichten werden nicht nachteilig beeinflusst.

Die praktischen Erfahrungen mit kathodisch geschützten, PE-umhüllten Rohrleitungen haben immer wieder gezeigt, daß der Schutzstrombedarf konstant bleibt, obwohl mit Sicherheit einige Fehlstellen in der PE-Umhüllung bzw. in den Umhüllungen an den Rohrverbindungsstellen vorhanden sind und hier eine Unterwanderung

2. Eigenschaften der Rohrumhüllungen.

Eine wichtige Größe für die Beurteilung einer Rohumhüllung ist der spezifische Umhüllungswiderstand r_u . Anhand der in Tafel 1 aufgeführten Werte für die in Abschnitt 1. besprochenen Umhüllungen erkennt man, daß die theoretisch ohne Elektrolytbeanspruchung errechneten Werte in Laborversuchen, dh. also bei Elektrolytbeanspruchungen, bis auf PUR-Teer nicht erreicht werden. Bei Bitumen wirkt sich die Wasseraufnahme nach 15 Jahren Beanspruchungsdauer in einer deutlichen Erniedrigung des r_u -Wertes aus. Allerdings muß man berücksichtigen, daß $r_u = 10^6 \Omega \text{ m}^2$ immer noch einen sehr hohen Wert darstellt. Bei der PE-Umhüllung zeigt sich während der 10 jährigen Versuchsdauer keine Veränderung der Ausgangswerte, was die gleichbleibend hohe elektrische Isolationsfähigkeit auch bei Elektrolytbeanspruchung zeigt. In der letzten Spalte der Tafel 1 sind die r_u -Werte aufgeführt, die sich aus der Schutzstromdichte kathodisch geschützter erdverlegter Rohrleitungen errechnen lassen. Diese Werte liegen um einige Zehnerpotenzen niedriger als die Laborwerte, die an Proben ohne Fehlstellen erzielt wurden. Jede Fehlstelle in einer Umhüllung erniedrigt den r_u -Wert, wobei die Größe und Anzahl der Fehlstellen, sowie der spezifische Bodenwiderstand die maßgebenden Größen darstellen.

Die mechanischen Eigenschaften der Rohrumhüllungen spiegeln sich in den Werten für die Eindruckfestigkeit und die Schlagfestigkeit wieder (Tafel 2). Die Druckfestigkeit der PE-Umhüllung liegt gegenüber dem Wert für die Bitumenumhüllung um den Faktor 100 höher. Diese im Labor ermittelten Werte bestätigen die Beobachtungen der Praxis, wonach Eindruckstellen in der PE-Umhüllung auch unter schwierigen Bedingungen nicht mehr beobachtet werden. Die nach der "Up and down-Methode" ermittelte Schlagarbeit zeigt das gute Verhalten der PE-Umhüllung. In der Praxis treten bei PE-Umhüllungen nur dann Beschädigungen auf, wenn außergewöhnlich hohe Schlagbeanspruchungen stattfinden. Hierbei ist die Größe der Beschädigung bei der PE-Umhüllung nicht sehr hoch, während bei der Bitumenumhüllung stets

stattfindet. Hierdurch wird bestätigt, daß die Unterwanderung durch kathodische Polarisation keinen nachteiligen Einfluß auf den Korrosionsschutz der Außenflächen der Rohrleitungen hat. Es besteht daher Grund zu dem nachdrücklichen Hinweis, daß man die Erscheinung des Haftverlustes nicht überbewerten soll.

3. Die Normung der Rohrumhüllungen.

Zur Gütesicherung der Werksumhüllung werden in Deutschland eine Reihe von Normen aufgestellt (Tafel 4). Bei der Verlegung der Rohrleitungen müssen auch die Rohrverbindungen auf der Baustelle umhüllt werden, wobei es sowohl auf die Güte des Beschichtungsmaterials in Form von Binden bzw. Schläuchen, als auch die Sorgfalt bei den Umhüllungsarbeiten ankommt. Zur Gütesicherung der Baustellenumhüllung wurde daher ebenfalls eine Norm erarbeitet, die in Tafel 4 aufgeführt ist. Bei der Normung in Deutschland wurde besonderer Wert auf möglichst weitgehende Übereinstimmung der Prüfverfahren gelegt. Dieses Vorhaben konnte aber nicht in allen Fällen konsequent durchgeführt werden, da die Umhüllungssysteme aufgrund ihrer werkstoffspezifischen Eigenschaften eine Vereinheitlichung nicht immer zulassen. Bei der Normung wurde bewußt die Anzahl der spezifischen Prüfung gering gehalten, da hierdurch eine wirksame Kontrolle in angemessenen Zeiträumen möglich ist.

4. Zusammenfassung

Nach einem kurzen Überblick über die historische Entwicklung von Rohrumhüllungen für erdverlegte Stahlrohre werden einige wichtige Einflußgrößen, die die Güte einer Rohrumhüllung bestimmen, besprochen. Diese Ausführungen lassen die Gründe erkennen die dazu geführt haben, daß seit mehr als einem Jahrzehnt in Deutschland die Rohrumhüllung mit Polyäthylen fast ausschließlich verwendet wird. Zwei erst in den letzten Jahren auf den Markt gekommenen Umhüllungen auf der Basis von Epoxid-Pulver und Polyurethan-Teer sind zur Zeit noch nicht genügend erprobt, um derzeit Aussagen über ihre Bewährung in der Praxis zu geben.

Zum Abschluß wird kurz auf die Normung von Rohrumhüllungen eingegangen.

5. Schrifttum

Hier soll nur eine kleine Auswahl gegeben werden. In dem angegebenen Schrifttum finden sich Hinweise auf weitere Schrifttumsangaben.

1. W.v. Baeckmann u. W. Schwenk, Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes,
Verlag Chemie 1971
2. G. Heim, W.v. Baeckmann u. D. Funk
3 R international, 14 (1975) Heft 2
3. G. Heim, 3 R international, 17 (1978) Heft 7

Rohrumhüllung	Eindruckfestigkeit				Schlagfestigkeit nach up-and-down-Me			
	Schichtdicke mm	Druck $N\ mm^{-2}$	Temperatur $^{\circ}C$	Eindring- tiefe mm	Temperatur $^{\circ}C$	Schlagarbeit N m	Beschädigung Art u. Umfang	
Bitumen mit Glasvlies	5 (Stempelfläche $1\ cm^2$)	0,1	20	0,24	0	16	großflächige Abplatzung	
			40	1,35	20	18	- " -	
Hochdruck-PE	2,5 (Stempelfläche: $2,5\ mm^2$)	10	-10	0,10	-40	60	Rißbildung	
			20	0,15	-10	50	kleinflächig	
			60	0,30	20	40	"	
			80	0,45	60	20	"	
PUR-Teer	2,5 (Stempelfläche: $2,5\ mm^2$)	10	20	0,0	-10	25	Rißbildung	
			60	0,3	0	45	und klein-	
			80	0,6	20	35	flächige	
			trocken	80	2,2	40	25	Abplatzungen
			feucht	80	2,2	60	15	