

MAßGESCHNEIDERTE LÖSUNGEN

Vortrag 16:

**PE-Rohre mit Schutzschichten für moderne  
Verlegeverfahren**

*Dr.-Ing. Thorsten Späth, EGEPLAST W. Strumann GmbH & Co. KG,  
Greven*

## **Einleitung**

Polyethylenrohre werden seit fast 50 Jahren für verschiedenste Anwendungen mit Erfolg eingesetzt. Der Werkstoff Polyethylen weist ein großes Substitutionspotential zu Lasten herkömmlicher Rohrwerkstoffe auf, da er neben den wirtschaftlichen Vorteilen auch eine hohe Betriebssicherheit und lange Nutzungsdauer bietet. Im erdverlegten Bereich hat sich Polyethylen daher als am häufigsten eingesetzter Werkstoff für Druckrohrsysteme eindeutig durchgesetzt.

Da Polyethylenrohre sehr flexibel und längskraftschlüssig schweißbar sind, kommen sie auch im grabenlosen Leitungsbau sehr stark zum Einsatz. Offene Leitungsgräben stören den Straßenverkehr und verärgern die Anwohner, der Straßenaufbau wird nachhaltig geschädigt. Diese Gründe führten zu einer gesteigerten Akzeptanz der modernen grabenlosen Verlege- und Erneuerungstechniken. Zudem lässt sich durch die geschlossene Bauweise Zeit und Geld sparen. Im Rohrleitungsbau sind die Kosten einer Maßnahme zu 80-90% durch die Tiefbaukosten bestimmt. Insbesondere in innerstädtischen Gebieten sind diese stark von der Oberflächenwiederherstellung abhängig, diese betragen nicht selten bis zu 50% der Gesamtkosten. Alternative Verlegemethoden bieten daher ein großes Einsparpotential.

Die in dieser Präsentation vorgestellten Projekte zeigen auf, wie durch die Verwendung sehr rissbeständiger Werkstoffe und besonderer auf die Anforderungen einer Verlegung zugeschnittene Rohrkonstruktionen helfen, Geld einzusparen, ohne auf Betriebssicherheit und die lange Nutzungsdauer zu verzichten.

## Betriebssicherheit und lange Nutzungsdauer

Für die heute verfügbaren PE-HD Materialien PE 80 und PE 100 ist aufgrund der daran durchgeführten Zeitstand-Innendruckversuche nach DIN EN ISO 12162 und der Standardextrapolationsmethode gemäß ISO/TR 9080 eine Lebensdauer von 100 Jahren abgesichert [1, 2]. Rohre aus den Werkstoffen der ersten Generation sind heute bereits fast 50 Jahre in Betrieb.

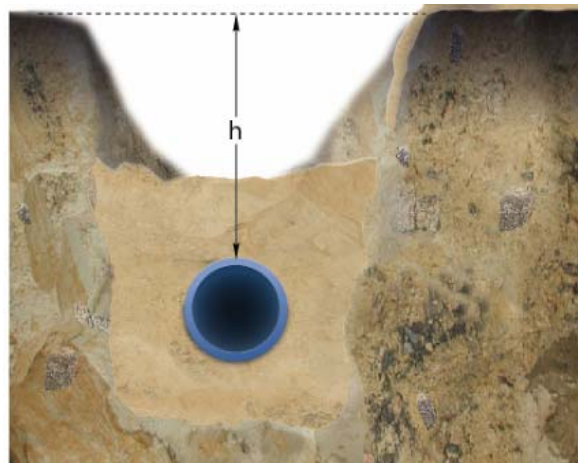
Eine zum Teil deutliche Verkürzung der langen Nutzungsdauer kann auftreten, wenn das Rohr

- durch Riefen oder Kerben geschwächt ist
- zusätzlich zum Innendruck durch Punkt- oder Linienlasten Spannungsspitzen am Rohr auftreten

Aus diesem Grund muß während der Verlegung von Rohren aus PE-HD eine Beschädigung durch Kratzer und Riefen ausgeschlossen werden. Gegen Punktlasten im Betrieb wird das Rohr durch ein umgebendes Sandbett geschützt.

## Offene Bauweise mit Sandbettung

Bei der Verlegung in offener Bauweise ist die Rohrleitungszone genau definiert.



**Abbildung 1:** Vorgeschriebene Leitungszone bei offener Bauweise

Der das Rohr umgebende Boden wird präpariert, um das Rohr zu schützen (DIN 4124, DIN EN 805, vgl. Abbildung 1). Eine sachgerecht verlegte Leitung kann dann sehr lange betriebskostenneutral betrieben werden. Ein Versagen der Rohrleitung ist erst mit Erreichen der thermischen Alterung zu erwarten.

## **Alternative Bauweisen**

### **Offene Bauweise ohne Sandbettung**

Steigender Kostendruck zwingt viele Versorger zu hinterfragen, ob eine aufwendige Sandbettung der neuen Leitung notwendig ist. Ist der Bodenaushub verdichtungsfähig, so kann dieser zum Verfüllen wiederverwendet werden – anstelle des Sandes. Voraussetzung dafür ist ein Rohrsystem, welches den dadurch auftretenden Lasten gewachsen ist. In ländlichen Bereichen gibt es außerdem die Möglichkeit, mit dem Pflug- oder Fräsverfahren neue Rohrleitungen mit enormer Verlegeleistung einzubringen.

Die Zeitstandfestigkeit einiger Polyethylen-Rohstoffe hat einen Entwicklungsstand erreicht, der ein Versagen innerhalb der vorgesehenen Betriebsdauer auch bei Druckrohren unter zusätzlicher äußerer Punktlast, wie sie bei Rohren ohne Sandeinbettung berücksichtigt werden muss, ausschließt.

Voraussetzung ist ein Mindestniveau der Spannungsrissbeständigkeit der betreffenden PE-Rohstoffe, so dass punkt- oder linienförmige Lasten, die zusätzlich zu den planmäßigen Betriebslasten, wie z. B. Innendruck, Erd- oder Verkehrslasten wirken, über den vorgesehenen Betriebszeitraum ertragen werden können.

Da sich der Bruchausgang bei von außen punktbelasteten Rohren immer an der Rohrinneenseite befindet und durch langsamen Rissfortschritt bis zur Rohraußenseite fortsetzt, ist für das Bruchverhalten der Widerstand des Polyethylen gegenüber langsamem Rissfortschritt maßgebend. Eine geeignete Prüfung dieser Werkstoffeigenschaft stellt der Full Notch Creep Test (FNCT), der heute bekannte "schnellste" Zeitstandtest, dar.

Hessel hat Mindestwerte für die Standzeiten im FNCT bei 80°C, 4 N/mm<sup>2</sup> in 2 % Arkopal N-100 berechnet, welche die notwendigen werkstoffbezogenen Voraussetzungen zur Absicherung der sandbettlosen Verlegung darstellen [3, 4].

## Beispiele aus der Praxis

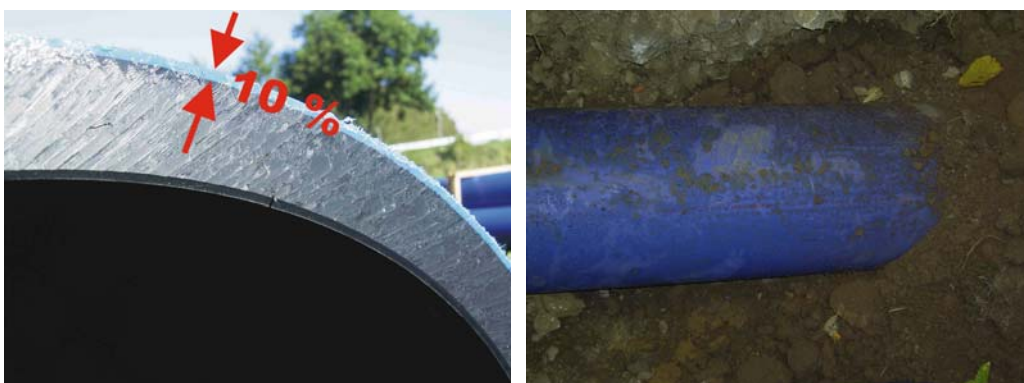
### Erstellung einer Doppel-Versorgungsleitung ohne Sandbettung

Die Wasserverbände Gödersheim und Vettweiß investierten gemeinsam in ein über 9 km langes Trinkwasserversorgungsleitungssystem. Ein Teil der Strecke, der als Doppelleitung (d. a. 250 mm und d. a. 315 mm) ausgeführt wurde, führt durch schwer zugängliches Gelände mit sehr steinigem Boden. Für eine sachgerechte Rohrbettung der Doppelleitung wären bis zu 400 LKW Ladungen Sand notwendig gewesen. Der Antransport dieser riesigen Mengen Sand zur Rohrbettung war zum einen als Beeinträchtigung der Natur unerwünscht, zum anderen hätte er zu riesigen Mehrkosten geführt. Man entschied sich daher, ein hochwertiges Rohrsystem einzusetzen, um auf die Sandbettung verzichten zu können, das egeplast 9010®.



**Abbildung 2:** Trassenverlauf der Doppelleitung

Das eingesetzte Rohr egeplast 9010® übertrifft das von Hessel ermittelte Mindestniveau der Spannungsrißbeständigkeit deutlich. Um das zulässige Beschädigungsmaß von 10% der Wandstärke bei diesem „robusten“ Umgang mit dem Polyethylenrohr auf der Baustelle visuell beurteilen zu können, ist zur Kennzeichnung der vorgeschriebenen maximalen Beschädigungstiefe eine 10%ige visuelle Erkennungsschicht in die normative Rohrwand integriert.



**Abbildung 3:** egeplast 9010® ohne Sandbett

## **Grabenlose Verfahren für die Neulegung und Erneuerung von Rohrleitungen**

### **Ungesteuerte Erdrakete**

Bereits seit Ende der 60er Jahre ist die Erdrakete zur unterirdischen Rohrverlegung bis DN 150 bekannt. Dabei können Straßen, Gärten, befestigte Plätze, Bahngleise boden- und rohrabhängig auf Längen bis 25 m, in Einzelfällen auch länger, unterquert werden. Besonders häufig wird die Erdrakete aber zur Herstellung von Hausanschlüssen verwendet.

### **Horizontalspülbohrverfahren**

Das Horizontal-Spülbohrverfahren wird zum Beispiel bei Längsverlegungen, Dükerungen und Gebäudeunterquerungen, bei Drainage- und Bewässerungsaufgaben, für die Kabelverlegung in der Verkehrsleittechnik und bei Hang- und Dammsicherungsmaßnahmen je nach Boden bis zu Längen von 500 m eingesetzt.

### **Berstliningverfahren**

Berstlining hat eine lange Tradition und hat sich aus der Erdraketen- und Horizontal-Rammtechnik entwickelt. Die Idee, Rohrleitungen im Berstliningverfahren zu erneuern, stammt von British Gas. Beim Berstliningverfahren wird die defekte oder zu kleine Rohrleitung durch den Berstkörper zerstört und radial in das umgebende Erdreich verdrängt.

## **Erneuerung von Graugussrohren im Berstliningverfahren**

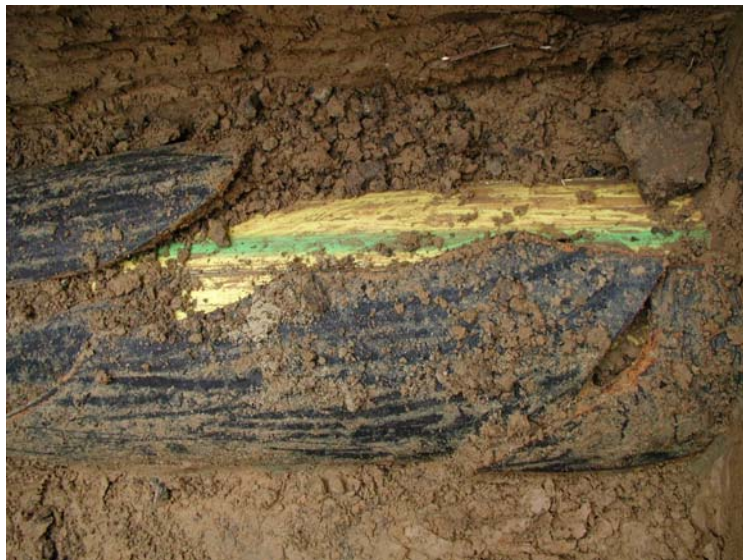
### **Wirtschaftliche Aspekte**

Zur Erneuerung von alten Gasversorgungsleitungen aus Grauguß bieten sich das Relining- oder Berstliningverfahren an. Beim Reliningverfahren wird eine neue Rohrleitung kleineren Querschnitts in die alte Leitung eingezogen, es läßt sich nur anwenden, wenn der erforderliche Querschnitt hydraulisch eine Verringerung zuläßt. Wird derselbe oder auch ein größerer Neurohrquerschnitt benötigt, so läßt sich die Altrohrleitung bersten und durch die ins umgebene Erdreich verdrängten Scherben das neue Rohr größerer Nennweite einziehen. Mit beiden Verfahren lassen sich Altrohrleitungen mit minimalen Tiefbaukosten erneuern.

Nimmt man die Kosten für eine konventionelle offene Verlegung zu 100% an, so betragen die Kosten für das Reliningverfahren ca. 69% und die Kosten für das Berstliningverfahren ca. 70,5% aus. Bestimmt werden die Kosten im Wesentlichen vom Abstand der nachträglich zu erstellenden Hausanschlüsse, da alle Abzweige und Hausanschlüsse konventionell in der offenen Bauweise durch Kopflöcher gesetzt werden müssen. Die Stadt Dortmund hat seit 1997 ca. 20 km Gasleitungen aus Grauguss erneuert. Die Erfahrungen in Dortmund haben gezeigt, daß die Kosten für die grabenlose Erneuerung in den Nennweiten DN 100 bis DN 200 zwischen 120,- und 150,- Euro/Meter betragen. Das macht eine Ersparnis von bis zu 35% aus [5]. Diese Kostenersparnis wird auch durch andere Versorger bestätigt [6].

### **Betriebssicherheit und lange Nutzungsdauer**

Allen grabenlosen Verlegearten ist gemein, daß im Gegensatz zur offenen Bauweise die Leitungszone bei grabenloser Verlegung nicht präparierbar ist. Das Rohr wird somit häufig durch steinige Böden oder Bauschutt, beim Berstlining verfahrensbedingt durch die ins Erdreich verdrängten Scherben gezogen. Abbildung 4 zeigt die flach an der Rohrwand des Neurohres anliegenden Scherben nach einer Aufgrabung.



**Abbildung 4:** Freigelegtes Rohrstück mit umgebenden Scherben

Das Beschädigungsausmaß der Rohroberfläche ist frühestens in den Zwischengruben einzusehen. Im Betrieb führen die im Erdreich verbliebenen Scherben zu örtlichen Spannungsspitzen in der Rohrwand des Kunststoffrohres. Zur Vermeidung des Beschädigungsrisikos sind daher Rohre mit besonderen Schutzfunktionen erforderlich.

Eine Lösung für die gesteigerten Anforderungen an den Schutz des neuen Rohres bietet das Schutzmantelrohr egeplast SLM<sup>®</sup> 2.0.

Ein vom DVGW zugelassenes PE-HD-Rohr entsprechend DIN 8074/75 aus ausgewählten spannungsrißbeständigen PE 100-RC (Resistance to Crack) Werkstoffen bildet das Produktrrohr. Diese entsprechen den von Hessel berechneten Mindestwerten für die Spannungsrißbeständigkeit im FNCT [3, 4]. Somit sind keine frühzeitigen Brüche durch Spannungsrisse von der Rohrinneenseite zu erwarten.

Umgeben wird das Druckrohr von einem zusätzlichen, hoch widerstandsfesten Schutzmantel aus mineralverstärktem Polypropylen, in unterschiedlichen Farben des Mantels: blau für Trinkwasser, gelb für Gas und braun für Abwasser. Grüne Doppel-Streifen dienen als Mantelrohrkennzeichnung. Dieser Schutzmantel aus mineralverstärktem Polypropylen schützt gegen Kratzer und Riefen von außen.

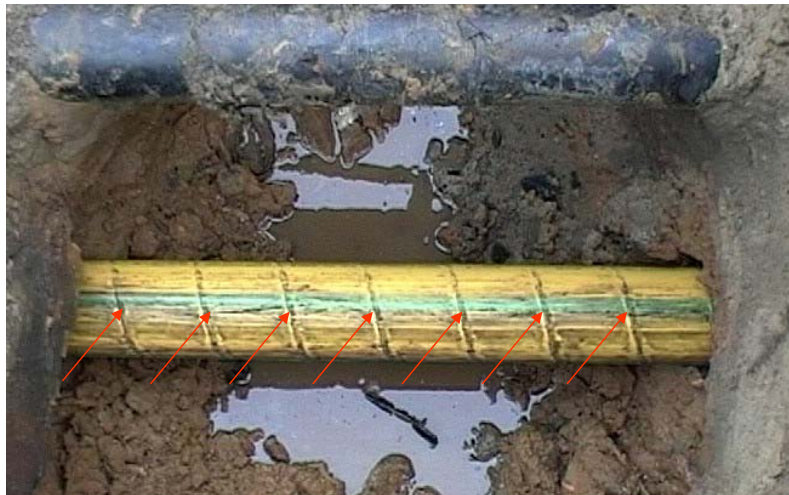
Aufgrund des großen Einsparpotentials des Berstliningverfahrens im Kanalsystem ist im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW am IKT (Institut für Unterirdische Infrastruktur) ein Forschungsvorhaben durchgeführt worden, um die Unklarheiten hinsichtlich der Belastung der neuen Leitungen abzuklären [7]. Ermittelt wurde der Einfluß der im Zuge des Berstvorgangs entstehenden Lastumlagerungen im Erdreich und damit die resultierenden Spannungen auf das Neurohr. Auf Basis einer Materialstudie wurde an unterschiedlichen Altrohrscherben, die beim Bersten entstehen können, vom IKT ein „Referenz-Scherbenstempel“ für verschiedene Altrohrwerkstoffe entwickelt. Abschließend wurde auch für Druckrohre die insbesondere langzeitliche Auswirkung von Bruchstücken (Scherben) der Altrohre auf die neue Leitung geprüft. Mit dem eine Graugusscherbe abbildenden „Referenz-Scherbenstempel“ unter der ermittelten maximalen Erdlast als zusätzliche Punktlast wurden von SLM<sup>®</sup> 2.0 Rohren die Normanforderungen im Zeitstandversuch ( $T=80$ ,  $\sigma=5,0$  N/mm<sup>2</sup>,  $t=1000$ h) erfüllt.



Ob es unter Einwirkung der vom IKT vorgeschlagenen Stempelgeometrie [7] zur Abbildung von Graugusscherben zu Spannungsrissen von der Rohrinenseite oder zu einem Versagen durch Eindringen der Scherbe von außen kommt, wurde im Hause HESSEL Ingenieurtechnik untersucht. Die bisher vorliegenden Ergebnisse im Punktlastversuch an SDR 11-Rohren mit 8 bar Innendruck zeigen, dass keine Penetration des Stempels vor dem Auftreten von Zeitstandbrüchen aufgrund von Spannungsrissbildung stattfindet [8].

### **Einzugskontrolle**

Um die Unversehrtheit des Kernrohres (Riefentiefe = 0% der Wandstärke) während und nach dem Einziehvorgang (z. B. Beim Berstlining von Graugußleitungen) zu überwachen, gibt es auch die Möglichkeit, ein SLM® 2.0-Rohr mit integriertem Beschädigungsindikator zu verwenden (Abbildung 5).



**Abbildung 6:** Schutzmantelrohre egeplast SLM® 2.0 der zweiten Generation mit integriertem Beschädigungsindikator (Pfeile) in einer Zwischenbaugrube.

Sollten beim Rohreinzug Kerben bis auf den Grund des Schutzmantels entstehen, so wird ein spiralförmig unter diesem gewickelter elektrischer Leiter durchtrennt. Im Anschluß an den Rohreinzug kann mit einem einfachen Durchgangsprüfer der elektrische Durchgang geprüft und somit die Unversehrtheit des neuen Druckrohres nachgewiesen werden (Abbildung 7).

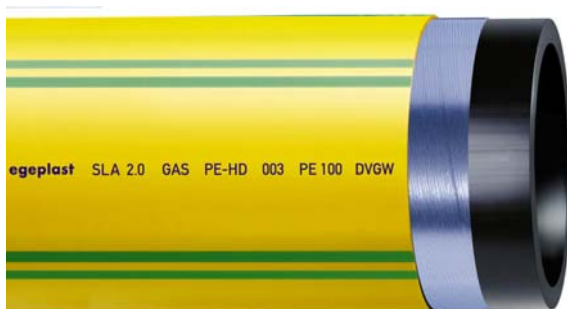


**Abbildung 6:** Nachweis der Nichtbeschädigung mit einem Durchgangsprüfer

Ein weiterer Vorteil insbesondere im innerstädtischen Bereich ist, daß derartige Mehrschichtrohre aufgrund des elektrischen Leiters auch im Erdreich geortet und somit bei späteren Baumaßnahmen genau lokalisiert werden können.

### **Mehrschichtrohre mit integrierter Beschädigungs- bzw. kontinuierlicher Leckageüberwachung**

Spezielle Dreischichtmantelrohre mit einer zwischen dem Druckrohr aus Polyethylen und dem Schutzmantel integrierten elektrisch leitenden Schicht aus Aluminium können auch kontinuierlich auf Leckagen überwacht werden (Abbildung 7). Die Aluminiumschicht wird mit einer Spannung beaufschlagt und der Widerstand zu einem ins Erdreich gesteckten Meßkontakt gemessen. Ist das Kunststoffrohr beschädigt, so wird die Änderung des elektrischen Widerstands genutzt, um die Leckage anzuzeigen und auch anschließend bis auf einen halben Meter genau einzumessen.



**Abbildung 7:** Rohre mit integrierter Beschädigungs- und Leckageüberwachung 3L-SLA®

Derartige sichere Leitungssysteme werden z. B. zum Transport umweltgefährdender Stoffe, aber auch für die Ableitung von Abwasser in Trinkwassergewinnungsgebieten eingesetzt. Sie können aber auch eingesetzt werden zur sicheren Verlegung von sensiblen Leitungen, z.B. Gashochdruck in der grabenlosen Bauweise. Eine mögliche Beschädigung des Rohres beim Einzug läßt sich auch mit diesem System direkt nach dem Einzug feststellen.

### **Beispiele aus der Praxis**

#### **Spülbohrung mit 3L-SLA<sup>®</sup> unter der Straßenoberfläche und anschließende Beschädigungskontrolle**

Eine neu zu verlegenden PN 10 Gasleitung sollte ohne die Asphaltoberfläche zu verletzen in kürzester Zeit eingebracht werden. Da der Abstand zur Straßendecke mit nur 50 cm zu gering war, entschied man sich gegen das Berstlining und für das Einbringen der Leitung im Spülbohrverfahren.

Wegen der geringen Überdeckung und aufgrund der Bodenverhältnisse wurde ein Gasrohr mit integrierter Beschädigungsüberwachung Typ 3L-SLA<sup>®</sup> ausgewählt. Dank des 3-Schicht-Aufbaus wurde anschließend der Nachweis geführt, daß das neue Gasrohr vollkommen unbeschädigt blieb und sicher in Betrieb genommen werden kann. Eine Ortung dieser 3-Schichtrohre ist aufgrund der Aluminiumschicht auch jederzeit möglich.



**Abbildung 8:** Einzug eines Rohrstrangs mit integrierter Beschädigungsüberwachung 3L-SLA<sup>®</sup>

## **Zusammenfassung**

Der Entwicklungsstand der Maschinen- und Verfahrenstechnik und maßgeschneiderte Rohrkonstruktionen ermöglichen heute die Kontrolle des Einziehvorgangs bei grabenlosen Verlegetechniken. Eine Beschädigung des Neurohres durch z. B. scharfe Graugussscherben beim Berstlining kann so ausgeschlossen werden.

Die lange Lebensdauer von in offener Bauweise im Sandbett verlegten Polyethylenrohrleitungen wird bei geeigneten Rohrkonstruktionen, der Verwendung modernster Werkstoffe und einer konsequenten Qualitätskontrolle auch ohne Sandbett erreicht. Dieses gilt auch für eine so anspruchsvolle Erneuerungstechnik wie dem Berstlining von Graugussleitungen.

**Literatur:**

- [1] U. Schulte: Kunststoffe 87 (1997) S. 203-206
- [2] K. Wernicke: „100 Jahre Nutzungsdauer für Rohre aus PE-HD“, Vortag Kunststoffrohrtage Wiesbaden 2000
- [3] J. Hessel in 3R international (40) Heft 4/2001, S. 178-184
- [4] J. Hessel in 3R international (40) Heft 6/2001, S. 360-366
- [5] A. Hügging in 3R international (39) Heft 9-10/2000, S. 602-607
- [6] H. Plüm, „Berstlingverfahren bewährt sich durch Wirtschaftlichkeit und Effizienz“, GWF-Gas/Erdgas, Heft 12, 2003, S. 731-734
- [7] Endbericht zum Forschungsprojekt: „Erneuerung mit dem Berstverfahren, Bemessung, Prüfung und Qualitätssicherung von Abwasserrohren“, November 2003, IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur Gelsenkirchen, Gefördert durch: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW
- [8] M. Rameil, R. Kotzur, T. Späth, und J. Hessel in 3R international (43) Heft 4, 5/2004