

# Sanierung einer Trinkwassertransportleitung mit PE 100-Rohren d 900 im Swagelining-Verfahren

## Doppelte Problemlösung durch innovative Verbindungstechnik

### Swageline repair of a water main using d900 PE 100 pipe

*Cutting-edge jointing method solves two problems at once*

Von Werner Ganter und Robert Eckert

Die Landeswasserversorgung hat in den letzten Jahren eine 33 km lange Hauptleitung DN 900 GG in DN 1200/1000 St erneuert. Das letzte Teilstück konnte nicht konventionell erneuert werden, da durch die Überbauung eines 640 m langen Trassenbereichs nur eine grabenlose Sanierung in Frage kam. In einem Arbeitsschritt wurde in kürzester Zeit der gesamte Rohrstrang im Swagelining-Verfahren eingebaut. Der PE-Inliner legt sich dabei passgenau (close-fit) an die Altleitung an.

Maßgeschneiderte Verbindungstechnik ermöglichte die Integration des letzten Teilstücks der Rohrleitung. Insbesondere die Einbindung der Entlüftungsventile erfolgte durch neuartige Heizwendel-Sattelformstücke.

The LW water utility has renewed a 33 km long DN 900 cast iron water main using DN 1200/1000 St pipe in recent years. It was not possible to complete the final section using conventional methods, since the route of the final 640 m had now been built on, with the result that only trenchless methods could be selected. The complete pipe train was installed remarkably quickly, in a single operation, using the swagelining method. The PE inliner is a close fit in the interior of the original pipe after installation.

The repair of this final section of pipeline was made possible by tailor-made jointing technology; the integration of the venting valves, in particular, was possible thanks to innovative electrofusion-welded branch saddles.

## Die Landeswasserversorgung – das Unternehmen

Die Landeswasserversorgung (LW) ist eines der größten und traditionsreichsten Fernwasserversorgungsunternehmen Deutschlands. Das Unternehmen wurde im Jahr 1912 gegründet, die ersten Anlagen gingen bereits 1917 in Betrieb. Seither wuchs die 1965 in einen kommunalen Zweckverband umgewandelte LW in mehreren Ausbaustufen beständig weiter. Heute werden von der LW rund 250 Städte und Gemeinden mit ca. 90 Millionen Kubikmeter Trinkwasser pro Jahr versorgt. Aus den zwei Wasserwerken in Langenau und Dischingen werden die Abnehmer über ein rund 790 Kilometer langes Fernleitungsnetz (**Bild 1**) versorgt.

Das Netz besteht größtenteils aus großkalibrigen Leitungen DN 600 bis DN 1500. Durch eine seit 1972 lückenlos fortgeschriebene Rohrschadensstatistik wird der Zustand des Netzes aussagekräftig dokumentiert, so dass eine kontinuierliche zustandsorientierte Erneuerung bzw. Sanierung betrieben werden kann.

## Sanierungskonzept für die 36 km lange Leitung Osterbuch – Breech

Anhand der Statistik erkannte man, dass das zwischen 1914 und 1917 erbaute 33 km lange Teilstück der Falleitung 1 (GG DN 900) zwischen den Behältern Osterbuch und Breech das Ende seiner technischen Nutzungsdauer erreicht hatte. Deshalb wurde beschlossen, die vorhandene Leitung GG DN 900 durch eine neue Stahlleitung DN 1200 zu ersetzen.



**Bild 1:** Versorgungsgebiet der Landeswasserversorgung

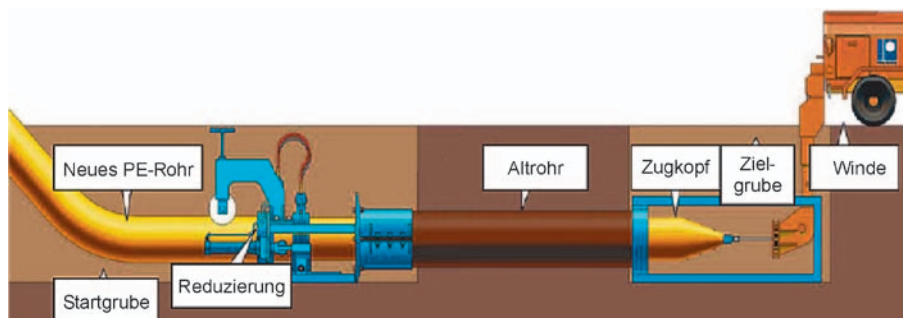
**Fig. 1:** The Landeswasserversorgung (state water utility) supply territory

Die Arbeiten wurden im Jahr 2002 begonnen und werden 2010 abgeschlossen sein.

Insgesamt werden dafür ca. 33 km Stahlleitung DN 1000 bis DN 1200 verlegt, wobei im Vorfeld schon 6,4 km in St DN 800 verlegt werden mussten, um das System für die abschnittsweise Erneuerung zu ertüchtigen.

Der letzte Abschnitt wurde 2008 bis 2010 mit einer Länge von 4.027 m zwischen dem Scheitelbehälter Osterbuch und der Gemeinde Essingen fertig gestellt. Da sich die Gemeinde in den letzten 90 Jahren auf einer Strecke von ca. 640 m komplett über die vorhandene Trasse ausgedehnt hat, musste hier auf einen Neubau der Strecke verzichtet werden. Unter Abwägung betrieblicher, versorgungstechnischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte wurde beschlossen diesen Abschnitt mit einem Inliner aus PE 100, d 900 SDR17 zu sanieren. Der Inliner wurde im April 2010 mittels des Swageline-Verfahrens (**Bild 2**) in einem Zug eingezogen.

Die Sanierung von Altrohrleitungen durch Swagelining gehört zu den Auskleidungsverfahren mit vorgefertigten Rohren ohne Ringraum, den so genannten Close-fit-Verfahren. Die Methode wurde ursprünglich von British Gas patentiert und entwickelt, um undichte Graugussleitungen zu sanieren. Beim Swagelining werden PE-Rohre auf der Baustelle gleichmäßig unter konstanter Zugspannung durch ein konisches Gesenk (**Bild 3**) gezogen und um ca. 10 % im Durchmesser reduziert, so dass das Neurohr nun durch das Altrohr gleicher Nennweite gezogen werden kann. Der Einziehvorgang wird beendet, wenn der im Durchmesser reduzierte Inliner in der Zielgrube angekommen ist. Nach Ablassen der Zugspannung stellt sich in etwa der ursprüngliche Durchmesser wieder ein, so dass der Inliner passgenau am Altrohr anliegt. Zusätzliche Maßnahmen sind erforderlich um den Durchmesser an den Rohrenden im vorgesehenen Verbindungsbereich sicherzustellen.



**Bild 2:** Schematische Darstellung des Swageline-Verfahrens

**Fig. 2:** Schematic view of the swagelining method

Die Sanierungsmaßnahme wurde durchgeführt von der Firma Ludwig Pfeiffer Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG, die bereits bei verschiedensten Großrohrprojekten national und international Erfahrungen gesammelt hat.

### Einbindung des PE-Rohrstranges

Eine besondere Herausforderung im Rahmen des Projekts war die Einbindung des PE-Inliners in die bereits erneuerten Leitungsabschnitte aus Stahl. Der Werkstoffübergang erfolgte durch Flanschen. Hierfür standen PE-Vorschweißbunde, Stahl-Flansche und Stahl-Flanschstücke zur Verfügung. Eine mechanische Verbindung PE-Stahl wurde im Hinblick auf den Betrieb der Leitung, Restspannung durch das Einzugsverfahren und Nutzungsdauer gegenüber einer Schweißverbindung nicht favorisiert. Drei Kriterien schließen jedoch den Einsatz des Heizelementstumpfschweißverfahrens zur Anbindung des Vorschweißbundes an den Inliner praktisch aus:

- der Inliner sitzt close-fit und damit unbeweglich im Altrohr.

■ Swage-Lining bedeutet eine mechanische Reduzierung des Rohr-Außendurchmessers, die sich auch nach Abschluss des Rohreinzugs nicht komplett zurückstellt. Der tatsächliche Rohraußendurchmesser liegt daher außerhalb des Standardbereichs, so dass ein unzulässiger Versatz an der Stumpfschweißnaht entstehen würde.

■ Die Platzverhältnisse sind äußerst begrenzt durch den vorgegebenen Arbeitsraum im Schacht und die freie Länge des Inliner-Rohrstutzens (**Bild 4**).

„Just in Time“ war die neu entwickelte FRIALLEN-Großmuffe UB d900 PE100/SDR17 verfügbar. Auf Basis der langjährig erworbenen Erfahrung in der Großrohrtechnik mit den Dimensionen d 630, d 710 und d 800 in SDR 17 und SDR 11 erfolgte auch die Zulassung der UB d 900. Nach umfangreichen Prüfungen hinsichtlich Schweißqualität, Innendruckbelastbarkeit und anwendungstechnischer Eignung war der Fitting nach Abstimmung mit dem Auftraggeber für den Einsatz im Projekt qualifiziert. Im Kontext stand die Gerätetechnik und der Systemgedanke: Mit dem Fitting



**Bild 3:** Swageline-Reduzierwerkzeug in der Startgrube

**Fig. 3:** Swageline reducing tool in the insertion pit



**Bild 4:** Inlinerstutzen ragt in der Einziehrube aus dem Altrohr

**Fig. 4:** Inliner socket projecting from the old pipe into the pulling pit



**Bild 5:** Einsatz des Expanders zum Aufweiten des Rohres

**Fig. 5:** Expansion of the tube

müssen die geeigneten Werkzeuge zur Verfügung stehen.

- So wurde ein FRIAMAT®-Schweißgerät weiterentwickelt, das die erforderliche Schweißenergie zuverlässig zur Verfügung stellt.
- Das Schälgerät FWSG 900 ermöglicht einen gleichmäßigen und qualifizierten Spanabtrag zum Entfernen der Oxidschicht am Rohr. Da Großrohre in der Regel im Durchmesser deutlich über dem Nennmaß liegen, muss das Schälgerät durch mehrfaches Schälen auch in der Lage sein, den Ist-Durchmesser entsprechend zu reduzieren. Wichtig dabei ist eine erzielbare hohe Oberflächenqualität im Fügebereich des Rohres bei gleichzeitig guter Handhabung des Geräts und schnellem Bearbeitungsfortschritt. Die Bearbeitung per Handschaber scheidet in diesem Dimensionsbereich aufgrund

der extremen Belastung ebenso aus, wie die Verwendung eines handelsüblichen Hobels aufgrund der Ungleichmäßigkeit des Spanabtrags und der damit verbundenen mangelhaften Oberflächenqualität.

- Eine Rundungsschelle FWXRH 900 steht bei Bedarf zur Verfügung und hilft, ovalisierte oder verformte Rohre wieder in Form zu bringen. Um das zulässige Maß von maximal 3 mm Ovalität einzustellen, arbeiten diese Rundungsschellen mit Unterstützung von Hydraulikzylindern.
- Da der Rohrdurchmesser durch das Einzugverfahren bleibend verformt wird, ist eine Rundungsschelle in diesem speziellen Fall nicht erforderlich: Das Rohr muss mittels Expander auf Nennmaß aufgeweitet werden und wird gleichzeitig gerundet (**Bild 5**). Durch den Expander wird der Ringspalt zwischen Rohr und Fitting minimiert

Durch Einsatz der Vorwärmtechnik am Fitting lassen sich die durch die Überdehnung des Rohres mechanisch eingebrachten Zugspannungen reduzieren. Gleichzeitig wird der ungleichmäßig ausgeprägte Ringspalt angeglichen. Damit verbunden sind eine verbesserte Energieeinbringung in die Schweißzone und eine Verbesserung des Spannungszustandes.

Die robuste Ausführung der Schweißmuffe, vor allem die feste Verankerung der Heizwendeln, erlauben eine baustellengerechte Montage der Muffe auf das Rohr.

**Bild 6** zeigt den fertig gestellten Werkstoffübergang PE/St mittels Flanschen. Das Stahl-F-Stück wird noch mit der Stahlleitung verschweißt.



**Bild 6:** Fertiggestellter Werkstoffübergang PE/Stahl

**Fig. 6:** Finished PE/steel material transition point

## Anbindung von Be- und Entlüftungsventilen an den Inliner

Ursprünglich war geplant, die Lüfterarmaturen als Stahlformstück in den PE-Inliner einzubinden. Dazu wäre die Einbindung des Stahlformstücks DN 900 mit mechanischen Kupplungen nötig gewesen. Das Durchfahren des Lüfterschachtes mit dem PE-Inliner und die nachträgliche Anbindung der Lüfterarmaturen erschien unter verschiedenen Gesichtspunkten als vorteilhaft, da auf die teuren Stahlformstücke und den Schachtneubau verzichtet werden konnte.

Um den ausreichenden Querschnitt für die Be- und Entlüftung zu ermitteln wurde eine umfangreiche hydraulische Berechnung des Gesamtsystems durch die Landeswasser durchgeführt. Dabei wurde ermittelt, dass an diesem Hochpunkt bei einem Rohrbruch ein Luftvolumen von ca. 2.400 l/s eingebracht werden muss, da sonst ein Unterdruck in der Leitung entstehen könnte, was wiederum zu einem Kollabieren des Inliners führen würde. Die LW beschloss deshalb, drei Lüfterventile DN 150 zu verwenden, da zwei von ihnen ca. 2.800 l/s Luft in die Leitung einbringen können. Ein dritter Lüfter dient als Redundanz.

Zum damaligen Zeitpunkt standen auf dem Markt allerdings keine geeigneten Formstücke zur Verfügung um einen Anschluss DN 150 auf dem Inliner herstellen zu können.

Die Anfrage nach der Lösung dieser Aufgabenstellung wurde an die FRIATEC AG herangetragen. Nach Klärung der Rahmen-



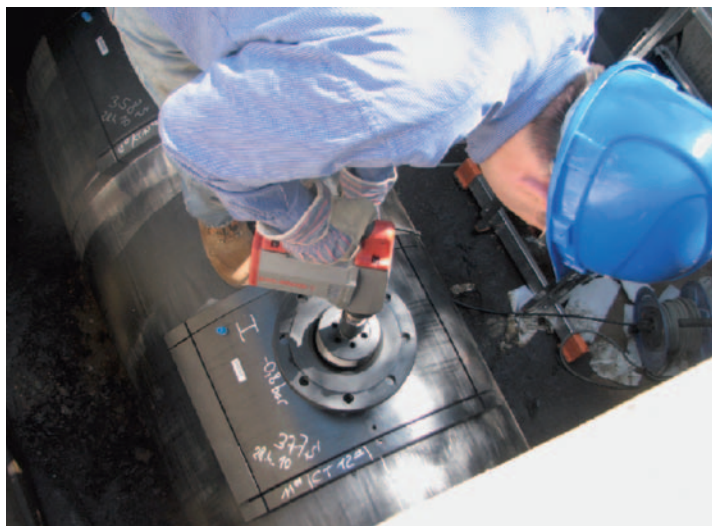
**Bild 7:** Ausrichten des Anschlussstücks SA-XL d900/DN150 für das Be- und Entlüftungsventil

**Fig. 7:** Alignment of the SA-XL d900/DN150 connector for the venting valve



**Bild 8:** Schweißen des FRIALEN®-Stutzensattel SA-XL d900/DN150

**Fig. 8:** Welding of the FRIALEN® SA-XL d900/DN150 branch saddle



**Bild 9:** Anbohren der Hauptleitung

**Fig. 9:** Tap drilling into the main

bedingungen, der technischen Anforderungen an die Bauteilauslegung und insbesondere der Platzbedingungen im Schacht zur Verarbeitung wurde ein Konzept eines neuartigen FRIALEN-Stutzensattels auf Basis der Heizwendelschweißtechnik ausgearbeitet und vorgestellt. Der Prototyp des Stutzensattels wurde hergestellt und die Verarbeitung unter praxisnahen Bedingungen demonstriert:

- Der FRIALEN-Stutzensattel SA-XL d 900/ DN 150 – PE 100 – SDR 17 ist ausgelegt auf eine Druckbelastung von 10 bar
- Der Abgangsstutzen ist mit einem Flanschanschluss DN 150 ausgestattet um die Be- und Entlüftungsventile montieren zu können
- Die Anbohrung erfolgt nahezu absatzfrei mit einem Durchmesser von 123 mm
- Die Schweißung kann sowohl unter Betriebsdruck als auch drucklos erfolgen
- Es kam eine neue Aufspanntechnik zum Einsatz, bei der der Sattel mittels Vakuumtechnik auf die Rohroberfläche gespannt wird.

### Technische Konzeption der Stutzenschelle SA-XL

Durch die speziell für die Stutzenschelle SA-XL entwickelte Vakuum-Aufspanntechnik wird nur der Zugang zur überdeckten Sattelfläche benötigt. Gerade bei Anbindungen an bestehende Leitungen oder bei begrenztem Platzangebot wird die Bettung der Leitungszone nur im unbedingt notwendigen Ausmaß gestört. Die Fixierung des Sattels kann an jeder beliebigen Position auf dem Rohr erfolgen. Die zur Schweißung und zum Aufbau des Fügedrucks erforderliche Aufspannkraft des Sattels wird durch Vakuum aufgebracht. Hierfür ist in der Sattelschale ein umlaufen-

des Dichtelement integriert, der Abgangsrohrstutzen wird durch den Abschlusskörper, an dem sich auch die Druckanschlussleitungen befinden, verschlossen. Der zur Aufspannung der SA-XL erforderliche Unterdruck wird – äußerst simpel – durch eine Venturidüse mit Hilfe eines baustellüblichen Kompressors erzeugt. Alternativ kann mit einer Vakuumpumpe gearbeitet werden. Der Unterdruck führt zu einem passgenauen Aufspannen der Sattelschale auf dem Rohr und muss während der Schweißzeit aufrechterhalten bleiben.

Für die Vakuumaufspanntechnik ist nur ein geringfügiger Aufwand an Zubehör erforderlich, vor allem jedoch werden der Platzbedarf im Schacht (**Bild 7**) und der erforderliche Zugang zum Rohr minimiert. Baustellenübliche Ovalitäten und Formabweichungen des Rohres werden durch die Spanntechnik überbrückt. Auch die üblichen Bearbeitungsspuren durch das Abarbeiten der Oxidhaut am Rohr stören den Prozess nicht.

Die Verarbeitung der drei FRIALEN-Stutzensattel SA-XL erfolgte zügig. Nach der üblichen Vorbereitung, Schälen und Reinigen der Verbindungszone wurde der Sattel aufgesetzt, die Schläuche montiert und der Sattel mit leichtem Vordruck in Position gebracht. Die Aufspannung durch den Unterdruck erfolgt augenblicklich. Die Schweißung (**Bild 8**) ist nach nur 6 Minuten beendet und nach einer Abkühlzeit von 10 min kann der Unterdruck entspannt werden.

Ein abgestimmtes System zwischen Bauteil und Werkzeug – Vakuumequipment Vacu Set XL und Anbohrwerkzeug FWAB XL – führt auch hier zu einem reibungslosen und zügigen Ablauf der Montage.

### Prüfung, Überwachung und Abnahme

Bei einem Projekt dieser Größenordnung wurde eine Überwachung der einzelnen Arbeitsschritte durch die TÜV SÜD Industrie Service GmbH gewünscht. Besonderer Wert wurde bei den Sonderformstücken SA-XL auf die Funktion der Vakuum-Sattelspanntechnik in Verbindung mit dem verformten Rohr, den Schweißprozess inklusive der Protokollierung und die Druckprüfung der Sattelschweißfläche gelegt. Vor der Anbohrung der Hauptleitung (**Bild 9**) wurden die Schweißverbindungen mit 6 bar Luftdruck beaufschlagt und per Sichtprüfung begutachtet.

Nach positiver Innendruckprüfung mit Wasser erfolgte später die Abnahme der gesamten Leitung und daraufhin die Inbetriebnahme.

### Fazit

Durch den zunehmenden Einsatz von PE-Inlinern bei der Sanierung von Großrohrleitungen wird es nötig, passende Formstücke und Verbindungstechniken zu entwickeln. Durch Zusammenarbeit von Auftraggeber und Herstellern schon in der Planungsphase können angepasste Problemlösungen realisiert werden. Dies führt zu Qualitätsverbesserungen und Kosteneinsparungen.

Die erste Installation von FRIALEN-Großmuffen UB d 900 und der Vakuum-Stutzenschellen SA-XL/FL d 900/DN 150 verlief „wie am Schnürchen“ – dank baustellengerechter Produkte und Verfahren, geeignetem Equipment und anwendungstechnischem Know-how.

**Bildquellen**

Bild 1/Fig. 1: Zweckverband Landeswasserversorgung

Bild 2/Fig. 2: Ludwig Pfeiffer Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG

Rest: FRIATEC AG

**Literaturhinweise**

- [1] FRIATEC AG: Prospekt FRIALEN Großrohrtechnik bis d900 – großartige Lösungen für große Dimensionen (2010), Mannheim
- [2] Singer, P., Allmann, J.: Langstreckensanierung mit PE-Rohren im Close-Fit-Verfahren, 3R International (2009), Heft 3-4, S. 152-154

- [3] Eckert, R.: PE-Großrohrtechnik: Bewährte Technologie in neuer Dimension, 3R International (2007), Heft 4, S. 227ff.
- [4] Haakh, F.: Sanierung einer Spannbetondruckleitung DN 1500 mittels HDPE-Inliner, gwf Wasser/Abwasser (2007), Nr. 5, S. 375ff.
- [5] Horlacher, H.; Haakh, F.; Drescher, G.: Die Erneuerung des LW-Hauptleitungssystems, in: LW-Schriftenreihe 2003 – Heft 22, Stuttgart 2003
- [6] DVGW-Arbeitsblatt GW 320-2 (2000): Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen durch PE-Relining ohne Ringraum – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung

**Autoren:**

**Dipl.-Ing. (FH) Walter Ganter**  
Zweckverband Landeswasserversorgung, Stuttgart

Tel. +49 711 2175-1244  
E-Mail: ganter.w@lw-online.de



**Dipl.-Ing. Robert Eckert**  
FRIATEC Aktiengesellschaft, Mannheim

Tel. +49 621 486-2214  
E-Mail: robert.eckert@friatec.de



# THE ONLY SHOW BY WATER EXPERTS

**JANUARY 6-8, 2011**  
MUMBAI EXHIBITION CENTRE  
GOREGAON, MUMBAI, INDIA

**CO-ORGANISED BY**  
ASSOCHAM

**BADGE SPONSOR**  
EVEREST  
PRESSURE & VACUUM SYSTEMS

**REGISTRATION SPONSOR**  
WABAG

**SUPPORTING ORGANIZATIONS**

INDIAN ENVIRONMENTAL ASSOCIATION

INDIAN DESALINATION ASSOCIATION

INDIAN WATER WORKS ASSOCIATION

VDMA

**EA WATER PVT LTD**  
 Contact: Eva Ramb +49-30-61-7843 Email: er@ecm-berlin.de (German Representative)  
 Mamta Singh +91-98915 50710 Email: teamintl@ewater.com (India Office) W: www.eawater.com/expo

**18000**  
BUSINESS VISITORS

**350**  
EXHIBITORS

**900**  
CONFERENCE DELEGATES

## SOUTH ASIA'S LARGEST WATER EVENT