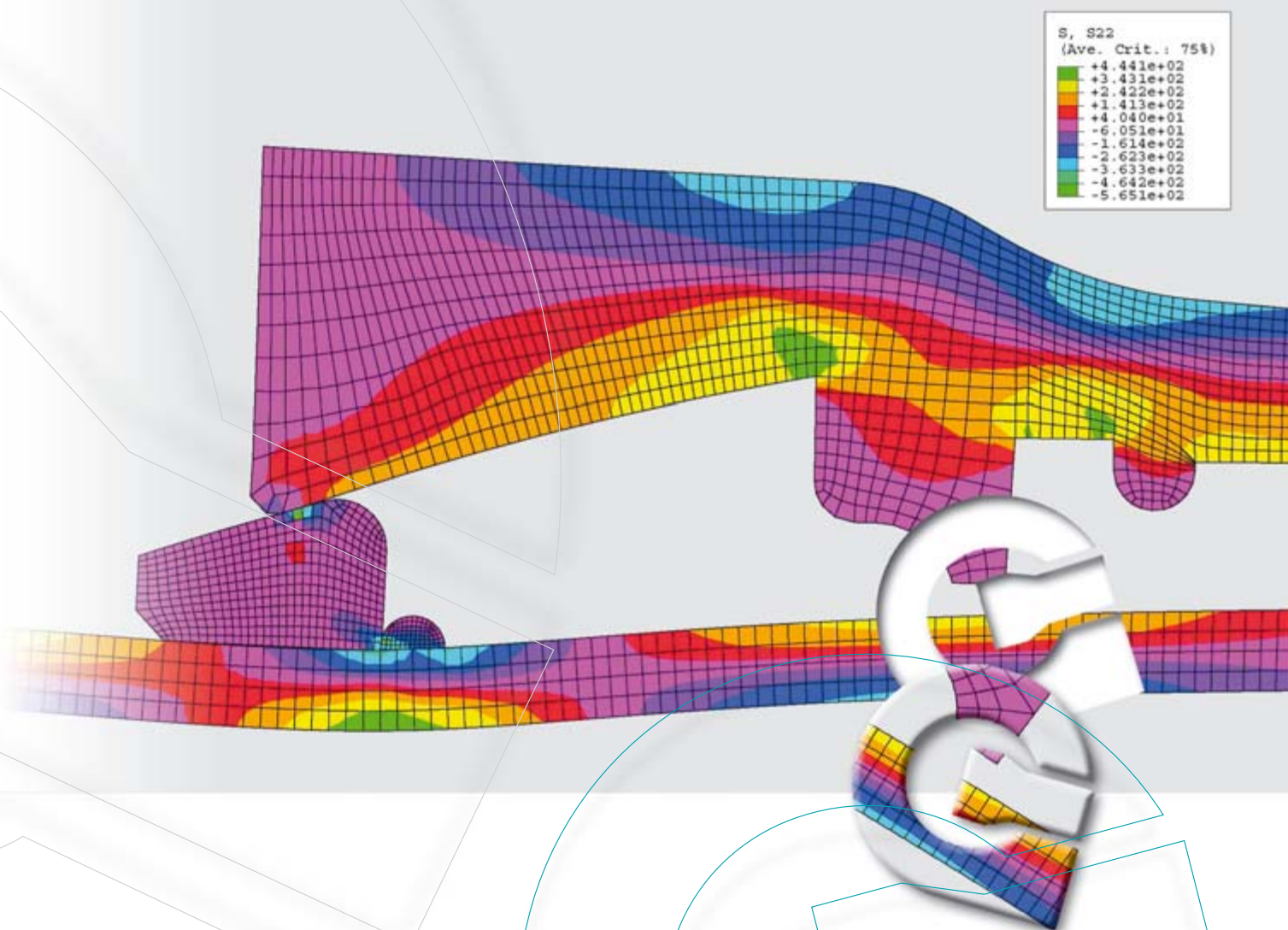




# GUSSROHR-TECHNIK

Informationen der Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme

# 40



---

# Themen und Autoren

---

## 6 Trinkwasserleitung DN 150

Die Ausnahme wird zur Regel –  
Einbau von duktilen Gussrohren nach dem Raketenpflug-  
verfahren in Adelsheim und Öhringen

Dipl. Ing. Frank Beer  
Dipl. Ing. Carsten Sans  
Dipl. Ing. Steffen Ertelt

## 10 Trinkwasserleitung DN 300

Erneuerung einer Trinkwasserleitung DN 300 in einem  
begehbarem Leitungskollektor

Michael Schneider  
Dipl. Ing. Lutz Rau

## 13 Grabenloser Einbau mit HDD

Premiere des Spülbohrverfahrens mit duktilen  
Gussrohren DN 400 bei Einzelmontage  
in den Niederlanden

Ing. Maarten Renz

## 17 Grabenlose Erneuerung

Erneuerung einer Verbindungsleitung DN 400  
zwischen zwei Wasserwerken im Berstlining- und  
Spülbohrverfahren

Dr. Ing. Ralf Levacher

## 22 Erneuerung in offener Bauweise

Umlegung von Trinkwasserleitungen DN 800  
und DN 1000 in Leipzig  
„An der Tabaksmühle“

Dipl. Ing. Henry Simon  
Dipl. Ing. Frank Lehmann  
Wolfgang Rink

## 28 Grabenlose Erneuerung

Sanierung der Thallwitzer Fernleitung  
DN 1100 mit Langrohrrelining DN 900

Dipl. Ing. Andrea Bauer  
Dipl. Ing. Henry Simon  
Wolfgang Rink

## Schnellübersicht

■ \_\_\_\_\_ Im ländlichen Raum Baden-Württem-  
bergs wird eine Trinkwasserleitung DN 150  
geplant und ausgeschrieben. Es wird höchster  
Wert auf lange Nutzung bei geringst möglichen  
Bau- und Folgekosten gelegt.

Mit dem Einflügen steht die erste Entschei-  
dung, die Baukosten am weitesten nach unten  
zu drücken. Dafür muss das Rohrmaterial so  
robust sein, dass unter den kaum kontrollier-  
baren Bettungsbedingungen nicht der Keim für  
künftige Schäden und Reparaturen gelegt wird.

Das duktile Gussrohr DN 150 gewinnt den Wett-  
bewerb gegen PE-Rohre mit Schutzmantel und  
Diffusionssperre.

\_\_\_\_\_ Seite 6

# Themen und Autoren

## 33 Fernwasserleitung

**Trinkwasserförderung  
aus dem Kalletal**

Dipl. Ing. Claus Diedrich Tusch  
Dipl. Ing. Detlev Willauschus

## 38 Beschneiungsanlage

**Einsatz von duktilen Gussrohren  
für die Beschneiungs- und Beregnungsanlage der neuen  
Schwarzbergschanze in Klingenthal**

Dipl. Ing. Rolf Binder  
Dipl. Ing. Stephan Hobohm

## 41 Aus Forschung und Entwicklung

**Beanspruchungen und Verformungen in  
der TIS-K-Verbindung beim  
grabenlosen Auswechseln**

Prof. Dr. Ing. Bernhard Falter  
Dipl. Ing. Andre Strotmann

## 52 Grabenloser Einbau

**Grabenlose Neulegung von  
Druckrohren DN 300 im Einzug nach  
gesteuerter Pilotbohrung**

Dipl. Ing. Dirk Richter  
Dipl. Ing. Lutz Rau

## 56 Abwasserdruckleitung

**Bau einer Abwasserdruckleitung  
zwischen Heidenau  
und Dresden-Zschachwitz**

Dipl. Ing. Ingrid Hoffman  
Dipl. Ing. Mathias Dingeldey  
Jochen Kaube

## 62 Großprojekt Flughafen

**Berlin Brandenburg International  
Grund- und Regenwasserableitung  
mit Rohren aus duktilem Gusseisen**

Dr. Ing. Neithard Müller  
Dipl. Ing. Christian Zills  
Torsten Conradt

## Schnellübersicht

■          In einem Berliner Leitungstunnel steht die Erneuerung einer alten Trinkwasserleitung DN 300 an. Hier findet der Wettbewerb gegen Rohre aus Stahl und PE statt. Die einzigartige Kombination verschiedener Eigenschaften von Bauteil und Werkstoff ergibt erneut die kostengünstigste Lösung durch das Rohr aus duktilem Gusseisen unter den im Leitungstunnel herrschenden Einbaubedingungen.

         Seite 10

■          In der Trinkwasserversorgung der Niederlande hat der Einsatz duktiler Gussrohre durch die zunehmende Anwendung grabenloser Einbauverfahren beachtlich zugelegt. Nach sehr guten Erfahrungen mit dem Einzug fertig montierter Rohrstränge im HDD-Verfahren hat man sich nun an den Einzelrohreinzug mit der Nennweite 400 gewagt, weil auch hier das duktile Gussrohr entscheidende Vorteile aufweist: kein anderes Rohr kann so schnell montiert und weitergezogen werden und widersteht dabei höheren zulässigen Einziehkraften.

Und noch ein wichtiger Punkt kommt hinzu: das benötigte Baufeld ist extrem klein. Man könnte sich bald die Frage stellen, wann jemand auf die Idee kommt, einen Lastwagen mit Montagerampe und Bordladekran als kleinstmögliches „maschinelles“ Baufeld zu nutzen.

Seite 13

■ In einem zum Flora-Fauna-Habitat mutierten Trümmerschuttgebiet musste eine 800 m lange Trinkwasserleitung aus duktilen Gussrohren DN 400 erneuert werden.

Es kam nur ein geschlossenes Verfahren in Frage, und von denen war einzig das Berstlining-Verfahren technisch möglich. Unter diesen Randbedingungen waren es wieder die Rohre aus duktilem Gusseisen mit Zementmörtel-Umhüllung, die wegen ihrer hohen zulässigen Einziehkräfte, der wartezeitfreien Einzelrohrmontage und der robusten Oberfläche die wirtschaftlichste Lösung ermöglichten.

Seite 17

■ Leipzig brummt! Das macht sich auch bei der Modernisierung der Leitungsinfrastruktur für die Fußball-WM 2006 bemerkbar:

Die vor 100 Jahren entstandenen Schlagadern der Hauptverteilingleitungen für Trinkwasser im Nennweitenbereich 800 bis 1000 mussten entflochten, neu geordnet und umgelegt werden. Durch Einsatz duktiler Gussrohre konnte gleichzeitig ein Beitrag zur Verringerung der Schadensrate geleistet werden.

Seite 22

■ Ebenfalls der Modernisierung des Leipziger Trinkwassernetzes dient ein Programm der grabenlosen Erneuerung älterer und überdimensionierter Graugussleitungen.

Hier ist der Rohreinschub schon Routine; die duktilen Gussrohre DN 900 werden auf der Muffe schleifend in Graugussrohre DN 1100 geschoben, die Axialkräfte werden durch die Stirnflächen von Einsteckende und Muffengrund mühelos übertragen. Der Ringraum wird danach verdämmt.

Seite 28

■ Seit 20 Jahren wird eine Transportleitung DN 300 über den Kalldorfer Sattel zwischen Bad Salzuflen und Herford im lippischen Weserbergland geplant. Die Höhenunterschiede erzwingen eine Druckstufe PN 40, womit nur noch Stahl und duktiler Gusseisen in der Endrunde stehen. Die durchgehend zugfesteste Leitung wird europaweit ausgeschrieben. Der Bau, teilweise in Steilhanggelände, teilweise Bäche unterquerend, verlangt zuverlässige Technik. Spannend.

Seite 33

■ Noch höher gehen die Betriebsdrücke nur bei den Leitungen für Schneekanonen. Im sächsischen Klingenthal wird eine vor 70 Jahren für die Olympischen Spiele 1936 geplante Sprungschanze jetzt endlich gebaut.

Für den Winterbetrieb wird sie, falls erforderlich, künstlich beschneit. Im Sommer kann die Schanze ebenfalls betrieben werden, indem ein künstlicher Gleitbelag mit Wasser beregnet wird. Duktile Gussrohre DN 150 für einen zulässigen Bauteilbetriebsdruck von 64 bar werden mit zugfesten Verbindungen eingebaut.

Seite 38

■ Die meisten grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren setzen eine zugfest verbundene Rohrleitung voraus.

Die zugfesten Steckmuffen-Verbindungen duktiler Gussrohre sind gleichzeitig längskraftschlüssig und gelenkig. Mittels der Finiten-Elemente-Methode (FEM) kann man die Spannungsverteilung sichtbar machen und optimieren. Dies bedeutet zugleich eine Erhöhung der Zuverlässigkeit und Sicherheit.

Seite 41

■ Eine relativ junge Variante des grabenlosen Einbaus einer Abwasserdruckleitung wurde an einer stark befahrenen Ausfallstraße in Berlin-Treptow praktiziert: Mit einer für das microtunneling eingerichteten Vortriebsmaschine mit Pilotbohrung und nachfolgender Stahlschutzverrohrung mit Schneckenförderung des abgebauten Bodenmaterials wurden im letzten Schritt zugfest verbundene duktile Gussrohre DN 300 in die Bohrung eingezogen. Das Verfahren ist extrem platzsparend, kommt mit sehr wenig Tiefbauaufwand (nur für Start- und Zielgruben) und minimalem Erdaushub aus.

Seite 52

■ \_\_\_\_\_ Mit der Überleitung des Abwassers aus Pirna und Heidenau in eine Dresdener Kläranlage erzielen die beiden Städte eine umweltgerechte und kostengünstige Abwasserreinigung, ohne eine eigene Kläranlage finanzieren, bauen und unterhalten zu müssen. Die wirtschaftlich optimale Trasse liegt teilweise im Überschwemmungsgebiet der Elbe, womit die Forderung nach durchgehender Längskraft-schlüssigkeit begründet ist.

Ein weiterer Trassenabschnitt liegt in einem geschützten Flora-Fauna-Habitat mit besonders hohen Anforderungen an die Betriebssicherheit der Abwasserdruckleitung PN 10, die wegen eines breiten Bereichs der Förderleistung in zwei parallele Leitungen DN 600 aufgeteilt wurde. Aus Gründen des Vogelschutzes musste die Bauphase in den Winter verlegt werden. Trotz mancher witterungsbedingter Unterbrechungen konnte die Leitung termingerecht fertiggestellt werden.

\_\_\_\_\_ Seite 56

■ \_\_\_\_\_ Für den Bau des künftigen Berliner Großflughafens in Schönefeld sind die bauvorbereitenden Arbeiten gerichtlich genehmigt. Umfangreiche Grundwasserabsenkungen und -Versickerungen sind erforderlich.

Die hierzu gebauten Leitungen werden später unter den Betriebsflächen des Flughafens liegen. Sie sind hohen Verkehrslasten ausgesetzt. Zugleich müssen Rohre, Formstücke und Dichtungen gegen Verunreinigungen durch Enteisungsmittel beständig sein. Die Forderung nach einer möglichst langen Nutzungsdauer unter diesen Randbedingungen ist nicht zuletzt darauf begründet, dass die Leitungen für eine Reparatur in diesem Bereich der Rollbahnen kaum noch zugänglich sein werden. Rund 1.800 m duktile Gussrohre DN 600 und 700 nach EN 598 erfüllen diese Forderungen in optimaler Weise.

\_\_\_\_\_ Seite 62

---

## Brief des Herausgebers

---

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

in diesem Jahr haben wir mit dem Heft 40 der GUSSROHRTECHNIK eine runde Zahl erreicht: seit 40 Jahren unterrichten wir Sie mit Fachbeiträgen über die Neuigkeiten im Umfeld unserer Gussrohre.

Am Anfang standen die Darstellungen, die den Wechsel vom Grauguss zum duktilen Gusseisen dokumentierten, neue Verbindungen, das Schweißen tauchten auf. Dann erschienen die zugfesten Verbindungen in den 70er Jahren, die ersten Einziehversuche an Dükern folgten. Dann kam der Auftritt des duktilen Kanalrohrs in den 80er Jahren mit einer Fülle von Eignungsnachweisen und schließlich mit großem Erfolg die Anwendung der duktilen Gussrohre bei den grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren.

In diesem Heft mit der runden Nummer „40“ beschäftigt sich bereits die Hälfte der Beiträge mit den grabenlosen Verfahren für Neubau und Erneuerung, die andere Hälfte widmet sich Projekten, bei denen noch konventionell mit offenem Graben gebaut wurde. Ich glaube, dieses Verhältnis gibt den Stand der Bauverfahrenstechnik in unseren Städten recht gut wieder. Wir sind stolz darauf, dass wir mit unseren Entwicklungen den Wünschen unserer Kunden so nah gefolgt sind.

Es grüßt Sie herzlich

The image shows a handwritten signature in black ink that reads "J. Rammelberg". The signature is written in a fluid, cursive style with a large, sweeping flourish at the end.

Die Ausnahme wird zur Regel –

## Einbau von duktilen Gussrohren nach dem Raketenflugverfahren in Adelsheim und Öhringen

Von Frank Beer, Carsten Sans und Steffen Ertelt

### Vorwort

Rohrleitungssysteme so kostengünstig wie möglich einbauen, das sind die Anforderungen, denen sich in der heutigen Zeit Auftraggeber, Planer und bausaufführende Firmen zu stellen haben. Die unweigerliche Folge dieser Forderung ist die Entwicklung und Anwendung neuer, moderner und kreativer Einbauverfahren. In den letzten Jahren hat sich dabei der Einbau von duktilen Gussrohren mit dem Raketenflugverfahren [1], [2] als sinnvolle und wirtschaftliche Ergänzung zu den bis dahin bekannten grabenlosen Einbauverfahren bewährt.

Im Folgenden wird über zwei Projekte berichtet, bei denen insgesamt ca. 4.540 m duktile Gussrohre DN 150 für die Trinkwasserversorgung nach diesem Verfahren eingebaut wurden.

### 1 Verfahrensbeschreibung

Beim Raketenflugverfahren wird durch einen Aufweitkörper am Pflugschwert ein Hohlraum erzeugt. In diesen Hohlraum wird der an diesen Aufweitkopf angehängte Rohrstrang gleichzeitig eingezogen. Eine ausführliche Verfahrensbeschreibung ist bereits in [1] vorhanden. Darüber hinaus ist seit Oktober 2003 ein ATV-DVWK-Merkblatt mit der entsprechenden Verfahrensbeschreibung verfügbar [3].

### 2 Rohraußenschutz

Rohre aus duktilem Gusseisen werden, entsprechend den jeweiligen Einsatzbedingungen und Einbauverfahren, mit einem abgestimmten Außenschutz angeboten. Vor allem für grabenlose Einbauverfahren, bei welchen im Vorfeld die genauen Untergrundverhältnisse nicht bekannt sind, ist ein mechanisch hochbelastbarer Außenschutz ausschlaggebend

für eine lange Lebensdauer des gesamten Rohrleitungssystems. Duktile Gussrohre werden hierzu mit einer Umhüllung aus Zementmörtel nach DIN 30674, Teil 2 geliefert.

Dieser Rohraußenschutz hat sich bei äußeren mechanischen Belastungen, wie sie speziell beim grabenlosen Einbau in unbekannter Größenordnung auftreten können, hervorragend bewährt.

An beiden Objekten wurden daher duktile Gussrohre mit dieser Umhüllung eingesetzt. Die Nachumhüllung des Verbindungsbereiches aus wärmeschrumpfendem PE wurde durch einen Blechkonus (**Bild 1**) vor mechanischer Beschädigung geschützt.



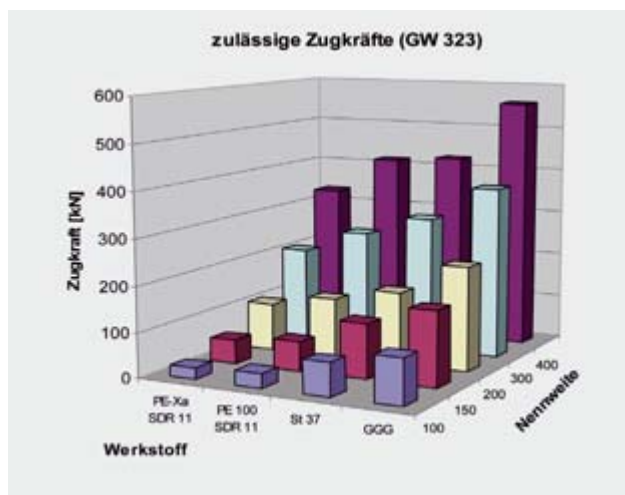
Bild 1:  
Schrupfmanschette  
mit Blechkonus

### 3 Rohrverbindung

Für das Raketenflugverfahren werden form-schlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen empfohlen und eingesetzt, da hiermit die größtmögliche Kraftübertragung erreicht werden kann (**Bild 2**).

Das Muffenprofil der in den beschriebenen Projekten eingesetzten längskraftschlüssigen BLS-Steckmuffen-Verbindung (**Bild 3**), enthält die eigentlichen TYTON<sup>®</sup>-Muffe zur Abdichtung der Verbindung.

Bild 2:  
Zulässige Zugkräfte verschiedener Rohrmaterialien für den grabenlosen Einbau



Zur Übertragung der Längskräfte dient die Vorkammer zur Aufnahme der Riegelemente und die werkseitig aufgebrachte Schweißraupe. Die Abwinkelbarkeit der Verbindung von  $4^\circ$  erlaubt die Anlage von Kurvenradien bis herab zu 86 m.

Für grabenlose Einbauverfahren wird im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 250 zur weiteren Erhöhung der möglichen Zugkräfte ein so genannter Hochdruckriegel (**Bild 4**) in die Vorkammer der BLS-Verbindung eingesetzt.



Bild 3:  
Aufbau der BLS-Steckmuffen-Verbindung



Bild 4:  
BLS-Steckmuffen-Verbindung mit Hochdruckriegel

#### 4 Adelsheim – Verbindungsleitung Hergenstadt nach Leibenstadt

Die über 1.200 Jahre alte Stadt Adelsheim mit ihren Stadtteilen Hergenstadt, Leibenstadt-Sennfeld und Wemmersdorf versorgt in ihrem Einzugsbereich ca. 5.500 Einwohner mit Trinkwasser. Im Zuge der Optimierung der Wasserversorgung wurde durch das ortsansässige Ing.-Büro Walter + Partner GbR, Adelsheim, eine Gesamtwasserversorgungskonzeption erstellt. Diese Gesamtkonzeption befindet sich seit 1992 in der Umsetzung und wird in mehreren Bauabschnitten ausgeführt.

Der 7. Bauabschnitt umfasst die Ablaufleitung Hergenstadt-Leibenstadt mit einer Gesamtstrecke von ca. 3.000 m der Nennweite DN 150. Das Planungsbüro schrieb zu den duktilen Gussrohren mit Zementmörtel-Umhüllung alternativ Rohre aus PE 100 mit Diffusionssperre, Schutzeigenschaften gegen Rissinitiierung und gegen Punktbelastung (Einbau ohne Einsandung) sowie E-Schweißmuffen als Rohrverbindung aus.

Die daraufhin eingesandten Angebotsunterlagen zeigten bei der herkömmlichen, offenen Bauweise keinen Preisvorteil für das PE-Rohr gegenüber duktilen Gussrohren. Der günstigste Bieter in offener Bauweise legte zusätzlich ein Nebenangebot zum Einzug von 2.500 m duktiler Gussrohre nach dem Raketenpflugverfahren der Fa. Föckersperger vor, welches letztendlich dem Auftrag zugrunde lag.

Trinkwasser ist ein kostbares, für den Menschen unentbehrliches Gut, wichtigstes Lebensmittel und verdient deshalb unseren besonderen Schutz.

Hieraus erwuchs für den Auftraggeber und das die Maßnahme begleitende Ingenieurbüro Walter + Partner GbR der Anspruch, nur Materialien höchster Qualität und Eignung für den grabenlosen Einbau zum Einsatz zu bringen. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung für den Einbau duktiler Gussrohre und den Einbau eines wesentlichen Teils (ca. 2.500 m) nach dem Raketenpflugverfahren.

Die einzuziehenden Rohrleitungsstränge wurden, mit Einzelrohrstrecken bis zu 200 m Länge, ausgelegt und geprüft. Dies nahm einen Zeitraum von 14 Tagen in Anspruch. Anschließend wurden die Rohrleitungsstränge an den eigentlichen Raketenpflug angekoppelt und zur Startgrube gezogen (**Bild 5** und **Bild 6**).

Bild 5:  
Ankoppeln des Rohrstranges



Bild 7:  
Einführung des Kabelschutzrohres



Bild 6:  
Vorziehen zur Startgrube



Bild 8:  
Einzug des Rohrstranges, des Kabelschutz-  
rohres und des Trassenwarnbandes



Gleichzeitig mit den Rohrleitungssträngen wurde ein Kabelschutzrohr und das erforderliche Trassenwarnband eingezogen (**Bild 7** und **Bild 8**). Für den Einbau der vormontierten Rohrleitungsstränge wurde eine Einbauleistung von 1.000 m Rohrleitung pro Tag erzielt. Auf **Bild 9** sind die Oberflächenverhältnisse nach dem Einzug des Rohrleitungsstranges zu sehen.

Der Einbau der Rohrleitung nach dem Raketenflugverfahren, inklusive des zugehörigen Rohrmaterials, ergab einen Kostenvorteil in Höhe von ca. 5 % gegenüber der Ausführung in offener Bauweise.

Bild 9:  
Oberfläche nach dem Einzug





## 5 Öhringen – OT Untersöllbach

Die Große Kreisstadt Öhringen ist die größte Stadt des Hohenlohekreises und versorgt in ihrem Einzugsbereich ca. 22.700 Einwohner. Die Gemeinde Untersöllbach gehört zum OT Eckartsweiler und war im Besitz einer eigenen Wasserversorgung über hauseigene Brunnen. Im Rahmen einer Konzeption zur Absicherung der Versorgungssicherheit mit Trinkwasser wurde nunmehr die Zubringerleitung DN 150 vom Hochbehälter Pfaffenberg nach Untersöllbach gebaut. Das Ing.-Büro FKS – Beratende Ingenieure, Bad Mergentheim, führte Planung, Ausschreibung und Bauleitung der Baumaßnahme aus. Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten (aggressive Böden in der Gemarkung, Trassenverlauf in Gebieten mit Naturschutzcharakter) wurde vom Auftraggeber von Anfang an der Einsatz von duktilen Gussrohren mit Zementmörtel-Umhüllung gefordert.

Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, des schnellen Einbaus und der Minimierung von Störungen an den vorhandenen Bodenverhältnissen wurde vom planenden Ingenieurbüro sehr schnell der grabenlose Einbau nach dem Raketenflugverfahren in Betracht gezogen. So wurden von der 2.664 m langen Gesamtstrecke insgesamt 2.037 m mit diesem Verfahren eingebaut. Die für den Einbau nach dem Raketenflugverfahren vorgesehenen Rohrleitungsabschnitte (bis zu 186 m Länge – Begrenzung der maximalen Rohrleitungslänge durch vorhandene Radien) wurden innerhalb von 14 Tagen abschnittsweise vormontiert und ausgelegt (**Bild 10 und Bild 11**). Der eigentliche Rohreintrag war innerhalb einer Woche abgeschlossen.

Bild 10:  
vormontierter Rohrstrang DN 150



Bild 11:  
vormontierter Rohrstrang DN 150



## 6 Zusammenfassung

Die bisher bei den ausgeführten Baumaßnahmen [1]; [2] nach dem Raketenflugverfahren festgestellten wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile konnten nochmals bestätigt werden. Bei keinem der einzuziehenden Rohrstränge wurde die maximal zulässige Zugkraft von 165 kN für die Nennweite DN 150 erreicht.

Auch unter diesem Aspekt wird ein für duktile Gussrohre relativ junges Einbauverfahren von der – **Ausnahme zur Regel**.

### Literatur:

- [1] Föckersperger, F.; Mischo, M.; Walther, G.: Wirtschaftlicher und umweltschonender Einbau duktiler Gussrohre mit dem Raketenflugverfahren im ländlichen Raum, GUSSROHRTECHNIK 34 (1999), S. 5
- [2] Haupt, M.; Lehner, K.; Rühl, R.: Einbau duktiler Gussrohre DN 200 mittels Raketenflugverfahren, GUSSROHRTECHNIK 35 (2000), S. 9
- [3] ATV-DVWK-Merkblatt ATV-DVWK M 160 – Fräs- und Pflugverfahren für den Einbau von Abwasserleitungen und -kanälen, Ausgabe Oktober 2003

## Erneuerung einer Trinkwasserleitung DN 300 in einem begehbaren Leitungskollektor

Von Michael Schneider und Lutz Rau

### 1 Einführung

Im Berliner Stadtbezirk Lichtenberg war eine in den 70er Jahren gebaute Trinkwasserleitung aus Stahl DN 300 auf einer Länge von ca. 800 m auszuwechseln. Die Leitung lag offen in einem begehbaren Leitungskollektor von 2,2 m Breite und 2,7 m Höhe. Der Kollektor verläuft geradlinig parallel zur B1/B5 im Bereich des Autotunnels Alt-Friedrichsfelde und unterquert den stark befahrenen Kreuzungsbereich Höhe Rheinstraße/Am Tierpark (**Bild 1**). Im Bereich des Kollektors befinden sich vier weitere große Bauwerke.



Bild 1:  
Unterirdischer Trassenverlauf im Seitenstreifen der B1/B5 (Alt-Friedrichsfelde)

### 2 Aufgabenstellung

1. Der Zustand der vorhandenen Stahlleitung (**Bild 2**) machte eine Auswechslung dringend erforderlich.
2. Die Werkstoffwahl des einzubauenden Neurohres war vor allem unter dem Sicherheitsaspekt zu treffen, weil bei möglichen späteren Schäden und deren Reparaturen mehrere Leitungsverwaltungen betroffen gewesen wären.
3. Die Auswechslung sollte innerhalb des „In-sourcing-Programms“ der Berliner Wasser Betriebe mit eigenem Personal selbst durchgeführt werden.



Bild 2:  
Zustand der Altleitung

### 3 Materialwahl

Ein wichtiger Teil der Planung bestand in der kritischen Würdigung und Auswahl der grundsätzlich in Frage kommenden Rohrwerkstoffe Stahl, duktiles Gusseisen und PE-HD.

Beim Einbau von PE-HD-Rohren müssen folgende Kriterien und Eigenschaften bedacht werden:

1. Zur Vermeidung unzulässiger Durchbiegung ist ein Auflagerabstand von maximal 2 m vorzusehen.
2. Im Leitungskollektor sind Temperaturdifferenzen von 20 K möglich. Zur Beherrschung der thermischen Längenänderungen müssen mehrere Kompensatoren und Festpunkte eingebaut werden.
3. Wegen der beengten Lage der Leitung im Kollektor ist ein erhöhter Aufwand bei den Schweißarbeiten erforderlich, wobei das Heizelementstumpfschweißen aus Platzgründen besonders problematisch ist.
4. Dabei wird sich die Montagezeit deutlich verlängern, weil nach der Schweißung zusätzliche Zeiten für Abkühlung, Abbau, Transport sowie Wiederaufbau des Schweißgerätes erforderlich werden.

- Da das PE-Rohr offen im untersten Bereich des Kollektors liegt, können Schäden durch spätere Arbeiten von anderen Leitungsträgern nicht ausgeschlossen werden.

Mit Rohren aus Stahl müssen folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- Auf Grund der baulichen Gegebenheiten können durch die Montageöffnungen nur ca. 6 m lange Rohre eingebaut werden, wodurch sich eine bestimmte Anzahl an Schweißverbindungen ergibt.
- Schweißarbeiten sind schwierig durchzuführen, weil die Leitung in einem Abstand von ca. 250 mm zum Boden und zur Wand im Kollektor liegt. In diesem Umfang sind Schweißarbeiten durch eigenes Personal des „In sourcing Programms“ nicht durchzuführen.
- Probleme beim Heranführen des Schweißstromes sowie erheblicher Aufwand für ordnungsgemäße Be- und Entlüftung während der Schweißarbeiten.

Mit GGG-Rohren müssen folgende Kriterien beachtet werden:

- Die gesamte Leitung ist längskraftschlüssig auszubilden.
- Die längskraftschlüssigen Verbindungen müssen nach ihrer Montage in Längsrichtung vorgereckt und in ihrer Lage gesichert werden.

Nach eingehender Prüfung von Aufwand und Kosten fiel die Entscheidung in diesem speziellen Fall für duktile Gussrohre nach DIN EN 545 mit Zementmörtel-Auskleidung, äußerer Verzinkung und Deckbeschichtung in längskraftschlüssiger Ausführung, in diesem Fall das System BLS.

Diese Rohre von 6 m Baulänge lassen sich unproblematisch durch die vorhandenen Montageöffnungen absenken. Die Montage der zugfesten Steckmuffen-Verbindung ist mit dem eigenen Personalbestand möglich.

Ein Auflager pro Rohr ist statisch unbedenklich. Einbau und Montage dicht an der Kollektorwand und nahe am Boden ist leicht möglich.



Bild 3:  
Aufbau der  
BLS-Steckmuffen-  
Verbindung

#### 4 Materialeinsatz

Durch den Auftraggeber wurden Gussrohre der Nennweite DN 300 nach DIN EN 545 mit dem Schubsicherungssystem BLS in der Wanddickenklasse K 9 festgelegt. Diese formschlüssige Verbindung zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Die Schubsicherungsriegel werden nach der Montage der Rohrverbindung eingelegt (**Bild 3**). Damit ist sichergestellt, dass sich die Riegel zwischen Schweißraupe und Schubsicherungskammer befinden.
- Relativ geringe Montagekräfte, leichtes Einsetzen der Riegelsysteme.
- Komplettes Formstückprogramm zu diesem System mit MMK, EU und F.
- Bei längenmäßigem Anpassen der Rohre müssen vor Ort keine neuen Schweißraupen aufgebracht werden. Es können spezielle Klemmringe verwendet werden (**Bild 4**).
- Die thermische Längenänderung wird in den Muffen kompensiert.



Bild 4:  
BLS-Klemmring an einem F-Stück

## 5 Baudurchführung

Nach der Demontage der alten Leitung und Reinigung des Kollektors wurde mit der Befestigung verzinkter Stahlrahmen auf dem Kollektorboden begonnen; diese Rahmen tragen Auflagersättel aus Kunststoff (**Bild 5**).

Die Rohre wurden mit einem Kran durch die Montagöffnung abgelassen, auf zwei Rohrwagen gesetzt und im Kollektor verfahren. Am Einbauort wurden die Rohre mit umgebauten Rangierwagenhebern positioniert und montiert. Die Rohrleitung wurde vorgereckt.

Für etwaige Längenausdehnungen wurde zwischen Rohr und Auflagersattel ein Stahlblech montiert. Damit wurde sichergestellt, dass das Rohr auf dem Sattelstück gleiten kann, ohne den Rohraußenschutz zu beschädigen.

Aufgrund der vorhandenen Infrastruktur (Fernwärme, Strom) musste die Rohrleitung in den vier Bauwerken in der alten Trasse verbleiben und deshalb gedükert werden.

Je nach Örtlichkeit wurden die Rohrleitungen geflanscht oder mit längskraftschlüssigen BLS-Muffenverbindungen ausgeführt. Armaturen wurden nur im Bereich der jeweiligen Bauwerke eingebaut. Die Hochpunkte vor der Einführung in die jeweiligen Bauwerke wurden mit Anbohrarmaturen zur Entlüftung versehen. Auch die Entleerungen wurden mit Anbohrarmaturen realisiert und in die vorhandenen Entleerungsleitungen eingebunden.

Horizontale und vertikale Richtungsänderungen wurden mit Formstücken ausgebildet. **Bild 6** zeigt die Situation im Leitungskollektor nach Abschluss der Arbeiten.

Zur Aufnahme der Längenänderung bei entleerter Leitung durch Temperaturschwankungen wurden fünf Dehnungstopfbuchsen eingebaut. Eine hohe Einbaugeschwindigkeit und leichte Montage überzeugte nicht nur die Mannschaft vor Ort sondern auch die Betreiber.

Nach Desinfektion und Druckprüfung erfüllt die neue Leitung wieder ihre Funktion.

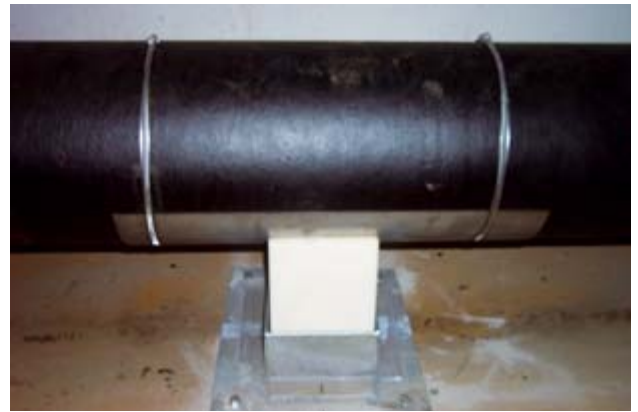


Bild 5:  
Auflagerkonstruktion



Bild 6:  
Leitungen im Kollektor nach  
Abschluss der Arbeiten

## Premiere des Spülbohrverfahrens mit duktilen Gussrohren DN 400 bei Einzelmontage in den Niederlanden

Von Maarten Renz

### Einleitung

Südlich von Utrecht, im Zentrum der Niederlande, wurde für Hydron Midden Nederland durch die Baufirma Visser & Smit Hanab eine neue Trinkwassertransportleitung DN 400 gebaut. Diese Leitung hat zwei Aufgaben: zum einen wird durch diese Leitung die Stadt Harmelen mit Trinkwasser versorgt, zum anderen wird die Versorgungssicherheit im Gebiet um Linschoten erhöht.

Die Leitung hat eine Gesamtlänge von circa 5,5 km und liegt nördlich der Autobahn A12 zwischen den Städten De Meern und Harmelen. Der Boden in dieser Gegend besteht aus Moor mit einer sehr niedrigen Tragfähigkeit. In offener Bauweise wäre der Einbau teuer geworden, weil dann eine temporäre Baustraße hätte gebaut werden müssen. Wegen des



Bild 1:  
geographische Lage der Projekte

hohen Grundwasserstands entstehen zusätzlich hohe Kosten für die Grundwasserabsenkung. Das Horizontal-Spülbohrverfahren kommt mit deutlich geringerem Arbeitsraum und ohne Grundwasserabsenkung aus; daher fiel die Entscheidung für dieses Verfahren zum Bau der Leitung, deren Gesamtlänge von 5,5 km in ins-



Bild 2:  
Moorlandschaft bei Harmelen

gesamt sieben Teilstrecken aufgeteilt wurde. Die Länge der Einzelstrecken liegt zwischen 425 m und 860 m. Diese Längen wären eigentlich für das Rohrleitungsmaterial PE-HD ideal gewesen. Allerdings müssen Rohre aus PE-HD zuerst zu einem Gesamtstrang vormontiert und ausgelegt werden, wodurch wieder ein entsprechend großes Baufeld erforderlich wird.

Duktile Gussrohre mit längskraftschlüssiger Verbindung besitzen als einziges Rohrmaterial den Vorteil, dass die Leitung während des Einzugs aus Einzelrohren montiert werden kann. Damit kommt man mit einem extrem kleinen Baufeld aus. Diese so genannte 'Einzelrohrmontage' wurde im Gegensatz zu Deutschland [1], [2] in den Niederlanden bis dato noch nie eingesetzt.

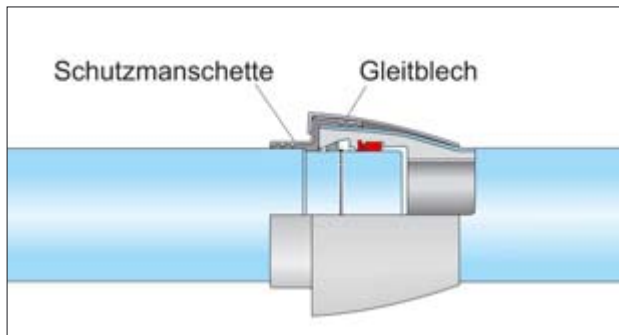


Bild 3:  
TIS-K Verbindung mit Gummimanschette und Gleitblech.

Moorböden sind stark aggressiv. Nach DIN 30675-2 [3] ist die Zementmörtel-Umhüllung duktiler Gussrohre nach DIN 30674-2 [4] für diese Böden uneingeschränkt geeignet.

### Das Pilotprojekt

Für den selben Auftraggeber wurde durch die Baufirma Visser & Smit Hanab kurz vor der Durchführung des Projekts „Harmelen“ ein anderes Projekt in der Nähe ausgeführt, bei welchem zwei Autostraßen (Hindersteinlaan) zu unterqueren sind. Mit einer Länge von 162 m und 270 m waren diese Strecken als Pilotprojekt ideal.

Bei einer Einzelrohrmontage kann man den Strang tatsächlich Rohr für Rohr montieren; es ist aber auch möglich, Rohrschüsse aus drei vormontierten Rohren zur Baustelle zu transportieren. Durch die Montage solcher 'Drillinge' lässt sich die Montagezeit während des Einzugs weiter verkürzen. Bei einer Einzelrohrmontage

Bild 4:  
Montagerampe zur Einzelrohrmontage während des Einziehens



hat sich für eine einfache und problemlose Montage der Rohre eine Montagerampe mit Rollenböcken bewährt. Durch die Rollenböcke werden die zu verbindenden Rohre genau achs-gleich ausgerichtet, somit gestaltet sich der Verbindungsvorgang sehr einfach und kontrolliert, womit das Risiko von Montagefehlern nahezu ausgeschlossen wird. Zum Vormontieren der Drillinge kann die Rampe waagrecht sein, während sie beim Einziehen auf den Austrittswinkel der Bohrung einzustellen ist.

Bei der ersten Spülbohrstrecke von 162 m Länge wurden die einzelnen Rohre Stück für Stück nacheinander montiert. Dabei wurden im Schnitt 15 Minuten Montagezeit für eine Verbindung benötigt. Die maximale Zugkraft wurde mit 140 kN gemessen.

Bei der zweiten Spülbohrstrecke von 270 m Länge hatte die Baufirma 15 Drillinge vormontiert. Für die Verbindung zweier Drillinge während des Einzugs wurden ebenfalls wieder circa 15 Minuten benötigt. Die höchste gemessene Zugkraft betrug hier 180 kN.

Die Erfahrungen mit der Einzelrohrmontage waren nach diesen beiden Pilotstrecken insgesamt sehr positiv. Das gesamte System hatte ohne Panne funktioniert. Obwohl beide Strecken ohne Ballastierung eingezogen wurden, waren die Zugkräfte geringer als bei der Planung angenommen.



Bild 5:  
Einzug der Drillinge beim zweiten Pilotprojekt

### Das Projekt Harmelen

Wegen der großen einzuziehenden Längen beim Projekt Harmelen wurde der Effekt des Auftriebs in der Planungsphase eingehend diskutiert. Der Reibbeiwert von Rohren aus HD-PE und PE-umhüllten Stahlrohren liegt nach NEN 3650 [5] für die Haftreibung zwischen Bohrloch und Leitung bei  $\mu = 0,2$ . Für Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung war der Reibbeiwert bisher nicht bekannt. Ein Rohr DN 400 TIS-K ZMU hat ein Gewicht von 109 kg pro Meter. Bei einem spezifischen Gewicht der Bentonitsuspension von 1,15 kg/L beträgt der theoretische Auftrieb gegen den First des Bohrkanals 66 kg pro Meter. Im Zeitraum vom 14. Oktober bis zum 1. Dezember 2005

wurden alle sieben Teilstrecken DN 400 mit Drillingen ohne Ballastierung ohne besondere Vorkommnisse eingezogen. Die am Rigg gemessenen Zugkräfte sind während des Einzugs der beiden Pilotstrecken und der ersten drei relativ kurzen Strecken des Projekts Harmelen sehr genau beobachtet worden. Die für die Nennweite DN 400 maximal zulässige Zugkraft von 560 kN [6] wurde bei weitem nie erreicht. **Tabelle 1** enthält die wesentlichen Messdaten aller Teilstrecken.

Wie eingangs erwähnt, besteht der Baugrund aus Moor mit einer Mächtigkeit von etwa vier bis fünf Metern. Darunter liegt feiner Sand. Alle Spülbohrstrecken wurden in einer Tiefenlage von ungefähr zwölf Meter mit einem Durchmesser von 32 Zoll (circa 813 mm) aufgeföhren.

Tabelle 1:  
Teilstreckenlängen, Auftrieb, Zugkräfte und Reibbeiwerte

Nr.	Projekt	Länge [m]	Auftrieb total [kN]	Zugkraft [kN]	Reibbeiwert $\mu$
1	Hindersteinlaan (Pilot)	162	107	140	1,30
2	Hindersteinlaan (Pilot)	270	178	180	1,01
3	Harmelen	425	280	270	0,96
4	Harmelen	648	427	240	0,56
5	Harmelen	576	380	220	0,58
6	Harmelen	882	582	360	0,62
7	Harmelen	828	546	440	0,81
8	Harmelen	828	546	340	0,62
9	Harmelen	828	546	300	0,55
<b>Mittlerer Reibbeiwert <math>\mu_{er} = 0,78</math></b>					

Bild 6:  
Einzug der „Drillinge“  
in Harmelen



### Schlussfolgerungen

Das Projekt Harmelen hat gezeigt, dass duktile Gussrohre eine sichere und wirtschaftliche Alternative zu HD-PE-Rohren beim Einsatz des Horizontal-Spülbohrverfahrens darstellen. Dabei war der Einzug mittels Einzelrohrmontage in den Niederlanden eine Premiere.

Die langkräftschlüssige TIS-K-Verbindung ermöglicht eine einfache, schnelle und sichere Montage, die während des Einzugs synchron mit dem Bohrgestängewechsel durchzuführen ist. Mit dieser Bauweise kann der notwendige Arbeitsraum auf ein Minimum beschränkt werden, was vor allem auf städtischen Baustellen sehr vorteilhaft ist.

Bei Böden mit niedriger Tragfähigkeit und hohem Grundwasserstand können mit der Einzelrohrmontage lange Teilstrecken erfolgreich und kostengünstig hergestellt werden.

Mit dem Einsatz vormontierter „Drillinge“ kann die Montagezeit während des Einzugs weiter verkürzt werden. Nach einiger Übung wurden Einzugeschwindigkeiten von 90 Meter pro Stunde erreicht.

### Literatur

- [1] Fitzthum, U.; Jung, M. u. Landrichter, W.: Eine Baumaßnahme der besonderen Art: 1100 m Leitungsbau mit duktilen Gussrohren blieb von den Anliegern in Fürth unbemerkt, GUSSROHRTECHNIK 35 (2000), S. 33
- [2] Handbuch GUSSROHRTECHNIK Berlin (2005), S. 212
- [3] DIN 30675-2 Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen; Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen
- [4] DIN 30674-2 Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen; Zementmörtel-Umhüllung
- [5] NEN 3650-1 (2003) Eisen voor buisleidingssystemen – Teil 1 : Allgemeines, Heft 5, Beilage E, § E1.2.3.
- [6] DVGW-Arbeitsblatt GW 321 Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung



## Erneuerung einer Verbindungsleitung DN 400 zwischen zwei Wasserwerken im Berstlining- und Spülbohrverfahren

Von Ralf Levacher

Die Kreisstadt Saarlouis wird durch zwei Wasserwerke mit Trinkwasser versorgt. Rechts von der Saar ist dies das Wasserwerk Ost in Roden und links von der Saar das Wasserwerk West in Beaumarais. Insgesamt verfügen die Wasserwerke Saarlouis über 14 Tiefbrunnen.

Zur gegenseitigen Sicherung und Unterstützung sind diese beiden Wasserwerke durch drei Leitungen in den Nennweiten DN 200, DN 250 und DN 400 miteinander verbunden. Bei der Reparatur einer Leckage mussten im Jahr 2004 rund 20 m der Leitung DN 400 (Baujahr 1972) freigelegt werden; dabei zeichnete sich ab, dass ein Korrosionsschaden Grund der Leckage gewesen war. Eine Untersuchung des anliegenden Bodens ergab, dass es sich um einen Boden der Bodengruppe III nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 handelt, der demnach stark aggressiv ist. Duktile Gussrohre hatten bis Anfang der 70er Jahre weder Zinküberzug noch Zementmörtel-Auskleidung, so dass die Korrosionsschäden durch den aggressiven Boden in Verbindung mit einem hohen Grundwasserspiegel leicht zu erklären waren.

Der Zustand der freigelegten Leitung führte in Verbindung mit dem Ergebnis der Bodenuntersuchung zu der Entscheidung, die Leitung zu erneuern, weil abzusehen war, dass der Rest der Leitung ähnliche Korrosionsschäden aufweist. Aufgrund der Versorgungssicherheit war der Einbau einer nennweitengleichen Leitung in DN 400 zwingend erforderlich.

Bei der Planung der Maßnahme wurden unter Berücksichtigung der Bauzeit im Winter für Durchführung und Rohrmaterial drei unterschiedliche Verfahren in Betracht gezogen:

1. Offene Bauweise
2. Horizontal-Spülbohrverfahren
3. Berstlining-Verfahren

Die bestehende Leitung liegt in den Feuchtwiesen der Saaraue, in einem FFH-Gebiet (Flora Fauna Habitat), das heißt, einem europäisch geschützten Naturschutzgebiet. Die Auflagen für eine Neuleitung in offener Bauweise sind im FFH-Gebiet allerdings sehr hoch, zusätzlich hätten eine Reihe von Grundstücksbesitzern in den Genehmigungsprozess mit aufgenommen werden müssen. Erschwerend kommen der bereits erwähnte hohe Grundwasserspiegel und Bereiche, die teilweise mit Schuttmassen aus Trümmern des 2. Weltkrieges aufgefüllt sind, hinzu. Aufgrund dieser Sachzwänge kam die konventionelle offene Bauweise nicht in Frage.

Die Leitung konnte nur in den Wintermonaten erneuert werden, weil zu dieser Zeit der Wasserverbrauch niedrig genug war, um sie zeitweise entbehren zu können.

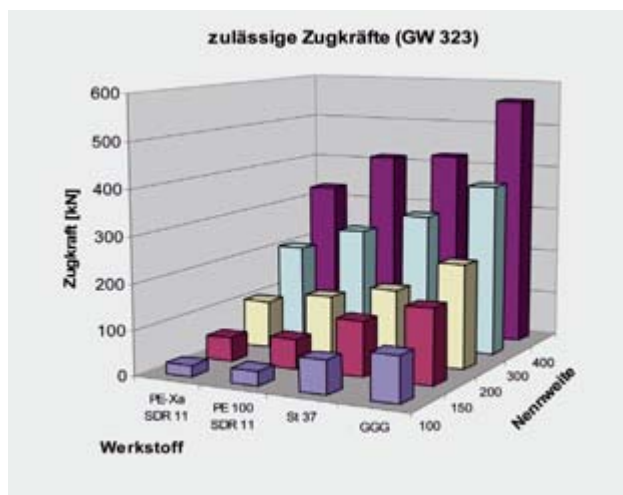
Die Horizontal-Spülbohrtechnik schied wegen der Unsicherheiten des Untergrundes im Hinblick auf die Schuttmassen aus. So blieb einzig das Berstlining-Verfahren, um die bestehende Leitung grabenlos auszuwechseln.

Die Auswahl des Materials gestaltete sich etwas problematischer, da bis dato noch keine Erfahrungen mit dem Einzug von Gussrohren der notwendigen Nennweite mit dem Berstlining-Verfahren vorlagen.

Der Einzug einer PE-Leitung wurde zwar ebenfalls diskutiert, aber vor dem Hintergrund der schlechten Überwachungsmöglichkeit mittels Korrelatortechnik nicht weiter verfolgt.

Stattdessen wurden mit dem Bauunternehmer und dem Gussrohrhersteller Gespräche über die Machbarkeit des nennweitengleichen Rohreinzugs im Berstlining-Verfahren geführt. Dieses Verfahren war bisher wegen maschinenbautechnischer Gründe auf kleinere Nennweiten beschränkt.

Bild 1:  
zulässige Zugkräfte verschiedener Rohrwerkstoffe nach DVGW-Merkblatt GW 323



Von Seiten der bauausführenden Firma wurde zugesichert, duktile Gussrohre DN 400 mit dem gewählten Verfahren einzuziehen und darüber hinaus die zulässigen Zugkräfte gemäß den Vorgaben des DVGW-Merkblattes GW 323 (**Bild 1**) einzuhalten.

Der Rohrhersteller hatte gegen die gewählte Vorgehensweise keine Einwände, so dass entschieden wurde, die Leitung in einem Pilotprojekt nennweiten- und materialgleich auszutauschen.

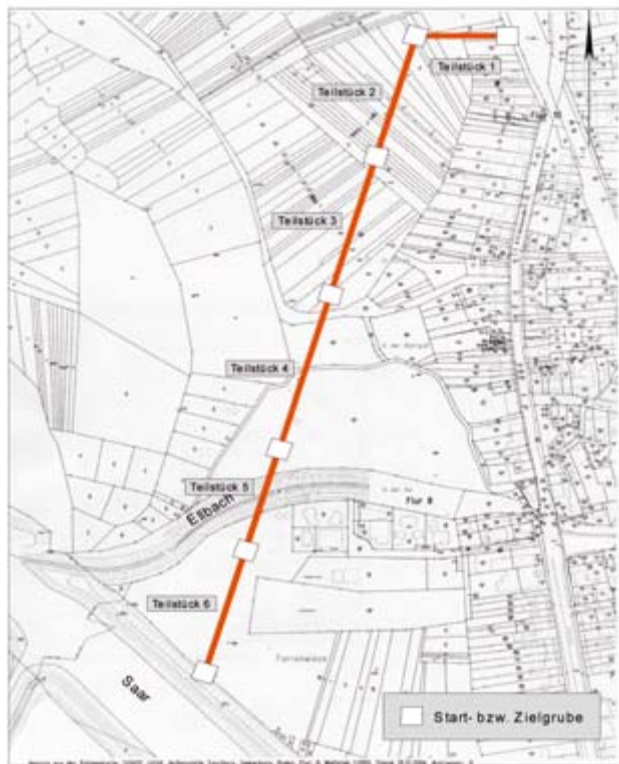


Bild 2:  
Gesamtstrecke

## 1 Planung der Maßnahme

Die gesamte Baumaßnahme umfasste den Einbau von 800 m Leitung DN 400. Die vorliegenden Planunterlagen zeigten weder Düker noch sonstige Knickpunkte. Die Gesamtstrecke wurde in mehrere Einzelstrecken aufgeteilt, wovon die längste Strecke 270 m betragen sollte (**Bild 2**).

Bevor allerdings mit den Erdarbeiten begonnen werden konnte, musste vorab zum Schutz der Flora und Fauna eine FFH-Verträglichkeitsuntersuchung durchgeführt werden. Aus ihr ergaben sich Auflagen bezüglich Ausführung von Baustrassen und Behandlung des Bodenaushubs (der Start- bzw. Zielgruben), die während der Baumaßnahme zu beachten waren.

Diese Auflagen wurden in enger Abstimmung mit der Unteren Naturschutzbehörde befolgt und ausgeführt.

In der Planungsphase wurde eine Einziehleistung von 24 m/h angenommen, die in der Praxis auch problemlos erreicht wurde. Als Zugeinrichtung wurde eine Maschine mit einer maximalen Zugkraft von 125 t (Grundoburst 125, Fabrikat Tracto-Technik) für das statische Berstlining eingeplant. Die Maschine besteht aus der Lafette, der Hydraulikantriebsstation, dem Berstgestänge und dem Berstwerkzeug.

Beim statischen Berstlining wird aus einer Startgrube heraus ein Gestänge durch die Altleitung bis in eine Zielgrube geschoben. In der Zielgrube wird zuerst der Schneidkopf an das Gestänge angekuppelt. Darauf folgt der Aufweitkopf, (**Bild 3 a**), an welchen das erste Neurohr (**Bild 3 b**) angehängt wird.

Beim Rückzug des Gestänges wird das Altrohr aufgeschnitten und aufgeweitet. Gleichzeitig wird das gleichgroße oder größere Neurohr eingezogen.

Beim Einsatz von maschinellen Einbauverfahren werden die Rohre hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Zum Schutz vor Verletzungen sind die duktilen Gussrohre außen mit einer faserverstärkten Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) versehen.

Zur Übertragung der Einzugskräfte dient die formschlüssige Steckmuffen-Verbindung TIS-K (**Bild 4**).

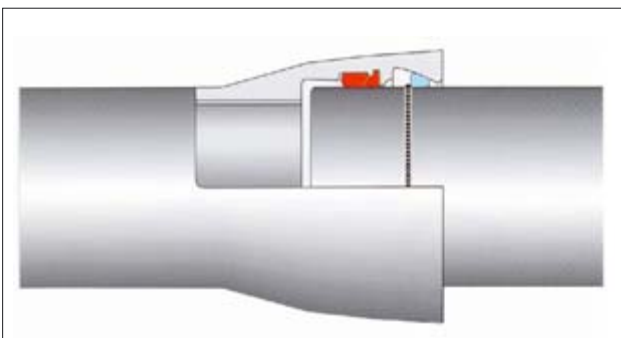
Bild 3a:  
Schneidkopf



Bild 3b:  
Aufweitkopf



Bild 4:  
Steckmuffen-Verbindung TIS-K



## 2 Ausführung

Für den Aufbau der Zugeinrichtung sowie den Einbau der duktilen Gussrohre wurden Montagegruben hergestellt. Die Altleitung wurde an den Richtungsänderungen beidseitig sowie im Bereich der Zwischenbaugruben jeweils auf einer Länge von 8 m ausgebaut. Zur Übertragung der Zugkräfte wurden die Baugruben auf der Zugseite mit Spundbohlen und einer Stahlkonstruktion verstärkt.

Die Altleitung wurde mit einem Rollenmesser aufgeschnitten und mit einem Aufweitkopf auf einen Durchmesser von 560 mm aufgeweitet. Hierdurch war sichergestellt, dass der Einzugskanal groß genug war, um die neuen Rohre aufzunehmen. Durch das duktile (verformbare) Verhalten des Altrohres wurde das Rohr schalenförmig aufgebogen.

Der Einziehvorgang verlief ohne Probleme. Im Mittel lagen die Zugkräfte, die für das Schneiden, Aufweiten und Nachziehen des Rohrstranges notwendig waren, unter 800 kN (80 t), so dass die Maschine noch ausreichende Reserven hatte.

Zum Nachweis, dass die an den neuen Rohren wirkenden Zugkräfte die nach GW 323 zulässigen Kräfte nicht übersteigen, wurde für den Einzug eine permanente Zugkraftmessung installiert. Ein Messzylinder am Anfang des Neurohrs ist mit einer Sendeeinheit an seinem Ende verbunden und übermittelt die Messdaten in Echtzeit an die mobile Auswerteeinheit.

Ein Beispiel für die in GW 323 geforderte Messung und Dokumentation der am Neurohrstrang wirkenden Zugkräfte zeigt **Bild 5**: für die 70 m lange Teilstrecke 1 weist das Ziehkraftprotokoll einen Maximalwert von 102 kN aus, wobei das durchschnittliche Niveau im Bereich zwischen 40 und 80 kN liegt. Dies bedeutet, dass die neuen Rohre weit unter den Vorgaben des Merkblattes GW 323 (max. zulässige Zugkraft: 558 kN) auf Zug beansprucht worden waren.

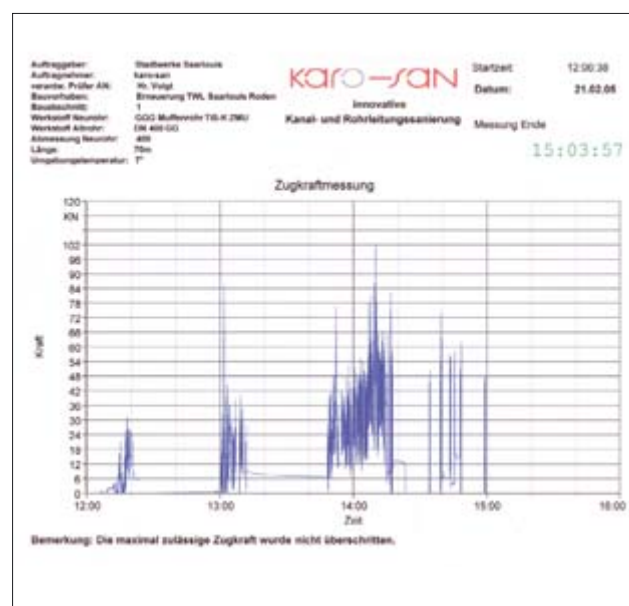


Bild 5:  
Verlauf der Ziehkräfte in einer Teilstrecke

Bild 6:  
Oberflächenkontrolle  
in einem Zwischenschacht



Die Oberfläche der eingezogenen Rohre konnte durch die im Trassenverlauf vorhandenen Zwischenschächte kontrolliert werden. Es waren keine Oberflächenbeschädigungen festzustellen (**Bild 6**).

Abweichend von den Planunterlagen stellte sich bei dem Versuch, das Gestänge in das vierte Teilstück einzuschieben, heraus, dass die alte Leitung als Düker unter einem Bachlauf durchgeführt worden war. Wegen dieser unvorhergesehenen Überraschung wurde es erforderlich, für dieses Teilstück das Verfahren zu wechseln. Es wurde entschieden, die Bachunterquerung im Horizontal-Spülbohrverfahren herzustellen. Dazu wurde parallel zum Düker ein Teilstück von etwa 130 m Länge unter dem Bach eingezogen. Dabei wurde die Abwinkelbarkeit der TIS-K-Verbindung von maximal  $3^\circ$  genutzt und ein Radius von 172 m gefahren, was einer realen Abwinkelung von  $2^\circ$  entspricht (**Bild 7**).

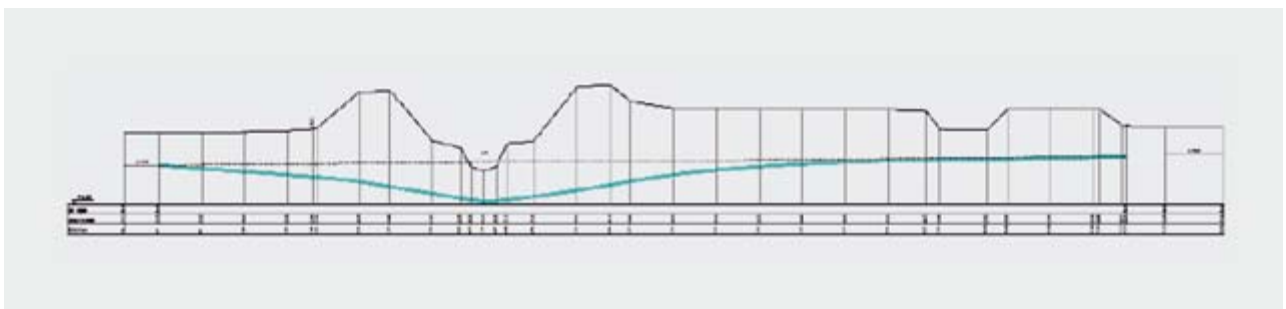


Bild 7:  
Schematischer Verlauf der Bachunterquerung

Hier stellte sich heraus, dass die ursprüngliche Entscheidung gegen das Horizontalbohrspülverfahren wegen der ungeklärten Bodenverhältnisse richtig war. Wie auf dem Bild 8 deutlich zu erkennen, wickelten sich Armierungseisen unbekannter Herkunft um den Bohrkopf. Der Bohrkopf fraß sich deswegen mehrmals fest, und die Bohrung konnte nur unter größten Problemen erfolgreich zu Ende geführt werden (**Bild 8**).

### 3 Nachbetrachtung

Bei der Auswahl des Verfahrens rangierte der Kostenaspekt erst nach der technischen Machbarkeit. Die Nachkalkulation der Baumaßnahme zeigte allerdings, dass das gewählte Verfahren unter den vorgegebenen Parametern nicht nur das schnellste, sondern auch das wirtschaftlichste war (**Tabelle 1**).

### 4 Zusammenfassung

Ausgehend von den Gegebenheiten kam einzig das Berstlining-Verfahren in Frage, um eine Leitung DN 400 in einem FFH-Gebiet zu ersetzen, deren Tiefenlage nicht genau bekannt war und bei der mit hohen Grundwasserständen zu rechnen war.

Es wurde in dem Pilotprojekt nachgewiesen, dass es möglich ist, im Berstlining-Verfahren auch Gussrohre größerer Nennweiten einzuziehen, was den Einsatzbereich des Verfahrens erheblich erweitert. Inzwischen stellt die Dimension DN 400 kein unüberwindliches Hindernis für den Einbau von Rohren aus duktilem Gusseisen dar.

Es konnte ebenso nachgewiesen werden, dass das Horizontal-Spülbohrverfahren ebenfalls für große Nennweiten geeignet ist, wobei die Abwinkelbarkeit der formschlüssigen Rohrverbindung TIS-K optimal ausgenutzt werden



Bild 8:  
Armierung um HDD-  
Bohrkopf gewickelt

kann. Mit der Kombination der beiden benutzten Verfahren konnte bei dem Ersatz bestehender Rohrleitung unter problematischen Bedingungen auf alle auftretende Schwierigkeiten flexibel reagiert werden.

Die zulässige Zugbeanspruchung nach GW 323 von 558 kN wurde mit maximal 102 kN nicht annähernd erreicht.

Die Zementmörtel-Umhüllung der Gussrohre zeigte nach dem Einziehen keine sichtbaren Beschädigungen.

Das Berstlining-Verfahren stellt zum einen eine wirtschaftliche und zum anderen eine umweltschonende Alternative zur offenen Bauweise dar, da Bodenaushub und Transport sowie Lagerung von Erdmassen entfallen.

Tabelle 1:  
Kostenvergleich der Leitungsverlegung

	Konventionelle Verlegung im offenen Graben	Statisches Berstlining System Tractotechnik
Erdarbeiten	92.000 Euro	41.000 Euro
Rohr- und Formstückverlegung (einschl. Materialkosten)	125.000 Euro	167.000 Euro
Naturschutz begleitende Maßnahmen	63.000 Euro	10.000 Euro
	280.000 Euro	218.000 Euro

## Umlegung von Trinkwasserleitungen DN 800 und DN 1000 in Leipzig „An der Tabaksmühle“

Von Henry Simon, Frank Lehmann und Wolfgang Rink

### Bedeutung des Systems der HVL'S für Leipzig

Die Kommunalen Wasserwerke Leipzig versorgen täglich 600.000 Menschen in Leipzig und Umgebung mit frischem Trinkwasser und entsorgen das anfallende Abwasser umweltgerecht. Das Versorgungsunternehmen, welches etwa 550 Mitarbeiter beschäftigt und einen Jahresumsatz von 130 Millionen Euro erwirtschaftet, betreibt ein über 3.000 Kilometer langes Trinkwasser- und ein über 2.400 Kilometer langes Abwassernetz. Große Teile des Netzes sind zwischen 80 und 100 Jahre alt, so dass ein erheblicher Investitionsbedarf in den Netzen besteht. (Bild 1).



Bild 1:  
historische Aufnahme vom  
Wasserleitungsbau Leipzig-Naunhof  
(Quelle: Stadtgeschichtliches Museum Leipzig)

Durch gezielte Erneuerungsinvestitionen am Trinkwassernetz seit Mitte der 90er Jahre konnte die Schadensrate erheblich reduziert werden. Waren 1995 noch durchschnittlich 4,5 Schäden am Tag zu verzeichnen, so sind es heute im Jahresdurchschnitt nur noch 1,5 Schäden pro Tag. Im Jahr 1995 mussten noch etwa 1.400 Schäden an Versorgungsleitungen behoben werden, während es 2004 lediglich noch 520 waren.

Tabelle 1:  
Verteilung der Nennweiten und Längen  
der vier Leipziger Hauptversorgungsleitungen

HVL	DN	Länge [m]
1	1.000 bis 400	10.000
2	1.000 bis 600	12.000
3	800 bis 500	4.000
4	800 bis 400	15.000

Ein Großteil des Netzes wird über unsere so genannten Hauptversorgungsleitungen (HVL) 1-4 gespeist. Diese HVL versorgen die Tiefe Zone HVL 1 und die Mitteldruckzonen HVL 2-4.

Die Dimensionen und Längen enthält die **Tabelle 1**. Das Alter der Leitungen bewegt sich zwischen 40 und 80 Jahren. Es handelt sich um ein gewachsenes Graugussnetz. Mit den unterschiedlichsten Sanierungsverfahren wurden bis heute ca 10.500 m, also rund ein Viertel, saniert. Diese vier Hauptversorgungsleitungen bilden somit die „Hauptschlagadern“ der Versorgung der Kunden in Leipzig und Umland.

### Veranlassung der Maßnahme

Gespeist werden diese Leitungen von der Verteilerstation Behälteranlage Probsteida. Die tägliche Abgabemenge beträgt ca. 60.000 m<sup>3</sup>.

Versorgt wird diese Behälteranlage durch Fernleitungen aus den Wasserwerken Canitz, Thallwitz und Naunhof. Aus der Behälteranlage wird das Wasser über eine interne Pumpenanlage und Ringsystem auf die HVL's verteilt. Die drei Mitteldruckleitungen HVL 2-4 verlaufen in südwestlicher Richtung aus der Behälteranlage über den Verkehrsknoten Prager Straße/An der Tabaksmühle in unmittelbarer Nähe zum Völkerschlachtdenkmal (Bild 2).

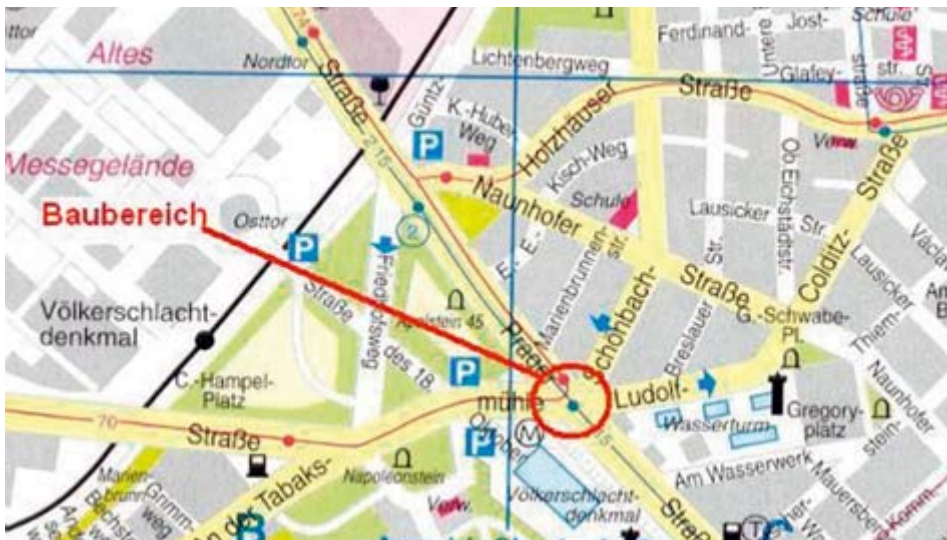


Bild 2:  
Lage der Baustelle

Nach der ersten Gestaltung der Abgänge mit Graugussrohren in den 20er Jahren wurden die Leitungsführungen mehrfach geändert. Dies führte am Ende zu einer nicht mehr beherrschbaren Leitungsüberschneidung an mehreren Punkten innerhalb einer Straßenkreuzung. Zur Vorbereitung der Fußball-WM 2006 wurde durch das Tiefbauamt der Stadt in Koordination mit den Ver- und Entsorgungsbetrieben die infrastrukturelle Erneuerung und Sanierung der Prager Straße vom alten Messegelände bis zum Völkerschlachtdenkmal geplant und reali-

siert. Im Zuge dieser komplexen Baumaßnahme wurden neben der Neutrassierung der Stadtbahn sowie der grundhaften Erneuerung des Straßenkörpers sämtliche notwendigen Umlage- und Erneuerungsarbeiten an den in Betrieb befindlichen unterirdischen Ver- und Entsorgungsleitungen vorgenommen. Für die Kommunalen Wasserwerke Leipzig bedeutete dies, die überfällige Neuordnung der HVL 2-4 vornehmen zu können, d.h. die wasserseitigen Hauptschlagadern wurden „neu sortiert“.



Bild 3:  
Rückbau des Altrohrsystems (Stahlrohr mit Betonmantel)

## Planung

Bereits im Jahr 2003 war mit Unterstützung von Fachplanern die Sanierung aller Leitungsabschnitte der HVL 1–4 im Rahmen einer Vorplanung untersucht worden. Dabei notwendige Erneuerungs- bzw. Sanierungsarbeiten wurden aufgrund folgender Daten und Pläne entschieden:

- Auswertung des bisherigen Schadenverlaufs
- Entwicklung des Wasserverbrauchs seit Anfang der 90er Jahre
- Künftige geplante Straßenbaumaßnahmen der Stadt Leipzig.

Unter Beachtung dieser umfänglichen Voruntersuchungen hatten die KWL eine strategisch sehr gute Ausgangslage für die Planung der eingangs beschriebenen Großmaßnahme. Die Planung zur Auswechslung des Knotens wurde nur angepasst, wodurch sich Zeit für die Ausführung gewinnen ließ. Die Leitungen sollten ohne Änderung der Dimensionierung neu geordnet werden. Als Rohrwerkstoff wurde duktiles Gusseisen nach DIN EN 545 [1] gewählt, standardmäßig mit Zementmörtel ausgekleidet sowie mit Zinkauflage und Bitumendeckschicht als Außenschutz ausgerüstet. Nur in den Straßenquerungen wurden Stahlschutzrohre DN 1200 – DN 1400 eingesetzt.

## Realisierung (Baudurchführung)

Die Umlegung der drei Hauptversorgungsleitungen – HVL 2 DN 1000, HVL 3 DN 800 und HVL 4 DN 800 – im Bereich des Verkehrsknotens Prager Straße/An der Tabaksmühle stellte hohe Anforderungen an Planer, ausführende Baufirma und an die Projektsteuerung. Zu berücksichtigten waren im Besonderen:

- eine detaillierte Abstimmung mit dem Verkehrsbau
- die genaue Einhaltung der geplanten Trassen und Höhen
- die punktgenaue Lage der Leitungen an den Anbindungen an die vorhandenen alten GG-Leitungen
- drei Querungen der Prager Straße (Hauptverkehrsstraße) mit Mantelrohren
- horizontale und vertikale Knickpunkte
- die Erneuerung der Installation in vorhandenen Bauwerken (HVL 2 und HVL 3)
- die Errichtung eines neuen Bauwerkes für die HVL 4 mit der erforderlichen Einrichtung zur Messung von Menge bzw. Druck
- komplizierte Anbindungen in engen Zeitfenstern ohne Gefährdung der Versorgungssicherheit

Für die Umlegungen wurden nur Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 mit längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen verwendet:

Rohre:	BLS-Steckmuffen-Verbindung
Formstücke DN 1000:	BLS-Steckmuffen-Verbindung
Formstücke DN 800:	NOVOSIT-Steckmuffen-Verbindung, teilweise auch BLS

Die form- und längskraftschlüssige BLS-Steckmuffen-Verbindung kann bei Rohren der Wanddickenklasse K 9 in DN 800 für PFA = 16 bar und in DN 1000 für PFA = 10 bar eingesetzt werden. Mit größeren Wanddicken sind auch höhere Drücke möglich.

Die Formstücke sind innen und außen mit Epoxidharz nach DIN EN 14901 [2] beschichtet.

Die HVL 2 und HVL 3 wurden in einer neuen Trasse im öffentlichen Verkehrsraum umgelegt. Die HVL 4 wurde in der Trasse der vorhandenen alten Leitung neu gebaut. Die alte Leitung musste vor der Neulegung zurückgebaut werden (**Bild 3**).

Der Bauablauf musste dem Ablauf des Verkehrsbauvorhabens angepasst werden.

Zunächst wurden im Kreuzungsbereich der Prager Straße vor Beginn des Gleisbaus für alle drei Leitungen die Mantelrohre in offener Bauweise eingebaut. Nach drei Wochen musste dort die Straßenbahn wieder fahren können.

Anschließend wurden in die Mantelrohrstrecken der HVL 2 und HVL 3 die Mediumrohre gezogen. Danach wurden HVL 2 und HVL 3 mit den Installationen der Bauwerke verbunden. Im Anschluss daran wurden die aus den Mantelrohren kommenden Leitungsenden der HVL 2 und HVL 3 mit den Leitungsenden der bereits vorher im öffentlichen Verkehrsraum gelegten Leitungsteile verbunden (**Bilder 4 und 5**).

Die hierauf folgenden Dichtheitsprüfungen wurden mit einem Druck von 15 bar durchgeführt. Dabei entstand an den Leitungsenden bei der HVL 3, DN 800, eine Schubkraft von 835,2 kN (83,52 t) und bei der HVL 2, DN 1000, eine Schubkraft von 1.293,9 kN (129,39 t). Da die Leitungen durchgehend mit längskraftschlüssigen Verbindungen gebaut waren, konnten aufwändige Presswände (Widerlager) zur Aufnahme dieser Kräfte entfallen.



Bild 4:  
Einbau von Bögen



Die Desinfektion wurde gleichzeitig mit den Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Die Druckproben waren auf Anrieb erfolgreich, die Keimfreiheit konnte sofort nachgewiesen werden. Die für die anschließenden Anbindungen an die Enden der vorhandenen GG-Leitungen benötigten Formstücke wurden vor dem Einbau mit einer Desinfektionslösung behandelt.

Die Stemmuffen-Verbindungen der vorhandenen GG-Leitungen sind nicht längskraftschlüssig. In den Anbindungsbereichen beider neuen Leitungen (HVL 2 und HVL 3) sind in beiden Leitungen Bögen und Abschlussorgane eingebaut, an welchen aus dem Innendruck resultierende Kräfte auftreten. Wegen der kurzen Leitungslängen zwischen den Bögen oder Anschlussorganen und der jeweiligen Anbindestelle können die auftretenden Kräfte nicht vollständig über Reibung abgebaut werden. An den Leitungsenden der neuen Leitungen HVL 2 zu HVL 3 sind deswegen vor den Anbindestellen zusätzliche Widerlager erforderlich.

Diese Widerlager wurden mittels Spundwandkasten (verlorene Spundung mit Larssen-Profilen) und Doppel-T-Profilen hergestellt. Dabei wird die Kraft zwischen Rohrleitung und Widerlager über die Doppel-T-Profile und Stahlplatten auf einen auf der Rohrleitung aufgeschweiß-

Bild 5:  
Schieberkreuz-Knotenpunkt



ten Mauerflansch übertragen. Zur Vermeidung einer Elementbildung ist zwischen Widerlager und Rohrleitung eine galvanische Trennung eingebaut (**Bilder 6 und 7**).

Um die Wasserversorgung großer Bereich Leipzigs sicherzustellen, mussten die komplizierten und aufwändigen Anbindungen nach einem vorher genau abgestimmten Bauablaufplan durchgeführt werden. Beide Leitungen, die HVL 2 und HVL 3, wurden für die Anbindungen jeweils 24 Stunden außer Betrieb genommen. Eine unvermeidliche Überschneidung wurde in eine verbrauchsarme Zeit gelegt; sie konnte auf zwei Stunden reduziert werden.

Nachdem die HVL 2 und HVL 3 wieder im normalen Betrieb waren und somit die Versorgung sichergestellt war, konnte die HVL 4 außer Betrieb genommen werden. Wegen des Gebots einer minimalen Verkehrsbehinderung stand beim Bau der HVL 4 ein sehr kurzes Zeitfenster von nur sechs Arbeitstagen zur Verfügung. In dieser Zeit wurden 130 m GG-Rohre DN 800 mit Stemmuffe ausgebaut und 130 m Rohre aus duktilem Gusseisen DN 800 mit der längskraftschlüssigen BLS-Steckmuffen-Verbindung einschließlich aller Tiefbauarbeiten eingebaut.

Bild 6:  
Konstruktion des Widerlagers

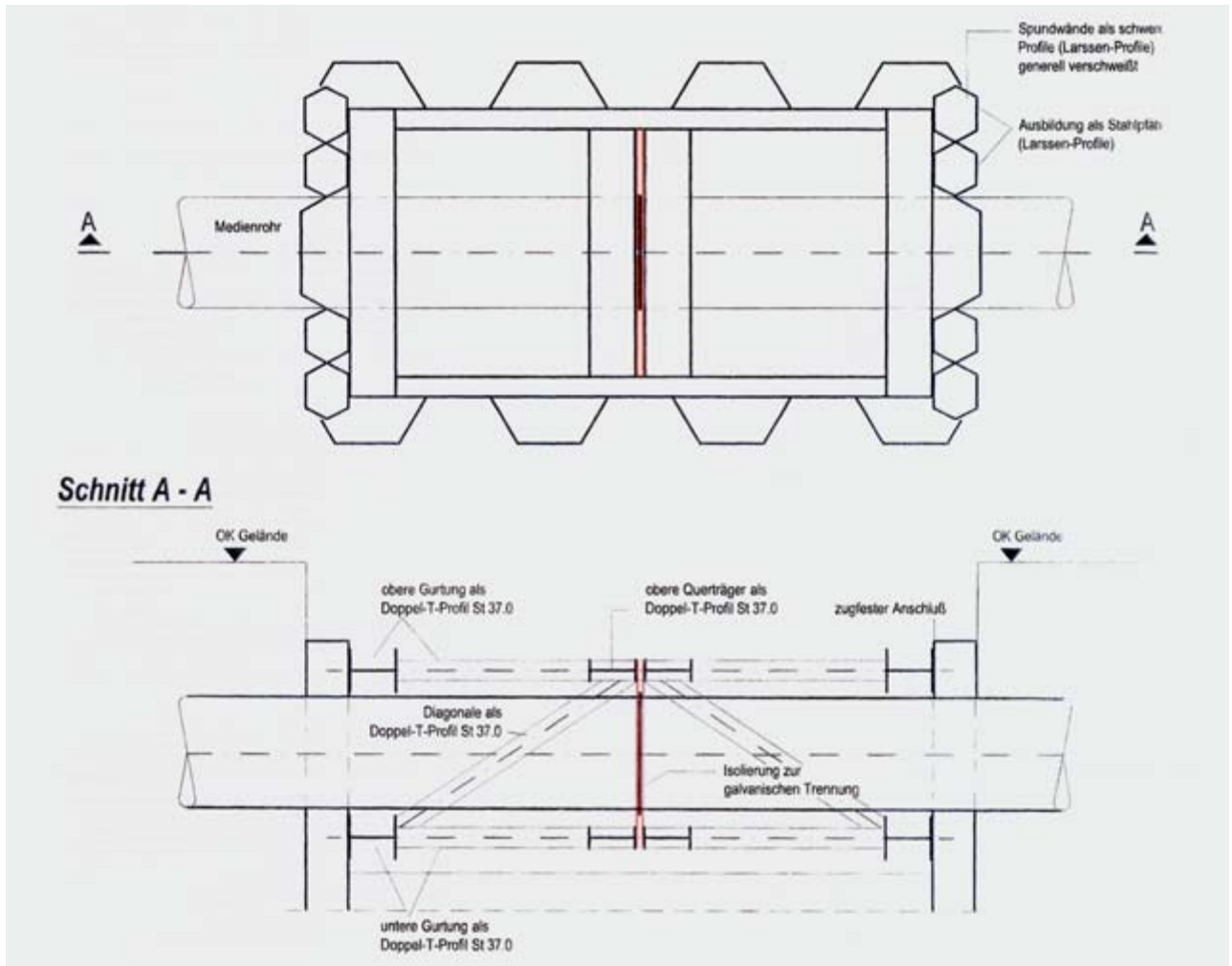


Bild 7:  
Widerlagerausbildung



Druckprüfung und Desinfektion konnten ohne jede Beanstandung durchgeführt werden. Da die HVL 4 in gleicher Trasse erneuert wurde, war an der Anbindestelle ein gerader Leitungsverlauf vorhanden. Ein zusätzliches Widerlager an dieser Stelle konnte deswegen entfallen.

### Aufrechterhaltung der Versorgung

Die wesentliche Hauptaufgabe neben der Koordinierung der Gleisbauarbeiten und der Aufrechterhaltung des normalen Straßenverkehrs im Rahmen der Straßenbauarbeiten während der Baumaßnahme war die ständige Sicherstellung der Wasserversorgung für Bevölkerung und Industriekunden. Das bedeutete, dass immer zwei HVL's in Betrieb bleiben mussten. Dies war der technisch anspruchsvollste Teil der gesamten Baumaßnahme.

Dabei machte sich das konsequent in den letzten Jahren durchgezogene Programm zur Auswech-selung alter Armaturen bezahlt: alle betroffenen Zonen konnten durch Umschieberungen gezielt gestützt werden.

Die Kreuzung Prager Straße/An der Tabaks-mühle/Schönbachstraße/Ludolf-Colditz-Straße ist eine der verkehrsreichsten Kreuzungen der Stadt Leipzig. Im Kreuzungsbereich befinden sich sämtliche Versorgungsträger. Das bedeutete geringste Sperrzeiten, knapper Bauraum und ständige Aufrechterhaltung jeglicher Ver- und Entsorgung. Zusätzlich musste dabei auf unbe-kannte Trassen flexibel reagiert werden. Dies alles wiederum konnte nur durch den Einsatz eines Rohrsystems gelöst werden, welches diese Vorgaben erfüllt. Für die KWL kam nur der Einsatz von duktilen Gussrohren mit BLS-Ver-bindung in Frage, denn nur mit diesem System waren die vorgegebenen Montagezeiten einzu-halten.

### **Zusammenfassung**

Die beschriebene Neugestaltung einer „Haupt-schlagader“ im Trinkwasserversorgungssystem der Stadt Leipzig stellte höchste Anforderungen an alle Beteiligten, Auftraggeber, Planer, Pro-jektsteuerung, ausführende Baufirma und Lie-feranten.

Schon die kleinsten Abweichungen vom geplan-ten Bauablauf hätten zur Gefährdung der Trink-wasserversorgung großer Bereiche Leipzigs geführt.

Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen mit der flexiblen BLS-Steckmuffen-Verbindung haben auch hier wieder bewiesen, dass sie für Maßnahmen mit derartig hohen Anforderungen bestens geeignet sind.

### **Beteiligte an der Maßnahme**

Bauherr:

Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH

Projektsteuerung:

Bau + Service Leipzig GmbH

Planung/ Bauüberwachung:

H. P. Gauff Ingenieure GmbH & Co. KG  
Potsdam

Bausführung:

Umwelttechnik & Wasserbau GmbH  
Leipzig

### **Literatur:**

- [1] DIN EN 545, Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren
- [2] DIN EN 14901, Rohre, Formstücke, Zube-hörteile aus duktilem Gusseisen – Epoxid-harzbeschichtung von Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen (für hohe Beanspruchung) – Anforderungen und Prüfverfahren

---

# Grabenlose Erneuerung

---

## Sanierung der Thallwitzer Fernleitung DN 1100 mit Langrohrrelining DN 900

Von Andrea Bauer, Henry Simon und Wolfgang Rink

### 1 Einleitung

Aus den vier Großwasserwerken der Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH (Naunhof I und II, Canitz und Thallwitz) werden über Fernleitungen täglich ca. 60.000 m<sup>3</sup> Trinkwasser zur zentralen Behälteranlage Leipzig-Probstheida transportiert und von dort aus in das Trinkwassernetz der Stadt Leipzig und das Umland verteilt. Allein über die Trinkwasserleitung DN 1100 vom Wasserwerk Thallwitz gelangen ca. 24.000 m<sup>3</sup> nach Probstheida, was ca. ¼ des Tagesbedarfes im Versorgungsgebiet der KWL ausmacht.

Diese Leitung verläuft in großen Abschnitten parallel zu der Fernleitung DN 1000 aus dem Wasserwerk Canitz mit einem lichten Abstand von ca. fünf Metern, so auch in der Ortslage Baalsdorf. Der Trassenkorridor führt mitten durch eine Wohnsiedlung und ist deshalb für die Durchführung von Bauarbeiten ein äußerst sensibles Gebiet (**Bild 1**). Während der bauliche Zustand der Canitzer Leitung bisher stabil war, traten in den letzten Jahren auf der 25 km langen Thallwitzer Leitung zahlreiche Rohrbrüche auf. Auch im hier betrachteten Sanierungsabschnitt in der Straße Zum Alten Wasserwerk musste

im August 2003 wegen eines Großrohrschadens (Längsriss) in Höhe des Grundstückes 43 die Leitung in einem großen Streckenabschnitt für eine Woche außer Betrieb genommen werden. Zur Stabilisierung der Versorgungssicherheit und Verhinderung weiterer Rohrbrüche wird seit 1998 die Fernleitung Thallwitz-Probstheida innerhalb besonders gefährdeter Leitungsabschnitte saniert. Bisher wurden über 3,5 km dieser Rohrleitung in acht Abschnitten saniert, zuletzt im Jahr 2004 mittels Standardrohren aus duktilem Gusseisen [1].

Auf Grund des Alters der Leitungen und daraus resultierender Materialermüdungen sind die Leitungen sehr störanfällig, was eine Schadensbilanz der letzten 15 Jahre deutlich macht (**Bild 2**).

Die Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH entwickelt derzeit in Zusammenarbeit mit einem Fachplaner ein langfristiges Sanierungskonzept für eine abschnittsweise Sanierung aller Großrohrleitungen in ihrer Rechtsträgerschaft. Hierbei wird eine Prioritätenliste erarbeitet, die als Grundlage für die Einordnung der erforderlichen Investitionen in einem Zeitraum von zehn Jahren dient.



Bild 1:  
Rohrleitungstrasse  
in Wohnsiedlung



Bild 2:  
Baugrube mit freigelegter  
Altröhreleitung DN 1100



Bild 3:  
Klappen-  
Schieberkreuz

## 2 Vorbereitung/Planung

Unter Beachtung dieser Randbedingungen wurde für den betreffenden Sanierungsabschnitt der Fernleitung DN 1100 Ende 2004 der Planungsauftrag erteilt. Die wesentliche Aufgabe bestand darin, ein optimales Zeitfenster zu finden, um im Jahr 2005 den betroffenen Leitungsabschnitt außer Betrieb zu nehmen und die Realisierung in relativ kurzer Bauzeit vorzunehmen. Für die Zeit der Realisierung der Maßnahme ist die vorhandene Zweistrangversorgung zeitweilig nicht nutzbar, was im Fall der Havarie der in Betrieb befindlichen Canitzer Leitung DN 1000 zu Einschränkungen von großen Teilen des Versorgungsgebietes von Leipzig führen kann. Deshalb musste die Zeit für die Außerbetriebnahme der Thallwitzer Leitung DN 1100 auf ein Minimum reduziert werden. Die Forderung an den Auftragnehmer bestand in der Durchsetzung eines durchgängigen Zweischichtbetriebes.

Die Länge der Sanierungsstrecke beträgt 354 m und schließt direkt an einen bereits 1999 sanierten Leitungsabschnitt im Bereich einer Absperrklappe DN 800 an. Die Lage der Altlei-

tung befindet sich nicht im öffentlichen Verkehrsraum. Zur Erschließung der Baustelle war es im Vorfeld erforderlich, Baustraßen zu errichten. Im Rahmen der Planung galt es, die erforderliche öffentlich-rechtliche Genehmigung zu beantragen und die technisch notwendigen Bauunterlagen zu erstellen.

Die Hauptbauleistungen umfassen im Wesentlichen folgende Arbeitsschritte:

- Errichtung einer Start- und zweier Zielbau-gruben
- Realisierung von zwei Reliningsabschnitten von jeweils 160 m bzw. 191 m
- Errichtung eines Klappenkreuzes für die Reliningstrecke DN 900 sowie für die vorhandene Parallel-Altleitung DN 1000 mittels vier Absperrklappen DN 800 und einem Schieber DN 600 (**Bild 3**)
- Anbindung des Sanierungsabschnittes an das vorhandene Leitungssystem.

Die Ausschreibung und Vergabe der Bauleistungen erfolgte im Zeitraum Juni–August 2005, als Baubeginn wurde der 08.09.05 vertraglich vereinbart. Die Leitung wurde im Dezember 2005 planmäßig in Betrieb genommen.

### 3 Materialauswahl

Auf Grund der bereits im ersten Abschnitt im Jahr 2004 gesammelten positiven Erfahrung [1] mit der Sanierung mittels Rohren aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 mit TYTON®-Steckmuffen-Verbindung nach DIN 28603 fiel auch bei dieser Maßnahme die Entscheidung zugunsten des gleichen Rohrwerkstoffes. Wegen der Ähnlichkeit mit den zu sanierenden Leitungsabschnitten wurde ebenfalls die kostengünstigste Variante des Einschlebens von nicht längskraftschlüssigen Verbindungen vorgesehen.

### 4 Technische Randbedingungen

Grundsätzlich gibt es bei dem Langrohrrelining mit Rohren aus duktilem Gusseisen zwei mögliche Verfahren:

1. Die neuen Rohre werden mit formschlüssigen längskraftschlüssigen TYTON®-Steckmuffen-Verbindungen in die alte Leitung **eingezogen** [2]. Die dabei maximal zulässigen Zugkräfte orientieren sich an den Typ-Prüfungen nach DIN EN 545 für bewegliche längskraftschlüssige Muffenverbindungen. Nach den dort ermittelten zulässigen Betriebsdrücken PFA und PMA wird die zulässige Zugkraft nach der Formel

$$P_{\text{Typ}} = PFA \cdot 1,5 + 5 \text{ bar},$$

abgemindert mit Sicherheitsbeiwert  $S = 1,1$  errechnet.

Bei der Typ-Prüfung werden die ungünstigsten Randbedingungen zugrunde gelegt. Dies sind z. B.

- Verbindung mit dem größten möglichen Ringraum unter Scherlast
- Verbindung mit dem größten möglichen Ringraum maximal abgewinkelt
- Zyklisch-hydraulischer Innendruck mit 24.000 Druckzyklen.

Die danach ermittelten zulässigen Zugkräfte sind in den DVGW-Arbeitsblätter GW 321 [3], GW 322 [4] und in dem DVGW-Merkblatt GW 323 [5] festgeschrieben. Im Regelwerk der Berliner Wasser Betriebe werden gegenüber den vorgenannten DVGW-Regelwerken teilweise noch größere Zugkräfte zugelassen. Darüber wurde in [2] berichtet.

2. Das zweite Verfahren besteht darin, die Rohre mit der nicht längskraftschlüssigen TYTON®-Steckmuffen-Verbindung in die alte Leitung **einzuschieben**.

Bei der Maßnahme, über welche hier berichtet wird, kam dieses Verfahren zum Einsatz. Die axiale Schubkraft wird über die Stirnfläche des Einsteckendes in den Muffengrund der TYTON®-Muffe übertragen. Im vorliegenden Anwendungsfall wurden Rohre DN 900 mit der TYTON®-Langmuffe (Form B nach DIN 28603) eingesetzt.

Da die Einsteckenden der Rohre angeschrägt (angefast) sind, steht nicht der gesamte Rohrwandquerschnitt zur Übertragung der Presskraft zur Verfügung.

Bei einem nach DIN EN 545 kleinstmöglichen Außendurchmesser von Rohren DN 900 und der Mindestwanddicke von 10,4 mm (K 9), steht nach Abzug der Anfasung noch eine Fläche von 10.262 mm<sup>2</sup> zur Übertragung der Einschubkräfte zur Verfügung (**Bild 4**).

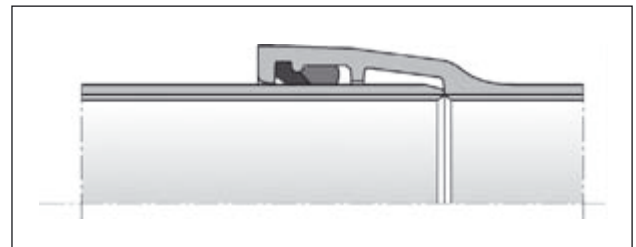


Bild 4:  
Axialkraftübertragung  
im Muffengrund der Verbindung

Die Druckfestigkeit von duktilem Gusseisen beträgt  $\sigma_D = 550 \text{ N/mm}^2$ . Ohne Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes ist damit eine Presskraft von

$$P = \sigma_D \cdot F = 550 \cdot 10.262 = 5.644 \text{ kN}$$

möglich. Dieser theoretische Ansatz sollte jedoch keinesfalls als zulässige Einschubkraft angesetzt werden. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen, wie möglicher Abwinkelung der Verbindungen, der Wandrauhigkeit der zu sanierenden Leitung usw., kann ein erheblicher Sicherheitsbeiwert erforderlich sein.

Im vorliegenden Fall beträgt die max. Länge eines Rohrstranges 191 m. Bei Rohren aus duktilem Gusseisen DN 900 mit einer Wanddicke K 9 ergibt dies ein Stranggewicht von 62000 kg (62 t). Bei einem Reibungswert  $\mu = 1,0$  wäre eine Presskraft von 620 kN erforderlich, dies bedeutet gegenüber der theoretisch zulässigen Presskraft einen Sicherheitsbeiwert von etwa zehn.

Bild 5:  
Altleitung nach Reinigung



Bei den in der Vergangenheit durchgeführten Maßnahmen hatte sich gezeigt, dass sich bei einer guten Vorbereitung der Altleitung – Entfernen von Inkrustierungen, Verschließen von Muffenspalten in der Rohrsohle, Auftragen von Gleitmittel in der Rohrsohle usw. – immer ein Reibungsbeiwert  $\mu < 1,0$  erzielen lässt (**Bild 5**).

Werden die Rohre der neuen Leitung auf den Muffen schleifend eingezogen oder eingeschoben, und wird der verbleibende Ringraum

anschließend mit einem alkalischen Dämmverfüllt, ist ein mechanischer Schutz der Muffen während des Einziehens oder Einschubens nicht erforderlich. Wird der verbleibende Ringraum nicht verdämmt, ist ein mechanischer Schutz der Muffen zu empfehlen.

## 5 Bauausführung

Bedingt durch die örtlichen Gegebenheiten musste vor Beginn der eigentlichen Baumaßnahme das Baugelände für Baustelleneinrichtung, Rohrlagerplatz und Anfahrbarkeit an die Baustelle mittels Baustraßen erschlossen werden. Für die Sanierung der Trinkwasserleitung waren drei Baugruben erforderlich, wobei die mittlere Grube als Montage- und Pressbaugrube für beide Sanierungsabschnitte genutzt wurde. Die Baugrube wurde komplett mit Spundwandbohlen verbaut. Damit war sichergestellt, dass alle notwendigen Vorarbeiten (Reinigung und Kalibrierung der Altleitung, Installation der Pressmaschine mit Ausbau entsprechender Widerlager) schnell und von einer Stelle durchgeführt werden konnten.

Im letzten Arbeitsschritt vor dem Einschleiben der neuen Leitung wurden sämtliche Muffenspalten der Altleitung geschlossen, um eine gleichmäßige und ansatzfreie Rohrmontage im Altrohr sicherzustellen.



Bild 6:  
Einschieben  
der Rohre

Die eingesetzte Bohrpressmaschine hatte eine Presskraft von 1.000 kN. Die Rohre wurden ebenso wie beim ersten Abschnitt eingebaut, das heißt, ihre Muffen glitten auf der Sohle des Altrohres.

Beide Sanierungsabschnitte wurden innerhalb von zwei Tagen eingeschoben. Der Einbau von einem Rohr, beginnend vom Transport vom Lagerplatz bis zum Einheben in die Baugrube mit anschließender Montage und Rohreinschub, dauerte im Durchschnitt nur etwa 10–15 min (**Bild 6**).

Im Bereich der Pressgrube wurde eine Verbindung mittels Schieber/Klappenkreuz zwischen den beiden Leitungen geschaffen. Damit werden die Möglichkeiten für eine störungsfreie Außerbetriebnahme, für das wechselseitige Betreiben der Leitungen im Havariefall sowie bei planmäßigen Wartungsarbeiten wesentlich verbessert.

Nachdem sämtliche Rohrleitungsverbindungs-elemente montiert waren, wurde der neue Rohrleitungsabschnitt desinfiziert und auf Dichtheit geprüft. Im Anschluss daran wurde er in das vorhandene Leitungssystem eingebunden. Wegen der Verbindung beider Parallelleitungen durch das Klappenkreuz mussten beide Fernleitungen kurzzeitig nacheinander außer Betrieb genommen werden. Da die Einbaubedingungen beider Leitungen bekannt waren, konnten die vorgegebenen Einbauzeiten nicht nur eingehalten sondern sogar unterschritten werden. Im letzten Arbeitsschritt wurde der Ringspalt mit Dämmen verfüllt. Rückbau und Verfüllen der Baugruben sowie Baustellenberäumung schlossen die Arbeiten ab.

## 6 Zusammenfassung

Die Bedeutung der Fernleitung Thallwitz–Leipzig für die Wasserversorgung der Stadt Leipzig macht es erforderlich, besonders gefährdete Leitungsabschnitte kostengünstig zu sanieren. Unter Beachtung des zurückgehenden Wasserverbrauchs ist es möglich, die Dimension dieser Hauptversorgungsleitung zu reduzieren. Bei dem gewählten Sanierungsverfahren wurden alle Sach- und Zeitziele (kurze Bauzeit, minimale Einschränkung der Versorgung, langlebige Neurohrleitungen mit hohen Gebrauchseigenschaften) eingehalten.

## Beteiligte Firmen

Bauherr:

Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH

Planung/ Bauüberwachung:

Ingenieurbüro Bauer,  
Beratende Ingenieure GmbH

Projektsteuerung:

Bau + Service Leipzig GmbH

Bauausführung:

Diringer & Scheidel GmbH & Co. KG,  
NL Leipzig

## Literatur:

- [1] Schnitzer, G., Simon, H. und Rink, W.: Langrohrrelining DN 900 in Leipzig Mölkau GUSSROHRTECHNIK 39 (2005), S. 20
- [2] Rink, W.: Langrohrrelining mit duktilen Gussrohren DN 800 GUSSROHRTECHNIK 38 (2004), S. 17
- [3] DVGW-Arbeitsblatt GW 321, Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung
- [4] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1 Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 1: Press-/Ziehverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung
- [5] DVGW-Merkblatt GW 323 Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung



## Trinkwasserförderung aus dem Kalletal

Von Claus Diedrich Tusch und Detlev Willauschus

### 1 Situation und Ausgangslage

Zur Sicherstellung einer zukünftigen Trinkwasserversorgung sind seit den 70er Jahren im Kalletal Versuche unternommen worden, vorhandene Grundwasservorkommen für die Trinkwassergewinnung zu erschließen. Mit dieser Zielsetzung haben sich die Stadtwerke Bad Salzuflen GmbH, die Stadtwerke Herford GmbH und die Gemeinde Kalletal zusammengeschlossen und im Oktober 2002 die Kalldorfer Sattel Wassergesellschaft mbH gegründet. Seit 1980 verfolgte die zunächst als Wassergesellschaft Kalldorfer Sattel GbR firmierende Gesellschaft die geohydrologischen Vorarbeiten zur Erschließung des Grundwasservorkommens im Kalletal mit dem Ziel, letztendlich 1,9 Millionen Kubikmeter Trinkwasser pro Jahr aus den Gewinnungsanlagen

- Heidegrund
- Hünengrab
- Rotenberg
- Habichtsberg

zu gewinnen. Nach erfolgreich abgeteufter 1. Bohrung (Heidegrund) und der Entscheidung zur Umsetzung des Versorgungskonzeptes wurden erste Trassenoptimierungen für die Transportleitung vom Gewinnungsgebiet zu den örtlichen Übergabestellen bis zum derzeitigen Endpunkt, dem Behälter Volkhausen, über rd. 16,9 km durchgeführt.

Die die Region bestimmenden topographischen Verhältnisse des geographisch zum lippischen Weserbergland gehörenden Gebietes mit Höhen und Tälern stellten in der Projektierungsphase extrem hohe Ansprüche an

- konzeptionelle und planerische Sorgfalt
- Auswahl der einzusetzenden Werkstoffe
- Auswahl der einzusetzenden Technologien
- handwerkliche Sorgfalt.

Rohrmaterial, Regeltechnik, hydromechanische Beanspruchung und statische Sicherheit mussten abgestimmt und dem Stand der Technik entsprechend abgewogen und ökonomisch umgesetzt werden.

### 2 Planung

Die Rohrleitungstrasse führte vorzugsweise unter Umgehung von Ortslagen durch schwach besiedeltes Gebiet und orientierte sich vorwiegend an vorhandener Infrastruktur (Wege, Straßen, Grundstücksgrenzen), teilweise in äußerst schwierigem Gelände mit einer Neigung bis zu 40°. Insgesamt waren Höhenunterschiede von 160 m zu überwinden, wobei der hydrodynamische Betriebsdruck nach einer eigens für das Bauvorhaben durchgeführten hydrodynamischen Druckstoßberechnung Betriebssituationen (im Zustand des Endausbaus) ausweist, die eine über die Geländeoberfläche gelegte 25-bar-Druckbelastungslinie in Teilbereichen übersteigt und damit Materialanforderungen für die nächsthöhere Druckstufe von 40 bar zur Folge hat (**Bild 1**).

Neben der eigentlichen Rohrleitungsmontage sind häufig zusätzliche Tiefbaumaßnahmen wie Abfuhr des Grabenaushubs, Antransport von Material für die Rohrleitungszone und die Betonwiderlager erforderlich. Die damit verbundenen Materialbewegungen waren unter Berücksichtigung von teilweise sehr beengten Trassenverhältnissen und unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung kostentreibender Geländeinanspruchnahme durch gezielte technische Alternativlösungen zu ersetzen.

Nach einer vorausgegangenen EU-weiten öffentlichen Ausschreibung und einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Einbeziehung der Verarbeitungskosten auf Basis einer durchgängig längskraftschlüssigen Rohrleitung erwies sich die Gussrohrvariante im Vergleich zur Stahlrohrvariante als wirtschaftlicher.

#### 2.1 Druckstoßbetrachtung

Zur Spezifizierung und Konkretisierung der Materialanforderungen und Sicherheitsvorkehrungen in der Planungsphase wurde die Druckstoßgefährdung mit dynamischen Berechnungen mit dem Ziel ermittelt, gegebenenfalls Druckstoßdämpfungsmaßnahmen zu dimensionieren.

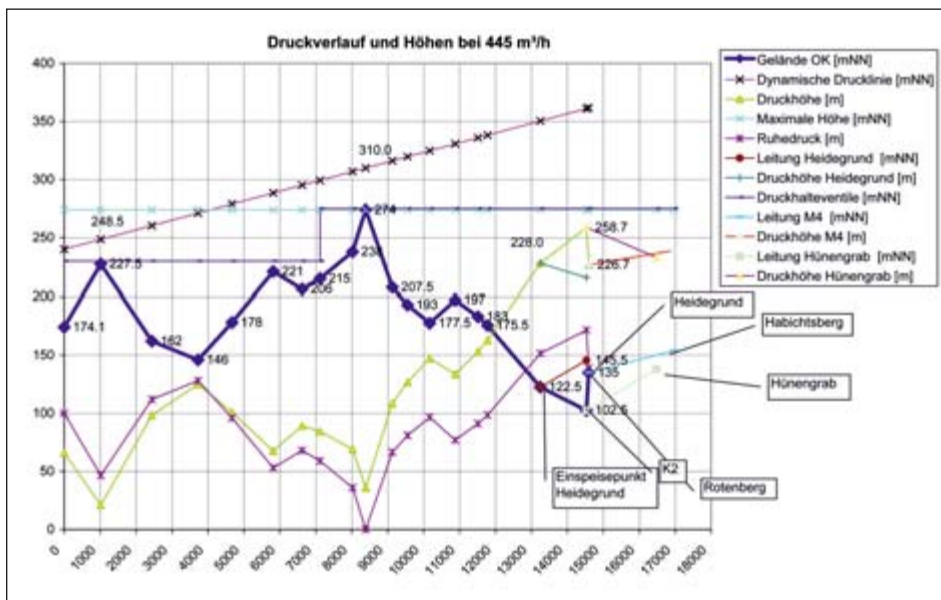


Bild 1:  
Druckverlauf und Höhen bei 445 m<sup>3</sup>/h

Als Grundlagen dient dem beauftragten Ingenieurbüro

- Aufgabenstellung
- Leitungsschema Transportleitung (**Bild 2**)
- Lastenheft der Transportleitung
- Schema der Topographie der Leitung
- Pumpenkenndaten.

- Be- und Entlüftungsventilen
  - Druckhalteventilen
  - Druckstoßdämpfungsbehältern
  - Düsenrückschlagventilen
- als geeignete Vorkehrungen zur Minderung der Druckstoßauswirkungen.

Vor allem bezog sich die Betrachtung auf den Betriebsfall eines gleichzeitigen Pumpenstillstandes durch Stromausfall. Aus diversen Variantenberechnungen ergab sich die Notwendigkeit von technischen Eingriffen wie Druckstoßdämpfungen durch gezielten Einbau von

### 3 Entscheidungskriterien zur Materialwahl

Die Druckrohrleitung für den Transport von Trinkwasser muss einen geodätischen Höhenunterschied von 160 m überbrücken und funktionsbedingt nachgewiesen im Vollastbetrieb bis 35 bar hydrodynamischen Druck aufnehmen

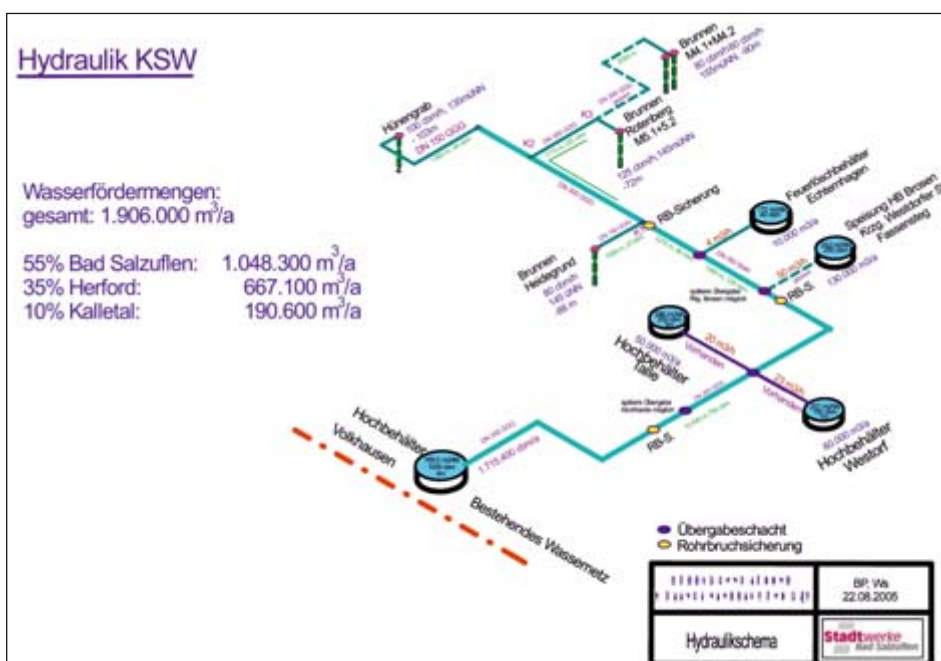


Bild 2:  
Hydraulikschema KSW

können. Die Leitung insgesamt und die zugehörigen Einbauteile (Armaturen) müssen je nach Höhenlage in Ausführung PN 25 und PN 40 ausgelegt werden. Das Rohrsystem muss den Anforderungen der größtmöglichen Sicherheit genügen. Die zu erwartenden Boden- und Einbauverhältnisse in Verbindung mit der Entscheidung, auf eine Sandummantelung möglichst zu verzichten, gaben vor, dass das Rohrmaterial durch geeignete aktive äußere Schutzmaßnahmen gegen Korrosion zu schützen ist. Als geeigneter robuster Außenschutz bietet sich die Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30674-2 an. Innen sind Rohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 standardmäßig mit einer Zementmörtel-Auskleidung versehen.

Zur Gleichstellung in Bezug auf technische Gleichwertigkeit und Sicherheit mit der Schweißverbindung der Stahlrohre wurde die Gussrohrleitung durchgängig mit längskraftschlüssigen Verbindungen ausgerüstet.

Unter Abwägung aller Anforderungsfaktoren und der Ausschreibungsergebnisse von Liefer- und Bauleistungen erwies sich das Gussrohrsystem nach DIN EN 545 einschließlich abgestimmter Formstücke gegenüber der Stahlrohralternative in St.44.0, in längsnahtgeschweißter Ausführung, als die wirtschaftlichere Variante.

Gewählt wurden:

- Rohre aus duktilem Gusseisen DN 300 und DN 150 nach DIN EN 545 Wanddickenklasse K 9 mit längskraftschlüssiger Verbindung TIS-K mit zulässigem Bauteilbetriebsdruck PFA = 40 bar.
- Formstücke aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 mit längskraftschlüssiger Verbindung NOVOSIT mit einem zulässigen Bauteilbetriebsdruck bis PFA = 40 bar.
- Auskleidung von Rohren und Formstücken: Zementmörtel-Auskleidung auf Basis Hochofenzement, geeignet für ein Gleichgewichtswasser.
- Außenschutz: Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30674-2 mit Schutzmanschette (ZM-U) (**Bild 3**).

Als besonderer Vorteil ist hervorzuheben, dass das Muffenprofil der längskraftschlüssigen Verbindungen von Rohren und Formstücken geometrisch identisch ist.

Bild 3:  
Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung  
und Schutzmanschette



#### 4 Ausführung

Insgesamt wurden 13,9 km Leitung DN 300 und 3,0 km DN 150 in einer Bauzeit von zehn Monaten einschließlich witterungsbedingter Unterbrechungen gelegt. Der größte Teil der Leitung wurde in offener Bauweise eingebaut. Weiter ergab sich, vor allem im Bereich von Vorflutern, aus Umweltschutzaspekten und zur Schonung der Landschaft, dass Teilstrecken im Horizontalspülbohrverfahren überwunden werden mussten. Mit diesem Verfahren war es möglich, die Baumaßnahme auch in ökologisch sensiblen Bereichen durchzuführen. Beim Unterfahren der Hindernisse (**Bild 4**) mit dieser Technik konnten infolge der abwinkelbaren längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen relativ enge Kurvenradien gefahren werden. Als besonders vorteilhaft erwies sich dabei die hohe Haftfestigkeit der Zementmörtel-Umhüllung auf der Gussrohroberfläche beim Einziehen der Rohre in den aufgeweiteten Bohrkanal.



Bild 4:  
Bachunterquerung

Bild 5:  
Schreitbagger  
im Steilhang



Bild 6:  
Rohrtransport im Steilhang



Eine besondere Herausforderung an die Bauausführung war das Verarbeiten und Montieren von Rohrleitungen in Steilhängen. Auf einer Gesamtlänge von 125 m war eine relativ steile Hangpassage (40°) zu überwinden. Im Hangbereich wurden die Erdarbeiten mit einem eigens für diese speziellen Arbeitsbedingungen konzipierten „Schreitbagger“ ausgeführt, mit dessen Hilfe in beeindruckend kurzer Zeit die schwierige Passage problemlos überwunden werden konnte.

**Bild 5** zeigt in eindrucksvoller Weise diese extreme Hangneigung. Im ersten Arbeitsschritt wurde der Rohrgraben insgesamt auf einer Länge von 125 m, bergwärts beginnend, aufgeworfen. In einem weiteren Schritt wurden die Rohre stapelweise vom „Schreitbagger“ aufgenommen, in den Hang transportiert (**Bild 6**), entlang der Trasse verstreckt und talseits beginnend in den geböschten Rohrgraben abgelassen und mit den zugfesten Verbindungselementen in die bergseitig gerichtete Muffe eingeführt (**Bild 7**). Über eine um den Muffenhals gelegten Gurtschlinge wurde mit Baggerschaufel-Zug die TIS-K-Verbindung verriegelt.

Nach abschnittsweiser Montage der austrasierten Rohre wurde der Erdeinbau in üblicher Weise bis zur Tiefenlage von Kabeln und sonstigen Ver-/Entsorgungsleitungen ausgeführt. Mitgeführte Leitungen wurden als vormontierte Rohrtour in den Graben eingezogen.

Die axiale Schubkraftsicherung der Muffenverbindungen (**Bild 8**) machte den Einbau von Betonwiderlagern überflüssig. Neben den handwerklich hohen Ansprüchen an die Qualität der Arbeitsausführung, deren Erfüllung insbesondere für das Versorgungsunternehmen im Ergebnis die Geschäftsgrundlage bildet, war die anlagentechnische Ausgestaltung des Gesamtwerkes von weiterer entscheidender Bedeutung.

Die topographisch begründete Vorgabe an einen sicheren Versorgungsbetrieb setzt technisch ausgereifte und durchdachte Regelmechanismen voraus. Neben der Sicherheit für eine ständige Belieferung der Versorgungsbereiche haben vielfältige technische Vorkehrungen im



Bild 7:  
Bergwärts gerichtete Muffe  
der Steilhangleitung



Bild 8:  
Formstückmontage mit zugfester Verbindung

Transportsystem zur Störfallminimierung beigetragen. Dazu sind die nach den Planungsregeln, DVGW-Arbeitsblatt W 403, vorgegebenen Be- und Entlüftungen, Entleerungen und selbsttätig mechanisch wirkende Druckhalteventile, die ein Leerlaufen der Leitung verhindern, in die Transportleitung eingebaut.

In sinnvoll untergliederten Teilabschnitten sind zudem automatisch schließende Rohrbruchsicherungen positioniert. Diese Funktion wird durch motorisch getriebene Kugelhähne in PN 40 übernommen. Sämtliche Betriebszustände werden von einer zentralen Leitstation überwacht bzw. gesteuert.

## 5 Schlussbemerkungen

Die am 4. Oktober 2004 begonnene Rohrleitungsbaumaßnahme konnte mit dem Nachweis der Keimfreiheit im August 2005 betriebsfertig abgeschlossen werden. Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 13,9 km Gussrohr DN 300 und 3,0 km Gussrohr DN 150 eingebaut. Unter Nutzung der getroffenen Entscheidung, die Leitung insgesamt längskraftschlüssig auszubauen, konnte wegen der hohen Betriebsdrücke (> 25 bar) auf großräumige Betonwiderlager verzichtet werden.

Der äußere Schutz in Form der Zementmörtel-Umhüllung ersparte den unter teilweise sehr beengten Verhältnissen auszuführenden Antransport und Einbau von steinfreiem Material der Rohrbettung.

Durch den Einsatz moderner Einbautechnik, der vorgegebenen Einzelrohrlänge von 6 m und der Abwinkelbarkeit der Verbindungen konnte die Leitung gut an die örtlichen Verhältnisse angepasst werden.

Bauherr und Oberleitung:

Kalldorfer Sattel Wassergesellschaft m.b.H

Oberbauleitung:

Herr Dipl.-Ing. D. Willauschus

Planung und Bauleitung:

Geohydrologisches und Ingenieurbüro

Prof. Schneider & Partner, Bielefeld

Ausführung der Baumaßnahme:

Arbeitsgemeinschaft

Eugen Engert GmbH, Minden

Friedrich Vorwerk GmbH & Co, KG

Bauleitung: Herr Nowak

---

# Beschneigungsanlage

---

Einsatz von duktilen Gussrohren

## Die Beschneigungs- und Beregnungsanlage der neuen Schwarzbergschanze in Klingenthal

Von Rolf Binder und Stephan Hobohm

Die Geschichte beginnt 1932 ...

... als am 13. März jenes Jahres H.W. Meisel das Projekt einer Schanze am Schwarzberg bei Klingenthal im Vogtland vorlegt, mit dem Ziel, die Olympischen Spiele 1936 darauf auszutragen. Schon damals erkannte man die günstige Lage des Hanges mit seiner Nordlage und dem „kalten Fleck“ im Tal der Brunndöbra. Mit der Vergabe der Olympischen Spiele an Garmisch-Partenkirchen geriet das Projekt in Vergessenheit. Ab Mai 2003, also knapp 70 Jahre nach den ersten Entwürfen, entsteht nun an fast gleicher Stelle in zweijähriger Bauzeit tatsächlich eine neue Skisprungschanze (**Bild 1**). Die Schanze K 125 m mit einer Sprungweite HS  $\geq 140$  m kostete rund 14 Millionen Euro. Bauherr ist der Vogtlandkreis.

Es sollte eine technisch innovative Schanze gebaut werden, die gleichermaßen für das Training als auch für den Wettkampf geeignet ist und überdies ein Symbol für das gesamte Vogtland darstellt. Ein weithin sichtbares Kennzeichen der Skisprungschanze ist die „fliegende“ Aussichtskapsel. Sie schwebt in 30 Metern Höhe, scheinbar schwerelos, über dem Grund und dient als Wärmeraum für die Athleten und auch als ganzjährig nutzbare Aussichtsplattform für Besucher.

Trotz der Ausrichtung der Schanze in Richtung Norden und der relativ schneesicheren Lage kann in der heutigen Zeit nicht mehr davon ausgegangen werden, dass ein störungsfreier Sprungbetrieb über die gesamte Trainings- und Wettkampfsaison im Sommer- und Winterbetrieb möglich ist. Daher wurde schon beim Entwurf der Schanze durch das Ingenieurbüro Greiner in Donaueschingen eine Beregnungs- und Beschneigungsanlage eingeplant. Dabei stellte sich schon frühzeitig heraus, dass die hierzu notwendigen Rohrleitungen ausschließlich mit Rohren aus duktilem Gusseisen nach



Bild 1:  
Schanze im August 2005

DIN EN 545 [1] zu realisieren waren. Gründe hierfür sind unter anderem die Langlebigkeit, der geringe Wärmeausdehnungskoeffizient von lediglich  $10 \cdot 10^{-6} \text{ m/m} \cdot \text{K}$ , die hohen Sicherheitsreserven des Rohrleitungsmaterials, sowohl bei hohen als auch bei tiefen Temperaturen, sowie die ausgereifte Verbindungstechnik der BLS-Steckmuffen-Verbindung (**Bild 2**).

Die BLS-Steckmuffen-Verbindung ist eine formschlüssige Muffenverbindung, die ihre Ursprünge nicht zuletzt in der Beschneigungs-technik hat. Die hier angewendeten Nennweiten DN 80 und DN 100 bieten mit einem zulässigen Bauteilbetriebsdruck von 64 bar eine entsprechend hohe Sicherheit für einen stets reibungslosen Ablauf des Sprungbetriebes. Durch die

Bild 2:  
BLS-Steckmuffen-Verbindung



mögliche Abwinklung von bis zu 4° konnte der Verlauf der drei Gussrohrleitungen exakt der Krümmung des Sprunghügels angepasst werden.

Die drei mit duktilen Gussrohren gebauten Leitungen teilen sich wie folgt auf:

1. Druckleitung Wasser für Beschneigung  
DN 100-PN 40 ca. 230 m
2. Druckleitung Wasser und Luft für Beschneigung  
DN 80-PN 16 ca. 290 m
3. Druckleitung Wasser für die Beregnung (Sommerbetrieb)  
DN 100-PN 16 ca. 285 m

Alle Leitungen werden als Trockenleitungen betrieben. Das heißt, dass sie nur während der Beschneigungs- oder Beregnungsphasen mit Wasser gefüllt sind und hinterher wieder kom-

plett entleert werden. Dadurch konnte auf eine Wärmedämmung der Rohre verzichtet werden. Somit fiel die Wahl der Außenbeschichtung auf einen Zinküberzug (200 g/m<sup>2</sup>) mit Deckbeschichtung nach EN 545. Das Brauchwasser für die Beschneigungs- und Beregnungsanlage wird dem ca. 830 m entfernten ehemaligen Waldbad mit einem Inhalt von ca. 10.000 m<sup>3</sup> entnommen. Besondere Sicherheitsbetrachtungen waren bei der Planung der Druckluftleitung erforderlich. Die duktilen Gussrohre sind nach DIN EN 969 [2] auch als Gasleitungsrohre mit einem maximalen Bauteilbetriebsdruck von PFA = 16 bar genormt und einsetzbar. Mit ihren hohen Reserven gegenüber nicht geplanten Belastungen, sowohl was die Verbindungen, als auch den Rohrkörper betrifft, bieten sie hier eine mehrfache Sicherheit.

Zusammen mit mehreren Leerrohren für Strom- und Datenkabel der Beregnungs- und Beschneigungsanlage wurden die drei Gussrohrstränge an der westlichen Seite der Schanze unter einer Treppenkonstruktion entlang bis zum Schanzenzentsisch geführt. Hierfür wurde eine spezielle Auflagerkonstruktion entwickelt, die gleichzeitig alle sechs Rohrleitungen aufnimmt. Durch diese Konstruktion war eine kompakte, platzsparende Lösung für die Integration der Versorgungsträger in den Schanzenkörper möglich.

Die Bilder **3** und **4** zeigen den Entwurf bzw. die tatsächliche Ausführung der Auflagerkonstruktion. Auf Grund der hohen Längsbiegesteifigkeit von duktilen Gussrohren reicht ein Auflager alle 6 m (Rohrlänge), ca. 50 cm hinter jeder Muffe aus.

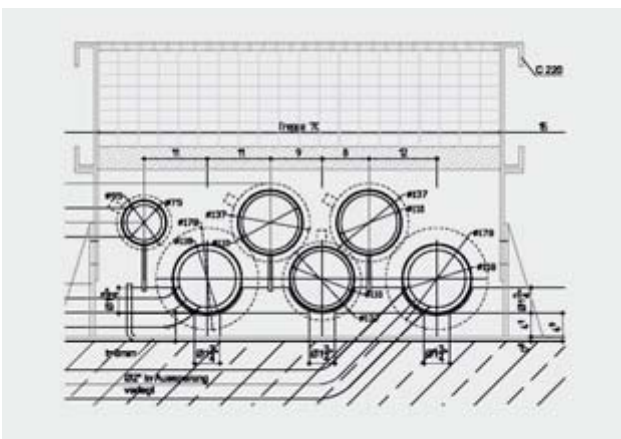


Bild 3:  
Entwurf der Auflagerkonstruktion



Bild 4:  
Ausführung der  
Auflagerkonstruktion

Durch die längskraftschlüssige Ausbildung aller drei Gussrohleitungen wurden Widerlager überflüssig.

Lediglich am oberen Ende der Leitungen, kurz vor dem Schanzentisch, wurde eine Verankerung zur Fixierung der Rohrstränge errichtet (**Bild 5**).

Die Rohre wurden von oben nach unten eingebaut und montiert, wobei die Muffe der Rohre stets bergab gerichtet war. Dadurch war erstens eine einwandfreie Verriegelung der BLS-Steckmuffen-Verbindung gegeben; zudem konnten während der Montage keine Verunreinigungen in das Rohrinnere gelangen.

Wie auf **Bild 6** zu sehen, waren in großen Teilen der Baumaßnahme umfangreiche Sicherheitsmaßnahmen zu treffen. So mussten sich die Monteure permanent durch Seile gegen einen eventuellen Absturz vom immerhin bis zu 37° steilen Schanzenhügel sichern.

Auch der Transport der Rohre zur Einbaustelle stellte einige Anforderungen an Mensch und Maschine. Alle Rohre wurden per Drehturmkran zur Einbaustelle transportiert (**Bild 7**).

#### Daten zur Beschneigungs- und Beregnungsanlage:

##### 1.) Beschneigungsanlage

- Gesamtschneemenge ca. 2.700 m<sup>3</sup>
- Gesamtwasserbedarf ca. 1.200 m<sup>3</sup>
- Spezifischer Wasserverbrauch ca. 20 l/s = 72 m<sup>3</sup>/h
- Förderhöhe geod. ca. 137 m
- Betriebsdruck = 37 bar
- Luftfördermenge ca. 4 m<sup>3</sup>/min
- Luft-Betriebsdruck 6–9 bar

##### 2.) Beregnungsanlage

- Beregnungsfläche ca. 6.150 m<sup>2</sup>
- Wassermenge pro Beregnung ca. 8 m<sup>3</sup>
- Spitzenlast ca. 48 m<sup>3</sup>/h
- Betriebsdruck ca. 3,5–5 bar

#### Literatur:

- [1] DIN EN 545: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen
- [2] DIN EN 969: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Gasleitungen



Bild 5:  
Verankerung der Rohrstränge



Bild 6:  
Montage in luftiger Höhe



Bild 7:  
Rohrtransport per Kran



## Beanspruchungen und Verformungen in der TIS-K-Verbindung beim grabenlosen Auswechseln

Von Bernhard Falter und Andre Strotmann

### 1 Allgemeines

Das Auswechseln von Rohrleitungen im grabenlosen Bauverfahren wird in [4] näher beschrieben – hierbei treten hohe axiale Zugspannungen in der Gussrohrleitung auf. Abgesehen von der Frage, welche Größenordnung diese Zugkräfte beim Einziehen erreichen können, ist der Widerstand der eingezogenen Rohre und insbesondere ihrer Verbindungen für den Erfolg der Maßnahme von Bedeutung.

Für den grabenlosen Einbau ist eine längskraftschlüssige Verbindung erforderlich, z. B. die TIS-K-Verbindung [2]. Im DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1 [6] sind hierfür bis zur Nennweite DN 700 zulässige Zugkräfte angegeben. Um die Systemparameter zu ermitteln, die für das grabenlose Rohrauswechseln maßgebend sind, wird die Kraftübertragung mit Hilfe der Finite Element Methode bis zum Versagen der Verbindung (= vollständiger Auszug des Spitzendes aus der Muffe) simuliert.

### 2 Allgemeine Vorgaben

#### 2.1 Geometrie von duktilen Gussrohren mit TIS-K-Verbindung

Bei der TIS-K-Verbindung werden die Längskräfte von der Muffe über einen Haltering und eine in Umfangsrichtung verlaufende Schweißraupe in das Spitzende übertragen (**Bild 1**).

Den Untersuchungen wird die Wanddickenklasse K9 zugrunde gelegt. Für die Ringspaltweite  $\Delta s_M$  an der Muffenvorderseite gelten Herstellungstoleranzen, die auf die Auszugskräfte Einfluss haben. Die Wanddicken und Toleranzen duktiler Gussrohre der Nennweiten DN 100 bis DN 800 sind aus **Tabelle 1** zu entnehmen.

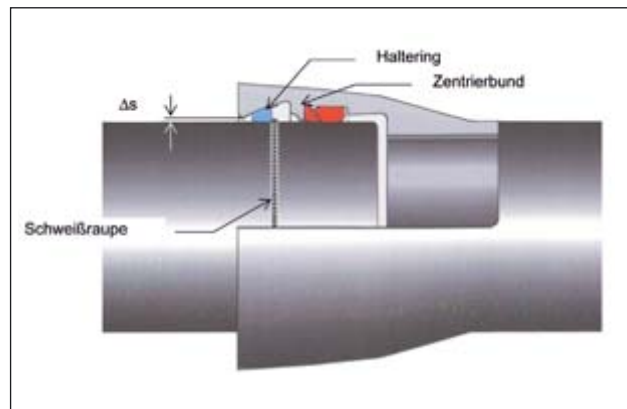


Bild 1: Längskraftschlüssige Muffenverbindung Universal TIS-K mit Haltering, Schweißraupe, Dezentrierbegrenzung und Abwinklungsbegrenzung

#### 2.2 Werkstoffeigenschaften duktiler Gussrohre

Für duktile Gussrohre gelten die folgenden hier relevanten *Werkstoffkennwerte*:

Zugfestigkeit	$\sigma_Z = 420 \text{ N/mm}^2$	vgl. [2]
Streckgrenze	$f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2$ (0,2 %-Dehngrenze)	vgl. [2]
E-Modul	$E_R = 170.000 \text{ N/mm}^2$	vgl. [2]
Reibungskoeffizient	$\mu = 0,1/0,2$ (geschmiert/trocken)	vgl. [5]

Um die Grenzlast beim Auszug des Spitzendes aus der Muffe wirklichkeitsnah zu ermitteln, ist eine physikalisch nichtlineare FE-Analyse erforderlich. Hierfür wird das  $\sigma/\epsilon$ -Diagramm für duktilen Gusseisen durch einen Polygonzug angenähert (**Bild 2**).

Für die Gebrauchstauglichkeitsnachweise werden die Kennwerte der Zementmörtel-Auskleidung benötigt:

Elastizitätsmodul

$$E_{ZM} \cong 30.000 \text{ N/mm}^2 (\cong E_R/6)$$

Druckfestigkeit (28d)

$$\sigma_D = 50 \text{ N/mm}^2$$

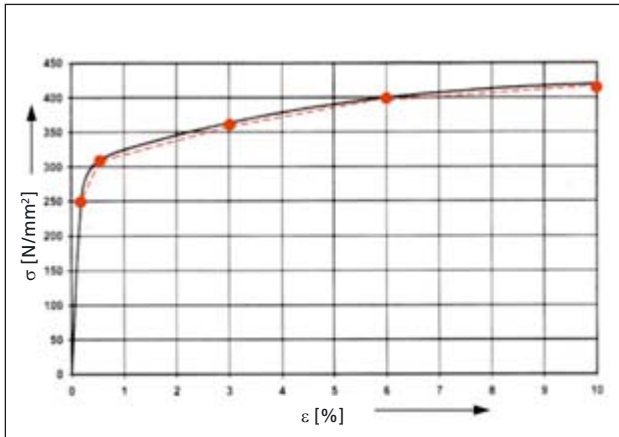


Bild 2:  
 $\sigma/\varepsilon$ -Diagramm für duktilen Gusseisen, Polygonzug als Näherung für die FE-Berechnung [3]

### 3 Kräfte beim Einziehen

Die beim grabenlosen Einziehen einer Rohrleitung entstehenden Kräfte können überschlägig ermittelt oder auf der Baustelle gemessen [4] werden.

Um eine Größenordnung der möglichen Einzugskräfte zu erhalten, wird die folgende Überschlagsrechnung ohne Bodenverdrängung und Einfluss von Wurzeleinwuchs durchgeführt:

$$F_x = \mu_B \cdot p_E \cdot A_R \quad (1)$$

mit  $\mu_B =$  Reibungskoeffizient  
Rohraußenfläche-Boden

$$p_E \cong \kappa \cdot \gamma_B \cdot h = \text{mittlere Bodenspannung am Rohrumfang} \quad (2)$$

$\kappa =$  Abminderungsfaktor nach der „Silotheorie“, abhängig von  $h/b$ ,  $K_1$ ,  $\varphi'$  und  $\delta$ , vgl. [11]

$$A_R = \pi d_a \cdot L = \text{Rohrmantelfläche} \quad (3)$$

$L =$  Länge des Rohrstranges

Für eine Einzugslänge von  $L = 50 \text{ m}$  sowie  $h = 2 \text{ m}$ ,  $b = 1,73 \cdot d_a$ ,  $K_1 = 0,5$ ,  $\varphi' = 30^\circ$  und  $d = \varphi'/2$  folgt damit  $F_x = 98 \text{ kN}$  für DN 150 und  $F_x = 680 \text{ kN}$  für DN 600.

## 4 Statisches Modell

### 4.1 Allgemeines

Wegen der komplexen Geometrie der TIS-K-Verbindung wird die Finite Element Methode angewendet [8]. Die Rotationssymmetrie von System und Belastung ermöglicht eine erhebliche Vereinfachung des Modells – dies gilt näherungsweise auch für die Nennweiten DN 100 bis DN 200 mit unterbrochenem Haltering. Die Zugkraft wird zentrisch eingeleitet (**Bild 3**), die ZM-Auskleidung bei der Rohrwanddicke vernachlässigt.

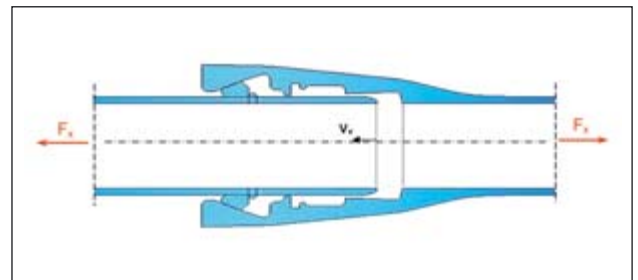


Bild 3:  
zugbeanspruchte TIS-K-Verbindung,  
 $v_x =$  Auszugsweg

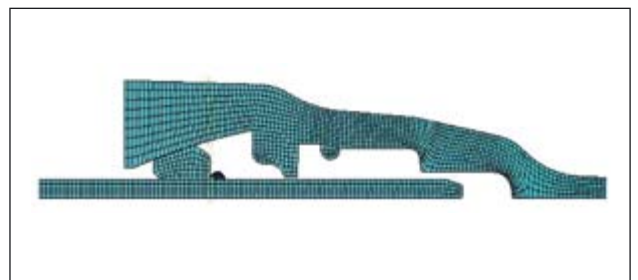


Bild 4:  
Vernetzung im Bereich der Rohrverbindung

Einen wesentlichen Einfluss auf die maximale Auszugskraft hat der Reibungsbeiwert in der Muffenverbindung (Abschnitt 4.2) sowie die Maßtoleranz, die die Größe des Ringspaltes am Muffeneingang bedingt (Abschnitt 4.3). Außerdem ist die Wahl der Elementgruppe und deren Einfluss auf die Ergebnisse der Finite Element Berechnung (FEM) zu überprüfen.

#### 4.2 Reibungsbeiwert $\mu$

Im Verbindungsbereich gleitet der Haltering während des Auszugs entlang der Muffenkammer in Richtung Muffenöffnung. Aufgrund der Keilform des Halterings entstehen an der Gleitfläche der Muffe Druckkräfte in Abhängigkeit vom Reibungsbeiwert  $\mu$  der Gleitpaarung Guss auf Guss und der Neigung (**Bild 5**).

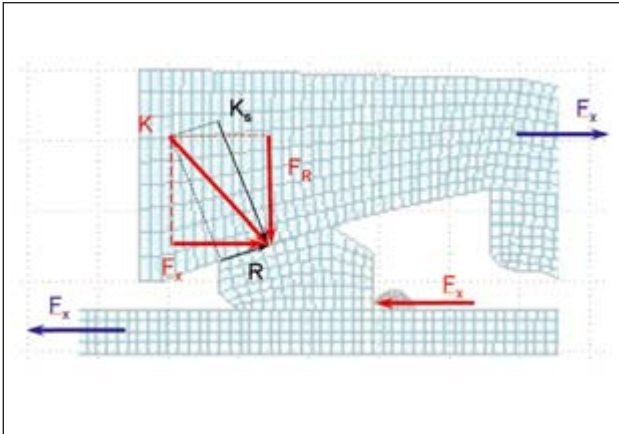


Bild 5:  
Detail der FE-Simulation mit Kräften an Haltering und Schweißbraupe

Für das Beispiel einer Rohrverbindung der Nennweite DN 700 werden drei Berechnungen mit verschiedenen Reibungsbeiwerten  $\mu$  durchgeführt und die Ergebnisse in **Bild 6** verglichen. Der positive Einfluss der Reibung auf die Auszugskraft ist deutlich zu erkennen.

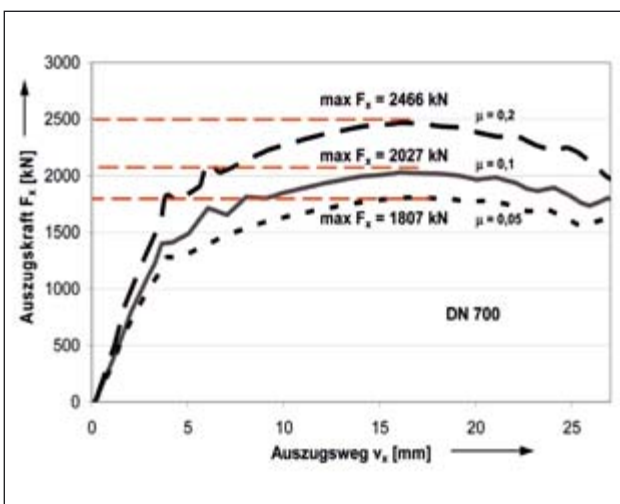


Bild 6:  
Last-Verschiebungskurven der TIS-K-Verbindung DN 700 bei Variation des Reibungsbeiwertes  $\mu$

Bei abnehmendem Reibungswiderstand nimmt auch die maximale Auszugskraft  $F_x$  ab. Die mit dem minimalen Reibungsbeiwert  $\mu = 0,05$  berechnete Auszugskraft beträgt 73 % der Auszugskraft für  $\mu = 0,2$ .

Den weiteren Berechnungen wird  $\mu = 0,1$  (gefetete bzw. nasse Verbindung) zugrunde gelegt. Der Einfluss der Reibung auf die Ergebnisse kann ggf. durch gezielte Auszugsversuche überprüft werden.

#### 4.3 Einfluss der Spaltweite $\Delta s_M$ am Muffeneingang

Aufgrund der Maßtoleranzen des Rohraußen- und des Muffeninnendurchmessers der Gussleitung ist der Ringspalt am Muffeneingang variabel (**Tabelle 1**). Der Einfluss dieser Spaltweite auf die Berechnungsergebnisse ist nicht unerheblich.

**Bild 7** zeigt die Last-Verschiebungskurven für die Nennweite DN 700 mit minimalem, nominalem und maximalem Ringspalt ( $\Delta s_M = 5,25/6,25$  und  $10,15$  mm, Tabelle 1). Die Auszugskraft  $F_x$  verringert sich in diesem Beispiel von 2.217 kN bei Ansatz des nominalen Ringspalt auf 2.027 kN für den maximalen Ringspalt, d. h. um -8,6 %.

Die gleiche Tendenz gilt auch für die übrigen untersuchten Nennweiten. Auf der sicheren Seite wird in den Reihenuntersuchungen für die **Tabelle 2** der maximale Ringspalt angesetzt.

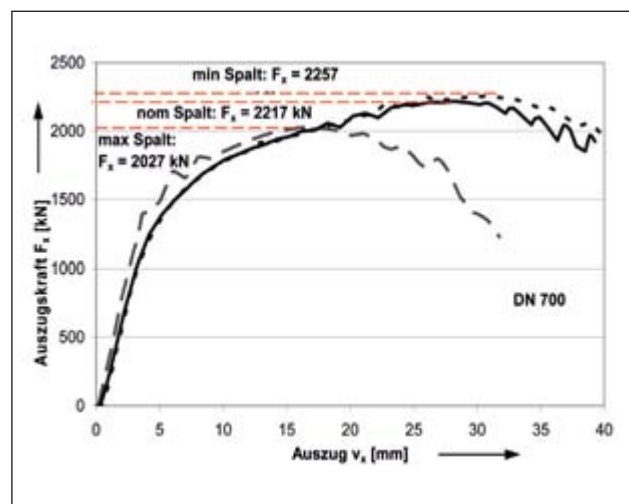


Bild 7:  
Last-Verschiebungskurven der TIS-K-Verbindung DN 700 mit unterschiedlichen Spaltweiten

Tabelle 1:  
Ringspaltweiten und maximale Auszugskräfte für TIS-K-Verbindungen von Gussrohren K9

Nennweite	Wanddicke	Außendurchmesser	Spaltweiten $\Delta s_M$ an der Muffe			max. Auszugskraft aus FE-Berechnungen <sup>2)</sup>	Versuchsergebnisse [4]
			min	nom $\Delta s_M$	max $\Delta s_M$		
DN	$s_R$	$d_a$	mm	mm	mm	max $F_x$	$F_V$
mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN
100 <sup>1)</sup>	5,40	$118 \pm \frac{1}{2,8}$	4,00	5,00	6,90	553	
150 <sup>1)</sup>	5,85	$170 \pm \frac{1}{2,9}$	4,25	5,25	7,20	580	380 bis 480
200 <sup>1)</sup>	6,30	$222 \pm \frac{1}{3}$	4,25	5,25	7,50	765	
250	6,75	$274 \pm \frac{1}{3,1}$	4,25	5,25	7,30	820	
300	7,20	$326 \pm \frac{1}{3,3}$	4,25	5,25	7,80	1020	
400	8,10	$429 \pm \frac{1}{3,5}$	4,75	5,75	8,55	1023	
500	9,00	$532 \pm \frac{1}{3,8}$	5,25	6,25	9,35	1302	
600	9,90	$635 \pm \frac{1}{4}$	5,00	6,00	9,35	1454	
<b>700</b>	10,80	$738 \pm \frac{1}{4,3}$	5,25	6,25	<b>10,15</b>	2027	
800	11,70	$842 \pm \frac{1}{4,5}$	5,25	6,25	10,40	2210	

<sup>1)</sup> unterbrochener Haltering  
<sup>2)</sup> Alle Werte sind für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis abzumindern, vgl. Tabelle 2.

#### 4.4 Einfluss der Elementgruppe

Zur Diskretisierung der Struktur stehen in dem Finite Element-Programm Abaqus [8] verschiedene Elemente zur Verfügung.

**Bild 8** zeigt den Verlauf der Last-Verschiebungskurven bei einfachen rotationssymmetrischen Elementen mit vier Knoten und höherwertigen Elementen mit acht Knoten.

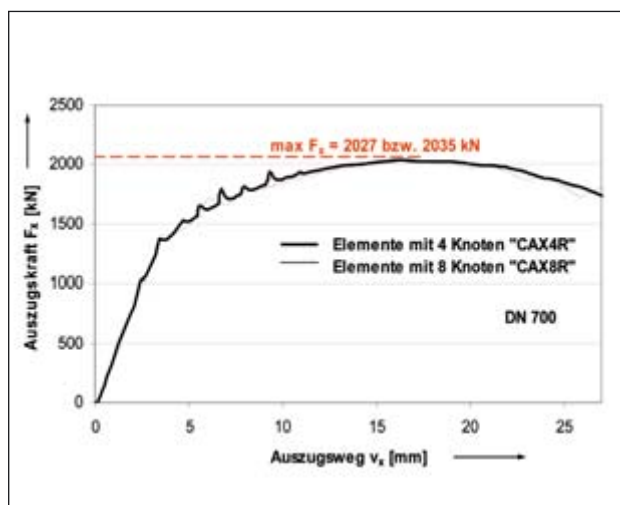


Bild 8:  
Last-Verschiebungskurven der TIS-K-Verbindung DN 700 bei Verwendung verschiedener Elementtypen (FEM)

Der Vergleich zeigt, dass

- der Verlauf der Kurven für die achtknotigen Elemente in weiten Bereichen glatter ist,
- die Maximalwerte für  $F_x$  jedoch gut übereinstimmen.

Für die umfangreichen numerischen Untersuchungen des Auszugsproblems sind daher die einfachen Elemente ausreichend. Sind jedoch für die Spannungen bzw. Dehnungen genauere Ergebnisse erforderlich, so sind entweder höherwertige Elemente oder feinere Vernetzungen zu wählen.

#### 5 Standsicherheitsnachweis (maximale Zugkraft der Verbindung)

Für die Rohrnennweiten von DN 100 bis DN 800 wird jeweils eine Auszugsberechnung bis zum Abbruch (Versagen der zugfesten Verbindung) durchgeführt und die Last-Verschiebungskurve ermittelt. Anhand dieser Kurve ist die maximale Auszugskraft  $\max F_x$  ablesbar, **Tabelle 1**, Spalte 7.

Bei Erreichen von  $\max F_x$  sind jedoch die auftretenden Verformungen des Spitzendes hinsichtlich der Zementmörtel-Auskleidung und der verbleibenden plastischen Verformungen nicht mehr zulässig. Eine Begrenzung durch den Gebrauchstauglichkeitsnachweis erfolgt im Abschnitt 6.

## 6 Gebrauchstauglichkeitsnachweis (ZM-Dehnung)

### 6.1 Allgemeines

Die Duktilität des Rohrwerkstoffs ermöglicht relativ große Auszugskräfte  $F_x$ . Die nach **Bild 9** unter der Schweißraupe entstehenden Verformungen des Spitzendes nach innen müssen jedoch beachtet werden.

Da die Grenzdehnungen der Zementmörtel-Auskleidung vergleichsweise gering sind, müssen die Verformungen an der Rohrinneenseite begrenzt werden. Es ist die Gebrauchslast  $F_G < \max F_x$  zu ermitteln, für die Risse in der Zementmörtel-Auskleidung vermieden werden. Zur Ermittlung der Gebrauchslast werden die Spannungen und plastischen Dehnungen in der Rohrwand unterhalb des Halteringes berechnet. Bei einer näheren Betrachtung der Längsspannungen  $\sigma_x$  bei Steigerung der Auszugskraft  $F_x$  nach **Bild 9** wird Folgendes erkennbar:

- Zunächst steigen die Spannungen bei  $v_x \cong 4$  mm auf Maximalwerte an:  $\sigma_{x,1} + 300 \text{ N/mm}^2 \cong f_{yk}$  (Rohrinneenseite) und  $\sigma_{x,4} \cong -200 \text{ N/mm}^2$  (Rohraußenseite)
- Mit der Zunahme der plastischen Dehnungen (**Bild 2**) werden die Spannungen etwas geringer und bleiben dann näherungsweise konstant.

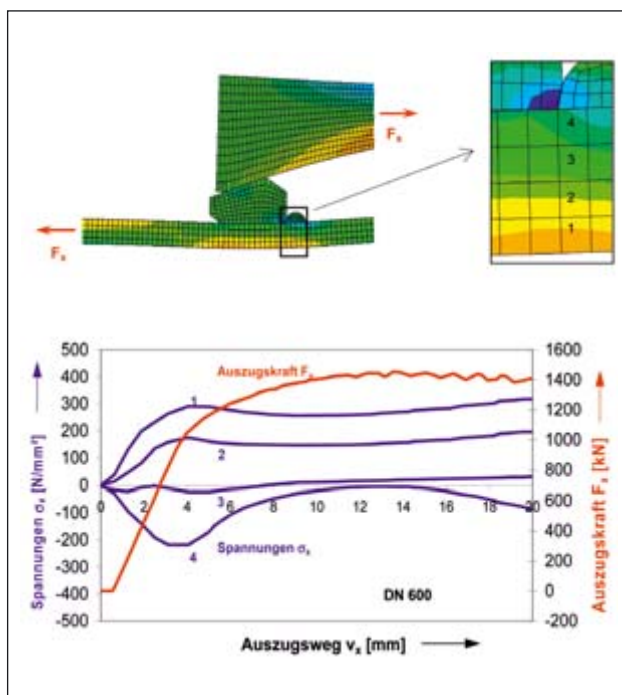


Bild 9: Spannungen  $\sigma_x$  der Rohrwand unter dem Haltering bei zunehmendem Auszugsweg  $v_x$

Abweichend vom Verlauf der Spannungen nach **Bild 9** wachsen die plastischen Dehnungsanteile bei Laststeigerung kontinuierlich an (**Bild 12**).

### 6.2 Grenzdehnung $\epsilon_R$ der ZM-Auskleidung

Bei duktilen Gussrohren beträgt die relative Durchmesseränderung, die ohne Beschädigung der Zementmörtel-Auskleidung möglich ist,  $\max \delta_v = 6\%$ .

Die in der Praxis der Rohrstatik übliche Begrenzung durch  $\delta_v = 4\%$  ermöglicht einen zusätzlichen Sicherheitsabstand, vgl. den Verformungsnachweis erdbegetteter duktiler Gussrohre nach [1].

Die zu der Verformung  $\max \delta_v$  gehörende Dehnung der Randfaser beträgt

$$\epsilon_R = \frac{1}{\pi \cdot \xi} \cdot \frac{s}{r_m} \cdot \delta_v$$

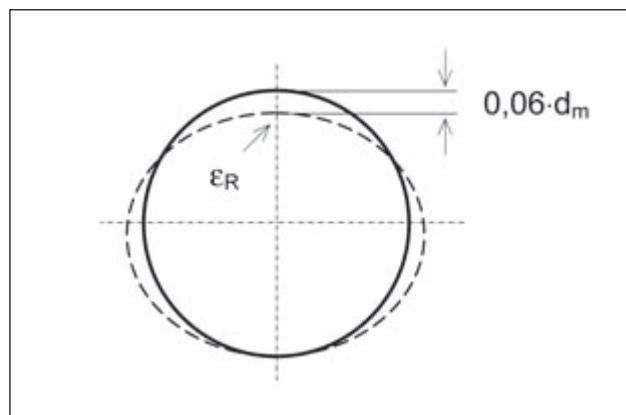


Bild 10: ovale Verformung eines Rohres, resultierende Randfaserdehnung

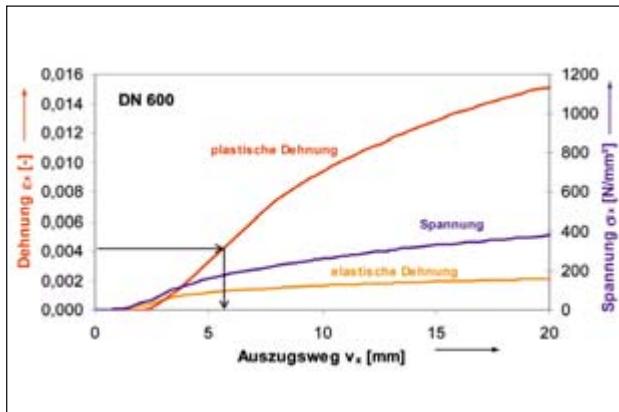
Für die Nennweite DN 600 folgt mit den Wanddicken  $s = 9,9$  mm,  $s_{ZM} = 5$  mm, der ideellen Wanddicke  $s_{id} = 9,9 + 5/6 = 10,73$  mm und  $\max \delta_v = 6\%$ :

$$\epsilon_R = \frac{1}{\pi \cdot 0,1488} \cdot \frac{10,73}{312,5} \cdot 6\% = 0,44\%$$

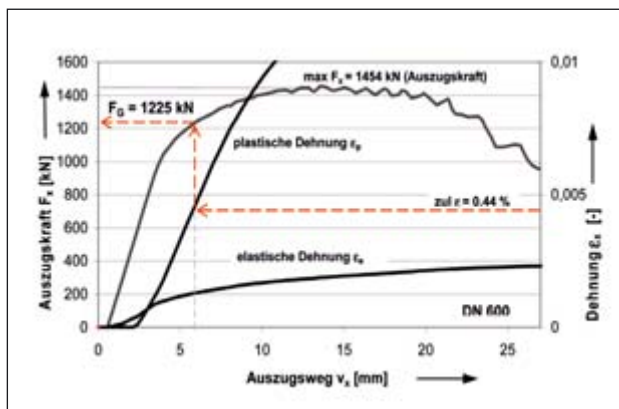
Die Grenzdehnung von 0,44% wird im Folgenden auch für andere Nennweiten als gültig angesehen.

### 6.3 Dehnungen bei zentrischer Zugkraft

**Bild 11** zeigt den Verlauf der Spannungen und Dehnungen bei Steigerung der Zugkraft  $F_x$ . Zur zulässigen Dehnung  $\varepsilon_x = 0,44\%$  in Rohrlängsrichtung gehört nach **Bild 12** der Auszugsweg  $v_x \approx 6$  mm.



**Bild 11:**  
Spannungen und Dehnungen auf der Rohrinne-Seite der TIS-K-Verbindung DN 600



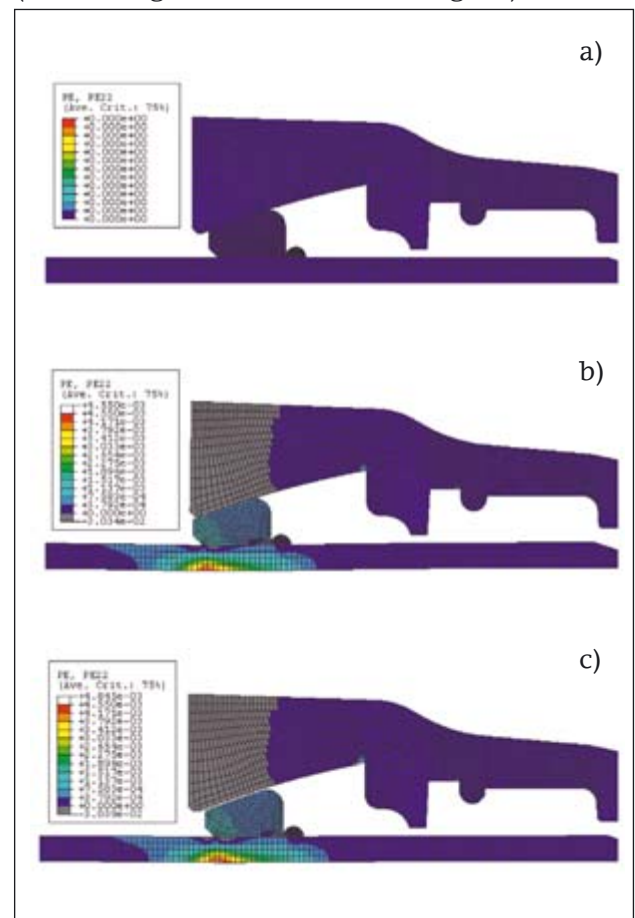
**Bild 12:**  
Spannung und Dehnungen auf der Rohrinne-Seite der TIS-K-Verbindung DN 600,  $\mu = 0,1$ , zul  $\varepsilon_p = 0,44\%$ , zugehöriger Auszugsweg:  $v_x = 6$  mm

Für alle Nennweiten werden die Auszugskraft, die elastischen und plastischen Dehnungen, sowie der Auszugsweg in Diagrammen aufgezeichnet, vgl. die Nennweite DN 600 in **Bild 12**.

**Bild 13** zeigt die Verformungen und plastischen Dehnungen in der Rohrverbindung für drei Belastungsphasen:

- unbelastete Rohrverbindung,
- Rohrverbindung unter Gebrauchslast  $F_G$  mit plastischer Dehnung der Rohrinne-Seite  $\varepsilon_{x,p} = 0,00455 = 0,455\%$ ,

**Bild 13:**  
plastische Dehnungen  $\varepsilon_{x,p}$  der TIS-K-Verbindung DN 600 (Skalierungsfaktor der Verformung = 1)



- Rohrverbindung nach Entlastung mit deutlich erkennbaren plastischen Verformungen unter dem Haltering, die Dichtungskammer wird jedoch nicht beeinflusst.

Eine Schädigung der Zementmörtelauskleidung bei Belastung mit der Gebrauchslast  $F_G$  kann ausgeschlossen werden, vgl. Abschnitt 6.2. Auch bei den im Abschnitt 7 beschriebenen Versuchen, die über  $F_G$  hinaus bis zum Austreten des Halteringes aus der Muffe durchgeführt wurden, wurden keine Beschädigungen beobachtet.

Die mit dem Verfahren nach **Bild 12** ermittelten Gebrauchslasten sind in **Tabelle 2** zusammengestellt.

Tabelle 2:  
Zugkräfte (Gebrauchslasten)  
für duktile Gussrohre K9 mit TIS-K-Verbindung

Nennweite	Wanddicke	maximaler Ringspalt an der Muffe	zulässige Zugkraft nach GW-321 [4]	rechnerische Gebrauchslast	Abweichung zwischen max $F_x$ und $F_G$
DN	s	max $\Delta s_M$	max $F_x$	$F_G$	$\Delta F_x$
mm	mm	mm	kN	kN	%
100	5,4	6,9	150	<b>180</b>	+20
150	5,85	7,2	215	<b>322</b>	+50
200	6,3	7,5	280	<b>413</b>	+48
250	6,75	7,3	358	<b>407</b>	+14
300	7,2	7,8	430	<b>515</b>	+10
400	8,1	8,55	608	<b>610</b>	0
500	9,0	9,35	910	<b>975</b>	+7
600	9,9	9,35	1.250	<b>1.225</b>	-2
700	10,8	10,15	1.450	<b>1.430</b>	-2
800	11,7	10,4	k. A.	<b>1.487</b>	—

Bis zur Nennweite DN 500 ergeben die Auszugsberechnungen Gebrauchslasten, die über den zulässigen Zugkräften nach GW-321 [6] liegen.

Bei den Nennweiten DN 600 und 700 sind die mit der FEM ermittelten Gebrauchslasten etwas kleiner als die in [6] angegebenen zulässigen Zugkräfte.

Für das Gussrohr mit der Nennweite DN 800 liegen bisher keine Vergleichswerte vor.

#### 6.4 Beanspruchungen der Muffe

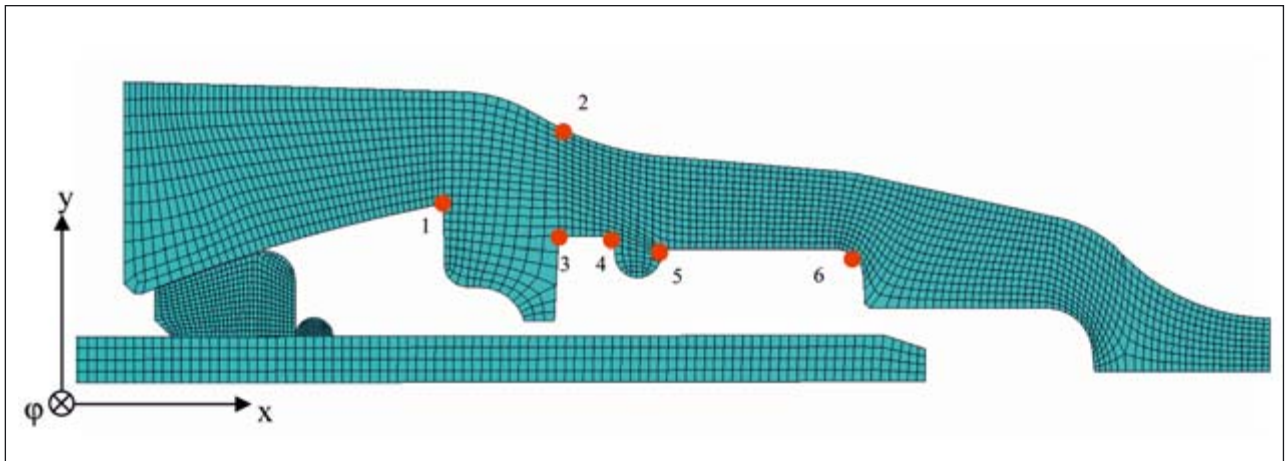
In **Tabelle 3** werden die Spannungen und Dehnungen aus der physikalisch nichtlinearen Berechnung für die Nennweite DN 600 und eine Zugkraft in Höhe von  $F_G = 1225$  kN wiedergegeben. Die maximale plastische Dehnung  $\varepsilon_p = 0,143$  % tritt im Punkt 1 auf, der Innenkerbe der Muffe (**Bild 14**).

Wegen der Duktilität des Rohrmaterials kann diese Größenordnung als unproblematisch eingestuft werden, durch eine Verminderung der Kerbwirkung ist jedoch eine weitere Optimierung der TIS-K-Verbindung für die Beanspruchungen beim grabenlosen Auswechseln möglich.

Tabelle 3:  
Spannungen und Dehnungen der meist beanspruchten Bereiche der Muffe (Bild 14)

Pkt.	$\varepsilon_{xc}$	$\varepsilon_{xp}$	$\sigma_x$	$\varepsilon_{\phi c}$	$\varepsilon_{\phi p}$	$\sigma_\phi$	$\varepsilon_{yc}$	$\varepsilon_{yp}$	$\sigma_y$
—	%	%	N/mm <sup>2</sup>	%	%	N/mm <sup>2</sup>	%	%	N/mm <sup>2</sup>
1	0,178	<b>0,143</b>	425	0,056	-0,021	265	-0,036	-0,122	145
2	-0,074	0	-160	-0,015	0	- 83	0,024	0	- 32
3	0,150	0	289	-0,001	0	77	-0,042	0	38
4	0,162	0,092	335	0,006	-0,033	130	-0,043	-0,059	66
5	0,114	0	197	-0,038	0	- 2	-0,028	0	12
6	0,121	0	217	-0,046	0	- 2	-0,016	0	38

Bild 14:  
Muffenbereich der TIS-K-Verbindung DN 600 –  
Auswertung der Spannungen sowie der elastischen und plastischen Dehnungen



### 6.5 Beanspruchungen im Bereich der Schweißraupe

In mehreren Zugversuchen wurde ein Versagen der Schweißraupe beobachtet, vgl. **Tabelle 3** in [4]. Zur Erfassung und Quantifizierung des Bruchverhaltens im hoch beanspruchten Bereich der Schweißnaht und ggf. der Wärmeinflusszone (**Bild 15**) sind zunächst Bauteilveruche zu empfehlen.

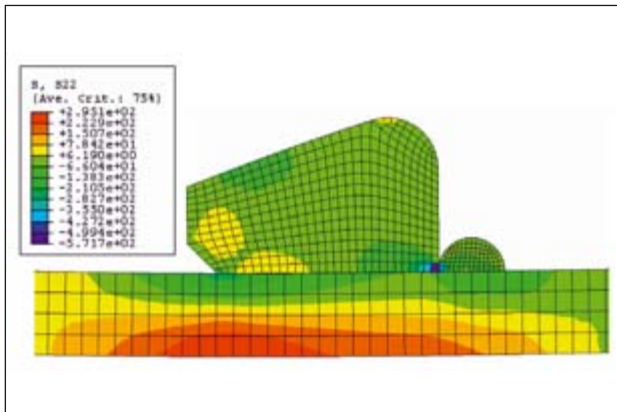


Bild 15:  
Spannungen  $\sigma_x$  im Bereich der Schweißraupe

### 7 Biegeversuch an der TIS-K-Verbindung

Insbesondere bei großen Nennweiten sind Zugversuche aufwändig. Daher wird zur Absicherung der numerischen Versagensmechanismen ein Biegeversuch einbezogen, der in [10] zur Ermittlung der aufnehmbaren Biegemomente beim Absenken einer Gussrohrleitung DN 600 auf den Boden eines Gewässers durchgeführt wurde.

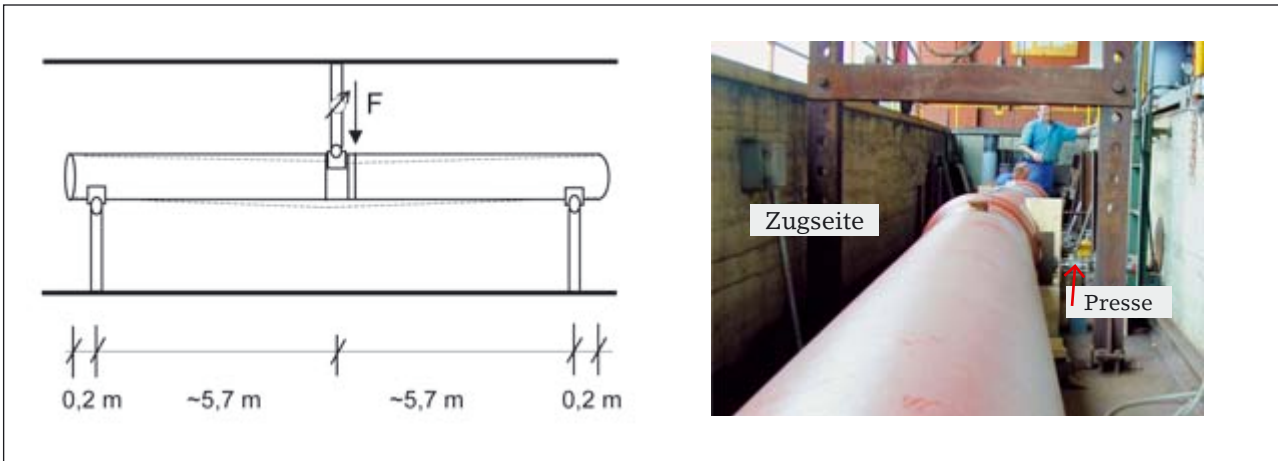
Nach dem Einbau von zwei Rohren DN 600 Kg in den Versuchsgraben nach **Bild 16** konnte die Verbindung nahezu kraftfrei bis ca.  $3^\circ$  abgewinkelt werden. Vor dem Aufbringen der Last wurde eine Videokamera im Inneren der Rohrverbindung zur Beobachtung von Veränderungen der ZM-Auskleidung positioniert.

Es wurde im Muffenbereich eine Spaltweite von  $\Delta s_M = 8,58$  mm gemessen – dieser Wert entspricht näherungsweise dem Maximalspalt  $\max \Delta s_M = 9,35$  mm nach **Tabelle 1**. Zugeordnet ist eine Abwinkelbarkeit der Verbindung von  $5,2^\circ$ , (**Bild 18**) und [10].

Das statische System ist ein Balken auf zwei Stützen mit einem Momentengelenk und Drehfeder in Feldmitte (**Bild 16**). Die Last wird durch eine Presse auf die Muffe der Rohrverbindung aufgebracht. Gemessen werden Last, Verformung in Feldmitte und Versuchszeit in Schritten von jeweils 10 mm Abwinkelung. Die Versuchsdauer wird mit der Videokamera synchronisiert, um Film und Laststufen zuzuordnen.



Bild 16:  
Versuchsaufbau (links),  
Versuchsgraben (rechts)



**Bild 17a** zeigt das Heraustreten des Halteringes auf der Zugseite der Verbindung, was mit den Finite Element-Berechnungen übereinstimmt (**Bild 17b**). Danach wurde der Belastungsversuch abgebrochen – eine weitere Belastung hätte ein vollständiges Versagen der Verbindung zur Folge gehabt.

Nach dem Aufbringen der letzten Laststufe wurde die Verbindung im abgewinkelten Zustand durch Verschweißen fixiert. Auf der Innen- und Außenseite wurden Stücke herausgetrennt (**Bild 19**). Innerhalb der Verbindung stellen sich am Muffeneingang zwei Kontaktpunkte ein, an denen nach dem Erreichen der geometrischen Abwinkelbarkeit von  $\Delta\phi \cong 6^\circ$  ein Kräftepaar übertragen wird.

Der Versuch zeigt, dass

- die Abwinkelbarkeit mit ca.  $6^\circ$  deutlich über den Herstellerangaben von  $2^\circ$  liegt – der Beginn einer Lastaufnahme des Rohres erfolgt deshalb erst nach Erreichen von  $6^\circ$  Abwinkelung,
- anschließend eine kontinuierliche Erhöhung der Lastaufnahme möglich ist,
- das maximal aufnehmbare Biegemoment der Verbindung  $\max M \cong 190 \text{ kNm}$  beträgt,
- ein Versagen bei ca.  $9^\circ$  Abwinkelung durch das Heraustreten des Halteringes auf der Zugseite der Muffe auftritt und
- die Zementmörtel-Auskleidung bis zum Abbruch des Versuchs nicht beschädigt wurde.

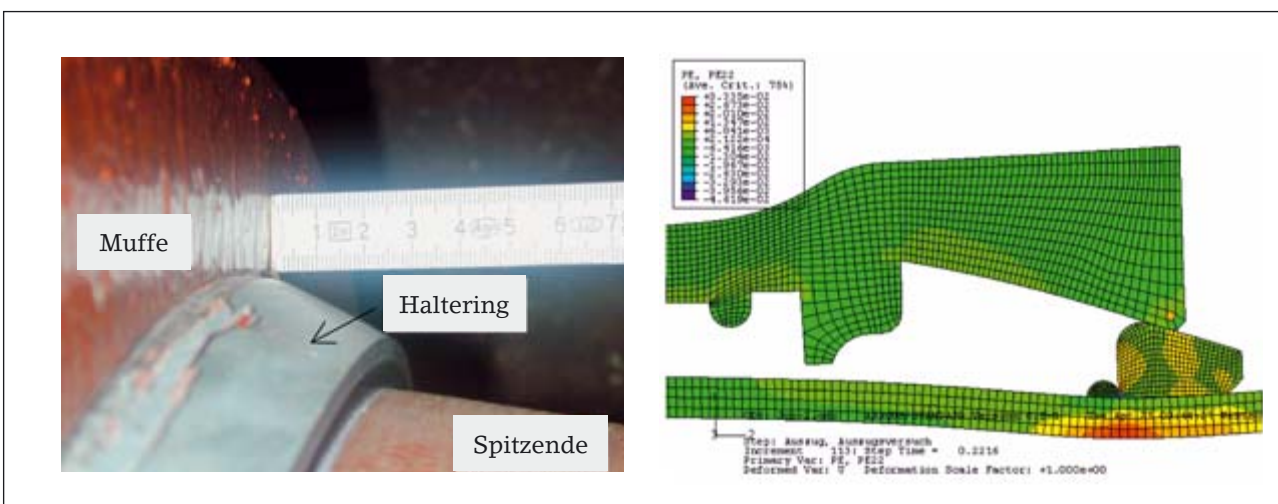
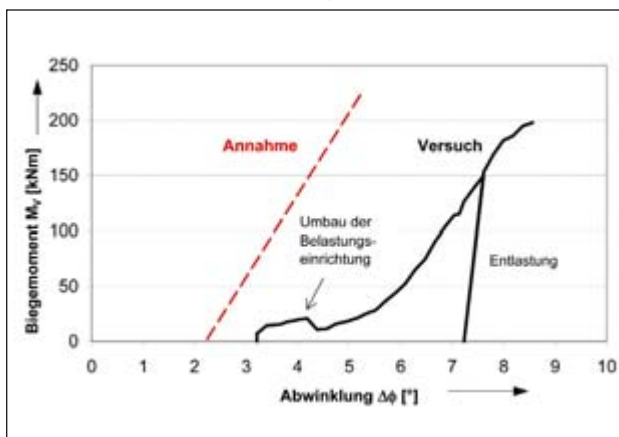


Bild 17a, links:  
Auf der Außenseite (Zugseite) heraustretender Haltering bei Erreichen von  $\max M_v$

Bild 17b, rechts:  
Simulation dieses Verformungszustandes durch eine FE-Berechnung (Zugversuch)

Bild 18:  
Abwinklung  $\Delta\phi$  und Biegemoment  $M_v$  in Feldmitte im Versuch,  $\max M_v \cong 190 \text{ kNm}$  aus [10]



Die zu dem Biegemoment  $\max M_v$  gehörende maximale Zugkraft auf der Zugseite der Verbindung kann in eine Gesamtzugkraft  $\max F_x$  umgerechnet werden, die mit den Ergebnissen des numerischen Modells gut übereinstimmt.

## 8 Zusammenfassung

An die Rohrverbindungen aus duktilem Guss-eisen werden beim grabenlosen Auswechseln u. a. folgende Anforderungen gestellt:

- schnelle Herstellung der zügigsten Verbindungen auf der Baustelle,
- hohe Zugkraftreserven,
- Dichtheit und
- ausreichender Widerstand gegen Biegemomente bei gekrümmter Trasse.

Im DVGW-Arbeitsblatt GW 321 [6] wird die zulässige Zugkraft für gekrümmten Trassenverlauf angegeben und ein Zuschlag bei geradliniger Trasse vorgeschlagen. In  $F_z$  ist ein Sicherheitsbeiwert von  $\gamma = 1,1$  für Bauzustände enthalten.

Die rechnerische Traglast  $\max F_x$  der Verbindung ist durch den Auszug des Spitzendes aus der Muffe, die rechnerische Gebrauchslast  $F_G$  durch das Versagen der Zementmörtel-Auskleidung im Spitzende unter der Schweißraupe definiert.

Für die Nennweiten bis DN 700 ist eine gute Übereinstimmung zwischen der rechnerischen Gebrauchslast und der im Arbeitsblatt DVGW-GW 321-1, Tabelle A.7 [6] veröffentlichten zulässigen Zugkraft vorhanden. Im Vergleich mit den Traglasten  $\max F_x$  enthalten die Gebrauchslasten  $F_G$  ausreichende Reserven. Dies wird zudem durch veröffentlichte Versuche an Rohren der Nennweite DN 150 bestätigt [12].

Durch Simulation mit der Finite Element Methode kann die Reibungswirkung zwischen Haltering und Muffe sowie zwischen Haltering und Spitzende genauer untersucht werden. Die Reibung vergrößert die maximale Zugkraft, der für die Ermittlung der Traglasten gewählte Reibungskoeffizient  $\mu = 0,1$  gilt für eine Reibung zwischen feuchten Gussflächen.

Ferner kann der Einfluss der Muffenspaltweite quantifiziert werden: Bei gerader Trasse ist die Auswahl von Rohren mit minimaler Spaltweite  $\Delta s_M$  von Vorteil, um hohe Zugkräfte zu erzielen. Bei gekrümmter Trasse kann dagegen – abhängig vom Radius – eine größere Spaltweite  $\Delta s_M$  erforderlich werden, um eine ausreichende Abwinkelbarkeit zu gewährleisten.

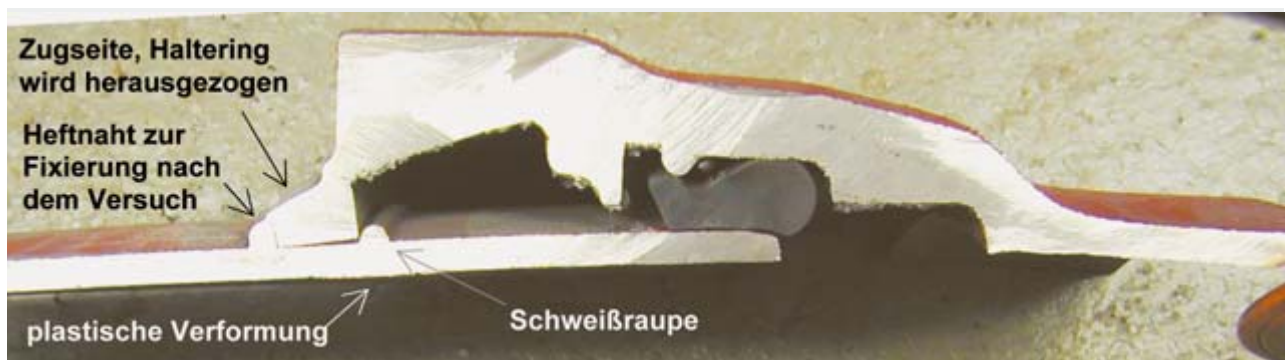


Bild 19:  
Nach Abschluss des Belastungsversuchs [10] aufgeschnittene Zugseite der TIS-K-Verbindung.

Die bisherigen Untersuchungen sind auf die Wanddickenklasse K<sub>9</sub> beschränkt, mit dem entwickelten Berechnungsmodell ist jedoch auch eine rechnerische Prognose der Gebrauchslasten F<sub>G</sub> für weitere Wanddickenklassen möglich.

Weitere Gebrauchstauglichkeitskriterien sind der korrekte Sitz des Halteringes nach der Belastung und die Dichtheit der Verbindung – hierzu liefern Versuch und Simulation wichtige Hinweise.

Die Tragfähigkeit der Schweißraupe wird in der vorliegenden Arbeit nicht näher untersucht.

### Literaturhinweise

- [1] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 (08.2000): Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen, 3. Auflage, Hennef
- [2] Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e.V.: Handbuch Gussrohr-Technik, Berlin 2005
- [3] Hofstetter, G.; Lehar, H.; Niederwanger, G.: Design of pile-supported buried pipelines by a synthesis of FE ultimate load analyses and experimental investigations. Finite Elements in Analysis and Design 21 (1999) 97
- [4] Gaebelein, W.; Schneider, M.: Grabenlose Auswechslung von Druckrohren mit dem Hilfsrohrverfahren. Bi UmweltBau 4 (2004) 38
- [5] Bruhns, O.; Lehmann, T.: Elemente der Mechanik I, Vieweg Verlag 1993
- [6] Arbeitsblatt DVGW-GW 321 (10.2003): Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen - Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung, Bonn
- [7] Arbeitsblatt DVGW-GW 322-1 (10.2003): Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 1: Press-/Ziehverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung, Bonn
- [8] ABAQUS/Standard; Version 6.5; Hibbitt, Karlsson & Sorensen, Inc.; Handbuch; 2004
- [9] Falter, B.; Lenz, J.: Versuche an einem einfach gelenkigen Schachtanschluss mit einem Rohr aus duktilem Gusseisen, GUSSROHRTECHNIK 33 (1998) 5
- [10] FH Münster: Schnittkräfte, Spannungen und Verformungen in duktilen Gussrohrleitungen beim Absenken in ein Gewässer (unveröff. Bericht für Saint-Gobain Gussrohr GmbH & Co. KG vom 29.11.04)
- [11] Arbeitsblatt ATV-A 161 (01.1990): Statische Berechnung von Vortriebsrohren, Hennef. 2. Auflage in Vorber.
- [12] Gaebelein, W.; Schneider, M.: Grabenlose Auswechslung von Druckrohren mit dem Hilfsrohrverfahren im Versorgungsgebiet der Berliner Wasserbetriebe GUSSROHRTECHNIK 38 (2004), S. 8

---

# Grabenloser Einbau

---

## Grabenloser Einbau von Druckrohren DN 300 im Einzug nach gesteuerter Pilotbohrung

Von Dirk Richter und Lutz Rau

### Aufgabe

Im Berliner Stadtbezirk Treptow Köpenick, Ortsteil Grünau, war eine Abwasserdruckrohrleitung DN 300 mit einer Länge von ca. 1.300 m entlang einer stark befahrenen Verbindungsstraße, dem Adlergestell, neu einzubauen.

### Kriterien zur Auswahl des Bauverfahrens und des zu verwendenden Materials

Als Trasse stand nur der schmale Grünstreifen zwischen der Fahrbahn und dem gemeinsamen Geh- und Radweg zur Verfügung. Der Baumbestand auf diesem Grünstreifen durfte nicht beeinträchtigt werden (**Bild 1**).



Bild 1:  
Rohrleitungstrasse am Adlergestell

Bei der Auswahl der Bauverfahrenstechnik war zu berücksichtigen, dass im geplanten Trassenbereich auch andere Leitungsträger vorhanden sind (Trinkwasser- und Gasleitungen sowie 30 KV Stromkabel und Beleuchtungskabel), deren Sicherung bei der offenen Grabenherstellung zu hohen Aufwendungen führt. Auch einer teilweisen Sperrung bzw. Einengung des stark befahrenen Adlergestells, die bei den herkömmlichen offenen Tief- und Rohrleitungsbauarbeiten notwendig gewesen wäre, stimmten die Behörden nicht zu. Zum Rohrmaterial: Standardmäßig setzen die Berliner Wasser Betriebe für Druckrohrleitungen in der Nennweite DN 300 Rohre aus duktilem Gusseisen ein.

### Lösungsansatz

Auf Grund der genannten Vorgaben fiel die Entscheidung zu Gunsten einer geschlossenen Einbaumethode mit Pilotrohrvortrieb und Einzug längskraftschlüssig verbundener Rohre aus duktilem Gusseisen. Wichtigstes Motiv für diese Vorgehensweise war die Minimierung des Platzbedarfs für Bau- und Montagegruben. Damit ist direkt verbunden ein enormes Einsparpotenzial für Aushub und Verbau. Der Abstand von Baugruben kann wegen der hohen zulässigen Einzugkräfte der formschlüssigen Gussrohrverbindungen auf 70 m vergrößert werden.

Die duktilen Gussrohre der Wanddickenklasse K9 mit TYTON®-Steckmuffen-Verbindung nach DIN 28603 sind zusätzlich mit einer Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30674-2 geschützt und mit der formschlüssigen längskraftschlüssigen Verbindung BLS ausgerüstet. Gemäß DIN EN 598 sind die Rohre für den Abwassertransport mit Tonerdezementmörtel ausgekleidet; der Werkstoff für die Dichtungen ist Perbunan (NBR) mit einer erhöhten Beständigkeit gegenüber organischen Verunreinigungen des Abwassers.

Diese Rohrspezifikation wird seit längerem in Berlin mit den unterschiedlichsten Verfahren der grabenlosen Bauweise (z. B. Press-/Ziehverfahren, Hilfsrohrverfahren, Spülbohrverfahren, Langrohrrelining usw.) mit Erfolg eingesetzt und ist damit den hier arbeitenden Auftragnehmern vertraut.

Die Baulänge der Rohre von sechs Metern stellt einen optimalen Kompromiss hinsichtlich einerseits der Montagegrubengröße und andererseits der Anzahl der zu montierenden Verbindungen dar. Die zulässigen Zugkräfte sind bekannt und im DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1 [1] veröffentlicht (**Bild 2**).

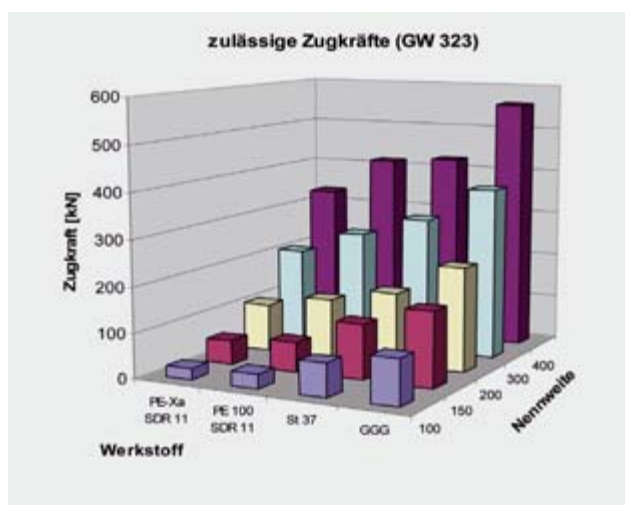


Bild 2:  
zulässige Zugkräfte  
verschiedener Rohrwerkstoffe

## Baudurchführung

Der Auftraggeber entschied sich für eine innovative grabenlose Neulegung von Abwasserdruckrohren DN 300 im Einzugsverfahren nach gesteuertem Pilotvortrieb. Entscheidend für die erfolgreiche Durchführung war die Vergabe der Maßnahme nach Ausschreibung/Submission an eine erfahrene, zertifizierte Tiefbaufachfirma mit geschultem und erfahrenem Personal und dem entsprechenden Know-how.

Die Gesamtstrecke wurde in 21 Vortriebs- und Einzugsabschnitte mit einer Länge von 17 m bis maximal 70 m aufgeteilt.

Als Startschacht diente ein Stahlbetonschachtröhre DN 2000 mit einer Höhe von 2.500 mm und einer Wanddicke von 160 mm mit einer Durchfahröffnung DN 500-600. Zwei derartige Startschächte ermöglichten paralleles Arbeiten. Alternativ wurden bei Einschränkungen in der

Bild 3:  
Absenken eines Stahlschutzrohres



Baugrubenbreite wegen vorhandener Kabel und Leitungen Startbaugruben mit Berliner Verbau hergestellt. Je nach statischer Beanspruchung werden dabei die Stirnseiten zur Einleitung der Press- und Ziehkräfte in den Baugrund durch zusätzliche Stahlträger und Betonrückenstützen verstärkt. Oberhalb des Startschachtes wurde ein Container mit Kranbahn installiert, über die die Rohrvortriebsmaschine BM 400 Firma Bohrtec und auch das benötigte Material abgelassen werden konnten (**Bild 3**).

Durch Drehen der Vortriebsmaschine können aus einem Startschacht heraus zwei Teilstrecken aufgeföhren werden. Die zwölf Ziel- bzw. Einziehbaugruben wurden mit den Abmessungen 1 x 7 m bei einer Tiefe von bis zu 2 m ausgehoben und mit Berliner Verbau und Gurtung gesichert. In der Trasse vorhandene Leitungen wurden durch Suchschachtungen und Probe-schlitzte festgestellt und beim späteren Aushub der Baugrube gesichert bzw. teilweise umgelegt.

Der erste Schritt bei der Neulegung der Abwasserdruckleitung ist die Pilotbohrung. Das Pilotrohr wird vom Startschacht aus in die Zielbaugrube durch den verdrängungsfähigen Boden gepreßt. Mit Hilfe einer optischen Gasse, einem Steuerkopf, einem Theodolit mit CCD-Kamera und Monitor gelingt eine zielgenaue Ansteuerung unter ständiger Kontrolle von Richtung und Neigung (**Bild 4**).

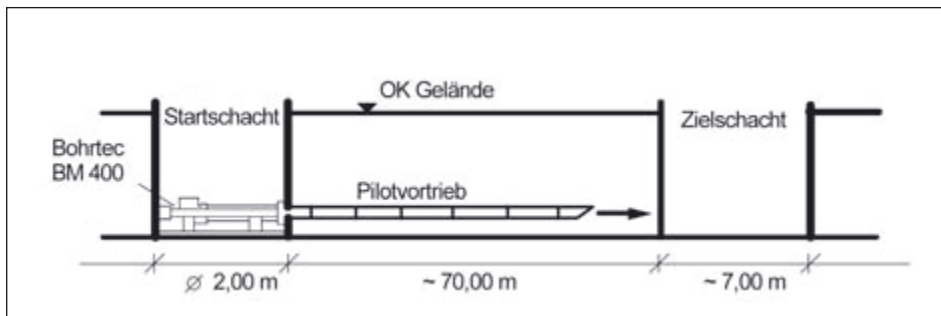


Bild 4:  
Vortrieb der  
Pilotbohrung

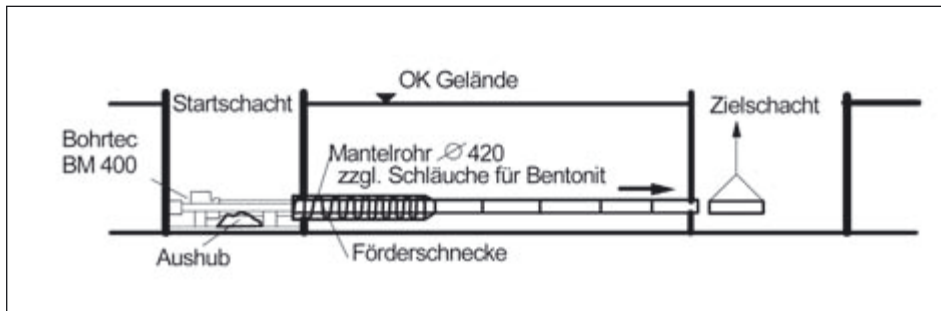


Bild 5:  
Vorpressen der  
Stahlrohrverrohrung

Im zweiten Schritt wird die Pilotbohrung durch das Vorpressen einer Stahlrohrverrohrung mit einem Außendurchmesser von 420 mm erweitert. Gleichzeitig werden die Rohrstücke der Pilotbohrung zum Zielschacht geschoben, dort demontiert und geborgen. Das bei der Bohrerweiterung entstehende Aushubmaterial wird mit einer Förderschnecke, bestehend aus ein Meter langen Teilstücken, zum Startschacht zurückgefördert. Hier wird der Erdstoff in einer Stahlkassette gesammelt, über die Kranbahn herausgehoben und in Containern zur Abfuhr gesammelt (**Bild 5**).

Im dritten Arbeitsschritt wird das erste Produktrohr GGG DN 300 in den Zielschacht abgelassen (**Bild 6**) und an den Ziehkopf des vordersten Mantelrohrs gekoppelt. Die zugefest verbundenen Mantelrohre werden nun zum Startschacht zurückgezogen; hier werden sie mit der Förderschnecke zusammen geborgen. Alle weiteren Produktrohre werden innerhalb kürzester Zeit an das bereits eingezogene Rohr gekoppelt (**Bilder 7 und 8**).

Am Ziehkopf befindet sich eine Zugkraftmessrichtung, mit der die tatsächlichen Einziehkräfte gemessen und über einen späteren Ausdruck dokumentiert werden. Die einzelnen Leitungsteilstücke können dann konventionell in den Montagegruben (ehemalige Start- und Einziehbaugruben) mit Hilfe von Standardformstücken verbunden werden. Für Druckproben können die Teilstücke mit schubgesicherten Formstücken aus dem BLS-Programm verschlossen werden. Eine Abstützung der Endstücke im Verbau ist so nicht erforderlich.



Bild 6:  
Ablassen des Rohres DN 300 in den Zielschacht.

Bild 7:  
Verbindungsmontage der Produktrohre im Zielschacht



Einschließlich der Zementmörtel-Umhüllung ist der Rohraußendurchmesser der Gussrohre mit ca. 330 mm kleiner als der Außendurchmesser der Mantelrohre (420 mm); wobei für die Dimensionierung des Mantelrohres der Außendurchmesser der Rohrmuffe mit 415 mm entscheidend ist.

Der beim Ziehen der Mantelrohre entstandene Ringspalt füllt sich je nach Bodenart von selbst. Zu Beeinträchtigungen der Oberfläche durch Setzungen ist es bisher nicht gekommen.

An Lösungen zur fast vollständigen Vermeidung des Ringspaltes wird zur Zeit noch gearbeitet.

### Schlussbemerkungen

Das hier beschriebene Verfahren ist technisch ausgereift. Es kombiniert das bekannte und im Bereich des Baus von Abwasserkanälen bewährte Verfahren des gesteuerten Rohrvortriebs mit dem Einzugsverfahren längskraftschlüssiger Gussrohre.

Die Beeinträchtigung des Verkehrs und der Umwelt ist sehr gering.

Aufgrund der kurzen Herstellungszeiten, der Einsparung von Tiefbauarbeiten, wie z. B. verbauter Rohrgraben, Bodenzwischen-, An- und Abtransport und Oberflächenwiederherstellung, Schonung der angrenzenden Infrastruktur und emissionsarmer Bauweise erweist sich dieses Verfahren als sehr wirtschaftlich.

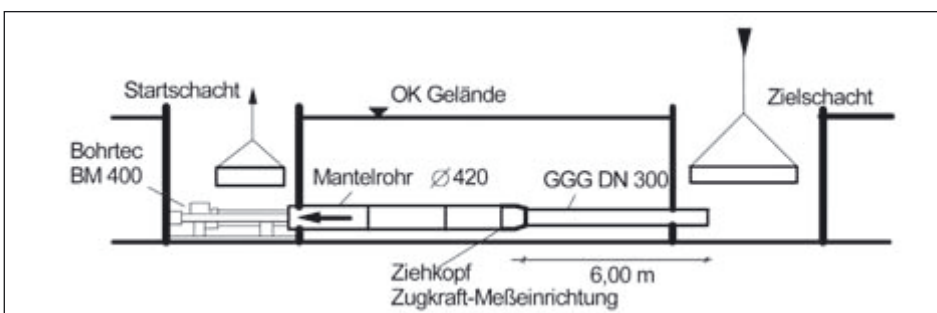


Bild 8:  
Rückzug der  
Stahlschutzrohre  
zusammen mit den  
Produktrohren

## Bau einer Abwasserdruckleitung zwischen Heidenau und Dresden-Zschachwitz

Von Ingrid Hoffman, Mathias Dingeldey und Jochen Kaube

### Einleitung

Die Abwässer der Städte Heidenau und Pirna wurden bisher in der Kläranlage Birkwitz/Pratzschwitz behandelt. Bereits Mitte der 90-iger Jahre genügte die Reinigungsleistung nicht mehr den behördlich geforderten Werten. Die Stadtwerke Pirna GmbH als Betreiber der Kläranlage standen vor der Entscheidung, eine neue Kläranlage zu bauen oder nach einer anderen Alternativlösung zur Abwasserbeseitigung für die angeschlossenen Gemeinden, insbesondere auch für die Stadt Heidenau, zu suchen. Die befristete Ausnahmegenehmigung zum Weiterbetrieb der KA Pratzschwitz lief zum 31.12.2005 aus.

Im Jahre 2002 wurde durch die Stadtentwässerung Dresden GmbH mit den Stadtwerken Pirna GmbH sowie der Stadt Heidenau ein Vertrag zur Überleitung der Abwässer aus den angeschlossenen Entwässerungsgebieten nach Dresden und der Behandlung in der Großkläranlage Dresden-Kaditz abgeschlossen. Die beiden Städte erzielen jetzt eine umweltgerechte und kostengünstige Abwasserreinigung, ohne eine eigene Kläranlage finanzieren, bauen und unterhalten zu müssen.

Die Planung und der Bau der in diesem Artikel beschriebenen Abwasserdruckleitungen 2 x DN 600 zwischen dem neuen Zentralpumpwerk Heidenau und dem Übergabepunkt an das Kanalnetz im Dresdener Osten ist ein wesentlicher Teil des Gesamtvorhabens.

### Planung

Die detaillierten Planungen für den Bau der Abwasserdruckleitung begannen im Jahr 2003. Neben den möglichen Trassenvarianten wurden auch die Anforderungen an die Betriebssicherheit unter allen denkbaren Betriebsbedingungen untersucht.



Bild 1:  
Trassenplan

Das Ergebnis dieser Voruntersuchungen führte zur Entscheidung der Auftraggeberin für eine 3.500 m lange Trasse von Heidenau entlang der Elbe bis zum Anschluss an das Freispiegelnetz in Dresden-Zschachwitz. **Bild 1** gibt den Trassenverlauf wieder.

Die Trassenführung zeichnet sich durch folgende Besonderheiten aus:

- Sie verläuft im wesentlichen in landwirtschaftlich genutzten Flächen parallel zum Elberadweg und kreuzt das Gewässer I. Ordnung „Müglitz“. Weil der Radweg die Grenze zum FFH-Schutzgebiet „Elbtal zwischen Schöna und Mühlberg“ darstellt, musste die Trasse in den landwirtschaftlich genutzten Flächen untergebracht werden. Zusätzlich waren wegen der Nähe zu diesem Schutzgebiet strenge Auflagen an die Bauausführung zu beachten.



- Die gesamten Flächen, in denen die Abwasserdruckleitung verläuft, sind als Überschwemmungsgebiet der Elbe bereits ab einem Hochwasserereignis mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von zehn Jahren und mehr (HQ 10) weitgehend überflutet.
- Mit dem Bau der Leitung konnten zwar urbane Konflikte umgangen werden, jedoch waren statt dessen erhebliche Leistungen für die Lösung privatrechtlicher Belange mit Grundstückseigentümern und -nutzern aufzuwenden.

Für die im Regenwetterfall maximal überzuleitende Abwassermenge von 614 l/s wurde ein Rohrquerschnitt von ~0,5 m<sup>2</sup> ermittelt, was einem Rohr DN 800 entspricht.

Da im Trockenwetterfall jedoch nur ein  $Q_{t,24}$  von ~230 l/s zu fördern ist, bedeutet dies bei einer Druckleitung DN 800 entweder sehr geringe Fließgeschwindigkeiten bei relativ kontinuierlicher Förderung oder große Pumpenpausen und einen größeren Zwischenspeicher im Pumpwerk.

Unter Berücksichtigung von Fließgeschwindigkeiten und energetischen Randbedingungen (zwei Pumpenstaffeln mit je zwei Betriebspumpen) fiel die Entscheidung zugunsten zweier parallel bzw. im Wechsel zu betreibenden Druckleitungen 2 x DN 600 mm.

Neben den hydraulischen Vorteilen sprachen zusätzliche Argumente wie Betriebssicherheit, Revisions- und Wartungsmöglichkeiten bis hin zum Reparaturfall nach einer Havarie für den Bau der Doppelrohrleitung.

Die Ergebnisse einer Druckstoßberechnung für das Gesamtsystem Pumpwerk und Abwasserdruckleitungen sind in die Planung eingeflossen. Dabei konnte eine geringfügige Änderung der Höhenlage der Druckleitungen bis zum Müglitzdüker mögliche Druckstöße bei plötzlichem Energieausfall beträchtlich mindern. Um für alle Eventualitäten eines Druckstoßes und auch bei späteren veränderten Betriebsbedingungen gerüstet zu sein, wurde die Leitung einschließlich aller Armaturen komplett in der Druckstufe PN 10 geplant.

Weitere Untersuchungen in der Planungsphase beschäftigten sich mit der Bildung und Bekämpfung geruchsintensiver Gase infolge der anaeroben Bedingungen in den Abwasserdruckleitungen.

Kritisch sind die relativ langen Aufenthaltszeiten des Abwassers in den Leitungen, vornehmlich in lang anhaltenden Trockenwetterperioden.

In den beiden Leitungen wird mit Aufenthaltszeiten bis zu zehn Stunden gerechnet, wie sie sich bei minimalen Nachtzuflüssen einstellen können. Außerdem hat das Abwasser, welches aus dem Pirnaer Netz zufließt, schon beträchtliche Fließzeiten hinter sich.

Zur Bekämpfung von unangenehmen Gerüchen am Druckleitungsendschacht und den folgenden Freispiegelkanalabschnitten wurden eine Vielzahl von Verfahren bewertet und verglichen. Neben der Abwasserbelüftung in der Druckleitung ist die Zugabe von chemisch gebundenem Sauerstoff vor dem Pumpwerk eine praxiserprobte und zuverlässige Methode.

Wegen der Probleme, die ein künstlicher Lufteintrag in das Rohrleitungssystem mit sich bringt (Druckstöße, nachlassende hydraulische Leistungsfähigkeit, aufwendige Druckluftanlagen), wurde die kontrollierte Dosierung von Nitraten (Nutriox<sup>®</sup>) am Zentralpumpwerk in Heidenau und eine zusätzliche Abluftbehandlungsanlage am Druckleitungsendschacht gewählt. Durch die Dosierung von Nutriox<sup>®</sup> wird die Bildung von Schwefelwasserstoff in der Druckleitung weitgehend unterbunden.

Am Druckleitungsendschacht und in den folgenden Haltungen gasen bei der Entspannung des Abwassers geruchsintensive Bestandteile aus.

Es gibt zwei Möglichkeiten, diese zu neutralisieren: Das Gasgemisch wird abgesaugt und entweder einem Biofilter oder einer UV-Ionisation zugeführt. Wegen der Vorteile einer sofortigen Wirksamkeit der UV-Ionisation gegenüber dem Biofilter wurde der letzteren Lösung der Vorzug gegeben.

Zu den Planungsarbeiten gehörten auch Variantenbetrachtungen zur Wahl des Rohrleitungsmaterials der Abwasserdruckleitungen.

Untersucht wurden die Rohrleitungsmaterialien

- PE-HD
- GFK
- Stahl mit Zementmörtelauskleidung und PE-Umhüllung
- duktiler Gussrohr mit Zementmörtel-Auskleidung und dem Außenschutz Zink-Epoxydharz nach DIN EN 598.

Folgende Gründe waren entscheidend für die Wahl eines metallischen Rohrwerkstoffes:

- Druckstufe (PN 10)
- einfache und sichere Montage, selbst bei widrigen Witterungsbedingungen (Bauzeit im Winterhalbjahr)
- Reparaturfreundlichkeit im Havariefall

- einfache Einbaumöglichkeit von Armaturen und Formstücken
- durchgängige Kraftschlüssigkeit
- günstige Kosten.

Die Kosten von Guss- und Stahlrohrleitungen waren nach Marktrecherchen annähernd gleich; beim Stahlrohr ist zusätzlich ein kathodischer Korrosionsschutz erforderlich.

Wegen der bisher positiven Erfahrungen mit duktilen Gussrohren für Abwasserdruckleitungen, der unkomplizierten Montage der Steckmuffen-Verbindungen und dem vielfältigen Formstückangebot (auch Sonderformstücke sind lieferbar) entschied sich der Auftraggeber für das Gussrohrsystem.

Für den Düker wurden Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung eingesetzt, da hier die Bettungsbedingungen nicht genau definiert sind wie beim offenen Einbau. Alternativ waren in der Ausschreibung Nebengebote für Stahlrohre mit Zementmörtel-Auskleidung zugelassen, was aber durch die Bieter nicht genutzt wurde.

Im Überflutungsgebiet der Elbe können Freispülungen von Trassenabschnitten zumindest abschnittsweise nicht ausgeschlossen werden.

Zudem soll die Leitung auch bis zu einem gewissen Hochwasserstand der Elbe weiter betrieben werden können, wobei das Erdreich aber zu diesem Zeitpunkt soweit durchweicht sein kann, so dass für die Leitung mit Auftrieb zu rechnen ist. Aus diesem Grunde müssen alle Steckmuffen-Verbindungen kraftschlüssig ausgeführt sein. Gewählt wurde das neu ins Sortiment aufgenommene längskraftschlüssige Verbindungssystem TYTON-SIT PLUS, das bis zur Nennweite DN 600 bei Nenndruck PN 10 einsetzbar ist. Bei diesem System sind Dicht- und Haltefunktion konstruktiv in einem Ring zusammengefasst.

Die Trasse folgt im wesentlichen dem anstehenden Geländeprofil, wobei stetig ansteigende und stetig fallende Abschnitte im Wechsel angeordnet sind. Dabei müssen unter anderem auch Versorgungsleitungen gequert werden.

Auf der ungefähr 3,5 km langen Trasse sind insgesamt sechs Entlüftungsstationen mit Handentlüftungsarmaturen, sechs Entleerungsstationen mit Streckenabsperrschieber und Entleerungsschacht, zwei Dükerkopfschächte mit Streckenabsperrschieber und Reinigungsöffnung, ein Schieberkreuz zum Wechsel der Leitungen im Havariefall (**Bild 2**) und ein Druckkleitungsschacht geplant und errichtet worden.



Bild 2:  
Schieberkreuz

## Bauausführung

Für die Bauausführung hatten sich eine Vielzahl von Firmen beworben. In einem europaweiten Ausschreibungsverfahren hat sich die Fa. Bistra-Bau GmbH & Co KG aus Putzkau durchgesetzt, die dann auch mit der Ausführung der Bauarbeiten beauftragt wurde.

Vor Beginn der eigentlichen Bautätigkeit wurden noch archäologische Prospektionen auf der gesamten Trasse durchgeführt, die durch das Landesamt für Archäologie wegen der Lage der Trasse in unberührtem frühgeschichtlichem Siedlungsgebiet gefordert wurden.

Aktiver Baubeginn war der 25.10.2004; das Bauende wurde für den 31.03.2005 vorgesehen. Diese recht kurze Bauzeit war mit den Auflagen aus den naturschutzrechtlichen Genehmigungen begründet, die eine Bauzeit außerhalb der Hauptvegetationszeit und außerhalb der Vogelbrutzeit forderten. Andererseits musste die Leitung im September 2005 in Betrieb gehen, womit eine Aufteilung in zwei Bauabschnitte mit unterschiedlichen Bauzeiten nicht möglich war. So musste an mehreren Trassenabschnitten gleichzeitig gebaut werden, wobei die wenigen Zufahrtsmöglichkeiten aus dem öffentlichen Verkehrsnetz hohe technische und logistische Anforderungen stellten.

Zu Beginn der Bauarbeiten wurde eine Baustraße entlang der Trasse für die gesamte Baustellenlogistik errichtet. Infolge der bereits im Herbst und Frühwinter stark aufgeweichten Auelehmschichten (**Bild 3**) musste die Befestigung mehrfach bis zu einer Gesamtstärke von 50 cm verstärkt werden.

Der Winter des Jahres 2004/2005 war bis in das Flachland hinein seit langem wieder recht schneereich und brachte teilweise strenge Fröste in den Flussniederungen sowie ausgiebige Schneefälle von Januar bis in den März. Trotz dieser widrigen Witterungsbedingungen (**Bild 4**) konnten die Bauarbeiten weitgehend planmäßig ausgeführt werden, wobei strenge Fröste und häufige Frost-Tau-Wechsel immer wieder zu Unterbrechungen der Bautätigkeit führten.

Der Düker durch die Müglitz wurde in offener Bauweise bei Niedrigwasser des Gewässers unter Einbeziehung von halbseitigen Fangdämmen noch bis zu Weihnachten 2004 fertig gestellt (**Bild 5**). So konnten die danach immer wieder einsetzenden erhöhten Schmelzwasserabflüsse der Müglitz aus dem Erzgebirge diesen Trassenabschnitt nicht mehr gefährden.



Bild 3:  
Baustraße mit  
aufgeweichten Auelehmschichten



Bild 4:  
Baustelle im Winter

Mitte Januar musste ein kritisches Problem gelöst werden, das die Logistik der TYTON-SIT-PLUS-Dichtungen betraf. Um Lieferverzögerungen zu vermeiden, wurde kurzfristig auf das sofort verfügbare längskraftschlüssige Verbindungssystem NOVO-SIT umgestellt, welches als Zweikammersystem etwas aufwändiger in Herstellung und Montage ist.

Sehr positiv hervorzuheben ist das konstruktive und kooperative Verhalten aller Beteiligten, so dass der Rohreinbau nahezu ohne Unterbrechung fortgesetzt werden konnte.

Für den Auftraggeber sind aus dem Wechsel des Verbindungssystems keinerlei Kosten oder sonstige Nachteile entstanden.



Bild 5:  
Bau des Müglitzdükers mit Hilfe  
eines Fangdammes

Zwei Hochwasserereignisse der Elbe hatten infolge der einsetzenden Schneeschmelze in den deutschen und böhmischen Gebirgen gravierenden Einfluss auf die Bautätigkeit:

Am 15. Februar 2005 stieg der Elbwasserstand durch einsetzendes Tauwetter auf knapp fünf Meter, am 21. März auf knapp sechs Meter Dresdener Pegel (**Bild 6**).

Im ersten Fall waren Abschnitte des Baufeldes, im zweiten Fall war das gesamte Baufeld vollständig überflutet; an eine Fortsetzung der Bautätigkeit war nicht zu denken. Der aufgeweichte Baugrund und der erhöhte Grundwasserstand erschwerten die Arbeiten erheblich und führten in beiden Fällen zu Verzögerungen.



Bild 6:  
Überflutetes Baufeld am 21. 03.2005

Ansonsten verlief der Rohrbau problemlos, es wurden Leistungen einschließlich Erdarbeiten von bis zu 80 Meter Rohr je Kolonne und Tag erzielt (**Bild 7**).

Nach ihrer Fertigstellung wurden einzelne Leitungsabschnitte einer Druckprobe mit Wasser nach DVGW W 400-2 (Normalprüfung) mit 15 bar Prüfdruck unterzogen.

Alle Druckprüfungen wurden im ersten Durchgang ohne Beanstandung erfolgreich abgeschlossen.



Bild 7:  
Einbau der Doppelleitung im geböschten Graben

Wegen der mehrfachen Bauunterbrechungen durch äußerst widrige Witterungsverhältnisse und die Hochwässer der Elbe wurde die Leitung erst Ende Mai 2005 fertig gestellt.

Dieser Verzug im Bauablauf ist aber unter Berücksichtigung der Ursachen relativ gering; in Anbetracht der Bemühungen, die der Ausführungsbetrieb zur Aufholung der Verluste unternahm, wurde er vom Auftraggeber akzeptiert.

### **Inbetriebnahme**

Im August 2005 wurde der Probe- und Funktionsbetrieb des Abwasserpumpwerkes Heidenau zusammen mit den beiden Abwasserdruckleitungen aufgenommen.

Dabei zeigte sich, dass die Entlüftung über die eingebauten Handentlüftungsventile mit Standrohr planmäßig funktioniert und der Verzicht auf den Bau von aufwendigen Schachtkonstruktionen zur Installation selbsttätiger Be- und Entlüftungsventile eine richtige Entscheidung war. Geringe Gas- und Luftmengen, wie sie sich in einer derart langen Abwasserdruckleitung immer wieder ansammeln, werden mit dem Abwasser ausgetragen bzw. stören hydraulisch in den sehr schwach ausgeprägten relativen topografischen Hochpunkten nicht. Vorgesehen ist eine zweimalige Entlüftung der Anlage pro Jahr.

Seit Mitte September 2005 sind beide Abwasserdruckleitungen in ständigem Betrieb und leiten das Abwasser der Stadt Heidenau und seit Mitte Dezember 2005 auch die Abwässer der Stadt Pirna bestimmungsgemäß in das Dresdener Kanalnetz über.

Auftraggeber:

Stadtentwässerung Dresden GmbH  
Team Planung und Bau Kanalnetz

Planer:

ACI AQUAPROJECT CONSULT  
Ingenieurgesellschaft mbH Dresden

Druckstoßberechnung für das Gesamtsystem  
Pumpwerk und Abwasser-Druckleitungen:  
Ing. Büro Dr. Ludewig, Berlin

Ausführungsbetrieb:

Bistra-Bau GmbH & Co KG, Putzkau

# Großprojekt Flughafen

Berlin Brandenburg International

## Grund- und Regenwasserableitung mit Rohren aus duktilem Gusseisen

Von Neithard Müller, Christian Zills und Torsten Conradt

### 1 Bedarf eines neuen Flughafens

Auf einer Fläche von rund 1.500 Hektar wird ab Mitte 2006 ein neuer Flughafen für die Bundeshauptstadt und die umgebende Region entstehen.

Nach dem Fall der Mauer, dem Umzug von Parlament und Regierung nach Berlin und dem damit verbundenen Umbau Berlins zu einer europäischen Metropole ist der Bedarf an Flugkapazitäten in den vergangenen Jahren erheblich gestiegen. Die Bundeshauptstadt hat derzeit ca. 3,4 Mio. Einwohner. 10 Millionen Menschen wohnen in der Region. Das internationale Interesse an der deutschen Hauptstadt steigt und ebenso die Zahlen der Besucher, die meist über den Luftweg nach Berlin reisen. Derzeit nutzen 14,9 Mio. Passagiere die Berliner Flughäfen. Die Kapazitätsgrenze von 15,5 Mio. Passagieren ist in Kürze erreicht.

Prognosen gehen davon aus, dass im Jahr 2012 bereits über 20 Mio. und bis 2030 sogar 30 Mio. Passagiere die Stadt Berlin erreichen oder verlassen. Im Süden soll nun eine neue Drehscheibe für den Luftverkehr gebaut werden: der Flughafen Berlin Brandenburg International BBI (**Bilder 1–3**).

Heute erreicht man die Stadt an der Spree über die drei Berliner Flughäfen Schönefeld, Tegel und Tempelhof. Zukünftig soll der gesamte Luftverkehr auf einen Airport konzentriert werden. Tegel und Tempelhof werden geschlossen, der Flughafen Schönefeld wird zum Airport BBI ausgebaut.

### 2 Das Projekt

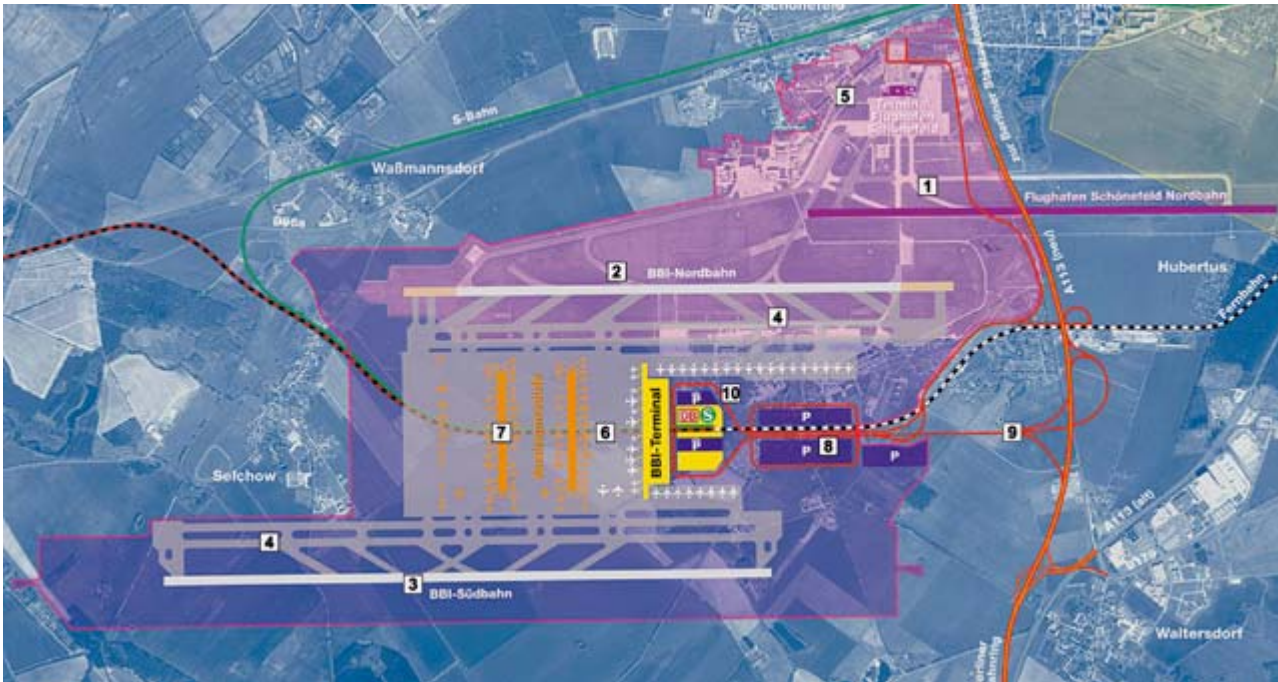
Die Verantwortlichen für dieses Projekt sehen in Berlin die neue Mitte Europas und das Sprungbrett in den Osten. Die Kapazität für die kommenden Jahrzehnte wurde prognostiziert, die Entscheidung für den Standort unter Betrachtung diverser Alternativen gefällt. Der neue Flughafen wird südlich des heutigen Flughafens Schönefeld errichtet. Lediglich dessen bislang südliche Start-Landebahn soll als zukünftige nördliche BBI-Start-Landebahn übernommen werden (**Bild 4**).

Das moderne Airportkonzept ist darauf ausgerichtet, den Flugverkehr mit allwettertauglicher Infrastruktur rund um die Uhr zu betreiben. In der ersten Stufe wird eine jährliche Kapazität für gut 20 Mio., später erweiterbar auf bis zu 40 Mio. Passagiere und 600.000 Tonnen Fracht, realisiert. Der neue Flughafen liegt lediglich 20



Bilder 1–3:  
Impressionen vom Flughafen Berlin Brandenburg International  
(Foto: Günter Wicker, Photur/Berliner Flughäfen)

Bild 4 :  
Lageplan des Flughafens BBI (Grafik: Günter Wicker, Photur/Berliner Flughäfen)



Legende:

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Derzeitige Nordbahn: Diese wird geschlossen und zurückgebaut.</li> <li>2 BBI Nordbahn: Ist die auf 3.600 m verlängerte, bestehende südliche Start- und Landebahn des Flughafens Schönefeld.</li> <li>3 BBI Südbahn: Neue Start- Landebahn mit einer Länge von 4.000 m.</li> <li>4 flexibles Rollwegesystem</li> <li>5 Schönefeld Terminal: Wird nach Eröffnung des Flughafens BBI geschlossen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>6 MIDFIELD: Parallel angelegt mit zwei Start- und Landebahnen, die aufgrund des seitlichen Abstandes von 1.900 m unabhängig voneinander betrieben werden können. Terminal, Gate-Positionen und Parkplätze der Flugzeuge liegen kompakt zwischen den Runways.</li> <li>7 Ausbaumodule: Über diese Module kann bis auf eine Kapazität von 40 Mio. Passagiere erweitert werden.</li> <li>8 Parkplätze für Passagiere</li> <li>9 direkter Autobahnanschluss</li> <li>10 direkter S- und Fernbahnanschluss</li> </ul> |
|--|---|

bis 30 Minuten vom Stadtzentrum entfernt – mit dem BBI wird Berlin die europäische Hauptstadt mit dem kürzesten Weg zu ihrem internationalen Flughafen. Aus dem Zentrum wird vom neuen Lehrter Bahnhof (Nähe Regierungsviertel, Potsdamer Platz, Stadtzentrum), ein Airportshuttle innerhalb von knapp 20 Minuten zum Flughafen fahren. Auch auf der Straßenseite wird der BBI gut mit Berlin und seinem Umland vernetzt: mit einem eigenen Autobahn- und einem eigenen Bundesstraßenanschluss.

### 3 Entwässerung, Bauvorbereitung

Während des Baus des unterirdischen Bahnhofs für den Airport BBI muss das Grundwasser im Bereich der Baustelle abgesenkt und abgeleitet werden. Hierzu wird südlich des vorhandenen Flughafens auf einer bislang landwirtschaftlich genutzten Fläche eine Versickerungsmulde gebaut (**Bild 5**). Auf einer Länge von ca. 1.900 m ist die Versickerungsmulde 32 m breit und im

Mittel 2,0 m tief. Die Sohl- und Böschungsflächen des offenen Erdbeckens werden mit Rasen angesät. In diese Mulde wird ein Teil des während des Baus anfallenden Grundwassers eingeleitet und versickert.



Bild 5:  
Bau der Versickerungsmulden  
(Voigt Ingenieure)

Weitere Elemente der Bauwasserableitung sind temporäre Pumpwerke, Druck- und Freispiegelleitungen sowie Einleitstellen in die Vorflutgräben. In den dezentral angeordneten Pumpwerken, die nach Beendigung der Grundwasserhaltung komplett wieder zurückgebaut werden, wird das geförderte Grundwasser gefasst. Zu den Vorflutern gelangt es dann über ein insgesamt ca. 12 km langes Leitungsnetz. Neben der Versickerungsmulde werden auch der östliche und westliche Selchower Flutgraben als Vorfluter genutzt. Mit der Bauwasserableitung werden die notwendigen Voraussetzungen geschaffen, um unmittelbar nach einem positiven Urteil des Bundesverwaltungsgerichts in Leipzig mit der Grundwasserabsenkung beginnen und damit Bahnhof und Schienenanbindung bauen zu können.

Die Errichtung der Anlagen zur Bauwasserableitung ist Bestandteil der Bauvorbereitungen, die das Bundesverwaltungsgericht im April 2004 explizit genehmigt hat. Die endgültige Entscheidung in den Hauptsacheverfahren zum Flughafenausbau hat das Bundesverwaltungsgericht bereits für das erste Halbjahr 2006 angekündigt.

Ende November 2004 erhielt die Voigt Ingenieure GmbH Berlin von der Flughafen Berlin-Schönefeld GmbH den Zuschlag für Planung, Ausschreibung und Bauleitung der Anlagen zur Ableitung von gefördertem Grundwasser aus dem Bau der Schienenanbindung unter dem geplanten Flughafen. Die Ausschreibungsunterlagen der technisch anspruchsvollen Planung der Bauwasserableitung mussten bis Ende Januar 2005 fertig gestellt sein, um die geplante Inbetriebnahme der Grundwasserabsenkung im November 2005 sicherzustellen. Der Termin wurde eingehalten, so dass die ARGE Gottlieb Tesch/Wolff & Müller im März 2005 den Auftrag zur Errichtung und für den Betrieb der Anlagen zur Bauwasserableitung erhielt. Die Gesamtkosten (Nettobaukosten einschließlich Betrieb über drei Jahre) des Projektes liegen bei ca. 7,1 Mio.

Wesentliche Elemente der Anlagen zur Bauwasserableitung sind ober- und unterirdisch eingebaute Druckrohrleitungen mit einer Gesamtlänge von ca. 12 km, temporäre Pumpwerke, die bereits erwähnte Versickerungsmulde sowie mehrere Sonderbauwerke und Einleitstellen in die Gewässer.

Der Planer wählte den geeigneten Rohrwerkstoff für die erdüberdeckten Druckrohrleitungen. Folgende Anforderungen standen hierbei im Vordergrund:

- **Statische Belastung:**  
In weiten Teilen liegen die unterirdischen Druckrohrleitungen unter den späteren Flugbetriebsflächen wie dem Vorfeld und der südlichen Start- und Landebahn mit Mindestüberdeckungen von ca. 100 cm.
- **Nutzungsdauer:**  
Nach Beginn des Flugbetriebs sind die Leitungen unter den Flugbetriebsflächen praktisch nicht mehr zugänglich. Lange Nutzungsdauern, nachgewiesen in ähnlich gelagerten Projekten, waren Voraussetzung zum Einbau von Rohren aus duktilem Gusseisen.
- **Beständigkeit:**  
Die während der Grundwasserabsenkung zur Bauwasserableitung genutzten Druckrohrleitungen werden später zur Ableitung des Oberflächenwassers der Flugbetriebsflächen verwendet. Hier werden Wässer zu transportieren sein, die neben Enteisungsmitteln im Havariefall Leichtflüssigkeiten enthalten können. Ein Nachweis der dauerhaften Beständigkeit des Gesamtsystems (Rohre, Formstücke, Dichtungen) gegenüber Formiaten, Acetaten und Glykolen konnte problemlos erbracht werden [1].

Duktile Gussrohre erfüllen aufgrund ihrer hohen Scheiteldruckfestigkeit, ihrer nachgewiesenen Langlebigkeit und der schnell, einfach und sicher zu montierenden, dichten und zuverlässigen Steckmuffen-Verbindung in optimaler Weise diese gestellten Anforderungen. Im beschriebenen Abschnitt wurden ca. 700 m Gussrohre DN 600 und 1.100 m DN 700 eingebaut.



Bild 6:  
Richtungsänderung mit längskraftschlüssiger NOVO-SIT-Verbindung (Voigt Ingenieure)



Bild 7:  
Trasse in forstwirtschaftlich genutzter Fläche  
(Voigt Ingenieure)



Bild 8:  
Einbau der Rohre im geböschten Graben  
(Voigt Ingenieure)



Natürlich spielte bereits in der Planungsphase auch die Kostenfrage eine gewichtige Rolle. Die Entscheidung fiel letztlich, zumindest für diesen wichtigen Rohrabschnitt, auf das Gussrohrsystem. Das System erfüllt sämtliche technischen und finanziellen Anforderungen und stellt somit die wirtschaftlichste Lösung dar.

Ausgeschrieben wurden Rohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 598 mit Steckmuffen-Verbindung STANDARD nach DIN 28603. Außenschutz: Zinküberzug und Bitumendeckbeschichtung nach DIN EN 598, Auskleidung: Tonerdezementmörtel nach DIN EN 598. Die Dichtung entsprechend DIN EN 681-1 besteht aus Perbunan (NBR) und ist beständig gegen organische Verunreinigungen.

Während der Bauphase wird die Leitung als Druckleitung mit mehreren bar Betriebsdruck betrieben. Im Bereich von Richtungsänderungen der Leitungstrasse konnte durch den Einsatz längskraftschlüssiger NOVO-SIT Verbindungen auf teure Betonwiderlager verzichtet und damit die Bauzeit erheblich verkürzt werden (**Bild 6**).

#### **Ausführung:**

Die insgesamt 1.800 m lange Entwässerungsleitung aus duktilen Gussrohren wurde auf den bislang land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen in bis zu ca. 6,00 m Tiefe in dem anstehenden Sandboden eingebaut (**Bild 7**).

**Bild 8** zeigt den Einbau von Rohren der Nennweite 700 in dem Bereich, der später mit der 40 cm dicken Betonfläche des Vorfeldes, der südlichen Start- und Landebahn und der parallel verlaufenden Rollwegen bedeckt sein wird. Die minimale Überdeckung im Bereich der Flugbetriebsflächen liegt bei ca. 1,0 m, die maximale Überdeckung bei ca. 5,5 m .

Im Norden schließt die Leitung DN 700 GGG mittels Flanschverbindungen an die oberirdisch gebauten temporären Stahlleitungen an. Im Bereich der zentralen Versickerungsmulde im Süden ist ein Anschluss der duktilen Gussleitung DN 600 an das geplante Zulaufbauwerk vorgesehen.

Über die gesamte Länge der Gussleitung mit einer mittleren Einbautiefe von fast 4 m konnte eine Einbauleistung von knapp 30 m pro Tag erreicht werden. Der Einfluss des Erdbaus war erheblich, was dadurch deutlich wird, dass in Bereichen mit Einbautiefen unter 3 m Leistungen von 60 m pro Tag realisiert werden konnten.

## Literatur:

- [1] Wolf, W.: Untersuchungen über das Verhalten von TYTON-Dichtringen in CKW-gesättigtem Wasser, Prüfzeugnis des staatlichen Materialprüfungsamts Nordrhein-Westfalen vom 06.04.1988  
GUSSROHRTECHNIK 24 (1989), S. 4

## Beteiligte Unternehmen

### Planung und Bauleitung:

Voigt Ingenieure GmbH Berlin  
Radickestr. 48  
12489 Berlin  
www.voigt-ingenieure.de

### Bauunternehmen:

ARGE

Gottlieb Tesch Bauunternehmung GmbH  
Ruhlsdorfer Str.103  
14532 Stahnsdorf

Wolff & Müller GmbH & Co. KG  
Albert-Einstein-Str. 16  
12489 Berlin

### Bauherr:

Flughafen Berlin Schönefeld GmbH  
Flughafen Schönefeld  
12521 Berlin  
www.Berlin-airport.de



## Impressum

### **Bildnachweis**

Titelseite:

Bild: Prof. B. Falter, FH Münster

Layout:

Hirth und Winkler GmbH, Grafik, Layout

Rückseite:

Foto: Maarten Renz

### **Layout und Gesamtherstellung**

Schneider Media GmbH, Erfurt

### **Herausgeber und Copyright:**

Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e. V.

Wittestraße 30 K

13509 Berlin

Tel.: 0 30/43 57 25 80

Fax: 0 30/43 57 24 00

E-Mail: [info@fgr-berlin.de](mailto:info@fgr-berlin.de)

[www.gussrohrtechnik.de](http://www.gussrohrtechnik.de)

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt.

Belegexemplar erbeten.

Redaktionsschluss:

Dezember 2005

