

# Neuere Entwicklung für den Außenschutz erdverlegter duktiler Gußrohre

Von Gerhard Heim

## 1. Einführung

In jüngster Zeit werden in Fachkreisen die Fragen des Außenschutzes von erdverlegten duktilen Gußrohren lebhaft diskutiert. Im Vordergrund dieser Diskussion steht die Entwicklung von Rohrumhüllungen, die universell — d. h. ohne vorherige Bodenuntersuchung — eingesetzt werden können. W. Wolf [1] hat in einem Überblick über die bisher verwendeten Umhüllungen dieser Art berichtet. In einem mit „Sonstige Überzüge“ überschriebenen Kapitel hat er die Entwicklung neuerer Umhüllungen angedeutet. In Fortführung dieser Andeutung sollen einige Gesichtspunkte dieser Entwicklung behandelt werden.

## 2. Gesichtspunkte für die Auswahl geeigneter Rohrumhüllungen

Nach der Sprachregelung in der Korrosionstechnik werden Umhüllungen im allgemeinen den passiven Schutzmaßnahmen zugerechnet. Durch Umhüllung der Rohre mit geeignetem Werkstoff wird die zu schützende Oberfläche von dem angreifenden Medium getrennt. Von dieser Feststellung ausgehend müssen die Umhüllungen einige Anforderungen erfüllen:

- Das angreifende Medium — hier also der aggressive Boden — darf die Umhüllung nicht zerstörend angreifen.
- Die Trennung des aggressiven Bodens von der Rohroberfläche muß so wirksam sein, daß ein Langzeitschutz gewährleistet ist. Eine absolut wirkende Trennung ist bei großtechnischen Objekten nicht möglich, aber auch nicht erforderlich.

Über die genannten Anforderungen hinaus müssen die Umhüllungen mechanisch sehr widerstandsfähig sein. Von den vielfältigen mechanischen Beanspruchungen sind in erster Linie die Schlag- und Druckbeanspruchungen relevant. Wenn die Umhüllung durch Schlag oder Druck beschädigt wird, entsteht eine Fehlstelle, an der die Rohroberfläche freiliegt. Diese Fehlstellen sind somit dem Angriff des aggressiven Bodens ausgesetzt. In diesem Falle spricht man sinngemäß von einer Eigenkorrosion der freien Fehlstellenfläche. Andererseits kann z. B. in den Fällen, in denen eine elektrisch leitende Verbindung zwischen einer Rohrleitung und der Armierung einer im Erdreich befindlichen Stahlbetonplatte besteht, eine elektrochemische Elementbildung auftreten. In diesen Fällen wird — durch Makroelementbildung bedingt — zuzüglich zur Eigenkorrosion ein örtlich starker Korrosionsangriff an den Fehlstellenflächen erfolgen [2].

Unter diesen Aspekten ist es nur zu verständlich, daß — neben einer optimalen Korrosionsschutzwirkung — die

mechanische Widerstandsfähigkeit der Umhüllung bei der neueren Entwicklung besondere Beachtung gefunden hat. Das Ziel besteht darin, die Zahl und Größe der Fehlstellen auf ein äußerst geringes Maß zu reduzieren, um ein Optimum an Korrosionsschutzwirkung zu erreichen.

Betrachtet man die bisher angewendeten Umhüllungen auf bituminöser Grundlage, so kann man feststellen, daß — im Hinblick auf die mechanische Beständigkeit — die 3 mm dicken Teerpechumhüllungen gegenüber den nur 70 µm dicken bituminösen Überzügen mechanisch beständiger sind. Nach den Angaben des Schrifttums [3] wurden mit den 3 mm dicken Umhüllungen selbst in stark aggressiven Böden gute Erfahrungen gesammelt. Da aber bei hochsommerlichen Temperaturen die schon vor der Verlegung erkennbare Fehlstellenrate infolge zu geringer Widerstandsfähigkeit zu hoch und der daraus resultierende mehr oder weniger große Ausbesserungsaufwand sehr hinderlich war, wurde die wesentlich widerstandsfähigere Polyäthylen-Umhüllung für duktile Gußrohre entwickelt.

Die PE-Umhüllung für duktile Gußrohre stellt eine Richtung der neueren Entwicklung dar, die durch die Verwendung eines durchaus bekannten Umhüllungswerkstoffes gekennzeichnet ist.

Eine andere Entwicklungsrichtung ist in der Verwendung von glasfaserverstärktem Zement- bzw. Zementmörtel (im folgenden kurz FZ bzw. FZM genannt) für die Rohrumhüllung zu sehen. Dieser Werkstoff ist ebenfalls gut bekannt, er ist aber im Hinblick auf die Verwendung als Außenschutz für erdverlegte Rohrleitungen neuartig.

Im folgenden sollen einige Aspekte beider Umhüllungsarten getrennt besprochen werden.

## 3. Polyäthylen-Umhüllung (PE-Umhüllung)

In dem bereits erwähnten Schrifttum [3] wird die PE-Umhüllung eingehend beschrieben, so daß hierauf Bezug genommen werden kann. Bei der Auswahl des Beschichtungsverfahrens mußte das Pulveraufschmelzverfahren ausscheiden. Die PE-Umhüllung wird nach dem Extrusionsverfahren unter Verwendung eines Kunststoff-Mittelhartklebers aufgebracht. Die Qualität dieser Umhüllung entspricht — bis auf eine gußrohrspezifische Abweichung bei der Schälfestigkeit — den Anforderungen der DIN 30670 [5].

Die in Tabelle 1 zusammengestellten Werte für den Eindruckwiderstand geben Aufschluß über die durch die PE-Umhüllung erreichte Verbesserung gegenüber der Teerpechumhüllung. Bei normalen Temperaturen von 20° C ergibt sich für die PE-Umhüllung selbst bei einer 40fach

Tabelle 1

Art der Rohr- umhüllung	Eindringtiefe nach [3] in mm bei Temperaturen von		Maximale Schlagarbeit in Nm ohne elektrische Durchschläge bei 100 Schlägen und 23° C <sup>2)</sup>
	20° C	60° C	
Teerpech 3 mm nach [3]	Druck 0,25 N/mm <sup>2</sup>		3,5
	0,4	>3,0 <sup>1)</sup>	
Hochdruck-PE 3 mm nach [3]	Druck 10 N/mm <sup>2</sup>		25,0
	0,1	0,3	

<sup>1)</sup> Hier ist die Eindringtiefe größer als die Schichtdicke

<sup>2)</sup> J. Weidelt, Thyssen Schalker Verein: Unveröffentlichte Untersuchungen

höheren Druckbelastung eine um den Faktor 4 geringere Eindringtiefe als für die Teerpechumhüllung. Bei höheren Temperaturen, die bei der Freilagierung von Rohren durchaus vorkommen können, ist die Eindringtiefe für die PE-Umhüllung immer noch sehr gering. Auf die Praxis übertragen bedeutet dies u. a., daß die bei der Teerpechumhüllung auftretenden zahlreichen Eindruck- bzw. Fehlstellen bei der PE-Umhüllung vollkommen vermieden werden.

Zur Beurteilung der Schlagbeständigkeit können die in Tabelle 1 angegebenen Werte für die maximale Schlagarbeit herangezogen werden. Bei dieser Untersuchung wurde für die Teerpech- und die PE-Umhüllung die Schlagarbeit ermittelt, bei der bei insgesamt 100 Schlägen keine elektrischen Durchschläge mit 25 kV auftreten. Aus den Werten ergibt sich eine um den Faktor 7 höhere Schlagbeständigkeit der PE-Umhüllung gegenüber der Teerpechumhüllung. In Ergänzung zu diesen Angaben sei auf die in [6] aufgeführten Werte der bei Schlagbeanspruchung auftretenden Fehlstellengröße (abgeplatzten Umhüllungsfläche) hingewiesen. Auch hier zeigt sich die hohe Schlagbeständigkeit der PE-Umhüllung.

Die praktischen Erfahrungen haben gezeigt, daß eine gute Haftung der PE-Umhüllung während der Lagerung, des Transportes und der Verlegung notwendig ist [4]. Prüftechnisch wird bei der PE-Umhüllung die Schälfestigkeit ermittelt, die als Maß für die Haftung anzusprechen ist.

Bei den in [3] beschriebenen Schälfestigkeits-Prüfungen nach dem Verfahren II [5] hat sich — zunächst etwas überraschend — eine vergleichsweise bessere Haftung der PE-Umhüllung auf ungestrahlten Gußoberflächen als auf gestrahlten Flächen ergeben. Eine Schälfestigkeit von 20 N pro cm PE-Streifenbreite wird bei ungestrahlten Flächen, d. h. bei Flächen mit werksüblicher Glühhaut, von 100% der untersuchten Rohre erfüllt, während dies im Falle der gestrahlten Flächen nur bei etwa 75% der Rohre gegeben ist. Nach eigenen Erfahrungen müßte man in der Praxis mit einer Schälfestigkeit von 20 N pro cm Streifenbreite gut zurecht kommen. Eine endgültige Beurteilung wird anhand der zukünftigen praktischen Erfahrungen möglich sein.

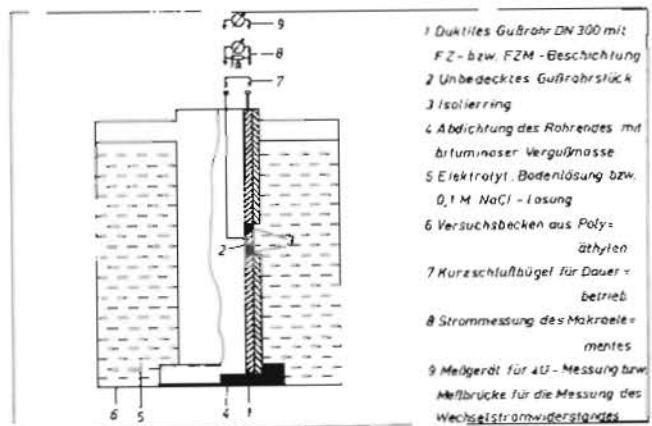
#### 4. FZ- bzw. FZM-Umhüllung

Bei dieser Umhüllung wird in der ersten Version ein anorganischer Werkstoff verwendet, der charakteristi-

sche Unterschiede zu den bisher fast ausschließlich verwendeten organischen Umhüllungswerkstoffen aufweist. Im Schrifttum [7] sind die Anfangsphasen dieser Entwicklung beschrieben.

Die bekannte hohe mechanische Festigkeit zementgebundener Werkstoffe war zweifellos ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Wahl dieses Umhüllungswerkstoffes. Dieses Verhalten konnte bei den in [7] beschriebenen Versuchen bestätigt werden.

Nach eigenen Erfahrungen mit FZ- bzw. FZM-umhüllten Rohren treten in diesen Schichten, die durch Glasfasereinlage mechanisch verstärkt sind, nur bei außergewöhnlich hohen Schlag- oder Druckbeanspruchungen Fehlstellen in der Umhüllung auf. Da somit Fehlstellen nicht ganz ausgeschlossen werden können, stellt sich die Frage, inwieweit durch Makroelementbildung verstärkte örtliche Korrosionsangriffe — zusätzlich zu den Korrosionsangriffen infolge Eigenkorrosion — an den Fehlstellen auftreten können. Grundsätzlich muß mit dieser Möglichkeit gerechnet werden, da die mit FZ bzw. FZM bedeckte Eisenoberfläche infolge der alkalischen Reaktion des Mörtels eine großflächige Kathode darstellt. Kleine Fehlstellenflächen sind die Anoden im Makroelement, die stark angegriffen werden. In einer eingehenden Untersuchungsreihe [8], in der u. a. auch die Makroelementbildung studiert wurde, konnte die beschriebene Elementbildung nachgewiesen werden.



Nach der in Bild 1 dargestellten Versuchsanordnung wurden die Größe und der zeitliche Verlauf der Makroelementströme gemessen. Die anodische Auflösungsstromdichte  $i$  des Makroelementes kann nach einer Näherungsformel [9] abgeschätzt werden.

$$i = \frac{\Delta U}{r_k} \cdot \frac{F_k}{F_A} \quad (1)$$

Hierbei bedeuten:

- $\Delta U$  Potentialdifferenz zwischen Kathode und Anode
- $r_k$  kathodischer Polarisationswiderstand
- $F_k$  kathodisch wirksame Fläche (mit FZ bzw. FZM bedeckte Fläche)
- $F_A$  anodische Fläche (= Fehlstellenfläche)

Bei dem einjährigen Makroelement-Versuch mit einer FZ-Umhüllung (mittlere Schichtdicke 2,2 mm) in einer

1/10 M NaCl-Lösung ergaben sich  $\Delta U$ -Werte im Durchschnitt von  $20 \cdot 10^{-3}$  V. Der relativ geringe  $\Delta U$ -Wert erklärt sich aus der Tatsache, daß die FZ-Schicht praktisch vollkommen durchkarbonatisiert war. Durch Besprühen der nach Versuchsende ausgebauten FZ-Schicht mit einer alkalischen Phenolphthalein-Lösung konnte nur ein sehr dünner, nicht zusammenhängender alkalisch reagierender Film auf der Gußrohroberfläche nachgewiesen werden. Die Karbonatisierung wurde nicht verhindert, da hier keine Versiegelung aufgetragen worden war.

Für den  $r_k$ -Wert kann man — wie sich unter Heranziehung weiterer Versuchsergebnisse ergibt — rund  $3 \cdot 10^6 \Omega \text{ cm}^2$  ansetzen. Setzt man diese Werte zusammen mit den Flächenwerten  $F_k = 10^4 \text{ cm}^2$  und  $F_A = 1 \text{ cm}^2$  in Gleichung (1) ein, so ergibt  $i \approx 70 \mu\text{A cm}^{-2}$ . Unter Berücksichtigung der Äquivalenz von Stromdichte und Materialabtrag ( $1 \mu\text{A cm}^{-2} \triangleq 12 \mu\text{m a}^{-1}$ ) kann die mittlere Eindringrate [10] w zu  $0,84 \text{ mm a}^{-1}$  abgeschätzt werden. Aus den Strom-Zeit-Kurven ergab sich ein örtlicher Eisenabtrag von  $0,65 \text{ mm a}^{-1}$ , so daß in Anbetracht der Meßwertstreuungen eine befriedigende Übereinstimmung festgestellt werden kann.

An diesem Beispiel ist klar geworden, daß durch Makroelementbildung örtliche Korrosionsangriffe an Fehlstellen auftreten können, die innerhalb kurzer Zeiten zu Rohrwanddurchbrüchen führen. Im Rahmen der genannten Untersuchungen ergaben sich Hinweise dafür, daß man durch Versiegelung der Mörtel-Umhüllungen die geschilderte Makroelementbildung praktisch verhindern kann. Im wesentlichen kommt es darauf an, den Sauerstoffzutritt zu den mit Mörtel bedeckten Flächen soweit wie möglich zu hemmen. Versiegelungen mit organischen Werkstoffen sind hierzu in der Lage. Die wirksame kathodische Fläche  $F_k$  wird somit annähernd null, d. h. die anodische Stromdichte geht auf vernachlässigbar geringe Werte zurück (siehe Gleichung (1)).

Es konnte nachgewiesen werden, daß durch Versiegelung mit bituminösen Schichten die Chloridaufnahme durch den Mörtel stark gehemmt wird [8]. Weiterhin hat sich bei Versuchen mit kalkaggressiver Kohlensäure ein günstiger Abschirmeffekt der Versiegelung ergeben. Bei nicht versiegelten Mörtelschichten war ein deutlicher Angriff durch kalkaggressive Kohlensäure festzustellen, während bei versiegelten Schichten kein Angriff auftrat. Im gleichen Sinne wurde durch eine Versiegelung die Karbonatisierung des Mörtels verhindert.

## 5. Ausblick

In den vorstehenden Ausführungen wurden einige korrosionschemisch bedeutsame Aspekte von zwei neueren Rohrumhüllungen für erdverlegte duktile Gußrohre behandelt. Die an sich zunächst verständliche Frage nach einem direkten Vergleich beider Umhüllungsarten ist nicht möglich. Der Grund ist in der Verwendung sehr unterschiedlicher Beschichtungsstoffe zu sehen. Es läßt sich aber schon jetzt mit Sicherheit sagen, daß beide Umhüllungen im Hinblick auf die mechanische Festigkeit gegenüber sämtlichen bisher angewendeten Umhüllungen eine erhebliche Verbesserung darstellen. Sie erfüllen

damit die für die Rohrleitungspraxis erforderliche mechanische Widerstandsfähigkeit. Ob bzw. inwieweit sich beide Umhüllungen in diesem Punkte unterscheiden, kann endgültig nur durch praktische Erfahrungen entschieden werden. Die beiden Umhüllungen ergänzen die Palette der Außenumhüllungen für stark aggressive Böden in hervorragendem Maße. Die im Entwurfsstadium befindlichen Normblätter für beide Umhüllungen werden ganz sicher zur Absicherung einer konstanten guten Umhüllungsqualität dienlich sein.

## Schrifttum

- [1] Wolf, W.  
Korrosionsverhalten und Korrosionsschutz duktiler Gußrohre  
Informationsschrift Nr. 13 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (1978), S. 21/28
- [2] Heim, G.  
Korrosionsschäden an erdverlegten Stahl- und Gußrohrleitungen  
3 R international 18 (1979) Heft 8/9, S. 535/540
- [3] Gras, W. D., Rammelsberg, J. und Weidelt, J.  
Duktile Gußrohre mit Polyäthylen-Umhüllungen  
gwf-wasser/abwasser 120 (1979) Heft 10, S. 468/475
- [4] v. Baeckmann, W. und Schwenk, W.  
Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes  
Verlag Chemie, 3. Auflage (erscheint demnächst)
- [5] DIN 30670  
Polyäthylen-Umhüllung von Stahlrohren und -formstücken  
Entwurf April 1979
- [6] v. Baeckmann, W. und Heim, G.  
Neuere Gesichtspunkte beim Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen und Behältern  
Werkstoffe und Korrosion, 24 (1973), S. 477/486
- [7] Kottmann, A.  
Erfahrungen bei der Herstellung und Verlegung von Rohren mit Rohrumhüllungen aus Zementmörtel  
DVWG-Schriftenreihe Gas Nr. 25, Gasfachliche Aussprachetagung Augsburg 1979, S. 214/237
- [8] Heim, G.  
Untersuchung von faserverstärkten Zement- und Zementmörtel-Umhüllungen als Außenschutz für erdverlegte duktile Gußrohre  
DVWG-Schriftenreihe Gas Nr. 25, Gasfachliche Aussprachetagung Augsburg 1979, S. 199/213
- [9] Schwenk, W.  
Korrosionsgefährdung und Schutzmaßnahmen bei Elementbildung zwischen erdverlegten Rohren und Behältern aus unterschiedlichen Metallen  
gwf-gas/erdgas 113 (1972) H. 11, S. 546/550
- [10] DIN 50905 Blatt 3  
Chemische Korrosionsuntersuchungen, Korrosionsgrößen bei ungleichmäßiger Korrosion ohne zusätzliche mechanische Beanspruchung  
Januar 1975