

## PE Rohrleitungssysteme in Erdbeben- und Bergsenkungsgebieten

Dipl.-Ing. Ingo Pfirrmann, Georg Fischer GmbH, Albershausen

Seit dem 19. Jahrhundert gibt es flächendeckende Rohrnetze für die Wasser- und Gasversorgung in Mitteleuropa. Bis in die 1950er Jahre hinein war Gusseisen der dominierende Werkstoff. Anfangs mit Flansch-, später mit Steckverbindungen verbunden, wurde dieser Werkstoff sukzessive durch duktilen Gusseisen und Kunststoffleitungen ersetzt. Bis Ende der achtziger Jahre war PVC (Polyvinylchlorid) der hauptsächlich gebrauchte Kunststoff in der Versorgungsbranche, heute wird meist PE (Polyethylen) verwendet. Kunststoffrohrleitungssysteme sind heute im Bereich der kommunalen Wasser- und Gasversorgung Markt führend und nicht mehr wegzudenken. Der Trend geht sogar hin zu reinen Kunststoffrohrleitungssystemen. Der Grund liegt in den hervorragenden mechanischen und chemischen Eigenschaften und in der Langlebigkeit der modernen Kunststoffe.

### Leistungsfähigkeit moderner Kunststoffrohrsysteme

Im Bereich von Wassertransportleitungen sind heute immer noch vorwiegend starre Werkstoffe (auch biegesteif genannt) wie duktilen Gusseisen, PVC, Asbestzementrohre und Stahlrohre mit Zementmörtelauskleidung im Einsatz. Diese Werkstoffe müssen auftretende Belastungen aufnehmen und können diese nicht an das Erdreich abgeben, da oftmals der Boden weniger stabil ist und der Belastung ausweicht. Somit reagieren diese Werkstoffe bei Überbelastung unmittelbar mit einem Bruch der Rohrleitung (Bild 1 und Bild 2).

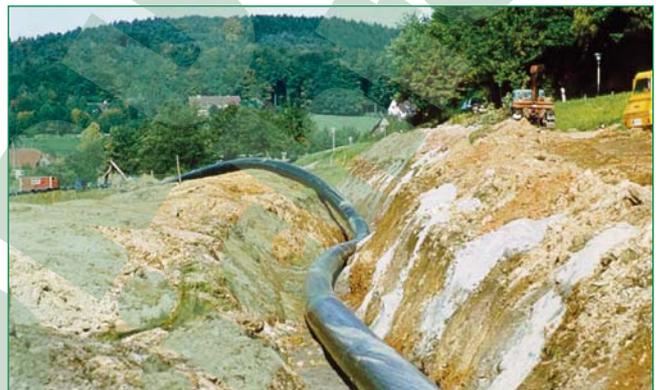


Bild 3: Flexibilität einer Polyethylen-Transportleitung



Bild 1, links: gebrochene PVC Verbindung und Bild 2, rechts: gebrochenes gusseisernes Kreuzstück (DN 250 x 150) nach dem Erdbeben in Kobe/Japan

Die Flexibilität von Kunststoffrohrsystemen (auch „biegeweiche“ Werkstoffe genannt) führt unter Belastung dazu, dass sich die Rohrleitung verformt und somit der Boden seitlich der Rohrleitung verdichtet wird. Hieraus folgt, dass das umgebende Erdreich zwangsläufig mehr Lasten aufnehmen und ableiten muss (Bild 3).

Deshalb ist ein interessantes Einsatzgebiet von Rohren und Formstücken aus PE die Verlegung in instabilen Böden oder auch Bergsenkungsgebieten. Aufgrund des unterirdischen

### Erdbebenschadensstatistik

Material	Asbestzement	PVC	Stahl	Guss(beschichtet)	PE-HD
Leitungslänge	221.947 m	99.956 m	3.810 m	1.030 m	115.182 m
Schadensanteil in %	71,7%	27,3%	0,7%	0,3%	0,0%
Schadensverhältnis je Km ( $\sigma = 1,0$ )	1,43	1,21	0,82	1,29	0,0

Schadensstatistik Erdbeben in Armenien/Kolumbien (1999) Stärke 6.3 auf Richterskala

Material	Stahl	Guss	PE-HD
Leitungslänge	21.338 m	12.204 m	1.458 m
Schäden	25.821	630	0
Schäden/Km	1.210	52	0

Schadensstatistik Erdbeben in Kobe/Japan (1995)

Abbaus kann es in diesen Gebieten zu größeren Absackungen bzw. Bodensenkungen kommen. Die Betreiber haben dafür Sorge zu tragen, dass die auftretenden Längskräfte sicher von der Rohrleitung kompensiert werden und nicht zum Versagen der Versorgungsleitung führen. Aufgrund der hervorragenden Werkstoffcharakteristik von PE können die auftretenden Längskräfte sicher aufgenommen und an das Erdreich abgeführt werden. Darüber hinaus tragen die längskraftschlüssigen Schweißverbindungen ihren Teil dazu bei, dass PE problemlos in kritischen Bereichen, in denen andere Werkstoffe an ihre Einsatzgrenzen stoßen, verlegt werden kann. Die Leistungsfähigkeit moderner Kunststoffrohrsysteme in der Wasser- und Gasversorgung lässt sich am besten anhand von Studien aufzeigen, welche nach schweren Erdbeben wie z.B. Kobe/Japan im Jahre 1995 oder Armenia/Kolumbien im Jahre 1999 erstellt wurden (s. Tabelle).

Diese Studien machen eines klar: Betrachtet man die eigentlichen Ausfallursachen moderner Versorgungsrohrleitungen genauer, stellt man sehr schnell fest, dass nur ein kleiner Teil der Schäden auf mangelnde Korrosionsbeständigkeit zurückzuführen ist. Die Ursache für Schäden oder Leckagen insbesondere nach Erdbeben oder Bodensenkungen ist in einer Überbelastung der Rohrleitungen respektive der Verbindungsstellen zu sehen.

## Der Weg zu homogenen Kunststoffrohrleitungssystemen

Neben den fest vorgegebenen Materialeigenschaften der verwendeten Materialien haben sich die Anforderungen und Bedürfnisse für die Neuverlegung und/oder Reparatur der Versorgungsleitungen verändert. Der stetig wachsende Kostendruck und geänderte Umweltbedingungen erzeugen neue Bedürfnisse und Anforderungen hinsichtlich der Versorgungssicherheit, einfacherer und schnellerer Installationsmethoden und der Langlebigkeit der verarbeiteten Komponenten. Stetige Weiterentwicklungen auf dem Kunststoffsektor sind nur ein Aspekt des Erfolges moderner PE Rohrleitungssysteme.

In erdbebengefährdeten Gebieten haben sich bei PE Rohrleitungen sowohl das Stumpfschweißen als auch das Heizwendelschweißen als Verbindungstechnologien durchgesetzt und seit Jahren bewährt.

Vor allem im Bereich der Heizwendelschweißung herrscht unter den Herstellern ein immens großer Innovationsdruck und somit gibt es von Jahr zu Jahr immer wieder Neuentwicklungen, welche entscheidend dazu beitragen, dass die Verarbeitung schneller und sicherer erfolgen kann. Neueste Untersuchungen haben beispielsweise zu einem belastungskonformen Design von Heizwendelschweißmuffen geführt. ➔

## KUNSTSTOFFROHRPRODUKTION MIT TRADITION

WKT



WESTFÄLISCHE  
KUNSTSTOFF  
TECHNIK

- Druckrohre aus PVC-U und PVC-C
- Lüftungsrohre aus PVC-U und PPs
- Druckrohre aus PE 80/PE 100
- RC Druckrohre aus PE 100
- Gasrohre aus PE 80/PE 100
- Schutzrohre aus PVC-U
- Gasriechrohrhauben aus PVC-U
- Schilderpfähle
- Brunnenrohre aus PVC-U
- Tragrollenrohre aus PVC-U
- Wickelkernrohre aus PVC-U
- Kabelschutzrohre aus PVC-U
- Kabelschutzrohre aus PE-HD
- Abwasserdruckrohre aus PE 80/PE 100
- Freispiegelleitungen aus PE 100

## WESTFÄLISCHE KUNSTSTOFF TECHNIK

Seit mehr als einem halben Jahrhundert steht der Name WKT für Qualität und Kundenzufriedenheit. Kunden in vielen Ländern der Welt schätzen die Robustheit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit unserer Produkte. Ganz gleich ob Sie komplexe Rohrleitungssysteme planen oder einfach eine Frage zum Thema Kunststoffrohre haben – bei uns finden Sie immer den richtigen Ansprechpartner mit der passenden Lösung.



Bild 4: ELGEF Plus Muffe mit belastungskonformem Design

Bis vor kurzem waren die Heizwendelschweißmuffen als Blockmuffen ausgebildet, d.h. die Verbindungsstellen einer PE Rohrleitung waren unter Belastungen – wie sie in Bergsenkungsgebieten und Erdbebengebieten auftreten können – sehr viel starrer als das Medien führende PE Rohr. Bei Setzungen des Erdreiches musste sich das PE Rohr um die Verbindungsstelle biegen, was zu einer zusätzlichen Spannungsbelastung innerhalb des PE Rohres führen konnte. Muffen mit belastungskonformem Design (Bild 4) stellen keinen abrupten Wechsel der Steifigkeit einer Rohrleitung mehr dar.

## Der PE Hydrant – ein Meilenstein auf dem Weg zu einem homogenen Kunststoffrohrnetz

In Notfällen müssen sich die Hilfskräfte auf die eingebauten Armaturen sicher verlassen können. Hierbei spielt in aller Regel der Hydrant für die lebensnotwendige Trinkwasserversorgung nach Katastrophen eine entscheidende Rolle. Hy-

### Belastungskonformes Design

Bis vor kurzem hatten alle Elektroschweißmuffen eine Gemeinsamkeit: die zylindrische Außenhülle. Dieses Designmerkmal setzte sich bei beinahe allen Herstellern aufgrund der einfacheren Produktionsmethode im Spritzgussverfahren durch. Es war üblich, den ganzen Fittingkörper mit einer konstanten Wanddicke zu fertigen. Diese wurde an eine Rohrserie angepasst oder es wurde zum Teil noch extra Wanddicke dazu gegeben. Aufgrund von Untersuchungen weiß man inzwischen jedoch, dass die Vermeidung dieser Überdimensionierung der äußeren Kaltzonen einen positiven Einfluss auf die Biegemechanik der Rohrleitung hat, ohne Auswirkungen auf die Sicherheit und Langlebigkeit der Verbindung (Bild 5). Bei modernen Elektroschweißmuffen mit belastungskonformem Design (Bild 6) hat nur der unter Innendruck stehende Mittelkörper der Muffe dieselbe Rohrserie (SDR) wie das Medien führende Rohr. Dieses Konstruktionsmerkmal führt zu einer gleichmäßigen Belastungsverteilung und vermeidet somit abrupte Wechsel der Steifigkeit innerhalb der Rohrleitung. Bei Erdreichbewegungen biegt sich die Rohrleitung nicht mehr um die Muffe, sondern weicht den Spannungen durchgängig homogen aus.

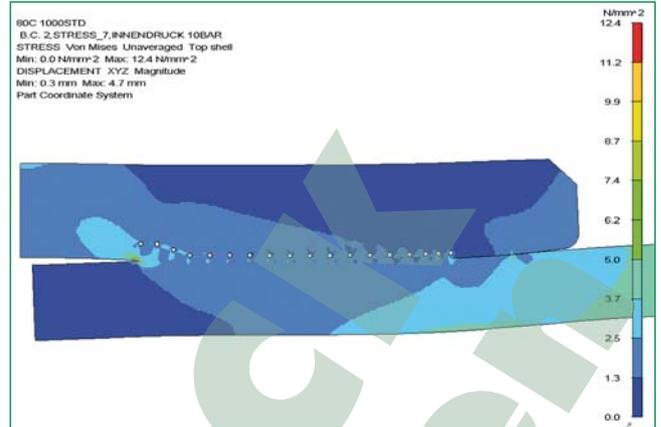


Bild 5: Querschnittvergleich: Muffe mit belastungskonformem Design vs. Blockmuffe; simulierter Belastungsfall: 80°C, 1000 Std., 10 bar Innendruck



Bild 6: Silhouette neuer ELGEF Plus Elektroschweißmuffe

dranten kommen als Unter- und Überflurhydranten entweder mit Spitzend- oder Flanschanschluss zum Einsatz.

Hydranten waren bis vor kurzem ausschließlich als Guss- oder Metallarmaturen verfügbar und mussten über Gussformstücke in die PE Versorgungsleitung eingebunden werden. Der Übergang von PE auf Guss oder Metall wurde in der Wasserversorgung standardmäßig über Flanschverbindungen realisiert. Mit der Markteinführung des PE Hydranten



Bild 7: PE Hydranten – verfügbar als Spitzend- oder Flanschversion



Bild 8: PE Hydrant – Installation direkt auf der Hauptleitung

taten sich für die Betreiber und Verarbeiter ganz neue Möglichkeiten auf (Bild 7). Aufgrund der Möglichkeit, Hydranten nun direkt in spezielle Kunststoffformstücke einschweißen zu können, wurde eine potenzielle Leckagestelle aus dem Versorgungsnetz eliminiert (Bild 8).

Darüber hinaus bietet das PE Spitzende ein Höchstmaß an Flexibilität, da die Einbauhöhe des Hydranten direkt vor Ort gekürzt oder nahezu unbegrenzt verlängert werden kann. Neben der Flexibilität ist die absolut formschlüssige Verbindung nach dem Schweißen ein weiterer Vorzug, da somit das gesamte System die selben Verbindungseigenschaften aufweist und Unterschiede in Bezug auf Alterung und Druckfestigkeit bewusst vermieden werden können.

## Instandsetzung von Rohrleitungen nach Rohrbrüchen

Bei erforderlichen Reparaturen nach einem Rohrbruch durch Erdsetzung oder Erdbeben müssen oftmals unterschiedliche Rohrmaterialien miteinander verbunden werden, damit betroffene Gebiete schnellstmöglich wieder an das Versorgungsnetz angeschlossen und ausreichend versorgt werden können. Viele der heute verwendeten Kupplungssysteme (Bild 9) weisen sich dadurch aus, dass sie je nach Einsatzfall



Bild 9:  
MULTI/JOINT-Kupplung

entweder zugfest (längskraftschlüssig) oder flexibel in bestehende Rohrleitungen eingebaut werden können.

Im Falle einer außerordentlichen Belastung der Verbindungsstelle durch Erdsetzungen ist es wichtig, dass die Kupplung mit Auswinklung reagieren kann und dadurch die auf die Verbindung einwirkenden Kräfte sicher an das umgebende Erdreich ableitet (Bild 10).

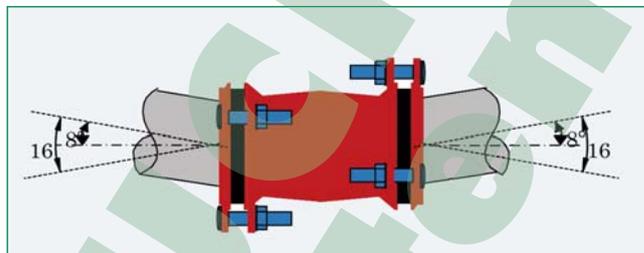


Bild 10: MULTI/JOINT-Kupplung – maximale Auswinklung je Kupplungsseite: 4° zugfest; 16° flexibel

Mit modernen Kupplungssystemen, wie z.B. die MULTI/JOINT-Kupplungen, können Zwangslagen sicher beherrscht werden. Diese Kupplungen können sowohl flexibel, als auch zugfest bis 16 bar eingesetzt werden und besitzen darüber hinaus einen enormen Spannungsbereich von bis zu 43 mm je nominalem Durchmesser. Dadurch gewährleisten sie in Notfällen eine schnelle Versorgung der betroffenen Regionen (Bild 11).



Bild 11: MULTI/JOINT-Kupplung im praktischen Einsatz

## Ausblick/Resumee:

Die Flexibilität von Kunststoffrohrleitungssystemen führt bei der Erdverlegung zu einem Lastausgleich zwischen dem umgebenden Erdreich und dem Rohrsystem. Kunststoffrohrleitungen entziehen sich den auftretenden Lasten durch Verformung und zwingen das Erdreich, die auftretenden Kräfte zu kompensieren. Somit stellen Verformungen an in Betrieb befindlichen Kunststoffleitungen keinen Mangel dar, sondern sollten als eine gewünschte Reaktion auf die auftretenden Kräfte gedeutet werden. Die Flexibilität moderner Kunststoffrohrleitungssysteme bedeutet für die Verarbeiter und Betreiber ein Höchstmaß an Sicherheit, selbst in Gebieten mit erhöhtem Erdbebenrisiko und/oder in Bergsenkungsgebieten. ■