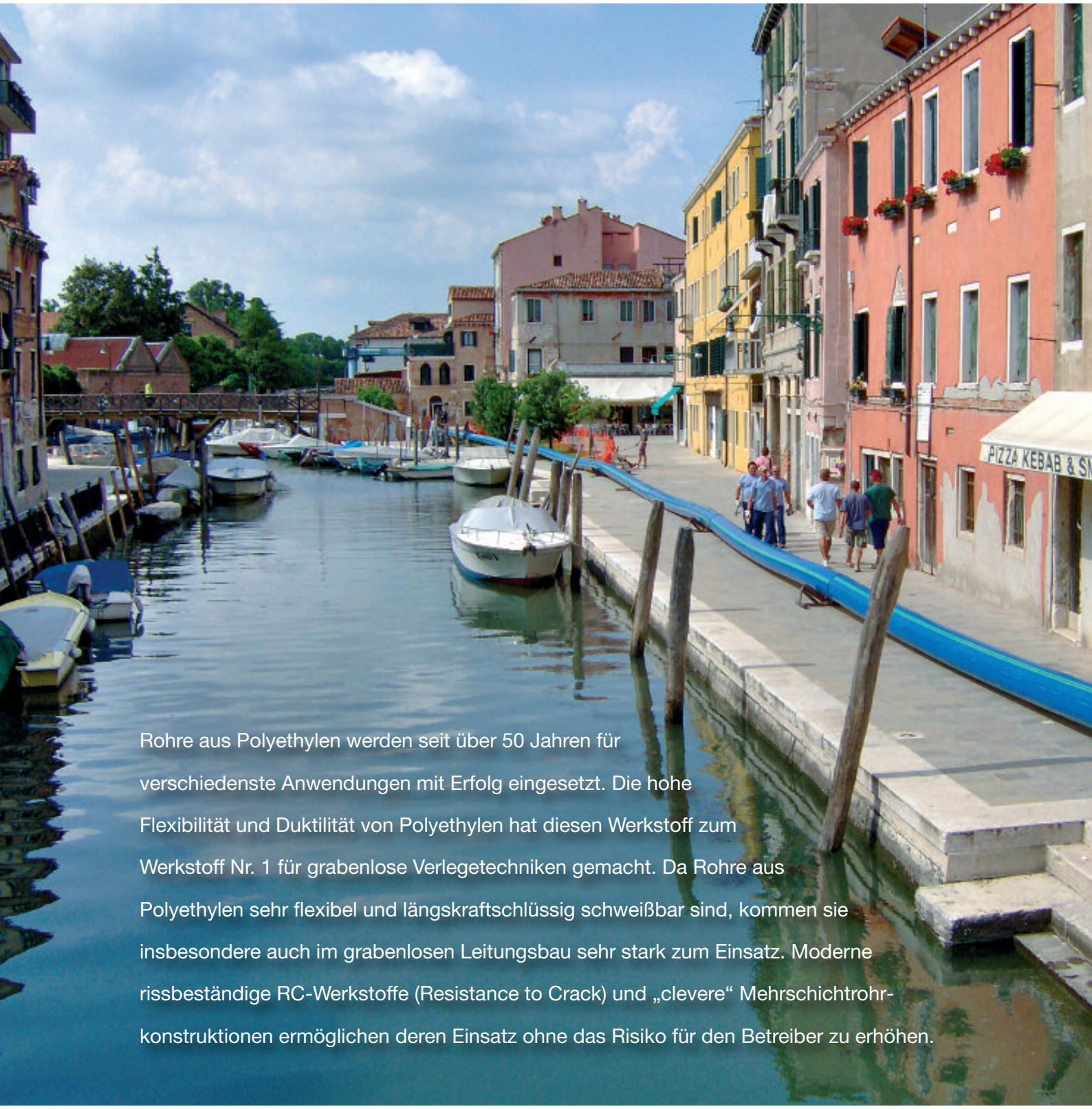
Erweitertes Anwendungsspektrum von Kunststoffrohren in der Wasserversorgung durch moderne Mehrschichtrohre



Rohre aus Polyethylen werden seit über 50 Jahren für verschiedenste Anwendungen mit Erfolg eingesetzt. Die hohe Flexibilität und Duktilität von Polyethylen hat diesen Werkstoff zum Werkstoff Nr. 1 für grabenlose Verlegetechniken gemacht. Da Rohre aus Polyethylen sehr flexibel und längskraftschlüssig schweißbar sind, kommen sie insbesondere auch im grabenlosen Leitungsbau sehr stark zum Einsatz. Moderne rissbeständige RC-Werkstoffe (Resistance to Crack) und „clevere“ Mehrschichtrohr-konstruktionen ermöglichen deren Einsatz ohne das Risiko für den Betreiber zu erhöhen.

Anwendungen im Hochdruckbereich waren bislang Rohren aus metallischen Werkstoffen vorbehalten. Die Verwendung von hochfesten Verstärkungsschichten eröffnet aber auch hier neue Anwendungsmöglichkeiten für Kunststoffrohre. Faserverstärkte Polyethylenrohre, sogenannte RTP (Reinforced Thermoplastic Pipes), verfolgen dieses Ziel und besitzen in die Rohrwand integrierte hochfeste Fasern, beispielsweise aus Stahl, Glas oder Aramid, sodass sehr hohe Betriebsdrücke von über 100 bar erreicht werden können. Ein neuer Ansatz sind eigenverstärkte Hochdruckrohre, die zu 100 Prozent aus bekannten Polyethylenrohrwerkstoffen wie beispielsweise PE 100 bestehen, sogenannte Monocomposites.

Grabenlose Bauweisen erobern den Rohrleitungsbau, bergen aber auch Risiken

Grabenlose Techniken bringen erhebliche zeitliche Vorteile und wirken sich günstig auf Verkehrs- und Lärmbelästigungen aus. Natürliche Hindernisse lassen sich kostengünstig unterqueren, Sanierungs- und Instandhaltungskonzepte stehen ebenfalls unter günstigeren finanziellen Rahmenbedingungen. Die hohe Flexibilität und augenscheinliche Robustheit von Polyethylen hat diesen Werkstoff zum Werkstoff Nr. 1 für grabenlose Verlegetechniken gemacht. Schnell unterschätzt wird dabei, dass ein grabenloser Rohreinzug im Gegensatz zur offenen, bewusst präparierten Bauweise höhere Anforderungen an die verwendeten Rohre stellt.

Quelle: egeplast

Zurzeit liegen keine (rechts-)verbindlichen Normen vor, in denen detaillierte technische Regelungen für die Rohrauswahl bei alternativen Verlegeverfahren sowie die Anforderungen an die Verlegung selbst beschrieben sind. Daher sind an die Beteiligten hohe Fachkenntnis bezüglich der Auswahl der Materialien und Verfahren gestellt, um den allgemein formulierten Anforderungen aus den geltenden Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen zu genügen. Eine der haftungsträchtigsten Fehlerquellen für Planer, Verarbeiter und Netzbetreiber liegt in der Auswahl ungeeigneter Materialien bzw. Verlegeverfahren. Das technische Regelwerk fordert als Grundsatz und Ziel der Planung: „Erdverlegte Versorgungsleitungen sind von hohem Wert. …Bei der Auswahl der Bauteile (Rohre, Rohrleitungsteile und Armaturen) ist deshalb eine gesicherte Mindestnutzungsdauer von 50 Jahren zu fordern. …“ [1] Dieser Grundsatz muss auch für neue Anwendungen wie alternative Verlegemethoden gelten.

Für den Rohrleitungsbau ist beispielsweise Ziffer 5.4.2 des DVGW-Arbeitsblattes GW 321 maßgeblich, wonach bei bestimmten Bodenverhältnissen ein zusätzlicher Rohraußenschutz, z. B. eine Polyolefinumhüllung, zu verwenden ist. Es können somit nur Rohrsysteme eingesetzt werden, bei denen die Eignung und mängelfreie Verlegung aus fachtechnischer Sicht zweifelsfrei nachvollzogen und dokumentiert werden kann. Sofern der Schaden nicht früher entstanden ist, haften Planer, Verarbeiter und Netzbetreiber gegebenenfalls bis zu 30 Jahre.

HDD- und Berstliningverfahren stellen höchste Anforderungen an die verwendeten Rohre.

PE-Rohrsysteme werden nunmehr seit 50 Jahren eingesetzt. Die Normung geht für PE 100 heute von mindestens 100 Jahren, Hessel sogar von einer deutlich längeren Betriebsdauer aus [2, 3]. Da sich in der Praxis gezeigt hat, dass es bei Rohren aus PE der ersten Generation durch lokale Spannungskonzentrationen bei Bettungsfehlern zu Spannungsrissen, also Brüchen wie im zweiten Ast der Zeitstandkurve gekommen ist, ist die Verwendung von PE-Rohren in den Vorgaben zur Verlegung, wie z. B. dem DVGW-Arbeitsblatt W 400, heute eingeschränkt auf die offene Verlegung im Sandbett mit genauer Definition der Leitungszone [4].

Quelle: egeplast

Abb. 1: Schwächung der Wanddicke durch Riefen beim Rohreinzug

Durch die neuen grabenlosen Bauweisen sind neue Fragen und andere, höhere Anforderungen an die Werkstoffe hinzugekommen. Sind diese Anforderungen durch verbesserte Rohstoffqualität abgesichert? Sind andere, neue Versagensmechanismen zu befürchten? Sind diese abgesichert?

Kerbschutz durch einen additiven Schutzmantel

Um den steigenden Anforderungen im Rohrleitungsbau gerecht zu werden, entwickelte egeplast bereits in den 1990er-Jahren die erste Generation von Schutzmantelrohren [5, 6]. Der Schutzmantel verhindert während der Verlegung systematisch eine Vorschädigung des neuen Rohres, sodass dieses ohne Reduzierung des Sicherheitsfaktors (C = 1,25 für ►

1/8 wvgw

Trinkwasserrohre) in Betrieb genommen werden kann (Abb. 1). Da die genormte Wanddicke genau – allerdings um den Sicherheitsfaktor erweitert – auf den Betriebsdruck abgestimmt ist, bedeutet jede Schwächung eine Reduzierung des ingenieurtechnischen Sicherheitsfaktors oder bei deutlicher Beschädigung sogar eine direkte Reduzierung der Druckfestigkeit der neuen Rohrleitung und somit eine Verkürzung der Nutzungsdauer (Abb. 2).

Bei einer Beschädigungstiefe von 20 Prozent reduziert sich an dieser Stelle die Wanddicke, dadurch erhöht sich die Spannung örtlich auf 10,20 N/mm², also über das zulässige Spannungsniveau hinaus. Zur Vereinfachung der Rechnung werden die Kerbgeometrie und die Auswirkungen auf das Bauteil hier nicht berücksichtigt. Die Auswirkung auf die Nutzungsdauer lässt sich in den Referenzkennlinien der Zeitstand-Innendruckfestigkeit (Mindestkurven nach DIN 8075) von Rohren aus PE 100 ablesen [7]. Daraus ergibt sich eine verbleibende Restnutzungsdauer von nur 23 Jahren. Eine Kerbe von 24 Prozent der Wanddicke reduziert die Zeit bis zum Schaden sogar schon auf 2,5 Jahre (Abb. 2).

Diese Betrachtung anhand des flachen, also duktilen Astes der Zeitstandkurve, gilt nur für die spannungsrissbeständigen PE-100-RC-Werkstoffe. Bei kerbempfindlicheren Standardqualitäten des PE-100 ist bei einer solchen Beschädigung ein noch früheres Versagen durch Sprödbrüche zu befürchten.

Höchste Sicherheit bei nachträglichen Einbindungen

Voraussetzung für die sichere Verschweißung eines PE-HD-Rohres ist eine saubere, unbeschädigte Oberfläche. Insbesondere bei der Heizwendelschweißung bergen die Beschädigungen, die beim Einziehen an ungeschützten Rohren auftreten, ein Risiko. Versucht man durch flächiges Abtragen der verkratzten und verunreinigten Oberfläche die Riefen wegzuhobeln, muss mindestens die Riefentiefe abgenommen werden. Dadurch wird die druckragende Wand geschwächt und der Spalt zwischen Rohr und Schweißmuffe stark vergrößert. Da man nach Entfernen des bei der Verlegung schützenden Schutzmantels eine unbeschädigte, saubere Oberfläche vorfindet, ist das Druckrohr aus PE-HD unbeschädigt und glatt, sodass nach dem Entfernen einer minimalen Oxidhautschicht eine sichere Verschweißung möglich ist (Abb. 3).

Ein großer Vorteil bei der Verwendung flexibler PE-Rohrleitungen ist die Möglichkeit, eine Rohrleitung abzuquetschen. So kann auch ohne Absperrarmatur für Einbindungs- und Reparaturmaßnahmen das Absperren des Medienflusses unter Druck erfolgen. Aus England sind Schadensfälle beim Abquetschen an PE-Rohrleitungen bekannt, die zuvor grabenlos verbaut wurden und oberflächliche Kerben aufwiesen [8] (Abb. 4a). Bei Verwendung von Rohren mit einem Schutzmantel hingegen werden Riss auslösende Kerben systematisch vermieden, die Rohrleitung kann ohne Risiko abgequetscht werden (Abb. 4b).

Quelle: egeplast

Abb. 3: Schweißen auf sauberer Oberfläche nach Entfernen des verkratzten Schutzmantels

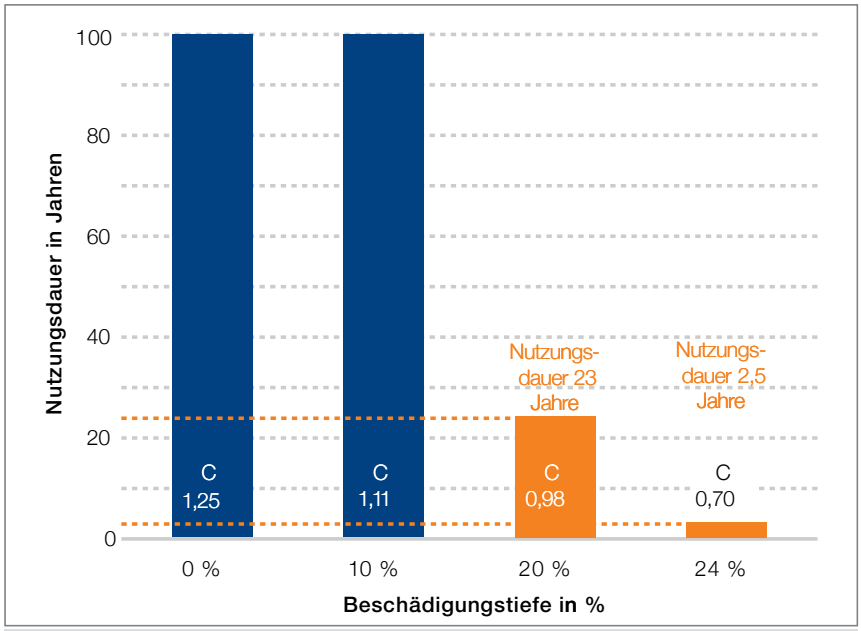
Einsatzempfehlung zur sicheren Nutzung der alternativen Verlegeverfahren

Anforderungen an Schutzmantelrohrsysteme, die sich für die grabenlose Verlegung empfehlen, werden in dem Industriestandard PAS 1075 „Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken – Abmessungen, Technische Anforderungen und Prüfung“ beschrieben [9] (Abb. 5). Dieser Industriestandard definiert einen Qualitätsstandard, der durch unabhängige Zertifizierung verifiziert werden kann.

Die beschriebenen Anforderungen gehen deutlich über die in DIN-EN-Normen und in den DVGW-Regelwerken festgeschriebenen Eigenschaften für Rohre für die offene Bauweise hinaus und sichern auch für alternative Verlegeverfahren eine Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren ab. Die PAS 1075 gruppiert die am Markt angebotenen Rohrsysteme herstellerunabhängig in drei Typen und gibt den Anwendern damit die Möglichkeit zwischen den Rohrkonstruktionen gemäß den Praxisanforderungen zu differenzieren. Nur Rohre mit additivem Schutzmantel (Typ 3 nach PAS 1075) erfüllen alle Anforderungen und sollten folgerichtig bei „Black-Box“-Verlegungen in geschlossener Bauweise eingesetzt werden.

Mehrschichtrohre aus Kunststoff für Hochdruckanwendungen

Um die positiven Eigenschaften von Polyethylen im Hochdruckbereich einsetzen zu können, ist es wegen der im Vergleich zu Metallen geringeren Festigkeit notwendig, festere Materialien zur Verstärkung in die Rohrwand zu integrieren. Faserverstärkte Polyethylenrohre, sogenannte RTP (Reinforced Thermoplastic Pipes), verfolgen dieses Ziel und besitzen in die Rohrwand integrierte hochfeste Fasern, beispielsweise aus Stahl, Glas oder Aramid, sodass sehr



Quelle: egeplast

Abb. 2: Nutzungsdauer in Abhängigkeit von der Beschädigungstiefe PE 100, SDR 11 gemäß Referenzkennlinien nach DIN 8075 [7]

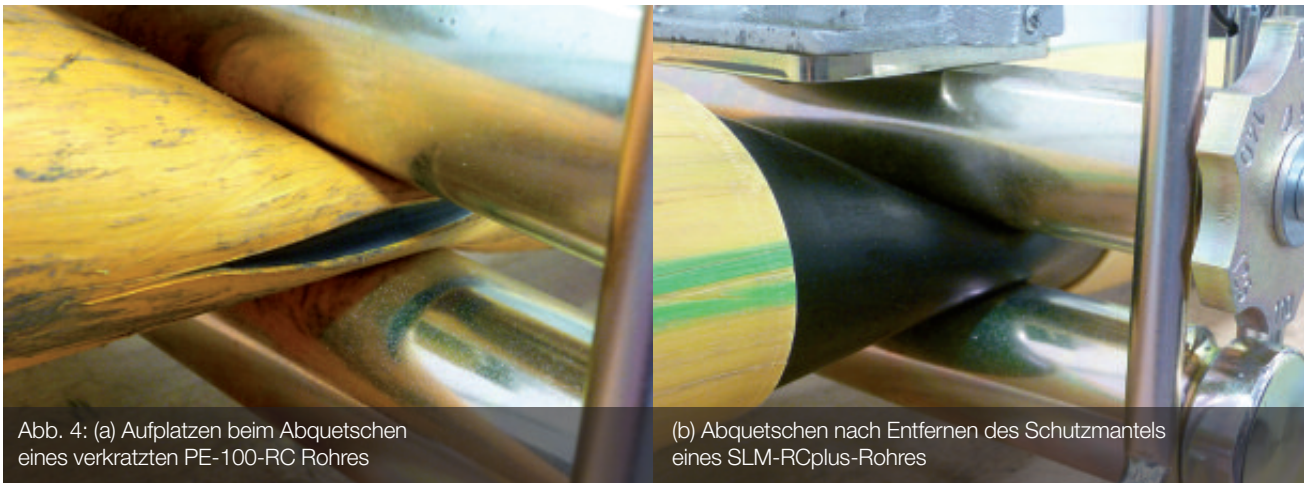


Abb. 4: (a) Aufplatzen beim Abquetschen eines verkratzten PE-100-RC Rohres

(b) Abquetschen nach Entfernen des Schutzmantels eines SLM-RCplus-Rohres

Quelle: egeplast

hohe Betriebsdrücke von über 100 bar erreicht werden können [11]. Ein neuer Ansatz sind eigenverstärkte Hochdruckrohre, die zu 100 Prozent aus bekannten Polyethylenrohrwerkstoffen wie beispielsweise PE 100 bestehen, sogenannte Monocomposites **(Abb. 6)**.

Die Festigkeit von Polyethylen lässt sich durch Verstrecken des Ausgangsmaterials und der damit einhergehenden gezielten Gefügeoptimierung während der Verarbeitung signifikant erhöhen. Werden die daraus resultierenden hochfesten Strukturen ein und desselben Materials zur Verstärkung eines Bauteils gezielt ausgenutzt, so spricht man von einer Eigenverstärkung oder Monocompositen. Ein Vorteil solcher Polyethylen-Monocomposite ist, dass durch den konsequenten Mehrschichtaufbau (Integration der Verstärkungsschicht aus verstrecktem Polyethylen) andere positive Eigenschaften wie beispielsweise die gute Schweißbarkeit, das niedrige spezifische Gewicht und die Biegeweichheit nahezu unbeeinträchtigt bleiben. Ein weiterer Pluspunkt der werkstoffhomogenen, also sortenreinen HexelOne®-Rohre ist die Möglichkeit, Reststücke einer Rohrleitung werkstofflich zu recyceln.

Literatur:

[1] DVGW-Arbeitsblatt W 400 „Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen, Teil 1: Planung“, 2004.

[2] DIN 8074 „Rohre aus Polyethylen (PE); PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD Maße“, 1999.

[3] Hessel, J.: „100 Jahre Nutzungsdauer von Rohren aus Polyethylen“, 3R international (46), Heft 4/2007.

[4] DVGW-Arbeitsblatt W 400 „Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen, Teil 2: Bau und Prüfung“, 2004.

[5] Schröder, G.: „Safety-Line – Die neue Generation von PE-HD-Rohrleitungen“, bbr 4/1995.

[6] Wolter R.: „Flexibel und doch widerstandsfähig“, gwf (140): S. 130-131, 1999.

[7] DIN 8075: „Rohre aus Polyethylen (PE); PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung“, 1999.

[8] D. Muckle: „Understanding, then avoiding in-service failures linked to the use of the squeeze-off flow stopping technique“, Plastic Pipes Conference Vancouver, 2010.

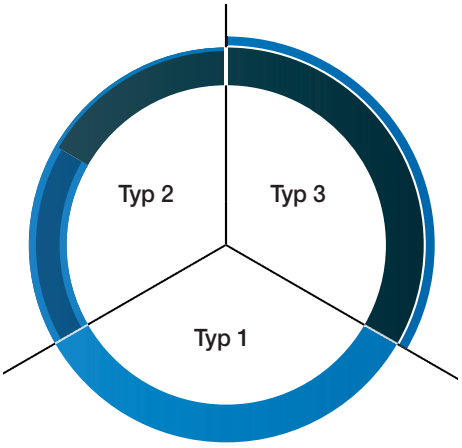
[9] PAS 1075 „Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken - Abmessungen, Technische Anforderungen und Prüfung Beuth Verlag (Ref. Nr. PAS 1075: 2009-04).

[10] M. Veenker: Kunststoffleitungen im Hochdruckbereich, 3R international (40), Heft 4/2001.

Autor:

Dr.-Ing. Thorsten Späth
egeplast Werner Strumann
GmbH & Co. KG
Robert-Bosch-Str. 7
48268 Greven
Tel.: 02575 9710-266
Fax: 02575 971033-269
E-Mail: thorsten.spaeth@egeplast.de
Internet: www.egeplast.de

Abb. 5: In der PAS 1075 beschriebene Rohrkonstruktionen



Typ 1: Vollwandrohre aus PE 100-RC

Typ 2 (zwei- oder dreischichtig): Rohre mit maßlich integrierten Schichten aus PE 100-RC

Typ 3: Rohre mit Abmessungen gemäß DIN8074/ISO 4065 aus PE 100-RC mit zusätzlichem äußeren Schutzmantel

Quelle: egeplast

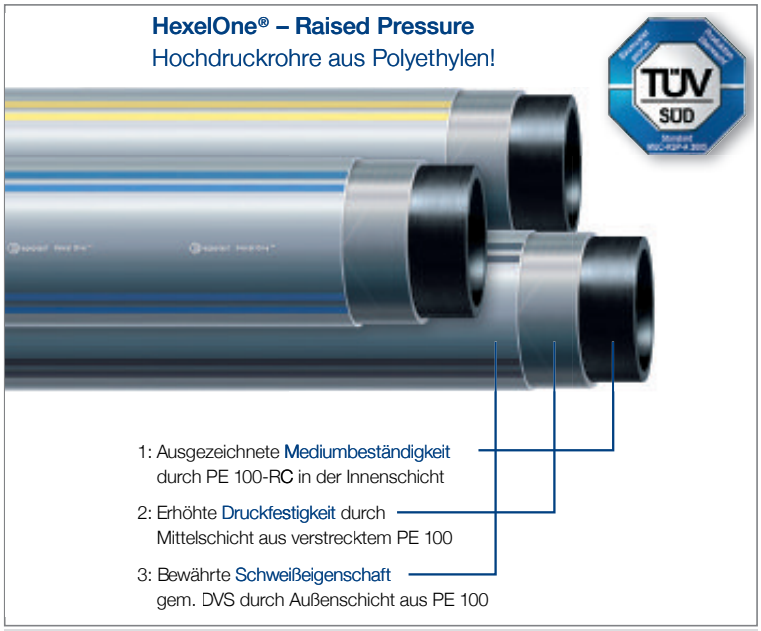


Abb. 6: HexelOne® ist ein „werkstoffhomogenes“ PE-Hochdruckrohr mit drei Funktionsschichten

Quelle: egeplast