

GAS UND WASSER AKTUELL

Vortrag 4:

Sanierung einer Trinkwasserleitung DN 1500 des Zweckverbandes Landeswasserversorgung Baden-Württemberg mit einem PE 100 Linerrohr mittels Sublining

Dipl.-Ing. Thomas Meyer, Pfeiffer GmbH, Dresden

Dipl.-Ing. Thomas Frank, Frank GmbH, Mörfelden-Walldorf

1 Einleitung

Die Landeswasserversorgung (LW) Baden-Württemberg ist eines der ältesten Fernwasserversorgungsunternehmen Deutschlands. Das Unternehmen wurde im Jahr 1912 gegründet, die ersten Anlagen gingen bereits 1917 in Betrieb. Heute ist die LW für die zuverlässige und sichere Versorgung von rund 250 Städten und Gemeinden mit jährlich mehr als 90 Millionen Kubikmetern Trinkwasser verantwortlich. Die LW wuchs seit 1965 als kommunaler Zweckverband beständig weiter.

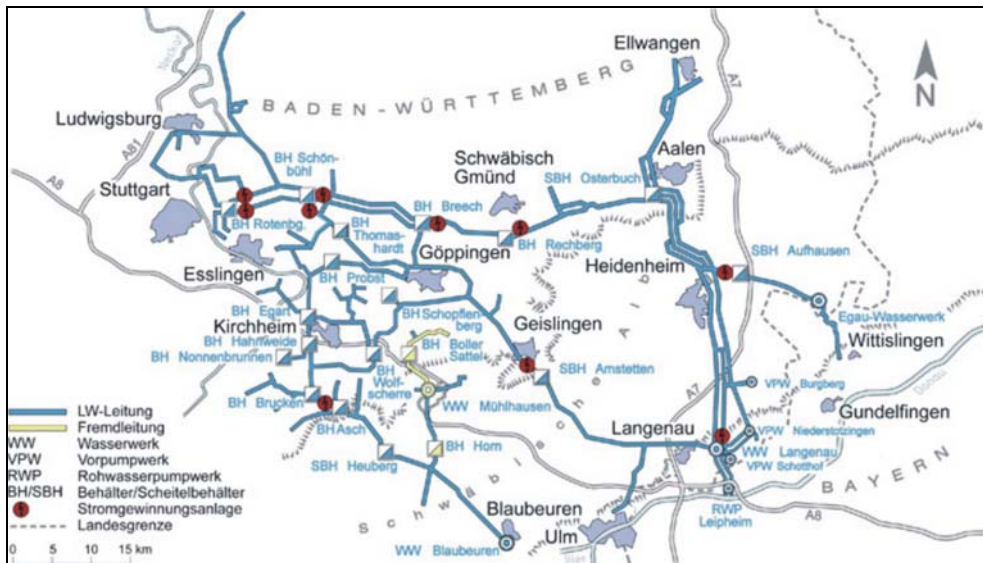


Bild 1: Versorgungsgebiet der Landeswasserversorgung Baden-Württemberg

Die dritte Hauptleitung der LW wurde in den Jahren 1967 bis 1974 gebaut und ging bereits seit 1970 abschnittsweise in Betrieb. Die Leitung führt über eine Gesamtlänge von 84 Kilometern vom Wasserwerk Langenau, dem Hauptförderwerk der LW nordöstlich von Ulm, über die Schwäbische Alb nach Geislingen ins Filstal und von dort weiter in Richtung mittlerer Neckarraum, wo unter anderem die Städte Stuttgart, Esslingen, Ludwigsburg, Kornwestheim, Göppingen und Weiblingen mit Trinkwasser versorgt werden.

Vom Wasserwerk Langenau bis zum Scheitelpunkt in Amstetten ist die Leitung auf einer Länge von 28 Kilometern als Druckleitung ausgeführt. Der mit ca. 56 Kilometern etwa doppelt so lange zweite Abschnitt wird als Fallleitung betrieben. Die Leitung ist mit einer Durchflussmenge von bis zu 3.000 Litern/Sekunde eine der Hauptschlagadern der Landeswasserversorgung.

Beim Bau der Leitung kamen überwiegend stumpfgeschweißte Stahlrohre zum Einsatz. Wegen der damals hohen Nachfrage von Stahlrohren auf dem Weltmarkt und der damit verbundenen sehr hohen Stahlpreise hat man sich bei vier Teilabschnitten der Druckleitung, die mit relativ geringem Wasserdruck betrieben werden, auf einer Länge von insgesamt ca. 9 Kilometern dafür entschieden 5 Meter lange Stahlbetonrohre der Nennweite 1500 Millimeter mit Muffendichtung einzusetzen.

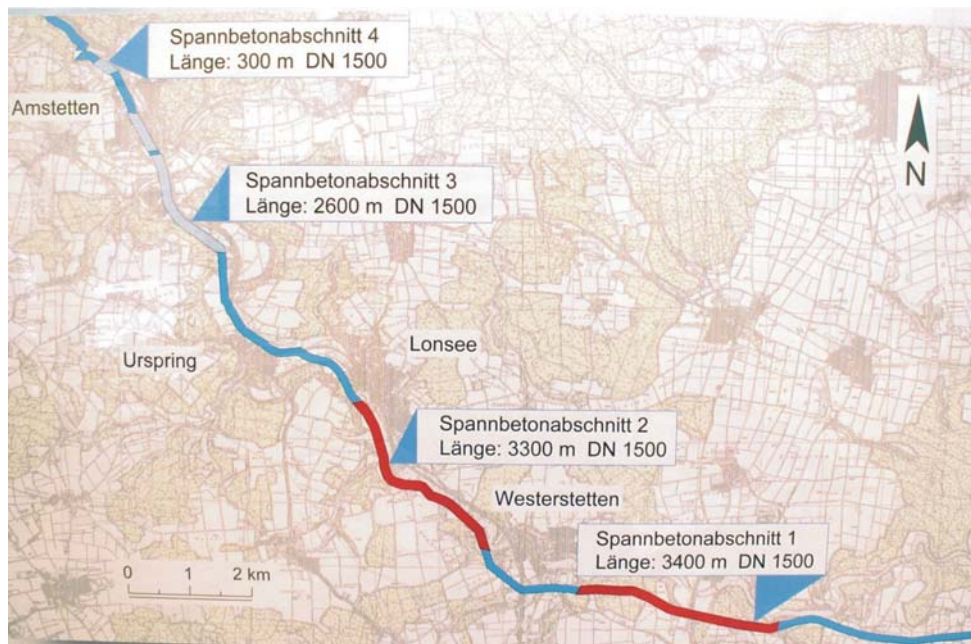


Bild 2: Darstellung der in Stahlbeton ausgeführten Teilabschnitte

Die Haltbarkeit der Spannbetonrohre wurde Ende der 60er Jahre als unproblematisch eingestuft. Als Schwachpunkt erwiesen sich jedoch nach etwa 25 Jahren Betrieb die verwendeten Rollgummidichtungen. Diese waren im Laufe der Zeit ausgehärtet und versprödet. So stieg seit Anfang der 90er Jahre die Verlustrate der Druckleitung 3 auf über 20 Liter/Sekunde an (Bild 3).



Bild 3: Entwicklung der Leckraten und Anzahl der sanierten Muffen

Zunächst wurde versucht, diesen Wasserverlust durch den Einbau von Innendichtmanschetten einzudämmen. Dadurch konnte die Leckrate aber nur vorübergehend eingedämmt werden. Die Leckraten wären zwar ohne diese Sanierungen bis zum heutigen Zeitpunkt bereits auf 130 Liter/Sekunde angestiegen (Bild 3), die Lebensdauer dieses Sanierungsverfahrens, dass ca. 2.000,00 € pro Muffe kostet, ist aber mit 10 bis 15 Jahren zu gering, um eine dauerhafte Lösung darzustellen. Die Sanierungskosten stehen bei insgesamt 1.340 zu sanierenden Muffen und der geringen Lebensdauer in keinem Verhältnis zum Nutzen. Um die Wasserverluste nachhaltig zu reduzieren, musste ein anderer Weg gefunden werden.

2 Entscheidung für das Subline-Verfahren

Von der LW wurden im Vorfeld verschiedene Sanierungsverfahren gegenübergestellt. Gegen einen Neubau einer parallel zur Stahlbetonleitung verlaufenden Stahlleitung sprachen die aufwendige Trassenführung (teilweise durch Naturschutzgebiet) und die sehr hohen Kosten. Die bisherige Methode mittels Innemanschetten scheiterte an der zu geringen Nachhaltigkeit und die Abdichtung der Muffenspalte mittels Keildichtungen wurde aufgrund des vergleichbar hohen Aufwandes bei fraglichem Langzeit-Nutzen ebenfalls verworfen.

Die Tatsache, dass die Stahlbetonrohre statisch noch funktionsfähig sind und den Innendruck voll aufnehmen können, sprach neben den wirtschaftlichen Vorteilen für die Sanierung mit einem PE-100-Inliner, der auf dem gesamten sanierten Abschnitt als vollflächige Auskleidung die Dichtwirkung sicherstellt.

Die Anforderungen an die Sanierungsmaßnahme bestanden aus folgenden Punkten:

- Nutzen des vorhandenen Altrohres als tragfähiger Mantel.
- Schnelle Verlegeleistung, da eine längere Außerbetriebnahme der Leitung (maximal 4 Tage) nicht möglich ist.
- Anforderungen hinsichtlich der Trinkwasserhygiene mussten eingehalten werden.
- Hohe Lebenserwartung von Material und Gesamtsystem.
- Kostenvorteil gegenüber Neubau und der bisherigen Sanierungsvariante.
- Sichere Anbindung zur bestehenden Altleitung an den Übergangsstellen.
- Einsatz in Kurvenradien möglich (der sanierte Abschnitt hatte einen Kurvenradius von $R = 250$ Meter).

Diese Anforderungen konnten vom Subline-Verfahren optimal erfüllt werden. Bei diesem Verfahren wird ein zuvor über die gesamte Einziehlänge vorgefertigter PE-Inliner über eine Faltmaschine gezogen, dabei c-förmig axial zusammengerollt und anschließend in dieser instabilen Form über Haltebänder fixiert. Der dann im Durchmesser reduzierte Inliner kann anschließend leicht in das zu sanierende Rohr eingezogen werden (Bild 4).

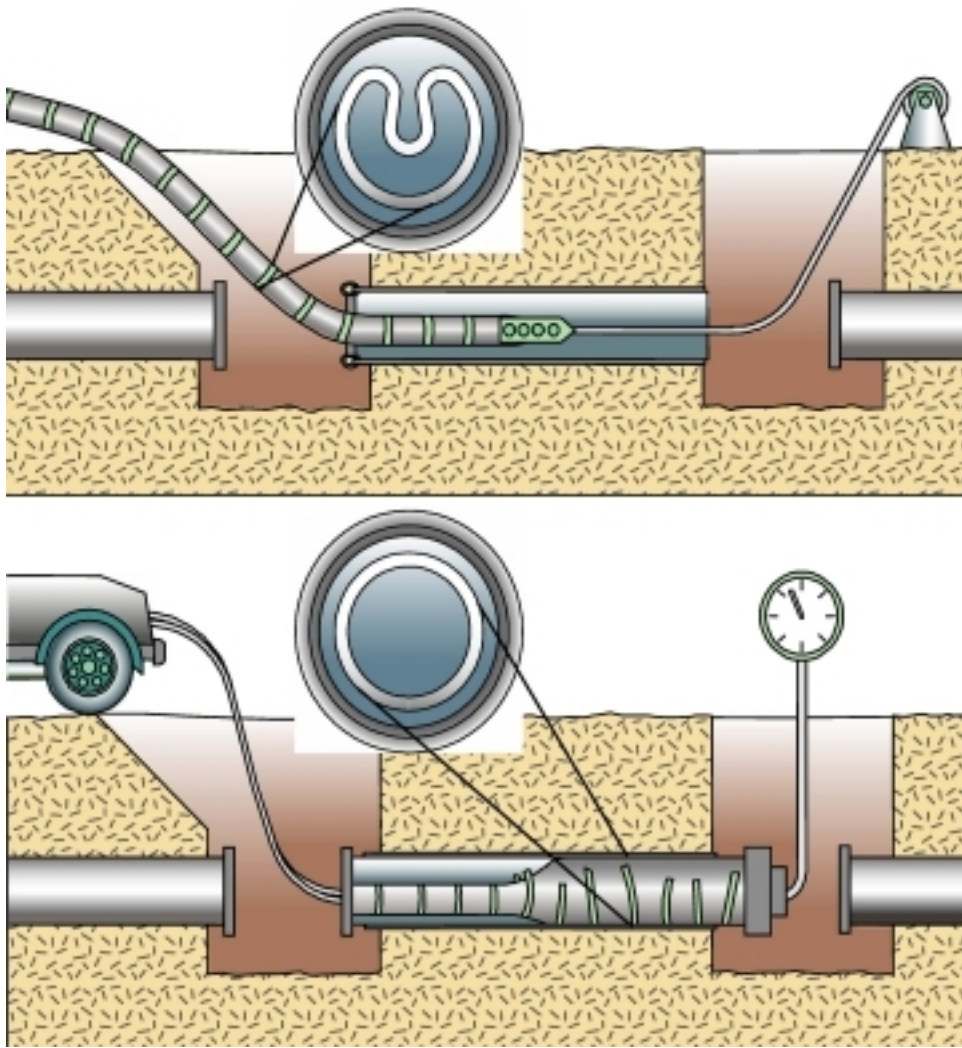


Bild 4: Schematische Darstellung des Subline-Verfahrens (Quelle Pfeiffer)

3 Herstellen des Rohrstranges

Die gewünschte hohe Lebenserwartung bei gleichzeitig hohen Belastungen infolge der Verformung des Rohres zum Inliner (und zurück) und des Einziehvorgangs führte zu der Entscheidung, als Rohrmaterial ein PE 100 der neuesten Generation zu verwenden. Die Rohrdimension wurde durch das Sanierungsverfahren festgelegt. Man entschied sich für Rohre der Dimension 1.480 x 24,3 Millimeter (SDR 61), die ein einwandfreies Rückverformen nach dem Einziehvorgang ermöglichen und sich nach Inbetriebnahme durch den Innendruck vollflächig an das Alrohr anlegen. Für diese Sonderdimension wurden vom Rohrhersteller neue Werkzeuge angefertigt. Bei der Stumpfschweißmaschine waren ebenfalls genau auf den Außendurchmesser abgestimmte Spannvorrichtungen erforderlich.

Die Rohre wurden in Längen von 12 Metern hergestellt und an der Baustelle angeliefert. Die Verbindung zu einem Rohrstrang (Bild 5) erfolgte mittels Heizelementstumpfschweißung mit Parametern, die gemäß den in DVS 2207-1 festge-

legten Vorgaben berechnet sind. Für die Herstellung des gesamten Rohrstranges von 550 Metern Länge waren 45 Schweißnähte erforderlich.



Bild 5: Herstellen des Rohrstranges (Anschweißen des Zugkopfes)

Die Schweißwülste wurden auf Wunsch des Auftraggebers außen und innen entfernt. Anschließend konnte die Dichtheitsprüfung mit 2 bar Druck und die Desinfektion des gesamten Rohrstranges noch vor dem Einziehen des Inliners außerhalb der zu sanierenden Leitung ausgeführt werden. Dies war einer der Gründe, weshalb letztendlich die Leitungsunterbrechung auf nur 57 Stunden begrenzt werden konnte.



Bild 6: Entfernung des Innenwulstes mit keimfreier Ausrüstung



Bild 7: Geschweißter Inliner mit Anschluss für die Druckprüfung



Bild 8: Vorgefertigter Rohrstrang

4 Vorfertigen der Inliners

Im zweiten Arbeitsschritt wurde der Inliner im Scheitelbereich auf der ganzen Länge c-förmig gefaltet (Bild 9). Dadurch wurde der Durchmesser erheblich reduziert und der anschließende Einziehvorgang überhaupt ermöglicht. Aufgrund seines „Erinnerungsvermögens“ ist das Rohr bestrebt, seine ursprüngliche Form wieder anzunehmen. Um das zu verhindern, wurde der Inliner im verformten Zustand mittels Spannbändern fixiert. Als zusätzliche Sicherung wurden vereinzelt Spanngurte angebracht, die bereits vor dem Einbringen des Inliners wieder entfernt wurden.



Bild 9: Verformen des PE-Rohres zum c-förmigen Inliner



Bild 10: Mit Spannbändern versehener Inliner

5 Einziehen und Rückformen des Inliners

Der Zeitpunkt für den Einzug des Inliners in das Altrohr wurde auf den 19. Oktober 2006 festgesetzt. Bereits drei Wochen zuvor wurde mit dem Schweißen des Rohres und dem Herstellen des Inliners begonnen. Die für den Einziehvorgang erforderlichen Baugruben wurden bereits im Frühjahr vorbereitet. Somit konnte das für die Unterbrechung der Leitung erforderliche Zeitfenster möglichst klein gehalten werden.

Für den Einziehvorgang wurde die Altleitung an zwei Stellen geöffnet. Um den Inliner während des Einziehens nicht zu beschädigen, wurden zunächst die im Rahmen früherer Sanierungsmaßnahmen in die Leitung eingebrachten Innendichtungsmanschetten entfernt und die Muffenspalte, sofern erforderlich, ausgespachtelt. Die hydraulisch betriebene Zugvorrichtung bestand neben dem Widerlager aus einer 550 Meter langen Zugkette, die sich aus einzelnen Metallgliedern zusammensetzte. Durch diese Zugkette, die zunächst mit einem Stahlseil in die Leitung eingebracht wurde, konnten ruckartige Bewegungen während des Einziehvorganges ausgeschlossen werden.

Bei einer Querschnittsfläche von $0,111129 \times 10^6 \text{ mm}^2$ und der für PE 100 beim Einziehen zulässigen Spannung von 10 N/mm^2 ergibt sich eine maximal zulässige Einziehkraft von 1.111 kN . Die Analyse des Zugkraftdiagramms (Bild 11) zeigt, dass die Krümmung der Rohrleitungstrasse die Reibung am Inliner während des Einziehens nur geringfügig beeinflusste. Die Steigung im Leitungsverlauf hatte dagegen einen wesentlich größeren Einfluss.

Der Inliner hatte überschlägig ein Gewicht von 61 Tonnen bei einer Haftreibungszahl von 0,5 (der tatsächliche Wert dürfte deutlich niedriger liegen), somit ergäbe sich eine maximal erforderliche Zugkraft von $0,5 \times 610 \text{ kN} = 305 \text{ kN}$. Das entspräche einer Belastung, die nicht einmal 30 % der für das verwendete Material zulässigen Spannung entspricht.

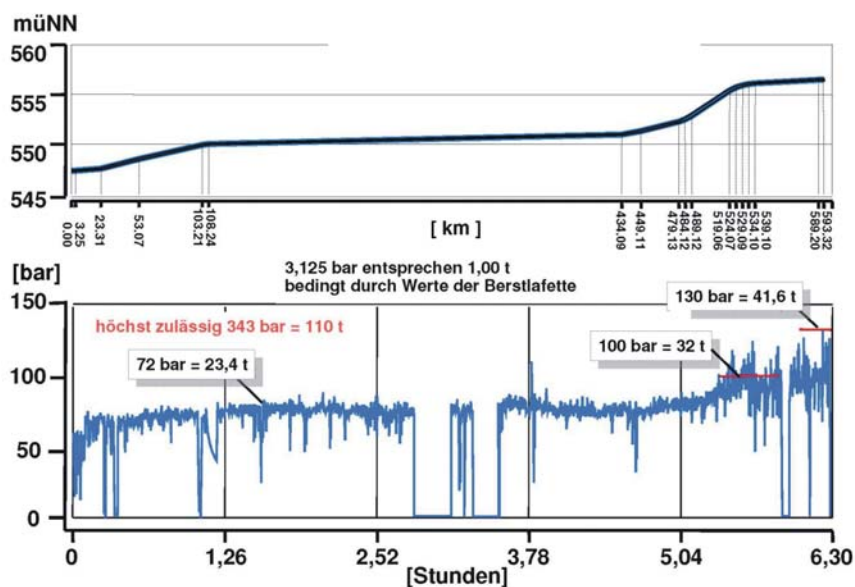


Bild 11: Zugkraftdiagramm und Höhenprofil des Sanierungsabschnittes

Der Einziehvorgang selbst konnte nach Abschluss aller Vorbereitungen mit 20 bis 100 Meter/Stunde relativ schnell erfolgen. Nach nur 6,5 Stunden war der Vorgang bei dieser Maßnahme abgeschlossen (Bild 12).



Bild 12: Einziehen des Liners mittels hydraulischer Winde

6 Anbinden des Inliners an die bestehende Trinkwasserleitung

Nach dem Einziehen wurde der Liner zunächst mit Hilfe von pneumatischen Kissen an den offenen Enden wieder in eine kreisrunde Form gebracht. Dieser Arbeitsschritt gestaltete sich aufgrund der niedrigen Außentemperaturen von ca. 6°C, die dem Liner eine erhöhte Steifigkeit verlieh, etwas schwieriger, als zunächst vermutet. Der zusätzliche Einsatz von Heißluftgeräten zur Erwärmung brachte jedoch abschließend den gewünschten Erfolg. An die rückgeformten Enden wurden Manschettenverbindungen („Linergrips“) angebracht. Anschließend wurde die Leitung langsam befüllt. Dadurch wurden die Spannbänder im Ringraum zwischen Liner und Spannbetonleitung aufgesprengt. Der Inliner wurde so in seine ursprüngliche Form zurückgebracht, legte sich an die Spannbetonrohre an und überbrückte die alten schadhafte Muffenverbindungen.

Die „Linergrips“, die zum Befüllen und Rückformen des Liners verwendet wurden, dienten gleichzeitig auch dem Anschluss des sanierten Rohrstranges an die noch existierende Hauptleitung (Bild 13).



Bild 13: Ziehschacht mit „Linerrip“ im Vordergrund nach Abschluss der Sanierung

Nach Spülung der Leitung konnte sie nach einer Unterbrechung von gerade einmal 57 Stunden wieder in Betrieb genommen werden. Zwei Wochen nach Abschluss der Maßnahme fand die Begehung statt. Dabei wurde ein einwandfreier Zustand des Liners festgestellt. Im Vergleich zur Verlegung einer Stahlleitung konnten die Kosten durch diese nachhaltige Sanierungsmaßnahme um rund 50 % reduziert werden.

7 Fazit

Die Landeswasserversorgung Baden-Württemberg hat mit der Sanierung einer Trinkwasserdruckleitung aus Spannbeton im Subline-Verfahren mit der Nennweite 1.500 Neuland betreten. Grund dafür war, dass die bisherigen Sanierungsverfahren zur Senkung der Leckrate auf den undichten Spannbetonabschnitten kein nachhaltiges und damit zufriedenstellendes Ergebnis liefern konnten. Die besondere Herausforderung neben der großen Nennweite bestand darin, dass die Hauptleitung drei der Landeswasserversorgung bei sorgfältiger Vorbereitung und maximaler Bewirtschaftung der Behältervolumina nur maximal vier Tage außer Betrieb gehen konnte. Nachdem aus Kostengründen der Neubau einer Parallelleitung nicht in Betracht kam, war dieser enge Zeitkorridor eines der maßgebenden Kriterien für die Auswahl des Sanierungsverfahrens.

Die Vorteile des Subline-Verfahrens sind unter anderem, dass wesentliche Fertigungsschritte wie Vorfertigen des Rohrstranges, Vorformen des Rohrstranges, Desinfizieren und Druckprobe außerhalb der zu sanierenden Leitung durchgeführt werden können und der zum Einsatz kommende PE-100-Inliner sowohl den hydraulischen als auch den hydrodynamischen Beanspruchungen (Druckstöße) standhalten kann.

Der Einziehvorgang mittels Hydraulikpressen gelang innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens. Die Leckrate konnte durch die Sanierung eines 550 Meter langen Abschnittes auf einer Länge von 3.200 Metern von 15 auf 7 Liter/Sekunde mehr als halbiert werden. Es kann festgehalten werden, dass das Subline-Verfahren auch zur kostengünstigen Sanierung von Großrohrleitungen in der Trinkwasserversorgung geeignet ist. Der Sanierungserfolg kann umso höher bewertet werden, da der eingebrachte Inliner aus PE 100 eine um ein Vielfaches höhere Lebenserwartung aufweist, als die bisher zur Reparatur dieser Leitung eingesetzten Maßnahmen.

Literatur

- (1) Homepage Zweckverbandes Landeswasserversorgung Baden-Württemberg (25.03.2007)
- (2) Röhrle, Bernhard: Neuartiges Sanierungsverfahren für Trinkwasserleitungen, in: DVGW energie wasser-praxis 03/2007
- (3) Meyer, Thomas: Großrohrsanierung mit Polyethylenrohren, in: bbr 03/2007
- (4) Projektbericht Frank GmbH
- (5) Inliner-Sanierung der Druckleitung 3, Trinkwasser für Baden-Württemberg, Zweckverband Landeswasserversorgung, SWR-Beitrag, Oktober 2006