

# LinerGrip-Verbindungs- technik für dünnwandige PE-Inliner

**Praxisbericht über die Sanierung einer Spannbetonleitung der Nennweite 1500**

## LinerGrip connectors for thin walled PE liner

**Report about the rehabilitation of a pre-stressed concrete pipe DN1500**

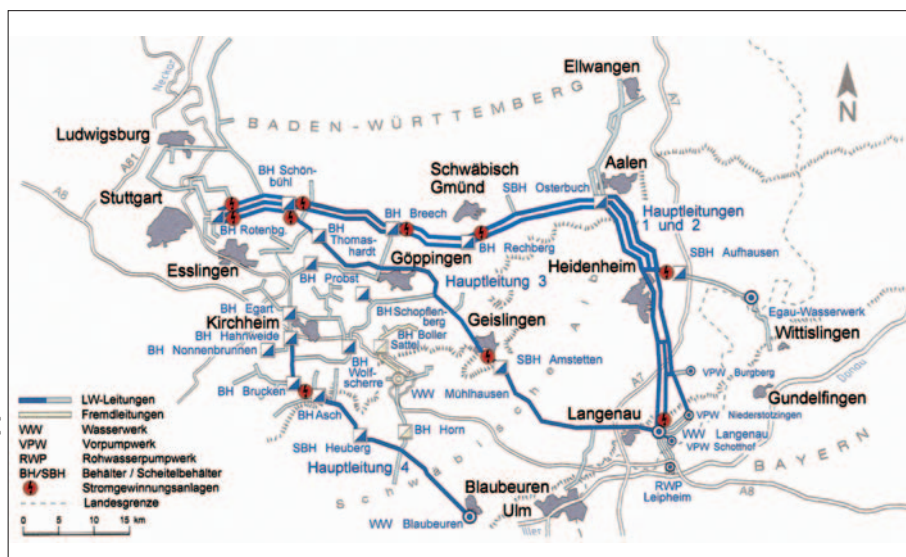
Von Jan Treiber

*Der Beitrag befasst sich mit der Sanierung einer Spannbetonleitung der Nennweite 1500 des Zweckverbandes Landeswasserversorgung. Weltweit erstmalig wurde in dieser Nennweite ein Inliner aus Polyethylen (PE 100) eingesetzt. Im Fokus stehen die LinerGrip-Verbindungselemente, mit denen der Inliner und das Spannbetonrohr verbunden werden. Deren Aufbau, Funktion und Montage werden eingehend erläutert. Ebenso wird im Rahmen des Praxisberichtes auf die bei der Durchführung der Sanierung aufgetretenen Besonderheiten und die dabei gewonnenen Erkenntnisse eingegangen.*

*The article deals with the rehabilitation of a pre-stressed concrete pipe DN1500 of the Zweckverband Landeswasserversorgung in Germany. For the first time ever, a polyethylene liner was used in this dimension. The focus is set on the LinerGrip connectors which join the rehabilitated pipeline to the host pipe. Their construction, function and assembling is comprehensively illustrated. Referring to the practical experience of the author also the problems occurring during this rehabilitation project will be described, as well as the knowledge which could be obtained.*

**Bild 1:** Das Fernleitungsnetz der Landeswasserversorgung

**Fig. 1:** Floor plan of the LW-installations



## Die Aufgabenstellung

Der Zweckverband Landeswasserversorgung ist eine der größten und traditionsreichsten Fernwasserversorgungen Deutschlands. Das Unternehmen wurde im Jahr 1912 gegründet, die ersten Anlagen gingen bereits 1917 in Betrieb. Zu den derzeit 108 Verbandsmitgliedern zählen Städte, Gemeinden, Verbände und Versorgungsunternehmen in Baden-Württemberg und Bayern.

Heute steht die Landeswasserversorgung für die zuverlässige und sichere Trinkwasserversorgung von rund 250 Städten und Gemeinden mit einer jährlichen Abgabe von rund 95 Millionen Kubikmetern Trinkwasser bester Qualität.

Aus den drei Wasserwerken in Langenau, Disingen und Blaubeuren werden über ein rund 735 km langes Fernleitungsnetz ca. drei Millionen Einwohner versorgt. Dabei können bis zu 450000 Kubikmeter pro Tag gefördert werden. Dies entspricht einer Menge von immerhin 5200 Litern pro Sekunde.

Das Fernleitungsnetz gliedert sich in vier Hauptleitungen, die Nennweiten von bis zu 1500 aufweisen, und in zahlreiche Zubringerleitungen mit Nennweiten von bis zu 700.

Ein wichtiger Bestandteil des Fernleitungsnetzes sind die 33 Wasserbehälter mit einem Speichervolumen von nahezu 400000 Kubikmetern. Sie dienen in erster Linie der Versorgungs- und Betriebssicherheit, da sie Abgabeschwankungen ausgleichen, einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb ermöglichen und damit die Leistungsfähigkeit der Trinkwasserversorgung durch die Landeswasserversorgung steigern.

Das Fernleitungsnetz der Landeswasserversorgung (**Bild 1**) teilt sich in vier Hauptleitungen (HL) auf. Die ältesten Hauptleitungen 1 (Inbetriebnahme 1917) und 2 (Inbetriebnahme um 1935) verlaufen nahezu parallel. Sie werden derzeit abschnittsweise erneuert [6]. Die Hauptleitung 3 ging abschnittsweise zwischen den Jahren 1970 und 1974 in Betrieb. Sie verläuft vom Wasserwerk Langenau über Geislingen und Göppingen nach Stuttgart. Die Hauptleitung 3 wurde zum überwiegenden Teil mit Stahlrohren gebaut. Lediglich auf drei mit geringem Wasserdruck betriebenen Abschnitten der Druckleitung zwischen dem Wasserwerk Langenau und dem Scheitelbehälter Amstetten wurden auf einer Länge von insgesamt 9 km Spannbetonrohre mit Gummimuffendichtungen verwendet, eine dem damaligen Stand der Technik entsprechende Bauweise. Die in unterschiedlichen Werkstoffen ausgeführten Leitungsabschnitte sind durch Schachtbauwerke voneinander getrennt.

Erdverlegte Rohrleitungen sind in der Folge von Bodenbewegungen und Setzungen großen Beanspruchungen ausgesetzt. In Ab-

schnitten der Spannbetonleitung vergrößerten sich die Muffenspalte zwischen den Rohrsegmenten so, dass an vielen Verbindungsstellen durch Versagen der Rollgummidichtungen Undichtigkeiten auftraten. Dazu beigetragen haben auch die Aushärtung und die Versprödung der Rollgummidichtungen im Verlauf der mittlerweile 35 Betriebsjahre.

Bisher erfolgte die Sanierung der undichten Muffenspalte in mehreren Schritten von innen. Dabei wurden Innendichtmanschetten mit Hilfe von Edelstahlringen über die Muffen gespannt (**Bild 2**). Diese Lösung verschaffte nach dem aktuellen Kenntnisstand nur kurzfristig Abhilfe, denn auch sanierte Muffen wurden teilweise bereits nach zehn bis fünfzehn Jahren wieder undicht [9].

### Auswahl eines geeigneten Sanierungsverfahrens

Die Spannbetonleitung weist auf einer Länge von etwa 7 km eine besonders hohe Rate an undichten Muffen auf. Ein Neubau dieses Leitungsabschnittes würde per Faustformel  $K \approx DN \text{ [€/m]}$  kalkuliert mehr als 10 Mio. Euro kosten. Aus Vergleichsobjekten in kleineren Nennweiten ist allerdings bekannt, dass eine Sanierung in der Regel geringere Kosten verursacht, unter anderem wegen des Wegfalls eines Großteils der Tiefbauarbeiten.

Eine Fernwasserleitung weist in der Regel nur geringfügige Richtungswechsel auf. Sie ist nur an wenigen Punkten durch Streckenschieber oder Be- und Entlüftungseinrichtungen unterbrochen. Daher bietet sich eine Sanierung durch das Einziehen eines Inliners geradezu an. Auf dem Markt werden unterschiedliche Verfahren angeboten (**Bild 3**), von denen sich jedoch nur wenige für den beschriebenen Fall eignen. Ein wichtiges Auswahlkriterium für das Verfahren ist die Fähigkeit des Inliners, die bestehenden Muffenspalte zu überbrücken.

Weitere Kriterien zur Auswahl des geeigneten Inlinerverfahrens können unter anderem sein:

- Das vorhandene Rohr ist intakt und kann als Tragwerk genutzt werden.
- Es müssen große Rohrlängen am Stück saniert werden.
- Das Verpressen eines verbleibenden Ringraumes zwischen Altrrohr und Inliner kann aufwendig und unsicher sein.
- Der Inliner muss besondere Anforderungen an die Trinkwasserhygiene erfüllen.
- Der sanierte Rohrabschnitt muss die gleichen hydraulischen Bedingungen bieten wie das vorhandene Rohr.

Die Wahl der Landeswasserversorgung fiel nach Abwägung aller Faktoren auf das Subline-Verfahren. Dieses Verfahren wurde von der britischen Firma Subterra Systems ent-

wickelt, es eignet sich besonders für lange Rohrstrecken und große Nennweiten.

### Das Subline-Verfahren

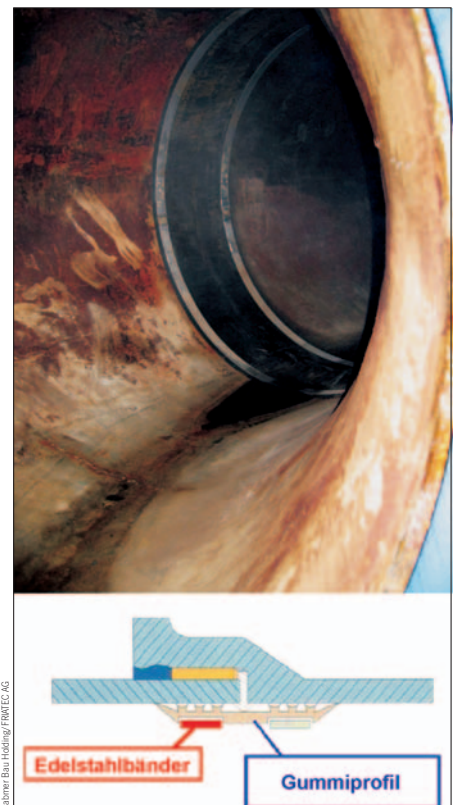
Mit „Subline“ wird ein Verfahren zur grabenlosen Sanierung von Rohrleitungen mittels eines PE-Inliners bezeichnet. Das vorhandene Rohr muss dabei intakt sein, folglich dürfen keine Schalen- oder Scherbrüche vorkommen. Auch nach der Sanierung erfolgt die Lastabtragung über das vorhandene Rohr. Der PE-Inliner dient also nur als Innenauskleidung und zur Überbrückung der Muffenspalte.

Subline-Verfahren werden im Nennweitenbereich von 75 bis 1600 angewandt. Dabei können Bögen bis zu 45° durchfahren werden; Sanierungslängen über 1000 m sind realisierbar.

Der Inliner wird aus Polyethylen (PE 80 oder PE 100) auf das exakte berechnete Maß gefertigt. Das Wanddickenverhältnis beträgt höchstens SDR 26. Nach der Vorfertigung des Inliners (mittels Stumpfschweißen von 12 m langen Stangen), wird dieser mit einer hydraulischen Vorrichtung herzförmig eingefaltet. Mit PE-Bänder um den gefalteten Inliner wird dabei ein vorzeitiges Rückformen verhindert. Das Einziehen erfolgt danach mittels einer Kettenzugvorrichtung.

Nach dem Einziehen werden die Enden des Inliners aufgeweitet und die Sanierungsstrecke wieder an die vorhandene Leitung angeschlossen. Die Rückformung des eingezogenen Inliners erfolgt durch den Wasserinnendruck. Dabei werden die ursprünglich montierten Spannbänder aufgesprengt. Da kein Ringraum mehr zwischen dem Inliner und dem Spannbetonrohr verbleibt, zählt das Subline-Verfahren zu den Close-fit-Verfahren.

Mit dem Subline-Verfahren werden sowohl Wasser- als auch Abwasserrohrleitungen sa-

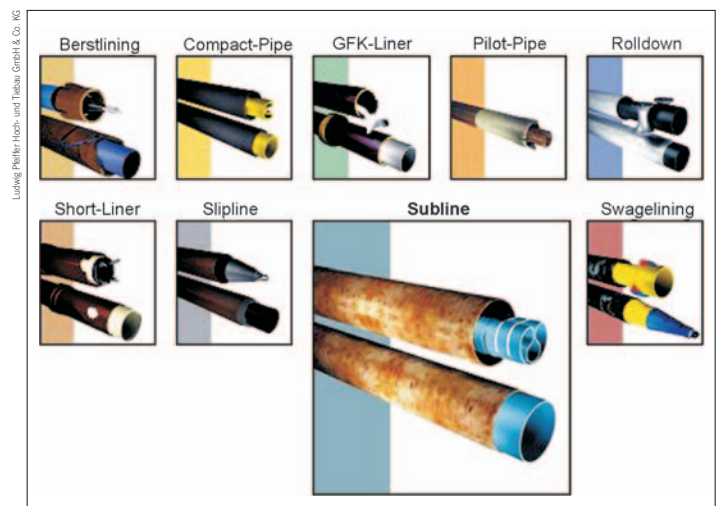


**Bild 2:** Von innen sanierte Spannbetonmuffe und Prinzipskizze einer Innendichtmanschette

**Fig. 2:** Internally rehabilitated concrete pipe lug and cross section of an internal seal

nier. Im Freispiegelbereich wurden bisher Maßnahmen bis zur Nennweite 1200 realisiert. Bei Druckleitungen bewegte man sich bisher vorwiegend im Bereich von Nennweiten bis zu 800.

Die Sanierungsmaßnahme der Landeswasserversorgung ist somit weltweit die erste PE-Inlinersanierung einer Druckrohrleitung in der Nennweite von 1500. Sie hat daher Pilotcharakter.



**Bild 3:** Überblick über gängige Inliner-Verfahren  
**Fig. 3:** Current liner rehabilitation methods



**Bild 4:** Vorab eingebundenes FF-Stück der Nennweite 1500

**Fig. 4:** Double-flanged pipe section DN 1500 installed in advance

2. Schweißnahtprüfung des PE-Inliners
3. Druckprobe und Desinfektion des PE-Inliners
4. Einfalten des PE-Inliners
5. Freilegen der Zugangsöffnungen am Beginn und Ende der Sanierungsstrecke (FF-Stücke)
6. Absperren und Entleeren der Leitung, Ausbau der FF-Stücke
7. Vorbereiten des Spannbetonrohres und Einziehen des PE-Inliners
8. Anschluss des PE-Inliners an das vorhandene Spannbetonrohr durch Einsetzen der FF-Stücke
9. Befüllung und Wiederinbetriebnahme der Leitung
10. Verfüllen der Baugruben an den Anschlussstellen.

Der Verfahrensablauf wurde von der Landeswasserversorgung in enger Abstimmung mit dem Auftragnehmer, der Firma Ludwig Pfeiffer Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG, erarbeitet. Es unterscheidet sich nur wenig von anderen Sanierungsmaßnahmen. Wegen der Leitungsdimension und der zu bewegendenden Lasten mussten die eingesetzten Geräte und Maschinen „eine Nummer größer“ gewählt werden. So standen beispielsweise an beiden Baugruben Schwerlast-Teleskopkräne zur Verfügung.

Das Stumpfschweißen der 12-m-Stangen des PE-Inliners  $d_A$  1480 x 24,3 mm (SRD 61) zu einem durchgehenden Strang von über 550 m Länge gelang problemlos. Anfang Oktober 2006 wurde der vorgefertigte PE-Inliner auf seiner gesamten Länge einer Druckprobe mit einem Prüfdruck von 2 bar unterzogen, danach wurde er herzförmig eingefaltet (**Bild 5**). Ein Vorteil war, dass die Baumaßnahme im freien Gelände stattfand. Es

## Vorbereitende Maßnahmen

Wie erwähnt werden die Hauptleitungen 1 und 2 der Landerwasserversorgung derzeit saniert bzw. abschnittsweise neu gebaut. Eine längere Außerbetriebnahme der Hauptleitung 3 ist somit nicht möglich. Das Zeitfenster, das für Reparaturarbeiten zur Verfügung steht, beträgt maximal vier Tage. Zieht man davon die für das Entleeren, das Desinfizieren und das Wiederbefüllen der Leitung benötigte Zeit ab, verbleiben lediglich rund 60 Stunden, in denen die Sanierung eines Rohrabschnittes durchgeführt werden muss. Vor diesem Hintergrund war der Ablauf der Inlinersanierung perfekt zu planen und vorzubereiten.

In einem ersten Arbeitsschritt sollte ein 550 m langer Abschnitt der Spannbetonlei-

tung der Nennweite 1500 zwischen zwei Schachtbauwerken in der Ortsrandlage von Lonsee-Halzhausen saniert werden. Im Vorfeld der Sanierung wurden an den Endpunkten dieses Abschnitts FF-Stücke aus Stahl in die Leitung eingebaut, um während der Sanierung einen guten Zugang zur Leitung zu erhalten. Dazu wurden beidseitig mehrere der 5 m langen Spannbetonrohre ausgebaut. An ihrer Stelle wurden Spezial-Übergangsstücke der Firma Trapp + Speeck, Berlin montiert (**Bild 4**).

## Durchführung der Sanierung

Der Ablauf der Sanierungsmaßnahme im Überblick:

1. Stumpfschweißen des PE-Inliners „über Tage“ auf einer Länge von 550 m

**Bild 5:** Einfalten des PE-Inliners

**Fig. 5:** Folding of the PE-liner



**Bild 6:** Eingefalteter PE-Inliner

**Fig. 6:** Folded PE-liner



gab ausreichend Platz für das Handling des riesigen Inliner-„Lindwurms“.

Das Öffnen der Leitung und das Einziehen des PE-Inliners wurde zwei Wochen später durchgeführt. Nach dem Ausbau der FF-Stücke mussten zunächst die vorhandenen Innenmanschetten ausgebaut, die Muffenspalte ausgemessen und im Einzelfall mit Schnellzement ausgespachtelt werden. Die Leitung wurde im gesamten Sanierungsabschnitt kalibriert.

Trotz der Leitungsverlegung in einem Bogen mit einem Radius von 250 m war das Einziehen unproblematisch. Erste Schwierigkeiten zeichneten sich ab, als die Spannbänder am Beginn und am Ende der Sanierungsstrecke durchtrennt wurden.

Man war – und die bisherigen Erfahrungen bestätigten dies – davon ausgegangen, dass der PE-Inliner nach dem Entfernen der Spannbänder weitgehend von selbst seine annähernd runde Form einnehmen würde. Die Wanddicke, der Verformungsgrad (**Bild 6**) und die herbstlichen Außentemperaturen von etwa 6 °C verhinderten jedoch das problemfreie Rückformen. Mit einigem Aufwand und unter Einbeziehung von Feuerwehr und Technischem Hilfswerk gelang es schließlich, den PE-Inliner in die gewünschte Form zu bringen. Als besonders hilfreich erwies sich der Einsatz von Heißluftgebläsen und pneumatischen Hebekissen.

### LinerGrip – Verbindungstechnik für Fortgeschrittene

Zur beidseitigen Einbindung des PE-Inliners an die bestehende Spannbetonleitung kamen LinerGrip-Flanschadapter zum Einsatz. Dies sind spezielle Übergangsstücke, die sowohl den PE-Inliner zugfest mit dem vorhandenen Rohr verbinden als auch den Zugang zum Ringspalt zwischen dem Spannbetonrohr und dem PE-Inliner dicht verschließen. Gleichzeitig bieten sie einen Flansch als Übergang und Anbindungsmöglichkeit für die weiterführenden Leitungsteile, in diesem Fall die FF-Stücke.

LinerGrip wurde von Viking Johnson in Großbritannien entwickelt. Es wird auf Kundenwunsch dort hergestellt und in Deutschland exklusiv von der Friatec AG vertrieben.

#### Montage LinerGrip DN 1500

LinerGrip integriert alle benötigten Funktionen eines Verbindungselementes von Inliner und vorhandenem Rohr. Die Konstruktion soll an dieser Stelle anhand der Montageabfolge beschrieben werden.

**Bild 7** zeigt den Schnitt durch einen montierten LinerGrip, wobei A das zu sanierende Rohr, das aus nahezu jedem beliebigen Rohrmaterial bestehen kann, und B den dünnwandigen PE-Inliner darstellt.

### Anforderungen an die Verbindungstechnik bei Inlinerverfahren

Auch wenn es viele erprobte und teilweise standardisierte Inlinerverfahren gibt, so wird häufig der Übergang vom Inliner auf das bestehende Rohrmaterial unterschätzt. Hierüber sollte man sich bei der Planung von Sanierungsmaßnahmen im Klaren sein und rechtzeitig die richtige Verbindungstechnik auswählen.

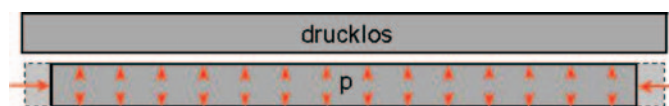
Speziell beim Einsatz von PE-Inlinern gilt es, auf die Besonderheiten des Werkstoffs Polyethylen zu achten. Immer wieder kommt es, auch bei Maßnahmen in kleineren Nennweiten, zu Überraschungen, wenn nach dem Rückformen des PE-Inliners „plötzlich ein Stück fehlt“. Die Nachbesserungsarbeiten sind dann zeitaufwendig und teuer.

Die Längenänderung von Polyethylen unter Temperatureinfluss ist um ein Vielfaches höher als die der meisten anderen Rohrwerkstoffe. Gleiches gilt für seine Verformbarkeit. Daher ist Polyethylen ein ideales Inlinermaterial, das in weiten Bereichen verformt, aber auch rückverformt werden kann und sich meist problemlos dem Verlauf und der Form des vorhandenen Rohres anpasst.

Beim Rückverformen (mit oder ohne zusätzliche Wärmeeinwirkung) treten insbesondere bei den meist dünnwandigen PE-Inlinern Kräfte auf, die im vorliegenden Fall von den Verbindungselementen aufgenommen werden müssen. Wird der eingezogene PE-Inliner mit Druck beaufschlagt, „bläst“ er sich auf und wird dadurch kürzer (siehe Grafik).

Durch die beschriebene Verkürzung entstehen je nach Querschnittsfläche und Länge des PE-Inliners teilweise enorme Zugkräfte, die sogar die Mindestzugfestigkeit des Werkstoffes überschreiten können. Glücklicherweise treten diese Kräfte in der Regel nicht schlagartig auf, so dass sie sich über die Zeit innerhalb des PE-Rohrstranges langsam abbauen können und es damit nicht zu einem Abreißen der Leitung kommt. Dennoch müssen die Verbindungselemente für die Aufnahme dieser Zugkräfte ausgelegt sein. Im Extremfall werden sie als ausreißsichere Verbindungselemente gemäß VP600 [7] konzipiert.

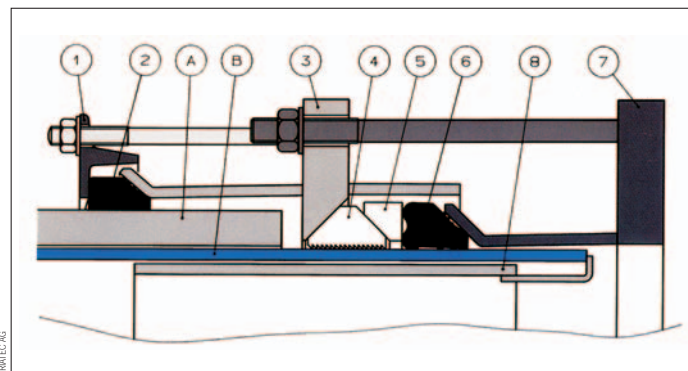
Im Fall der LW-Inlinersanierung wurde der Temperaturdehnung dadurch Rechnung getragen, dass der Einzug des Inliners nachts stattfand. Dadurch war gewährleistet, dass die Außen-, die Inliner- und die Trinkwassertemperatur nahezu gleich waren.



Auswirkung des Innendrucks auf die Länge des PE-Inliners  
Effect of internal pressure on the length of the PE-liner

**Bild 7:** Prinzipskizze LinerGrip

**Fig. 7:** Cross section of LinerGrip



Der rückgeformte Inliner wird zuerst auf ein definiertes Überstandsmaß abgelängt. Dann wird eine Innenstützhülse (8) eingeschoben,

die die Ringsteifigkeit des PE-Rohres erhöht und die dauerhafte Funktion des Zugsicherungssystems gewährleistet.



**Bild 8:** Montage des LinerGrip-Körpers  
**Fig. 8:** Installing of the LinerGrip main body

Auf das vorhandene Rohr wird zuerst der Folgering (1), dann die Dichtung (2) und anschließend der LinerGrip-Körper (3) geschoben. Mit Gewindebolzen wird der Körper auf der Dichtung zentriert, jedoch noch nicht festgezogen (**Bild 8**).

Das Zugsicherungssystem, bestehend aus den Greifsegmenten (4), dem Zwischenring (5) und der Inliner-Dichtung (6) wird danach auf den Inliner geschoben (**Bild 9**).

Jetzt kann der Flansch (7) auf den Inliner geschoben und über Gewindebolzen festgezogen werden. Das Zugsicherungssystem ist aktiviert, die Inliner-Dichtung ist nun auf die Betriebsvorspannung komprimiert.

Zum Schluss wird noch die Dichtung (2) auf dem zu sanierenden Rohr mittels Gewindebolzen komprimiert; sie dichtet den Ringspalt zwischen dem vorhandenen Rohr und dem Inliner gegen möglicherweise eindringendes Grundwasser ab.

Was im Schnittbild relativ einfach aussieht, ist konstruktiv gesehen nicht einfach zu rea-

**Bild 9:** Montage der Greifsegmente  
**Fig. 9:** Installing of the gripper segments



**Bild 10:** Einsetzen des FF-Stücks DN 1500  
**Fig. 10:** Re-installing the flanged-ended pipe section DN 1500

lisieren. Um die zu erwartenden Zugkräfte des Inliners auffangen zu können, wird bei LinerGrip mit sehr geringen Toleranzen gearbeitet. Es gilt: „Je höher die Kräfte, desto kleiner der Spielraum des Konstrukteurs“.

Dies bedeutet, dass im Vorfeld die Maßtoleranzen des PE-Inliners ebenso bekannt sein müssen wie die Abmessungen des vorhandenen Rohres und die geplanten Einbaulängen. Je nach Ausführung (Flansch oder Spitzende) lässt sich durch LinerGrip auch das sonst obligatorische Pass- und Ausbaustück einsparen (**Bild 10**).

#### Viel gelernt...

... haben alle, die am Inliner-Projekt der Landeswasserversorgung beteiligt waren. Eine umfassende Vorplanung und die Rund-um-die-Uhr-Betreuung auf der Baustelle waren Schlüssel zum Erfolg. Der Einbau der LinerGrip-Verbindungstechnik verlief – nachdem die Schwierigkeiten beim Rückrunden des Inliners gemeistert waren – problemlos. Mit der Aussicht auf ein baldiges Ende der Rohrleitungsarbeiten wurden kleinere Unpässlichkeiten, die nach über 36 Stunden Dauereinsatz der Mannschaft durchaus entstehen können, überwunden.

Nachdem das Zeitfenster für die Einbindung fast vollständig ausgenutzt worden war, wurde bei einer Begehung der sanierten Leitung nach zwei Wochen festgestellt, dass der Inliner durch den Wasserdruck von maximal 6 bar noch nicht komplett rückgerundet worden war. Aufgrund des hohen Verformungsgrades beim Einfalten war es zu erwarten, dass der PE-Inliner die perfekte kreisförmige Ausgangsform erst nach mehreren Wochen erreichen würde. Die Grenzen der Ringsteifigkeit sind bei diesen Dimensionen mit den

heutigen PE 100-Werkstoffen wohl nahezu erreicht.

#### Ausblick

Die Landeswasserversorgung hat mit dem Pilotprojekt einer Inlinersanierung in Nennweite 1500 Neuland betreten. Bei der Durchführung der Sanierungsmaßnahme wurden die Schwachpunkte, aber auch die Vorteile des Subline-Verfahrens erkannt. Zukünftige Baumaßnahmen können mit den gewonnen Erfahrungswerten optimiert durchgeführt werden.

Neben der Möglichkeit, in einem sehr kurzen Zeitraum von nur ca. 60 Stunden eine Leitung von über 550 m Länge langfristig sanieren zu können, zählt vor allem auch die Kostenersparnis gegenüber einem Neubau zu den Hauptvorteilen des Subline-Verfahrens.

Auf die Verbindungstechnik kommen bei zukünftigen Sanierungsprojekten, nicht nur der Landeswasserversorgung, steigende Anforderungen zu, da sich mit intelligent gestalteten Produkten, die auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnitten werden können, noch weitere Zeit- und Kosteneinsparpotenziale erschließen lassen.

#### Weiterführende Informationen im Internet

- [1] Zweckverband Landeswasserversorgung: [www.lw-online.de](http://www.lw-online.de)
- [2] Ludwig Pfeiffer Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG: [www.ludwigpfeiffer.com](http://www.ludwigpfeiffer.com)
- [3] Subterra Systems: [www.subterra.co.uk](http://www.subterra.co.uk)
- [4] Trapp + Speeck Rohrleitungs- und Tiefbau GmbH & Co. KG: [www.trapp.de](http://www.trapp.de)
- [5] FRIATEC AG, Mechanische Verbindungssysteme: [www.friatec.de](http://www.friatec.de)

#### Literatur

- [6] Horlacher, H.; Haakh, F.; Drescher, G.: Die Erneuerung des LW-Hauptleitungssystems, in: LW-Schriftenreihe 2003 – Heft 22, Stuttgart 2003
- [7] DVGW VP 600 „Werkstoffübergangsverbinder aus Metall für Rohre aus Polyethylen“ (2001)
- [8] Richter, H.: Instandsetzung von Rohrleitungen, Band 1: Rehabilitation von Druckrohrleitungen, Essen: Vulkan-Verlag, 2004
- [9] Haakh, F.: Sanierung einer Spannbetondruckleitung DN 1500 mittels HDPE-Inliner, GWF-Wasser/Abwasser, München: Oldenbourg Industrie-verlag (noch nicht veröffentlicht)

#### Autor:

**Dipl.-Wirtsch.-Ing (FH)  
Jan Treiber**  
Fachberater Mechanische  
Verbindungssysteme  
FRIATEC AG, Mannheim

Tel. +49(0)7551/301041  
E-Mail: [jan.treiber@friatec.de](mailto:jan.treiber@friatec.de)

