

34

# GUSSROHR-TECHNIK



INFORMATIONEN DER FACHGEMEINSCHAFT GUSS-ROHRSYSTEME™

# Themen + Autoren

## 5 Neue Einbautechnik

**Wirtschaftlicher und umweltschonender Einbau duktiler Gußrohre mit dem Raketenpflugverfahren im ländlichen Raum**

Dipl.-Ing. Frank Föckersperger  
Dipl.-Ing. Michael Mischo  
Dipl.-Ing. Günter Walther

## 11 Ohne Gelenkstücke

**Versuche an einem einfachen gelenkigen Schachtanschluß mit einem Rohr aus duktilem Gußeisen**

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Falter  
Prof. Dipl.-Ing. Joachim Lenz

## 15 Pfahlgründung I

**Instabile Bodenverhältnisse – Rammpfähle und Kanalrohre aus duktilem Gußeisen lösen dieses Problem**

Dipl.-Ing. Toralf Langner

## 20 Schnelle Schadensbehebung

**Reparatur einer unter Druck stehenden Abwasserdruckleitung aus duktilem Gußrohr mittels Rohrfrostung (Cryostop®-Verfahren)**

Dipl.-Ing. Lutz Rau

## 24 Abwasserdruckleitung I

**Abwasserdruckleitung Halle Ost; Doppelleitung DN 400/DN 600 vom Abwasserpumpwerk (APW) Büschdorf zum Entspannungsbauwerk am Landrain**

Dipl.-Ing. Annette Ueberschär  
Wolfgang Rink

## 31 Tunnellösung

**Einbau einer duktilen Abwasserdruckleitung DN 600 und DN 400 in einem Schutzrohr aus Stahlbeton DN 2400 in Halle/Ost**

Dipl.-Ing. Joachim Geßler, Dipl.-Ing. Ulf Gorny, Dipl.-Ing. Gottfried Herbst, Dipl.-Ing. Manfred Melzer, Dr.-Ing. Rainer Rühl, Olaf Schmidt

## 36 Abwasserdruckleitung II

**Anschluß der Gemeinden Sulzbach und Leidersbach an die Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain in Eisenfeld**

Dipl.-Ing. Mathias Breitenbach

## 41 Löschwasser

**Duktile Gußrohre für das Feuerlöschsystem des Terminals Rostock**

Dipl.-Ing. Werner Eikötter  
Dipl.-Ing. Toralf Langner

## 45 Grabenloser Einbau

**Spülbohren im innerstädtischen Bereich, Verlegung von duktilen Gußrohren mit Zementmörtel-Umhüllung**

Dipl.-Ing. Rüdiger Neuhaus

## 51 Pfahlgründung II

**Einbau duktiler Kanalrohre auf Holz-Pfahlgründungen in Emden**

Dipl.-Ing. Nils Andersson  
Dipl.-Ing. Torsten Holtz

## 54 Über Berg und Tal

**Bau einer Wasserversorgungsleitung DN 500 aus duktilem Gußeisen mit dem universellen Verbindungssystem in Eichstätt**

Werkleiter Wolfgang Brandl

## 57 Auswechslung im Stadtzentrum

**Sanierung eines Hauptsammlers aus dem Jahre 1910 im innerstädtischen Bereich am Bahnhof Herford**

Dipl.-Ing. Ulrich Therolf

# Schnellübersicht

Das Raketenpflugverfahren ist eine Weiterentwicklung der bekannten Rohr- und Kabelpflüge, die seit über 30 Jahren zum Einbau von Kabeln und flexiblen Rohrleitungen verwendet werden. Mit ihm können auch vormontierte Rohrstränge mit Nennweiten bis zu DN 300 und längskraftschlüssigen Muffenverbindungen eingezogen werden.

In einem Pilotversuch wurde in drei Abschnitten eine 490 Meter lange Trinkwasserleitung DN 150 eingebaut. Zum Einsatz kamen zementmörtelummüllte Gußrohre mit der längskraftschlüssigen TIS-K-Verbindung. Seite 5

Der einfach gelenkige Anschluß von duktilen Gußrohren z. B. an Schachtbauwerke ist ein Beitrag zur Kosteneinsparung bei Abwasserleitungen. Auf der Grundlage von theoretischen Arbeiten wurden Ende 1998 Traglast- und Dichtigkeitsversuche durchgeführt, über die hier ein Zwischenbericht gegeben wird. Seite 11



Vereiste Leitung nach dem Herausschneiden eines Schadstücks

Einen besonders schwierigen Boden trafen die Planer im Ripachtal bei Weißenfels an: Auelehm mit eingelagertem organisch/pflanzlichen Material und Torfeinschlüssen von einer steifen bis breiigen Konsistenz. Entlastung des Bodens durch Ausheben des Grabens führt zum Anheben des Grundes, Belastung durch Leitung und Verfüllung läßt ihn wieder absinken. Die Herstellung einer betriebssicheren Leitung war mit konventionellen Mitteln nicht möglich.

Die Lösung: Rammpfähle aus duktilem Gußeisen, die bis zum Aufsitzen auf festem Steinuntergrund (manchmal 35 m tief) eingerammt werden. Seite 15

Knapp 2½ Stunden für das Heraustrennen eines beschädigten Rohrstückes und das Einfügen eines Reparatursets aus Formstücken, und das alles an einer nicht entleerten Abwasser-Druckleitung – das klingt beinahe sensationell. Cryostoph®-Verfahren nennt sich diese Technik, bei der das betreffende Leitungsstück vereist wird, so daß nach dem Herausschneiden des Schadstückes Eispfropfen rechts und links die Leitung blockieren. So kann man in aller Ruhe die notwendige Reparatur ausführen. Seite 20

Wie auch auf Seite 36 wird hier der Bau einer Abwasser-Druckleitung PN 10 beschrieben. Die Suche nach der kostengünstigsten Lösung führt zu identischen Ergebnissen: Einerseits erhöht eine Druckleitung die Leitungskapazität, spart Schächte ein und reduziert die Unterhaltungskosten, andererseits ist ein Druck von 10 bar mit duktilen Gußrohren der entsprechenden Wanddickenklasse völlig problemlos. Seite 24

Der Beitrag auf Seite 24 beschreibt das Zustandekommen der gesamten Abwasserdruckleitung von Halle/Ost zum Stadtteil „Frohe Zukunft“. In einem zweiten Bericht wird ein Teilstück besonders behandelt; der 587 m lange Tunnel unter den Bahngleisen und der B 100.

Tunneleinbauten haben ihre eigene Problematik, die vor allem im Bereich Auflagerung und Reckverhalten der Leitung liegt. Die Lösung dieser spezifischen Anforderung wird hier ausführlich beschrieben. Seite 31

Statt der Erweiterung der bestehenden oder des Baues einer neuen Kläranlage hat der Abwasserverband der Sulzbachtalgemeinden mit seinen

## Umschlagseiten

**Titel:** Raketenpflug beim Einziehen einer Trinkwasserleitung DN 150 (s. S. 5 ff.)

**Rückseite:** Wasser aus dem Hunsrück für den vorderen Taunus: Bau einer Trinkwasserleitung DN 250 vom Rheindüker bei St. Goarshausen mit bis zu 40 % Steigung auf die Rheinhöhen

## Impressum

### Herausgeber und Copyright:

Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme  
Sachsenring 2-4, 50677 Köln  
Tel. (02 21) 31 80 65, Fax: (02 21) 31 62 21

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt.  
Belegexemplar erbeten.

Druck: Kömer Offsetdruck, Düsseldorf, Juli 1999

# Schnellübersicht

Gemeinden Sulzbach und Leidersbach alle Möglichkeiten ausgelotet, um für seine Bürger die kostengünstigste Variante der Abwasserreinigung und -beseitigung zu finden.

Nach Auswertung aller Möglichkeiten wurden die beiden Gemeinden vom benachbarten Abwasserverband Main-Mömling-Elsava aufgenommen und der Bau einer Abwasserdruckleitung von Sulzbach zur Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain in Eisenfeld realisiert. Seite 36

Zur Rohstoffversorgung von Firmen des ostdeutschen Chemiedreiecks Schkopau – Leuna – Böhlen wurde eine Produktpipeline von der Ostsee notwendig. Ausgangspunkt dieser Rohstofftrasse ist der Ölhafen oder das sogenannte Terminal Rostock. Hier werden in modernen Großtanks nahe der Ostsee die für die Chemieindustrie benötigten Rohstoffe gelagert. Hochmoderne zuverlässige Feuerlöschsysteme sind dabei unbedingt erforderlich. Nach guten Erfahrungen mit duktilen Gußrohren hat man sich dazu entschlossen, auch im Tankfeld nahe dem Ölhafen ein Feuerlöschsystem mit duktilen Gußrohren aufzubauen. Seite 41

Die derzeitige Finanzsituation der kommunalen Versorgungsunternehmen gibt u. a. Anlaß für ein stärkeres Kostenbewußtsein bei der Erneuerung von Ver- und Entsorgungsanlagen. Seit einigen Jahren werden daher zunehmend Verfahren zum grabenlosen Einbau auf dem Markt angeboten, da insbesondere die Kosten für die Erdarbeiten und Straßenwiederherstellung in den letzten Jahren erheblich angestiegen sind. Darüber hinaus bilden die Aufwendungen für den Tiefbau bekanntermaßen den größten Kostenanteil beim Bau von Ver- und Entsorgungsleitungen.

Mit der Technik des grabenlosen Einbaus duktiler Gußrohre im Horizontalbohrverfahren können bei günstigen Voraussetzungen bis zu 50 % der Baukosten für konventionellen Einbau eingespart werden. Zu diesem Ergebnis ist man jedenfalls in Frankfurt gekommen. Seite 45

Böden mit verminderter Tragfähigkeit sind im Nordsee-Küstenbereich weit verbreitet. Auch in Emden ist das nicht anders, und so hat man schon vor längerer Zeit begonnen, Techniken zu entwickeln, mit deren Hilfe Rohrleitungen sicher

und lagestabil in den Boden gebracht werden können.

Das Ergebnis dieser Entwicklungsarbeit kann sich sehen lassen: Die Methode ist zuverlässig und kostengünstig. Seite 51

Zur langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Stadt Eichstätt sowie des Zweckverbandes zur Wasserversorgung der Eichstätter Berggruppe mit einer jährlichen Abnahmemenge von derzeit 1,2 Mio m<sup>3</sup> wurde der Bau einer ca. 3,4 km langen Wasserversorgungsleitung erforderlich. Steilhangstrecken, steiniger Untergrund und eine Dükerstrecke gestalteten den Einbau der duktilen Gußrohre schwierig. Seite 54



Seit Jahren wachsen die Baukosten stetig, die Etats der Rohrnetzbetreiber wachsen aber nicht im gleichen Maße mit. Eine Möglichkeit, diese Schere zu schließen, ist die Anwendung neuer Einbautechniken.

Auch Gußrohre werden, wie die Leser dieser Zeitschrift wissen, in zunehmendem Maße mit Hilfe moderner Einbautechniken in die Erde gebracht, um in jedem Falle die Wirtschaftlichkeit bei Herstellung und Betrieb der Leitung sicherzustellen.

Allerdings können solche Einbautechniken nicht in jedem Fall zum besten Ergebnis führen. Z. B. spielt die Bodenbeschaffenheit eine ausschlaggebende Rolle, und so kann sich durchaus die klassische Einbautechnik mit offenem Graben als die wirtschaftlichste und sicherste Bauform erweisen. Der folgende Bericht beschreibt einen solchen Fall. Seite 57

## Bildnachweise

**Karte Seite 24:** © ADAC-Verlag, Hauptka-Verlag, Mairs Geogr. Verlag, Stuttgart

**Karten Seite 36 und Seite 54:** Kartengrundlage: Topographische Karte 1:25 000, auf S. 36 Blatt Nr. 6020, 6021, 6120, 6121; auf S. 54 Blatt Nr. 7133; Wiedergabe mit Genehmigung des Bayerischen Landesvermessungsamtes München, Nr. 2706/99

**Foto Seite 41:** Mannesmannröhren-Werke AG, Mülheim; Genehmigung Foto Nr. MWF 183/5

## Wirtschaftlicher und umweltschonender Einbau duktiler Gußrohre mit dem Raketenpflugverfahren im ländlichen Raum

Von Frank Föckersperger, Michael Mischo und Günter Walther

Das Raketenpflugverfahren ist eine Weiterentwicklung der bekannten Rohr- und Kabelpflüge, die seit über 30 Jahren zum Einbau von Kabeln und flexiblen Rohrleitungen verwendet werden. Mit ihm können auch vormontierte Rohrstränge mit Nennweiten bis zu DN 300 und längskraftschlüssigen Muffenverbindungen eingezogen werden.

In einem Pilotversuch wurde in drei Abschnitten eine 490 Meter lange Trinkwasserleitung DN 150 eingebaut, die eine Versorgungsringleitung in einem künftigen Gewerbegebiet der fränkischen Gemeinde Münchaurach darstellt. Zum Einsatz kamen zementmörtelumbüllte Gußrohre mit der längskraftschlüssigen TIS-K-Verbindung.

### 1. Einleitung

In den letzten Jahren wurden vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München verstärkt Anstrengungen unternommen, um die Einsatzgrenzen und die Anwendbarkeit automatisierter Einbauverfahren wissenschaftlich zu erörtern. Ausgangspunkt für die Untersuchungen waren Defizite in der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung im ländlichen Raum, die man mit wirtschaftlichen Bauweisen beseitigen mußte, um die notwendig gewordenen Baumaßnahmen in einem für Bund, Län-

der, Gemeinden und vor allem für den Bürger finanzierbaren Rahmen zu halten.

Untersuchungen zeigten, daß automatisierte Einbauverfahren im Rohrleitungsbau technisch und wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden können [1], so zum Beispiel das von der Firma Georg Föckersperger GmbH, Aurachtal, entwickelte und patentierte „Raketenpflugverfahren“.

In einem Pilotversuch wurde eine 126 Meter lange Trinkwasserleitung DN 150 eingebaut, die einen Teil einer Versorgungsringleitung von insgesamt 490 Meter Länge in einem künftigen Gewerbegebiet der fränkischen Gemeinde Münchaurach darstellt. Zum Einsatz kamen zementmörtelumbüllte Gußrohre mit der längskraftschlüssigen TIS-K-Verbindung.

Im folgenden Beitrag wird das für Gußrohre neue Einbauverfahren vorgestellt, das im Rahmen eines Forschungsvorhabens als Pilotversuch von Mitarbeitern des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München wissenschaftlich begleitet wurde.

### 2. Das Raketenpflugverfahren

Das Raketenpflugverfahren wird zu den grabenlosen Einbauverfahren gezählt. Der Raketenpflug ist eine Weiterentwicklung der bekannten Rohr- und Kabelpflüge, die seit über 30 Jahren zum Einbau von Kabeln und flexiblen Rohrleitungen verwendet werden.

Bild 1: Raketenpflugverfahren zum Einbau von duktilen Gußrohren

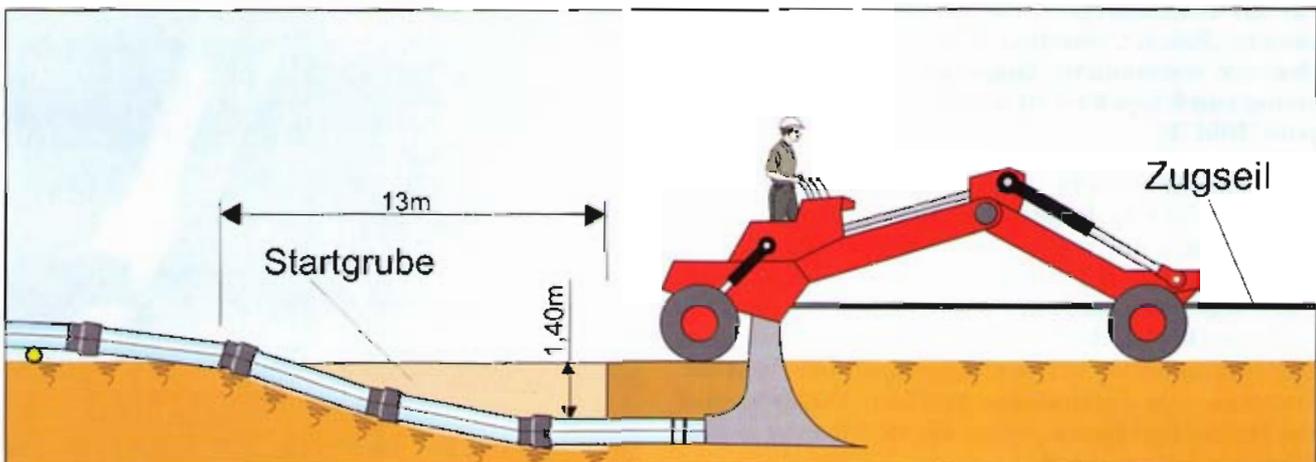




Bild 2: Rohrpfug mit Zugmaschine

Ein wesentlicher Vorteil des Raketenpflugverfahrens ist, daß nun auch vormontierte Rohrstränge mit Nennweiten bis zu DN 300 und längskraftschlüssigen Muffenverbindungen eingezogen werden können.

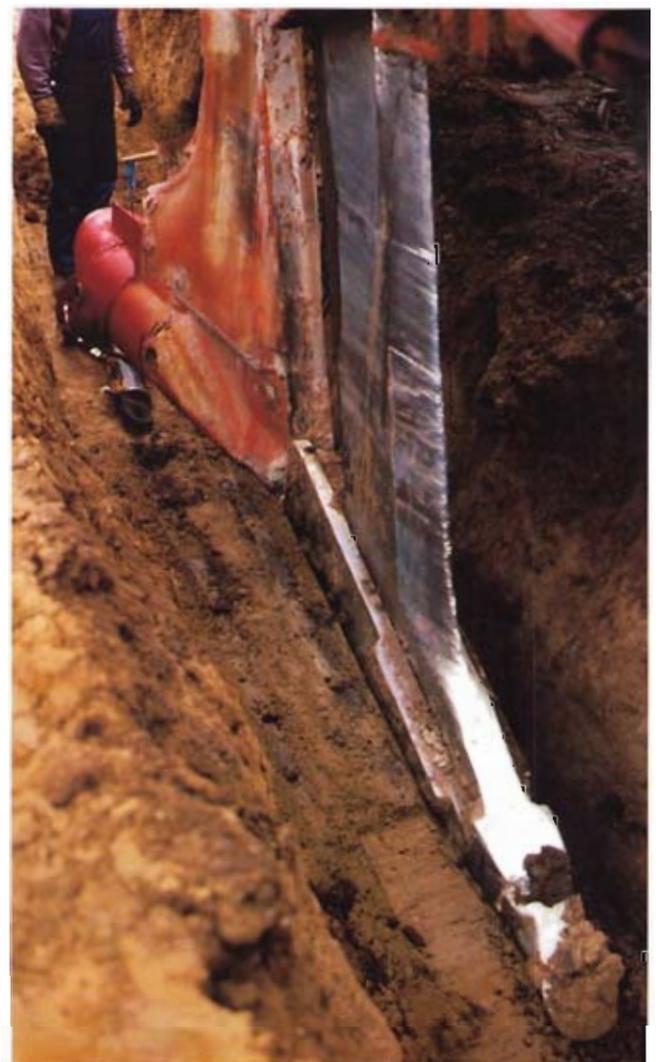
Die Graphik in **Bild 1** verdeutlicht das Prinzip des Einbaus duktiler Gußrohre im Raketenpflugverfahren.

Der Raketenpflug wird mit Hilfe einer Seilwinde von einem geländegängigen Zugfahrzeug, das mit einem Abstützschilde versehen ist, gezogen (**Bild 2**). Der hydrostatische Radantrieb des Rohrpfuges dient zum Transport vom Tieflader bis zum Trassenbeginn. Um Geländeunebenheiten auszugleichen, ist der Rohrpfug mit vier allseitig verstellbaren Auslegern mit hydraulisch regulierbaren Gummirädern ausgerüstet. Die Konstruktion des Pflugschwertes erlaubt gleichzeitig mit dem Rohreinbau auch das Einpflügen von Steuerkabeln und anderen Leitungen.

An das Pflugschwert ist ein Aufweitkörper, die sogenannte „Rakete“, montiert. Dieser Aufweitkörper, an den der vormontierte längskraftschlüssige Gußrohrstrang angekuppelt ist, ist an die Rohrnennweite angepaßt (**Bild 3**).

In einem Startschacht, der als Schräge ausgebildet ist, wird der Gußrohrstrang in den Bereich der Leitungszone gezogen und auf die entsprechende Einbautiefe gebracht. Durch die Zugkraft der Seilwinde verdrängt das Pflugschwert nun mit dem Aufweitkörper das Erdreich im Bereich der Leitungszone. Aufgrund des hohen Eigengewichts des Verdrängungskörpers wird die Wandung des Hohlraumes geglättet. Dadurch wird ein Hohlraum erzeugt, in den die Rohrleitung unmittelbar eingezogen wird.

Bild 3: Pflugschwert mit Aufweitkörper



Das verdichtete Erdreich bildet ein „Gewölbe“ über dem eingebauten Rohrstrang. Somit wird auch ein Auf-treiben der Rohrleitung im Grundwasser verhindert.

Der durch den Verdrängungsvorgang an der Gelände-oberkante entstandene Aufwurf (**Bild 4**) kann mit einem Bagger oder einer Rüttelwalze wieder geglättet werden.

### 3. Pilotversuch

#### 3.1 Untersuchung der Bodenverhältnisse in der Leitungszone

Gemäß der geologischen Karte von Bayern verläuft die Leitungstrasse im Sandsteinkeuper. Dementsprechend wurden anhand von Rammsondierungen entlang der Trasse und einem Bodenaufschluß unterhalb des Mutterbodens sandig tonige Schluffe sowie schluffig sandige Tone mit weich- bis steifplastischer, teilweise halbfester Konsistenz angetroffen. Stellenweise wurde dichter Sandsteinfels ab einer Tiefe von 1,0 m unter Gelände festgestellt. Der Boden ist für den Einsatz des Raketenpflugverfahrens geeignet bis gut geeignet [1].

#### 3.2 Montage der Gußrohrleitung

Im Gegensatz zum Horizontalbohrverfahren werden

Bild 4: Oberfläche nach dem Einziehen



Bild 5: Vormontierte längskraftschlüssige Gußrohrleitung

beim Raketenpflugverfahren in einem Arbeitsgang der Boden verdrängt, der Hohlraum für die Rohrleitung aufgeweitet und der Rohrstrang eingezogen.

Beim Raketenpflugverfahren ist in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen mit einer erhöhten Reibung an der Oberfläche des Rohrstranges zu rechnen. Deshalb werden beim Raketenpflugverfahren mit Gußrohren zementmörtelumhüllte Rohre eingesetzt.

Die Gußrohre mit einer Baulänge von sechs Metern wurden zunächst in Verlängerung der geplanten Trasse in Einpflügrichtung auf einer Wiese vormontiert (**Bild 5**). Die Längskraftschlüssigkeit stellt die sogenannte TIS-K-Verbindung sicher (**Bild 6**). Aufgrund des hohen Sicherheitsbedürfnisses kamen gußeiserner Halteringe zum Einsatz. Die Muffenverbindungen waren mit wärmeschrumpfenden Manschetten geschützt.

Da sich zwischen der Wiese, wo der vormontierte Rohrstrang ausgelegt war, und der Leitungstrasse eine Straßeneinfahrt befand, wurde der Rohrstrang an die-

Bild 6: Längskraftschlüssige Verbindung TIS-K

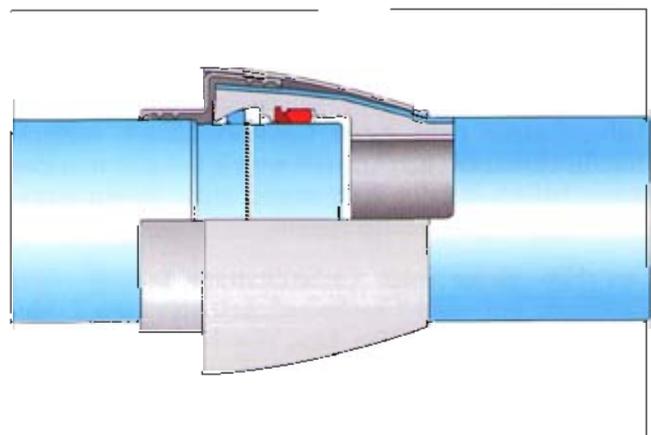




Bild 7: Einsetzen des Pflugschwertes in der Startgrube

ser Stelle über Rollenböcke geführt, um eine Beschädigung der Schrumpfmanschetten in den Muffenbereichen zu vermeiden.

### 3.3 Einpflügen der Gußrohrleitung

Mit Hilfe eines Baggers wurde nun eine Startgrube mit einer der Abwinkelbarkeit der Muffenverbindung angepaßten Böschungsneigung hergerichtet. Die Abwinkelbarkeit der TIS-K-Muffenverbindung wurde hierbei genutzt, um die Länge der schräg verlaufenden Startgrube möglichst klein zu halten. Sie betrug in diesem Fall etwa 13 Meter.

Die Rohrleitung wurde mit der am Pflugschwert befindlichen Raketenführung verbunden. Dazu diente eine TIS-K-Muffenkupplung, die hydraulisch verschiebbar in dem Aufweitzylinder positioniert ist. Für die Gußrohrleitung DN 150 wurde in Anbetracht des Muffenaußendurchmessers von 240 mm ein Aufweitzkörper mit einem Außendurchmesser von 350 mm vorgesehen.

Danach wurde das Pflugschwert am Trassenbeginn in der Startgrube auf Höhe der Einbautiefe von 1,80 Meter eingesetzt (Bild 7).

Während des Einpflügens des Gußrohrstranges wurde zur Reduzierung der Reibungskräfte eine Bentonitsuspension in den Pflugschlitz gepumpt. Die Bentonitsuspension wurde parallel zur Trasse in einem Tankwagen transportiert. Der Tankwagen war mit dem Aufweitzkörper über einen Gewebeschlauch verbunden. In einem zweiten Versuch wurde bei gleichen Bodenverhältnissen der Rohrstrang ohne Bentonitsuspension erfolgreich eingezogen.

Der 126 Meter lange Gußrohrstrang konnte ohne Probleme mit einer Geschwindigkeit von etwa 7 Metern/Minute eingepflügt bzw. durch den Erdboden gezogen werden (Bild 8). Unterbrochen wurde der Ziehvorgang lediglich an vorgegebenen Punkten, an denen Höhenmessungen durchgeführt wurden.

### 3.4 Ermittlung der Zugkräfte

Beim Raketenpflugverfahren ergab sich aufgrund der Verfahrensweise die Frage einerseits nach der auf die TIS-K-Verbindung aufgebrauchten Zugkraft und andererseits nach dem Reibungsbeiwert zwischen Rohrstrang-Bentonitsuspension-Boden.

Zur Überprüfung der Zugkraft wurde der Rohrstrang an einem Zug-/Druckkolben befestigt. Der übertragene Druck wurde von einem Druckmeßumformer in ein elektrisches Signal umgewandelt, das von einem Datenlogger mit einem Abtastintervall von einer Sekunde aufgezeichnet und abgespeichert wurde.

Die Seilwinde des Ziehfahrzeuges hat eine maximale Zugkraft von 1.000 kN. Der größte Teil der Kraft wurde zur Bodenverdrängung und Erzeugung eines Hohlraumes von 350 Millimetern Durchmesser aufgebracht.

Die maximal zulässige Zugkraft, mit der TIS-K-Verbindungen DN 150 belastet werden dürfen, beträgt 100 kN. Die unkritische Einziehlänge vormontierter Rohrstränge ist mit 300 m angegeben [2]. Die Auswertung der Meßdaten ergab eine mittlere Zugkraft von 12,1 kN. Die maximal gemessene Zugkraft betrug 49,0 kN und damit lediglich 50% der von den TIS-K-Verbindungen aufnehmbaren Zugkraft. Der Verlauf der ge-

Bild 8: Einziehen der Gußrohrleitung DN 150 mit etwa 7 m/min.



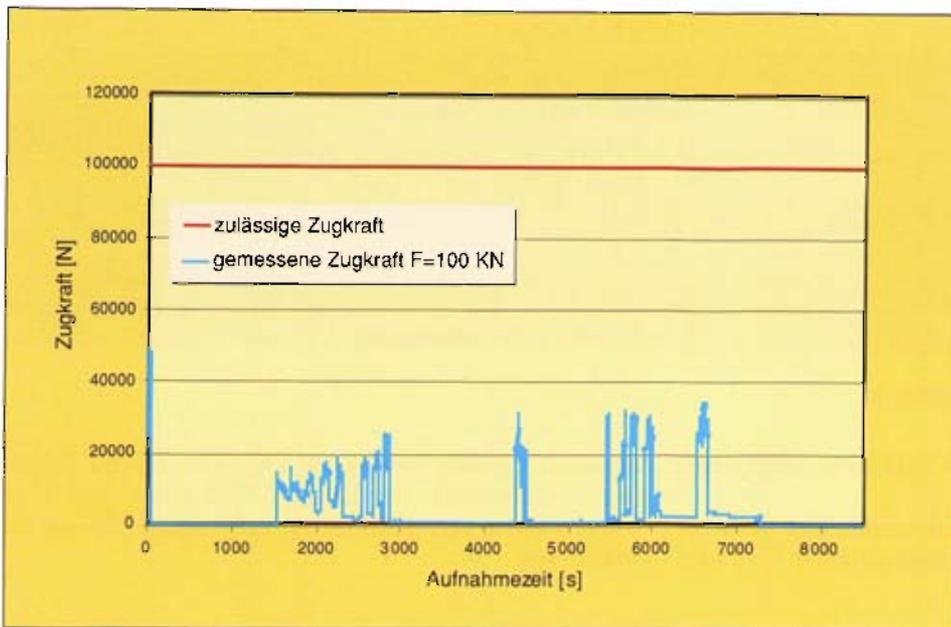


Bild 9: Auswertung der gemessenen Zugkraft in Abhängigkeit von der Zeit

messenen Zugkraft über die Zeit ist in **Bild 9** dargestellt.

Aus der mittleren Zugkraft und dem Eigengewicht des Rohrstranges ergibt sich ein mittlerer Reibungsbeiwert  $\mu$  von 0,3. Direkte Scherversuche im Labor mit Schluff und einer zementmörtelummhüllten Rohroberfläche ergaben einen Reibungsbeiwert von  $0,6 \leq \mu \leq 1,5$  [3]. Der Einfluß der Bentonit-Suspension als Schmiermittel wird aus dem Vergleich mit diesen Untersuchungen deutlich. Durch den Einsatz der Bentonitsuspension verringerten sich die Reibungskräfte um etwa die Hälfte.

### 3.5 Überprüfung der Einbautiefe

Die Genauigkeit der Lage der Rohrleitung ist beim Raketenpflugverfahren sehr stark von äußeren Parametern abhängig, wie der Bodenart, der Konsistenz des Bodens, der Leistung der Antriebsmaschine, der Position der Winde zum Pflug und der Witterung.

Das Raketenpflugverfahren basiert auf dem Prinzip der Bodenverdrängung. Die Einbautiefe folgt in der Regel dem Geländeverlauf. Im Pilotprojekt wurde deshalb die Einbautiefe mit einem elektronischen Tachymeter kontrolliert. Das Pflugschwert wurde am Startschacht in einer Tiefe von 1,82 m un-

ter Geländeoberkante eingesetzt. Durch den gleich zu Beginn der Leitungstrasse in einer Tiefe von etwa 1,0 m anstehenden Sandsteinfels wich das Pflugschwert ca. 20 cm von der Sollage nach oben aus. Im weiteren Verlauf der Einbauaktion konnte die Einbautiefe mit einer Genauigkeit von  $\pm 5$  cm eingehalten werden.

Der Längsschnitt der Rohrleitungstrasse ist unter Angabe der Einbautiefe und des Rammprofils in **Bild 10** dargestellt.

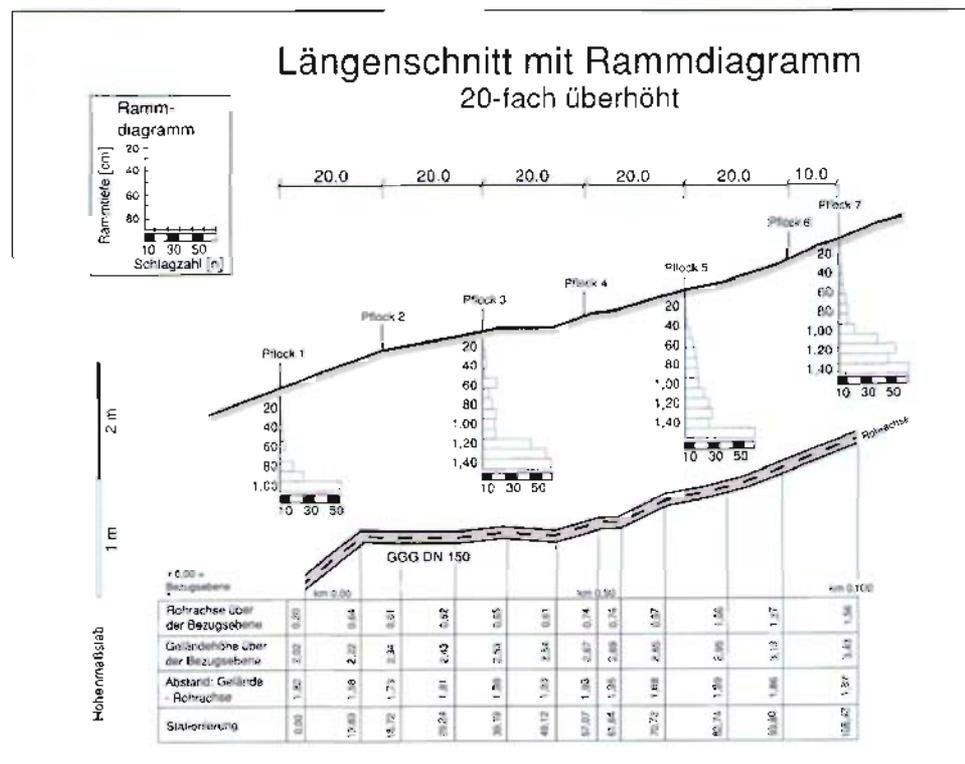
### 4. Zusammenfassung und Ausblick

In einem Pilotversuch wurde nachgewiesen, daß es möglich ist, einen vormontierten längskraftschlüssigen Gußrohrstrang DN 150 der Länge 126 Meter einzupflügen. Die wichtigsten Projektdaten sind in **Tabelle 1** (s. S. 10) zusammengefaßt.

Der hierbei verwendete Rohrpfug der Firma Föckersperger, Aurachtal, ermöglicht es derzeit, duktile Gußrohre bis DN 200 im freien Gelände je nach Bodenbeschaffenheit bis zu einer mittleren Tiefe von 1,80 Metern einzubauen.

Durch eine hohe Einbaugeschwindigkeit und die Vermeidung von Bodenaushub trägt dieses Verfahren wesentlich zur Senkung der Baukosten bei. Der Einfluß

Bild 10: Längsschnitt mit Rammprofilen entlang der Rohrleitungstrasse



Rohrleitungsnutzung:	Trinkwasserleitung
Rohrleitungslänge:	126 m
Rohrmaterial:	duktiles Gußrohr (ZM-U, TIS-K)
Rohrmennweite:	DN 150
Bodenkennwerte:	SU/SU*, TM/TA
Mittlere Einbautiefe:	1,84 m
Mittlere Zugkraft:	12,1 kN
Mittlerer Reibungsbeiwert:	0,3
Bauzeit:	1 Tag (Montage + Einziehen)

Tabelle 1: Projektdaten im Überblick

der Bentonitsuspension auf die Ziehkräfte wird noch genauer ermittelt.

Die gewonnenen positiven Erfahrungen aus dem ersten Pilotversuch und den durchgeführten Untersu-

chungen wurden inzwischen dazu genutzt, die weiteren Bauabschnitte der Längen 150 Meter und 220 Meter ebenso problemlos und in kürzester Bauzeit zu realisieren.

### Literatur

- [1] G. Walther, F.W. Günther: Einsatz von Fräs- und Pflugverfahren im ländlichen Raum – Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt  
13. Oldenburger Rohrleitungsforum 1999, S. 669–681
- [2] Norm FGR 66: Duktile Gußrohre für Horizontalbohrverfahren  
Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme, Köln, 1998
- [3] W. Riechwiien, H. G. Schoen, R. Rüdell: Untersuchungen zum Längsreibungsverband zwischen Druckrohrleitung und Grabenverfüllung  
gwf-Wasser/Abwasser. 140 (1999) II.1, S. 32

## Versuche an einem einfach gelenkigen Schachtanschluß mit einem Rohr aus duktilem Gußeisen

Von Bernhard Falter und Joachim Lenz

Der einfach gelenkige Anschluß von duktilen Gußrohren z. B. an Schachtbauwerke ist ein Beitrag zur Kosteneinsparung bei Abwasserleitungen. Auf der Grundlage von theoretischen Arbeiten [1] wurden Ende 1998 Traglast- und Dichtigkeitsversuche durchgeführt, über die im folgenden ein Zwischenbericht gegeben wird.

### Versuchsdurchführung

Bei einer relativen Setzung zwischen Schacht und Rohrleitung DN 600 ergeben sich Scherlasten, die in [1] für 25 mm Setzungsdifferenz anhand eines rechnerischen Modells zu ca.  $\max F = 150 \text{ kN}$  ermittelt wurden. Es kann davon ausgegangen werden, daß die tatsächlichen Scherlasten in der Regel kleiner sind.

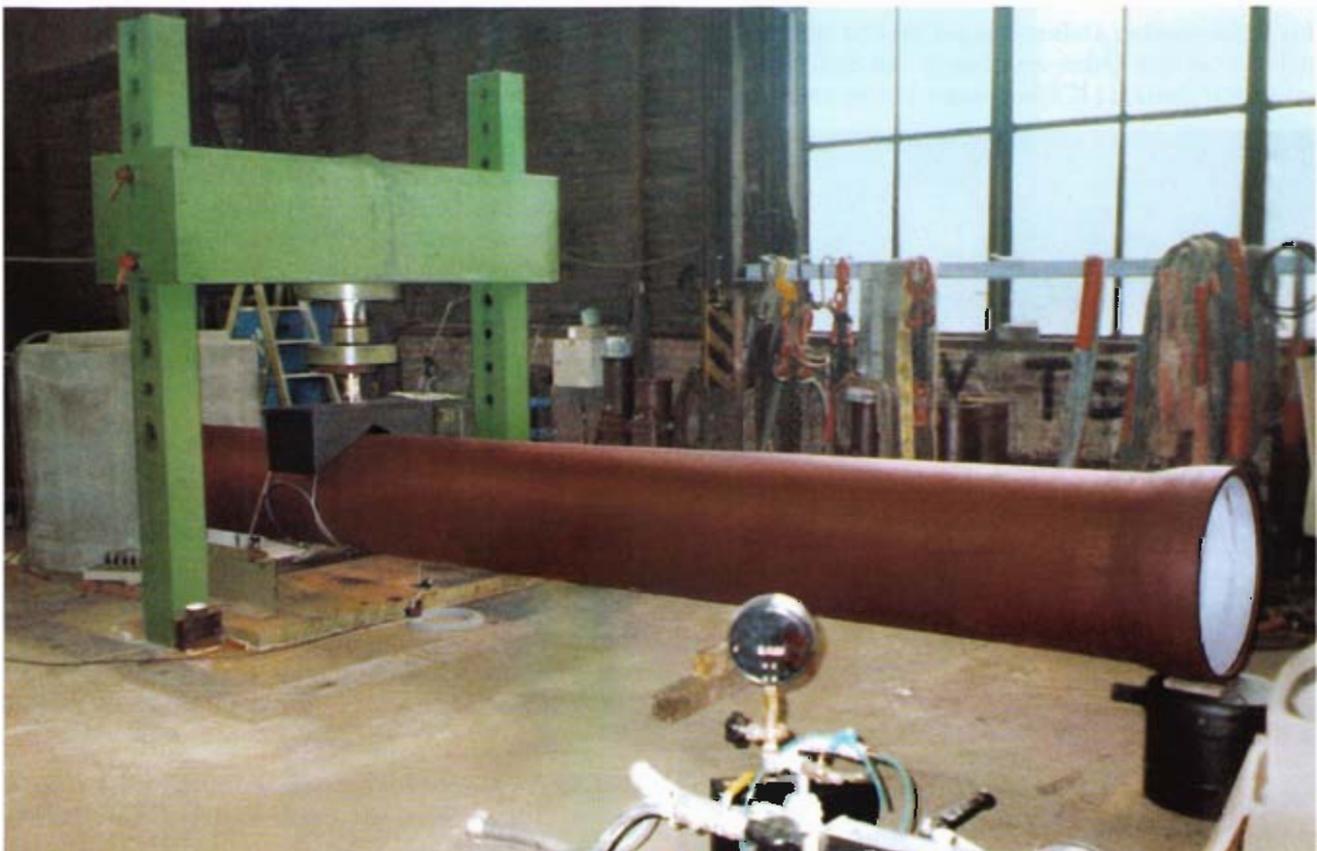
Die Versuchseinrichtung ermöglicht eine Aufbringung solcher Scherlasten über das Rohr in das Schachtanschlußstück des Betonschachtes (Bild 1). Es wur-

de ein handelsüblicher unbewehrter Betonschacht DN 1000 verwendet. Die Höhe zwischen Rohrsohle und Schachtunterkante betrug 15 cm, der Schacht wurde auf dem Betonboden mit einer 20 mm dicken Spanplattenzwischenlage gelagert.

Zur Erzielung möglichst ungünstiger Verhältnisse im Bereich des Schachtanschlusses galten die folgenden Kriterien:

1. maximaler Innendurchmesser des Schachtanschlußstücks (Paßstück als TYTON-Muffe)
2. minimal verfügbarer Außendurchmesser des Rohres
3. minimale Rohrwanddicke
4. minimale Dicke der TYTON-Dichtung
5. ungünstige maximale Abwinkelung des Rohres am Schacht (3 % nach oben)

Bild 1: Versuchsstand mit Gußrohr DN 600, Betonschacht DN 1000 und Lasteinrichtung (hydraulische Presse, Lastsattel)



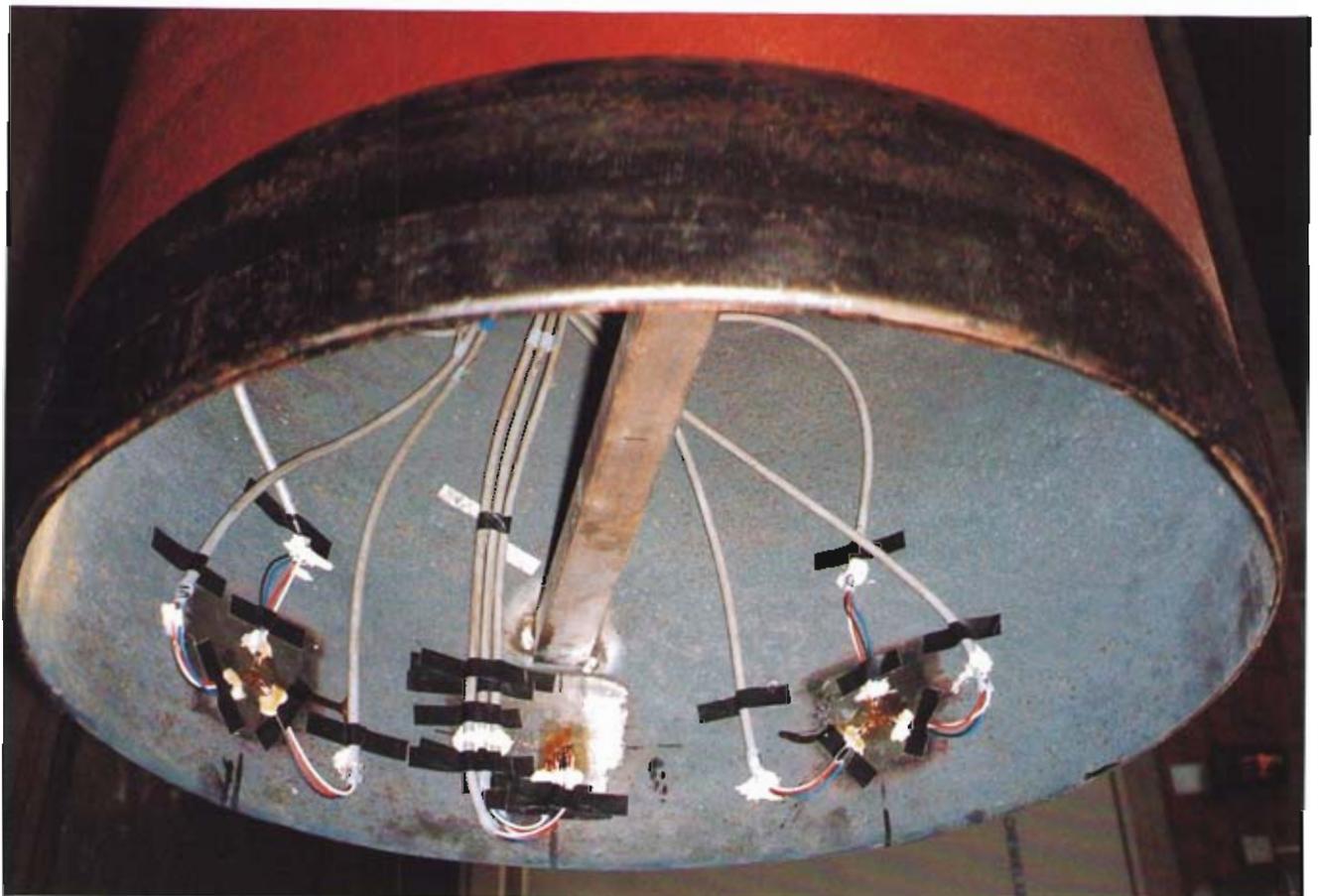


Bild 2: Anordnung von Dehnungsmessstreifen (DMS) in Rohrsohle (3 Stück, je 6 mm versetzt) und unter  $\pm 45^\circ$

Die Bedingung 1 wurde durch Bearbeitung des Zentrierbundes auf der Drehbank, die Bedingungen 2 bis 4 durch entsprechende Auswahl des Versuchsrohres und der Dichtung erfüllt.

Im Rohr wurden Dehnungsmessstreifen und Wegaufnehmer an den Orten angebracht, an denen die statische Berechnung [1] Spannungsspitzen erwarten ließ

(Bild 2, Auflager am Zentrierbund). Ferner sollte der Spannungsverlauf in Rohrlängsrichtung und das Verformungsverhalten überprüft werden.

Die Messwertaufnehmer wurden mit einer Messwertfassungsstation verbunden und die Daten zusammen mit dem Pressendruck aufgezeichnet (Bild 3).

### Ergebnisse

Die Ergebnisse sind Bild 4 zu entnehmen. Wie bereits in [1] für die Situation des Gußrohres im Boden wird auch die Versuchsanordnung mit der Finite Element Methode [2] berechnet (Bild 5). Deutlich sind die hohen Lasteinleitungsspannungen am Zentrierbund zu erkennen. Die kleineren Sprünge im Spannungsverlauf sind numerisch durch Wechsel in den Elementgrößen begründet.

Bild 6 zeigt eine Gegenüberstellung des rechnerischen Spannungsverlaufs und der drei in der Rohrsohle im Bereich des Zentrierbundes gemessenen Spannungen (vergl. Lage der DMS in Bild 2) - es ist eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse zu erkennen.

Zum Versuchsablauf ist noch zu ergänzen, daß die Scherlast am Schachtanschluß noch weiter bis etwa 200 kN gesteigert wurde. Ab etwa 150 kN Scherlast



Bild 3: Meßstand zur Erfassung und Auswertung von Daten der Dehnungs- und Verformungsaufnehmer

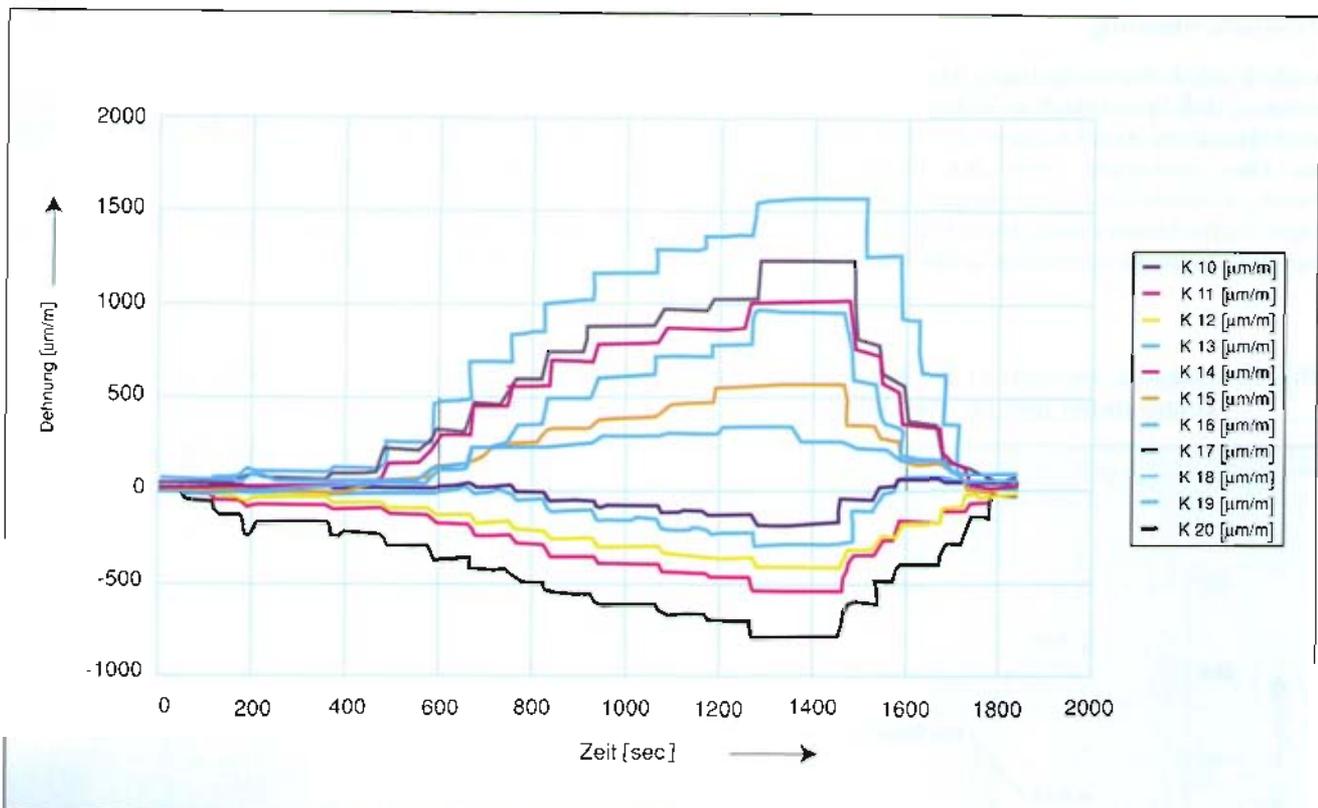
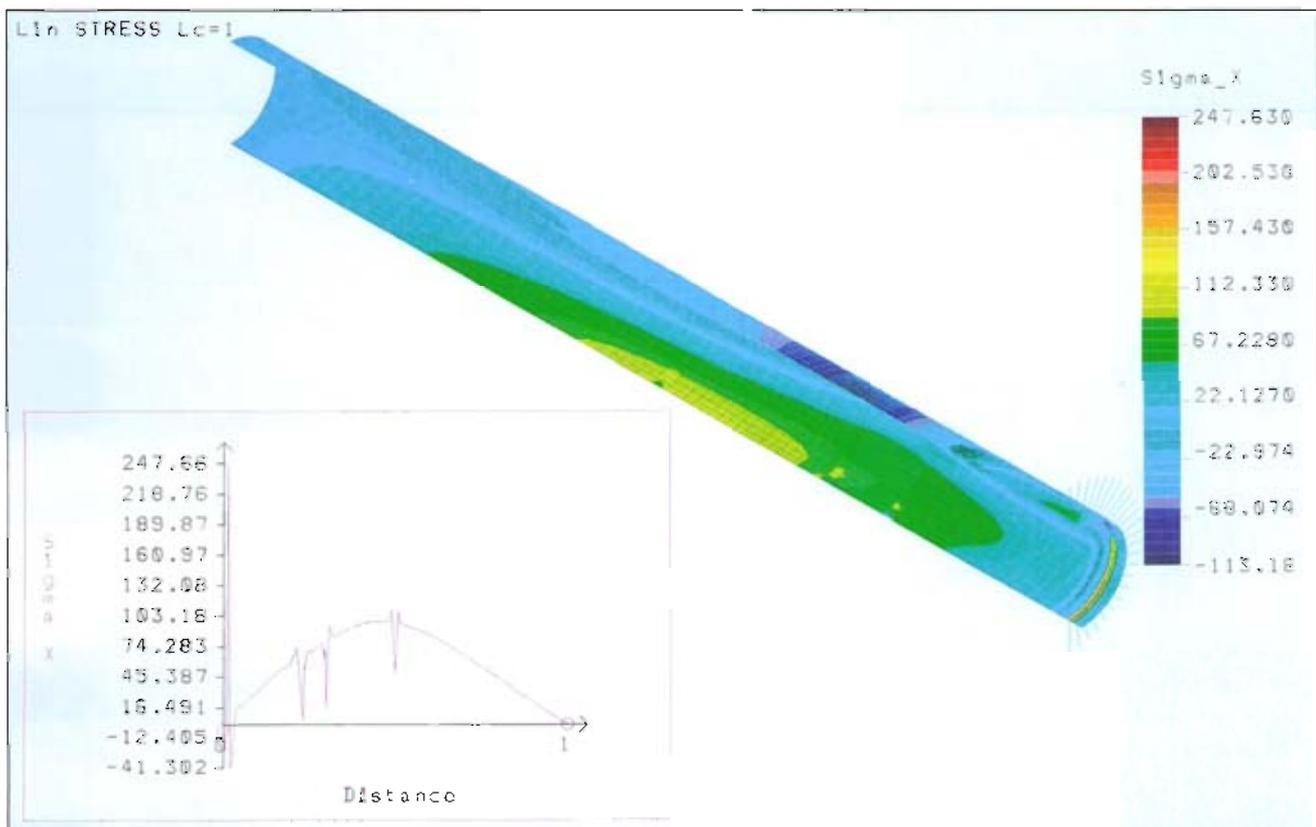


Bild 4: Auftragung der Dehnungen über der Scherlast (maximal 200 kN)

wurde das Rohr unter dem Lastsattel plastisch verformt – hiermit ist jedoch bei Erdbettung wegen der günstigeren Lastverteilung nicht zu rechnen. Auch bei der erhöhten Belastung zeigte sich kein Versagen des Schachtes.

Nach den statischen Versuchen wurden auch Dichtigkeitsversuche mit 0,5 bar Unterdruck durchgeführt. Die noch abschließend auszuwertenden Versuche zeigen eine Abhängigkeit des Prüfdrucks von der Scherlast und dem Innendurchmesser des Zentrierbundes.

Bild 5: Spannungsvorlauf in der Rohrsohle innen bei einer Scherlast von etwa 150 kN (zu beachten ist die Spannungsspitze am Zentrierbund, FEM-Struktur: rechts unten, Diagramm: links)



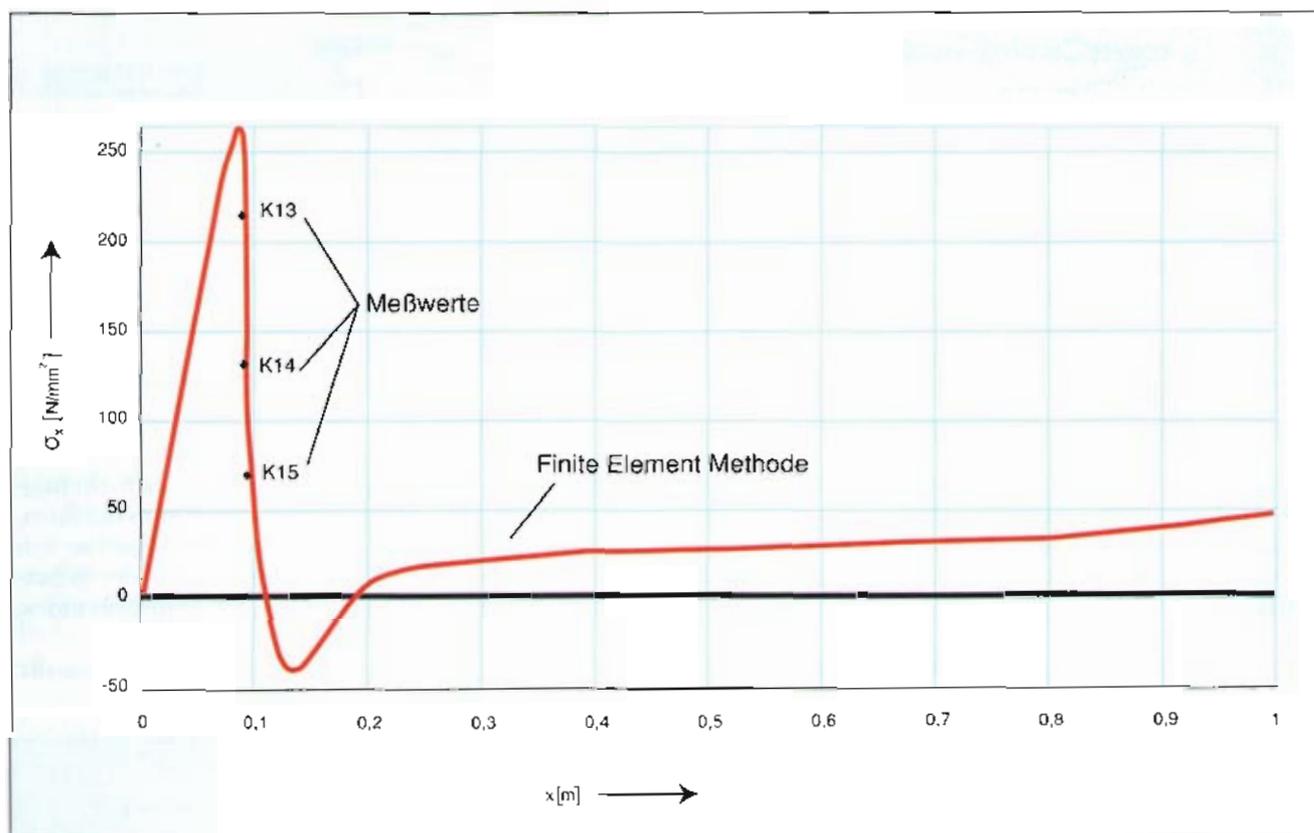
## Zusammenfassung

Vorbehaltlich der endgültigen Auswertung kann gesagt werden, daß der einfach gelenkige Anschluß bei einer realitätsnahen Kombination der Einflußgrößen dicht ist. Dies entspricht auch den Erfahrungen in der Praxis, wonach die bereits eingesetzten einfach gelenkigen Schachtanschlüsse bisher zu keinen Problemen bei der Dichtigkeitsprüfung geführt haben.

## Literatur

- [1] Falter, B.; Lenz, J.; Wielenberg, M.: Einfach gelenkige Schachtanschlüsse bei Rohren aus duktilem Gußeisen. GUSSROHR-TECHNIK 33 (1998) S. 5 bis 13
- [2] COSMOS/M Finite Element Analysis System, User Guide 2.0, 1998

Bild 6: Längsspannungen in der Rohrsohle innen bei einer Scherlast von etwa 150 kN, Randstörungen am Zentrierbund und im Abklingbereich



## Instabile Bodenverhältnisse – Rammpfähle und Kanalrohre aus duktilem Gußeisen lösen dieses Problem

Von Toralf Langner

**Einen besonders schwierigen Boden trafen die Planer im Rippachtal bei Weißenfels an: Auelehm mit eingelagertem organisch/pflanzlichem Material und Torfeinschlüssen von einer steifen bis breiigen Konsistenz. Entlastung des Bodens durch Ausheben des Grabens führt zum Anheben des Grundes, Belastung durch Leitung und Verfüllung läßt ihn wieder absinken. Die Herstellung einer betriebssicheren Leitung war mit konventionellen Mitteln nicht möglich.**

**Die Lösung: Rammpfähle aus duktilem Gußeisen, die bis zum Aufsitzen auf festem Steinuntergrund (manchmal 35 m tief) eingerammt werden.**

### 1. Einleitung:

Die weite, ebene Landschaft südlich von Leipzig wird oftmals nur durch markante Punkte wie Industrieanlagen oder auch einzelne Ortschaften unterbrochen. Um so überraschter ist man, wenn man auf die Region des Rippachtales trifft. Ähnlich dem Einschnitt eines Canyons in Nordamerika, nur längst nicht so tief, durchschneidet dieses Tal schlangenförmig die

ebene Leipziger Tieflandsbucht. Wie an einer Perlenkette aufgereiht, liegen die Ortschaften in diesem Tal angeordnet. Steigt man hinab, ändert sich – wie von oben bereits vermutet – das Landschaftsbild sehr stark. Grüne Wiesen, kleine Waldchen, bewaldete Hänge, alles das zeichnet das Landschaftsbild des Rippachtales aus.

Für eine moderne Entwässerung der Ortschaften entlang der Rippach wird ein Verbindungssammler von Hohenmölsen zur Kläranlage Wengelsdorf geplant und befindet sich seit 1994 im Bau. Nahe dem neuen Autobahnkreuz Rippachtal, der Kreuzung zwischen den Bundesautobahnen A 9 und A 38 beginnend, verläuft die Trasse des Sammlers über eine Länge von etwa 20 km bis nach Hohenmölsen. Derzeit sind etwa dreiviertel des vom Abwasserzweckverband Saale-Rippachtal Wengelsdorf benötigten Sammlers gebaut. Diese Leitungslänge schließt auch die Stüchleitungen zur Entwässerung der angeschlossenen Ortschaften mit ein. 1994 begann man mit der Nennweite DN 600, zwischenzeitlich erfolgte zwischen den Ortschaften Rippach und Poserna die Um-

Bild 1: Im Rippachtal



stellung auf die Nennweite DN 500. Stichleitungen wurden mit den Nennweiten DN 200 bis DN 300 realisiert.

Die vom Naturliebhaber geschätzten üppigen Wiesen und malerischen Biotope stellten die beteiligten Bauunternehmen während des Baus dieses Kanals oftmals vor schwierige Probleme. So hat man in den bisherigen Bauphasen eine Vielzahl von Erfahrungen gesammelt, um zu der heute angewendeten Verfahrensweise zu gelangen.

## 2. Baugrundgutachten – instabile Bodenverhältnisse

Das vor dem Baubeginn erstellte Bodengutachten beschreibt den Baugrund in weiten Teilen als einen Auelehm mit eingelagertem organisch/pflanzlichem Material sowie Torfeinschlüssen von einer steifen bis breiigen Konsistenz. Diese sogenannte Muddel – Torfanteile im Boden – erfährt während des Leitungsbaus eine Entlastung, da durch den Aushub Boden entfernt wird und damit die Sohle des Leitungsgrabens weniger Auflast enthält. Diese Entlastung bewirkt ein Anheben des Bodens unterhalb der Leitungszone. Nach Montage der Rohrleitung und mit dem anschließenden Verfüllen wird wieder eine entsprechende Last aufgebracht, und es kommt zum Absenken des vorher entlasteten Bodens. Daraus resultieren erhebliche Lagerabweichungen der eingebauten Rohre, so daß ein Kanal betriebsunfähig werden könnte.

Das Ergebnis dieser instabilen Bodenverhältnisse bewirkt, daß ein konventioneller Einbau in weiten Teilen der Sammlertrasse nicht durchführbar ist, so daß die ausführende Baufirma (Ferrum Rohrleitungsbau Dinkelscherben) von Beginn an Lösungen für dieses Problem finden mußte. Ein Auskoffern und damit Bodenaustausch wurde sehr schnell verworfen, da die breiige bis steife Konsistenz des Bodens mit den vorher beschriebenen Eigenschaften teilweise bis zu einer Tiefe von 35 m ab Rohrsohle reicht. Auch der gleichzeitige Bodenaustausch in der Leitungszone und der Einsatz von Geotextilien bzw. Betonschwellen zur Lastverteilung brachte nicht den gewünschten Erfolg. Der Einsatz von Stabilisierungssäulen aus einem Zement-Kiesgemisch konnte ebenfalls keine stabile Leitungszone garantieren, da bodenbedingt kein stabiles Bohrloch hergestellt werden konnte und das Zement-Kiesgemisch im Boden verschwand.

Überlegungen, Betonpfähle einzubauen, wurden verworfen, da für den Einbau schwere Fahrzeuge wie Pfählmischer zur Herstellung des Betons sowie das Pfahlbohrgerät selbst notwendig wären und diese nur über eine aufwendige Baustraße in die Rohrleitungs-trasse hätten gelangen können, wobei dieser Mehraufwand zusätzlich mit erheblichen Eingriffen in die Natur verbunden gewesen wäre.

Aus diesem Grund empfahl die Ferrum Rohrleitungsbau GmbH, gemeinsam mit dem Spezialtiefbauunternehmen Bauer, Schrobenausen, den Einsatz von duktilen Rammpfählen (Bild 2), da bei dieser Bauweise mit erheblich geringerem Aufwand umweltscho-



Bild 2: Duktiler Rammpfahl

nend gearbeitet werden kann, weil der für Betonpfähle geschätzte Aufwand hierbei nicht erforderlich ist.

Weiterhin besteht dabei nur ein geringer Aufwand bezüglich Wasserhaltung, da beim Einbau von Gußrohren und dem Einsatz von gußeisernen Ramppfählen die Rohrleitungszone notwendigerweise nicht völlig trocken sein muß. Damit wurde die Entscheidung für dieses Pfahlssystem noch leichter.

### 3. Duktile Kanalrohre mit TYTON-TKF-Verbindung und ZM-Umhüllung

Über die Leitungslänge gesehen, befinden sich ca. 70 % der Rohre im Grundwasser, d.h. der Einbau hätte eine aufwendige Wasserhaltung erfordert. Wegen dieser und anderer Randbedingungen, wie teilweise aggressive Böden und die besonderen instabilen Bodenverhältnisse, entschied sich der Auftraggeber, duktile Gußrohre mit Zementmörtel(ZM)-Umhüllung nach DIN 30 674 Teil 2 zu verwenden. Diese kunststoffmodifizierte mechanisch belastbare Mörtelumhüllung ermöglicht nach DIN 30 675 Teil 2 eine Verfüllung der Leitungszone mit Böden aller Klassen. Steine bis ca. 100 mm Durchmesser können in diesen, auch aggressiven Bodenmaterialien enthalten sein. Die Verbindungsbereiche wurden mit Polyethylen-Schrumpfmateriale nach DIN 30 672 geschützt. Die Möglichkeit, den anstehenden Boden gleich wieder einzubauen, stellte einen besonderen Vorteil im Bereich dieser instabilen Bodenverhältnisse dar. Weiterhin erfordern die Robustheit und Montagefreundlichkeit der duktilen Kanalrohre keinen Mehraufwand bezüglich Wasserhaltung und Bodenaustausch während des Einbaus. Die TYTON-TKF-Verbindung (Bild 3) ermöglicht es, den Rohrleitungsstrang längskraftschlüssig auszuführen. Damit werden Lageänderungen der Rohre, hervorgerufen

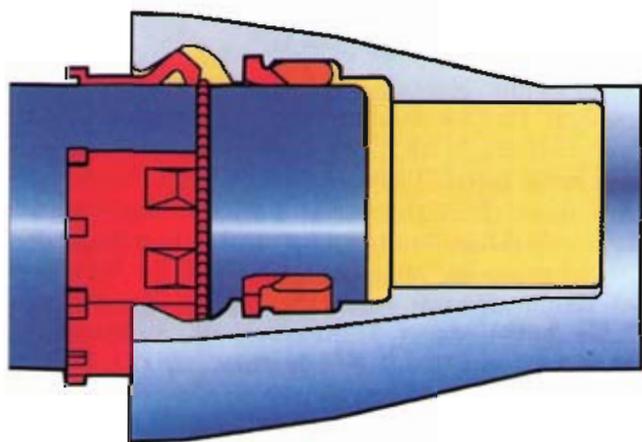


Bild 3: Querschnitt durch die TYTON-TKF-Verbindung

durch Setzungen und Bewegungen des Bodens, verhindert. Gleichzeitig ermöglicht das abwinkelbare Verbindungssystem eine Gelenkigkeit, so daß Spannungen abgebaut und Bodenbewegungen ausgeglichen werden können.

Der Einsatz der TKF-Verbindung bei den Nennweiten DN 500 und 600 war aber nicht nur durch die Montagefreundlichkeit dieses Systems bedingt. Aufgrund der geringen Mantelreibung zwischen Rohr und Boden bietet dieses längskraftschlüssige System mit dem nachträglichen Einschieben von Haltesegmenten nach dem Herstellen der TYTON-Verbindung besondere Vorteile. So ist es beim Einbau anderer Systeme zu Beginn vorgekommen, daß noch bis über eine Länge von 24 m, also über mehrere Rohrlängen, die gesamte Leitung bei der Montage eines Rohres in Längsrichtung verschoben wurde, d.h. der gesamte Rohrstrang wurde in axialer Richtung, bis in den zuletzt gesetzten Schacht, hinein durch die geringe Mantelreibung längs verschoben. Deshalb war ein Verbindungssystem mit möglichst geringen Montagekräften gefragt, um das Ineinanderschieben und gleichzeitige Durchschieben der Rohre bei einer kontinuierlichen Verlegung mit dem Bagger zu verhindern. Dies ist mit dem TYTON-TKF-System einfach machbar, da erst die Verbindung hergestellt und anschließend mit dem Einlegen der Verriegelungssegmente und deren Verteilung über den Umfang die Längskraftschlüssigkeit erreicht wird.

**Aggressive Bodenmaterialien  
und Steine bis zu  
100 mm schaden  
der ZM-Umhüllung nicht**

### 4. Das duktile Pfahlssystem

Zwischenzeitlich sind ca. 14 km des Sammlers entlang der Rippach fertiggestellt. Die Sohle des Sammlers liegt zwischen 3 und 6 m unter Geländeoberkante. Die Baulänge der Pfähle reicht, beginnend ab der Sohle des Kanals – je nach örtlichen Tiefen – über eine Länge von ca. 4 m bis 35 m. Erst auf dem Buntsandsteinhorizont sitzen die Pfähle auf. Die duktilen Ramppfähle sind somit nicht freitragend in den Boden gerammt, sondern die Pfahlänge richtet sich nach der Tiefe, in der fester Sandstein erreicht wird.

Insgesamt wurden bisher 1.500 m der Nennweite DN 600 und ca. 3.500 m der Nennweite DN 500 auf duktilen Ramppfählen eingebaut. Auch die Anschlüsse zwischen den Ortschaften zum Hauptkanal wurden dabei teilweise auf Ramppfählen aus duktilem Gußeisen verlegt. Dabei wurden ausschließlich duktile Fertigteilrammpfähle verwendet. Dieses Pfahlssystem besteht aus duktilen Schleudergußrohren mit konischen Muffen und konisch auslaufenden Einsteckenden. Die Normlänge der einzelnen Pfähle beträgt 5 m. Gußpfähle können einfach und ohne Spezialwerkzeuge im Zuge des fortschreitenden Rammvorgangs zu längeren Pfählen zusammengesteckt werden. Im Standardpfahlsortiment sind die Pfahltypen Durchmesser 118 mm mit der Wanddicke von 7,5/9,0 oder 10,6 mm und Durchmesser 170 mm mit einer Wanddicke von 9,0 und 10,6 mm lieferbar, die nach dem Rammvorgang auch mit Beton vergossen werden können. Das duktile Pfahlrohrsystem ist vom Deutschen Institut für Bautechnik in Berlin zugelassen. Für den hier geschilderten Anwendungsfall wurden Pfähle mit dem Durchmesser 118 mm eingesetzt.

## 5. Rammvorgang und Montage der duktilen Kanalrohre

Beim ersten Bauabschnitt wurden die gußeisernen Rammpfähle noch von der Geländeoberkante aus eingerammt und anschließend der Graben ausgehoben. Der Grund dieser Verfahrensweise war, daß separat ein Spezialtiefbauunternehmen vorab das Einrammen der Pfähle ausgeführt hatte und erst anschließend, mit wesentlich langsamerem Baufortschritt, der Rohrgraben ausgehoben und der Sammler eingebaut wurde.

Hierbei war es aber umständlich, den vorher gerammten Pfahl wieder freizulegen und dann in der entsprechenden Höhe abzuschneiden. Gleichzeitig war manchmal die in der Rohrleitungssohle notwendige Genauigkeit nicht mehr gegeben, da ja der Pfahlabstand an der Geländeoberkante gemessen worden war und in 3 bis 4 m Tiefe Abweichungen nicht ausgeschlossen werden konnten. Mit diesen Erfahrungen wurde beim nächsten Baufortschritt eine andere Vorgehensweise angewandt. Sie ermöglicht ein wesentlich genaueres und kontinuierliches Arbeiten, bedingt aber, daß ein zusätzlicher Bagger eingesetzt wird. So sind drei Bagger im Einsatz:

Der erste Bagger hebt den Rohrgraben auf die erforderliche Tiefe und Breite aus. Hierbei setzt man bei größeren Sohliefen aufgrund der weichen Böden einen Gleitschienenverbau ein. Bei standfesteren, wenig tieferen Lagen wurde mit Verbaubox gearbeitet.

Bild 4: Rammen der duktilen Pfähle



Bild 5: Abschneiden der Einbauhöhe

In dem ausgehobenen Rohrgraben wird nun die Position des nächsten Pfahls eingemessen. Hierbei wird darauf geachtet, daß das Auflager ca. 50 bis 70 cm hinter dem Verbindungsbereich positioniert ist. Beim Einsatz duktiler Gußrohre ist auch in großen Nennweiten ein Auflager pro Rohr völlig ausreichend. Deshalb wird je Rohr nur ein Pfahl gesetzt. Der zweite Bagger kommt als Rammbagger zum Einsatz. Der Vorteil duktiler Rammpfähle liegt auch darin, daß ein leichtes Rammgerät in Form eines Baggers verwendet werden kann. Gerammt wurde mit einem Krupp-Abbruchhammer mit einer Extraaufnahme für Rammpfähle anstelle des Meißels (Bild 4). Für die größte Tiefe mit dem längsten Pfahl von ca. 35 m Baulänge unter Kanalsohle war eine Rammzeit von ca. 2 Stunden notwendig. Durchschnittlich konnte man ca. 15 m in einer halben Stunde rammen. Hierbei wurde mit einer maximalen Kraft von 300 kN (30 t pro Pfahl) gearbeitet. Der erste Pfahl ist angespitzt, d.h. er bekommt auf das konische Einsteckende eine Spitze aus Stahl oder Gußeisen aufgesteckt.

Damit ist eine genauere Führung beim Rammvorgang gesichert. Das Stecksystem der duktilen Rammpfähle ermöglicht es, je nach notwendiger Tiefe, einen entsprechend langen Pfahl zu kombinieren. Nach dem Einrammen des Pfahls wurde der letzte Abschnitt auf die entsprechend notwendige Höhe innerhalb der Rohrleitungszone abgeschnitten (Bild 5). Während des Rammvorgangs wurde die richtige Position des Pfahls mittels Laser kontrolliert. Als Rohraullager wurde eine auf den Außendurchmesser des Rohres abgestimmte Stahlkonstruktion auf den Pfahl aufgesteckt. Dieser sogenannte Sattel aus korrosionsschutztem Stahl ist aber als gleiche Konstruktion auch aus duktilem Gußeisen lieferbar. Die Pfähle selbst sind durch den konischen Presssitz zwischen Muffe und Einsteckende zugfest.

Eine temporäre kraftschlüssige Verbindung zwischen Pfahlkopf, Rohraullager und Rohr selbst wurde mit einem Stahldrahtseil hergestellt. Damit wurde ein Ablösen des Rohraullagers vom Pfahl auch während des Einbaus durch die Neigung der Rohrleitung zum Aufschwimmen verhindert. Diese temporäre Befestigung

(Bild 6) ist nach dem Verfüllen des Rohrgrabens nicht mehr notwendig, da durch die Last des Verfüllmaterials und der Rohrleitung eine ausreichende Auflagekraft erzeugt wird. Aufgelegt wurden die Kanalrohre auf den Sattel mit einer Elastomer-Zwischenlage. Damit war es möglich, evtl. notwendige Höhenkorrekturen auszuführen.

Nach dem Absenken des Rohres in den Rohrgraben (Bild 7), Ausrichten, Einmessen mit dem Laser und Herstellen der TYTON-TKF-Verbindung konnte der Verbindungsbereich eingeschrumpft werden. Gleichzeitig begann der Vorgang des Aushubs und Pfahlsetzen von neuem für die nächste Rohrlänge. Der dritte im Einsatz befindliche Bagger konnte nun den Verbau ziehen und zuerst die Verfüllung in der Leitungszone und, nach deren Verdichten, anschließend auch die Abdeckung ausführen. Obwohl ein Mehreinsatz an Technik erforderlich war, hat sich diese Verfahrensweise als vorteilhaft erwiesen, da der Einbau genauer, einfacher und besser auf den Baustellenfortschritt einstimmbare war. So konnten am Tag zwischen drei und fünf, d. h. durchschnittlich vier Rohre eingebaut werden, was für die Verlegetiefe und die instabilen Bodenverhältnisse in diesen Trassenbereichen eine hervorragende Leistung der Baufirma darstellt. Für den Einbau von Schächten wurden jeweils drei Pfähle in Dreiecksanordnung eingerammt. Auf diese drei Pfähle wurde dann eine Stahlplatte gelegt, um ein Durchstoßen des Schachtbodens zu verhindern. Verwendet wurden druckdichte Schächte mit Schachtröhren aus Faserzement mit integrierten duktilen Schachtanschlußstücken. Damit war ein sicheres, gelenkiges und druckdichtes Anschließen an die Schächte gegeben.



Bild 6: Temporäre längskraftschlüssige Befestigung

### Zusammenfassung

Abschließend fand haltungsweise eine Dichtheitsprüfung mit Wasser statt. Daran schloß sich eine Kanal-TV-Befahrung an; mit Hilfe einer gleichzeitigen Neigungsmessung wurde das Gefälle des Kanals (1,5 bis 3 Promille) kontrolliert. Das Ergebnis war verblüffend. Zeigt doch die Bauweise, die Verwendung duktiler Ramppfähle in Verbindung mit duktilen Kanalrohren mit ZM-Umhüllung und längskraftschlüssiger TYTON-TKF-Verbindung, daß weder während des Einbaus noch später durch anschließende Bodenbewegung und Setzungen Lageabweichungen eingetreten sind. Mit dem Sammeln von verschiedenen Erfahrungen und der Suche nach neuen Möglichkeiten ist es hier gelungen, eine Bauweise zu finden, mit der das Problem von instabilen Bodenverhältnissen in weiten Teilen des Rippachtals gelöst werden konnte. Einer modernen, sicheren Abwasserentsorgung in diesem landschaftlich schönen Tal sieht nun nichts mehr im Wege.



Bild 7

## Reparatur einer unter Druck stehenden Abwasserdruckleitung aus duktilem Gußrohr mittels Rohrfrostung (Cryostop®-Verfahren)

Von Lutz Rau

**Knapp 2 ½ Stunden für das Heraustrennen eines beschädigten Rohrstückes und das Einfügen eines Reparatursets aus Formstücken, und das alles an einer nicht entleerten Abwasser-Druckleitung – das klingt beinahe sensationell. Cryostop®-Verfahren nennt sich diese Technik, bei der das betreffende Leitungsstück vereist wird, so daß nach dem Herausschneiden des Schadstückes Eispfropfen rechts und links die Leitung blockieren. So kann man in aller Ruhe die notwendige Reparatur ausführen.**

### 1. Problemstellung

Der Zweckverband Fließtal im Norden Berlins betreibt u. a. eine Abwasserdruckleitung DN 250 von 5,5 km Länge, welche seit 1993 die Gemeinden Birkenwerder und Bergfelde mit der Großkläranlage „Schönerlinde“ verbindet. Diese Leitung wurde bei Hausanschlußarbeiten durch eine Erdrakete beschädigt. Dabei entstand ein ca. 3 cm großes Loch mit leicht nach innen gerichteten Graten. Durch den verursachenden Baubetrieb wurde die Schadstelle provisorisch mit einer Schelle abgedichtet. Es war davon auszugehen, daß die Zementmörtelauskleidung im Bereich der Schadstelle ebenfalls stark beschädigt worden war. Der Zweckverband entschied deshalb, den schadhaften Rohrabschnitt durch neue Formstücke zu ersetzen. Eine Sanierung mittels Rohrbruchschelle verwarf man wegen des hineinragenden Grates und der vermutlich abgeplatzten Zementauskleidung.

### 2. Lösungsansatz

Nun hätte die Leitung entleert, getrennt, untersucht und durch den Einbau von Formstücken wieder repariert werden müssen. Das bedeutete erst einmal die Entleerung des 1,8 km langen Leitungsabschnitts, dann waren die anfallenden Abwassermengen am Pumpwerk zu entsorgen. Damit entstanden ein Zeit-, ein Transport- und ein Kostenproblem. Berechnungen ergaben, daß unter optimalen Bedingungen 5 Entsorgungsfahrzeuge 5 Stunden hätten fahren müssen, und zwar auf einem engen unbefestigten Forstweg, der nur an einer Stelle Begegnungsverkehr zuläßt. Außerdem hätten Absaug- und Einleitpunkt jeweils nur von einem Fahrzeug genutzt werden können.

Zusätzlich zu diesen logistischen Anforderungen ergä-

ben sich weitere Schwierigkeiten: Der befahrene Forstweg hätte nach Beendigung der Bauarbeiten wieder instand gesetzt werden müssen. Bei Niederschlägen wäre einerseits dieser Weg nach kurzer Zeit für schweren Fahrverkehr unpassierbar geworden, andererseits hätte sich die abzuführende Abwassermenge aus dem Pumpwerk erhöht. Die zur Zeit noch offene Baugrube der Schadstelle mußte schnellstens geschlossen werden. Da der Schaden von der Haftpflichtversicherung des Verursachers zu begleichen war, mußte unbedingt ein genauer Nachweis über die Notwendigkeit und Durchführung der kostengünstigsten Variante geführt werden.

Von den sich anbietenden Alternativen erschien das Heraustrennen unter Druck mittels Vereisungstechnologie besonders geeignet, und man beschloß, es auf seine Anwendbarkeit im vorliegenden Falle zu prüfen.

### 3. Versuchsaufbau

Der Zweckverband Fließtal sprach nun die Firma Messer Griesheim und den Hersteller des Rohres an.

Bild 1: Versuchsaufbau



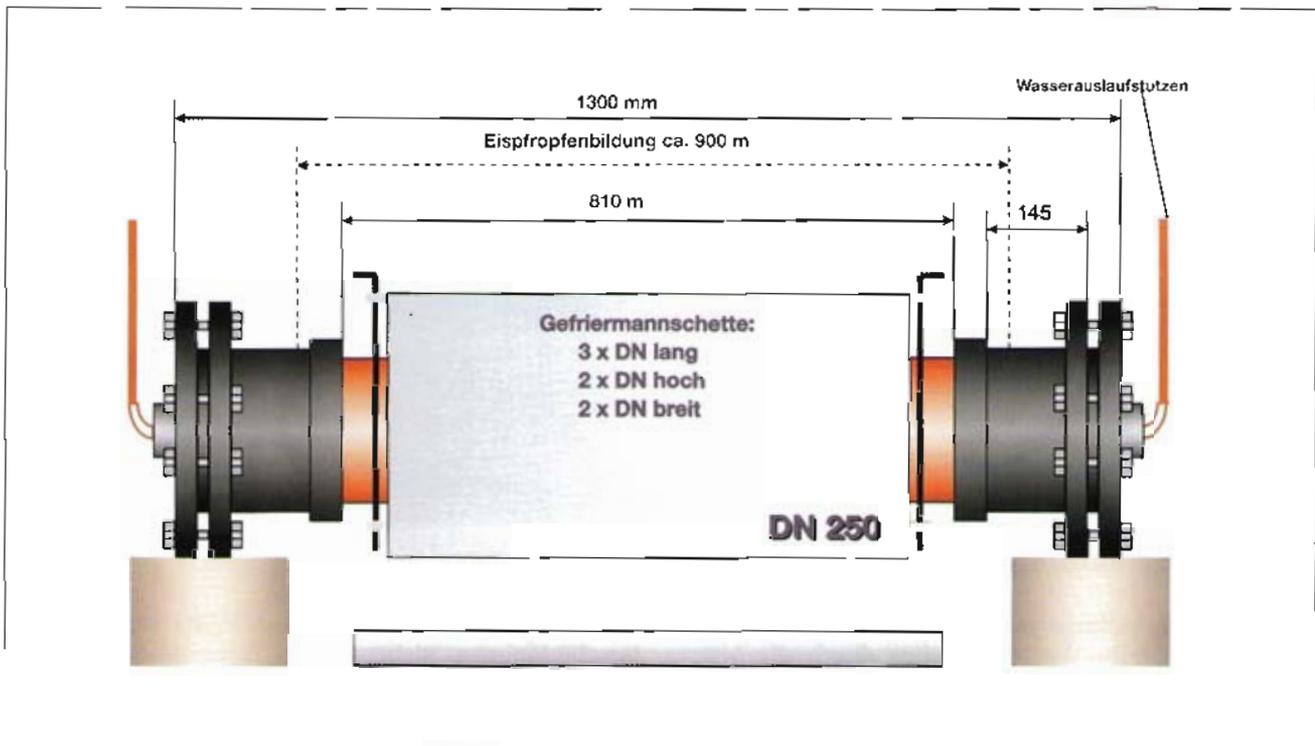


Bild 2: Grafische Darstellung des Versuchsaufbaus

Messer Griesheim verfügt über zahlreiche Erfahrungen bei der Rohrfrostung, u. a. auch aus dem Bereich der Kraftwerksanlagen. Der Technische Service des Rohrerstellers sollte eine Stellungnahme zum Materialverhalten unter folgender Zielstellung erarbeiten: „Wie werden sich das duktile Gußrohr und die Zementmörtelauskleidung verhalten, wenn das Rohr über mehrere Stunden von  $-196^{\circ}\text{C}$  kaltem flüssigen Stickstoff umspült wird und dabei das Medium vereist?“ Beide beteiligten Firmen vereinbarten einen gemeinsamen Versuch mit einem Rohr der Nennweite DN 250, um eine eindeutige Stellungnahme und Variantenempfehlung abgeben zu können. Vor Auftragsannahme sollten alle Randbedingungen eingehend geprüft werden.

Auf einen ca. 1 m langen Rohrabschnitt DN 250 eines duktilen Kanalrohrs nach DIN EN 598 wurde auf jeder Seite jeweils ein Übergangsstück mit TYTON-Verbindung nach DIN 28 603 einerseits und Flansch andererseits (EU-Stück) montiert (Bild 1). Diese EU-Stücke wurden mit Blindflanschen (X-Stücke) verschlossen. An den gebohrten X-Stücken wurden für den Druckausgleich Entlüftungs- bzw. Entleerungsröhrchen angebracht. Zur Sättigung der ZM-Auskleidung war der Rohrabschnitt mehrere Tage zuvor mit Wasser gefüllt worden. Bewußt wurde

für diesen Versuch auch ein bereits ausgesondertes EU-Stück gewählt, dessen Zementmörtelauskleidung beschädigt war (Risse, Abplatzungen). Diese Stellen wurden vor der Montage markiert, um festzustellen, ob ein Vereisen hier weitere Beschädigungen hervorrufen kann. Um den Rohrabschnitt wurde ein Edelstahlkasten, die sogenannte Gefriermanschette, montiert und abgedichtet (Bild 2). Dann begann das „Vereisen“, d. h. man ließ  $-196^{\circ}\text{C}$  kalten Stickstoff in die Gefriermanschette laufen. Mehrere Meßsonden gaben die aktuellen Temperaturwerte an den angeschlossenen Rechner weiter, der diese Werte dokumentierte (Bild 3).

Nach ca. 2,5 Stunden beruhigte sich der „brodelnde“ flüssige Stickstoff. Während der ganzen Versuchs-

Bild 3: Temperaturwerte während des Versuchs

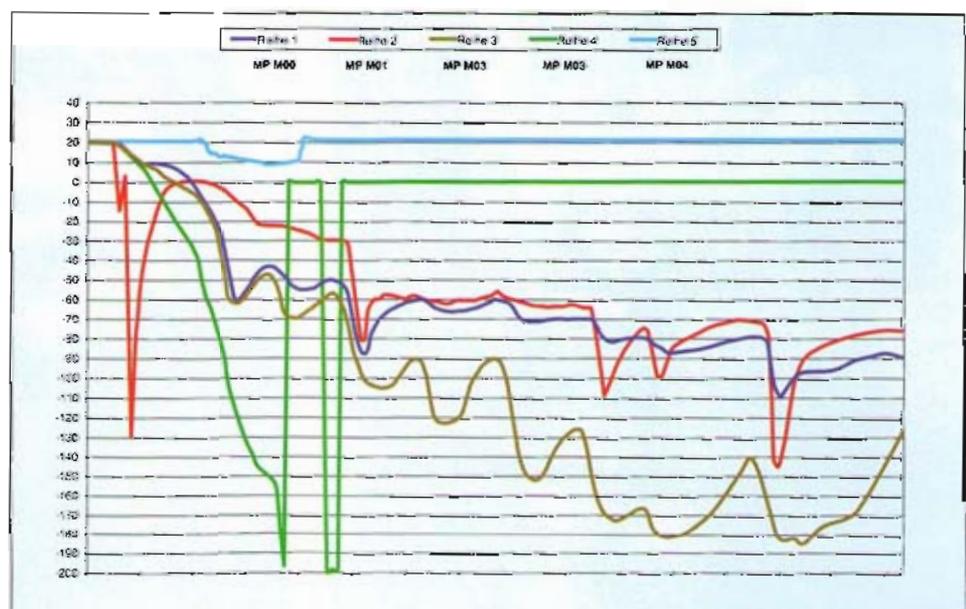




Bild 4: Rohrabschnitt mit gelöstem Eispfropfen

durchführung sickerte aus den aufwärts gerichteten Entleerungsröhren Wasser, welches durch die Volumenvergrößerung des sich entwickelnden Eiszylinders verdrängt wurde. Nachdem sich der Stickstoff in der Gefriermanschette beruhigt hatte und kein weiteres Wasser mehr an den Entleerungsröhren austrat, war das Frostieren abgeschlossen. Man konnte jetzt den in der Gefriermanschette verbliebenen Stickstoff entleeren, die Manschette demontieren und die Bolzen der X-Stücke lösen. Es war ein etwa 1 m langer Eispfropfen entstanden. Die mitvereisten Muffen der EC-Stücke zeigten keinerlei Beschädigungen. Nun wurde das Rohrstück leicht erwärmt und der Eiszylinder vorsichtig aus dem Rohr geschoben. Er war weiß, fest und in sich geschlossen. Rein visuell waren weder am Rohr

noch an den Formstücken und TYTON-Dichtungen Beschädigungen sichtbar. Die Zementmörtelauskleidungen waren einwandfrei, die markierten Stellen der Zementmörtelauskleidung des beschädigten Formstückes wiesen keinerlei zusätzliche Schäden auf. Auch die genaue Analyse im Werk des Rohrherstellers (mikroskopische Untersuchung, Schlibbild) ergab keinerlei Beschädigungen.

Während der Versuchsdurchführung überzeugte sich der Auftraggeber persönlich über die Anwendung des Crystop®-Verfahrens in diesem speziellen Fall. So konnten Messer Griesheim und der Rohrhersteller gemeinsam ihre Stellungnahme und Empfehlung an den Zweckverband Fließtal abgeben.

Bild 5: Aufbau Kältetechnik



#### 4. Praxisanwendung

Am 21.10.1998 wurden links und rechts des beschädigten Rohrabschnittes analog zum Versuchsaufbau die Kältetechnik und Baugrubenentlüftung montiert. Es liegt auf der Hand, daß hier Arbeitsschutz besonders streng eingehalten werden muß. Im Scheitelbe-

Bild 6: Deutlich sichtbare Eisplombe nach der Rohrtrennung



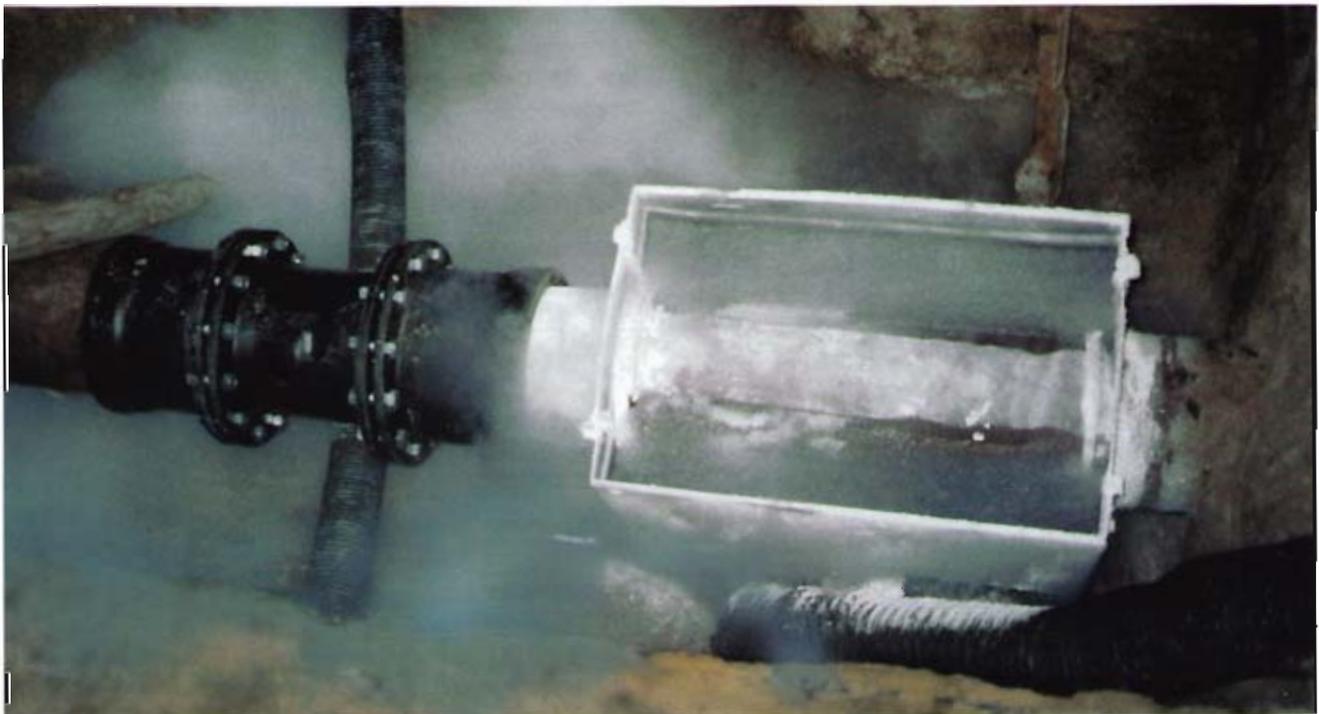
reich der Rohrleitung wurde zwischen den zu vereisenden Rohrabschnitten eine Anbohrbrücke zur Entlüftung bzw. zum Druckausgleich „gesetzt“. Das Füllen der Gefriermanschetten mit Stickstoff aus Tankwagen und das Eineisen dauerten 2,25 Stunden. Dann erfolgte die Freigabe zum Trennen des Rohres und das weitere „Halten“ der Eispfropfen durch neues Zuleiten von Stickstoff bei Bedarf. Die Eispfropfen in den Rohrenden waren gut und fest ausgebildet (**Bild 6**). Ein 600 mm langes Rohrstück wurde herausgetrennt, danach die Schnittstellen korrosionsschutzgerecht versiegelt und die zwei EU-Stücke wurden mit einem Doppelflansch-Stück (FF-Stück) problemlos montiert (**Bild 7**). Anschließend wurden die vereisten Stellen mit „weicher“ Flamme erwärmt.

Ca. 2 Stunden später konnte die Abwasserdruckleitung wieder in Betrieb genommen und die Baugrube geschlossen werden.

### 5. Schlußfolgerungen

Die Werkstoffeigenschaften des duktilen Gußeisens machen die Anwendung des Cryostop®-Verfahrens grundsätzlich möglich. Die Extremtemperaturen schaden weder dem Rohrmaterial noch der Zementmörtelauskleidung oder der Dichtung. Das Arbeiten am Rohr zwischen den vereisten Rohrabschnitten ist unproblematisch und erfordert keine gesonderte Vorsicht. Ein „Zerspringen“ oder „Platzen“ des Gußrohres durch Versprödung infolge der Tieftemperaturen kann guten Gewissens ausgeschlossen werden. Das Vereisen von Rohrleitungsabschnitten, auch größerer Nennweiten, unabhängig vom durchlaufenden Medium, stellt eine Alternative zu aufwendigen Entleerungen oder Notüberleitungen größerer Leitungen der Ver- und Entsorgung dar. Hier ist z.B. an den nachträglichen Einbau bzw. Austausch von Armaturen und Formstücken zu denken.

Bild 7: Die geschlossene Schadstelle



## Abwasserdruckleitung Halle Ost; Doppelleitung DN 400/DN 600 vom Abwasserpumpwerk (APW) Büschdorf zum Entspannungsbauwerk am Landrain

Von Annette Ueberschär und Wolfgang Rink

Wie auch auf Seite 36 wird hier der Bau einer Abwasser-Druckleitung PN 10 beschrieben. Die Suche nach der kostengünstigsten Lösung führt zu identischen Ergebnissen: Einerseits erhöht eine Druckleitung die Leitungskapazität, spart Schächte ein und reduziert die Unterhaltungskosten, andererseits ist ein Druck von 10 bar mit duktilen Gußrohren der entsprechenden Wanddickenklasse völlig problemlos.

### Einleitung

Die Hallesche Wasser und Abwasser GmbH (HWA) wurde 1993 als hundertprozentige Tochter der Stadtwerke gegründet und versorgt seither die Stadt Halle mit Trinkwasser und entsorgt das anfallende Abwasser. Das schließt die Wassergewinnung in der Saale-Elster-Aue, die Wasseraufbereitung im Wasserwerk Halle-Beesen, die Wasserverteilung über das Leitungsnetz in der Stadt und die Sicherung einer einwandfreien Trinkwasserqualität ebenso mit ein wie die Ableitung von Schmutz- und Regenwasser über das Kanalnetz bis hin zur Abwasserreinigung hauptsächlich auf den beiden Großkläranlagen Halle-Nord und Halle-Süd.

Für den Wasserzweckverband „Saalkreis“ tätig das Unternehmen die Betriebsführung. Für verschiedene Abwasserzweckverbände bzw. für einzelne Kommunen im umliegenden Landkreis-Saalkreis führt die

HWA unterschiedlichste Dienstleistungen von der kaufmännischen Beratung bis hin zum technischen Betrieb von Anlagen aus.

Im Zusammenhang mit der Gesamtsituation der Abwasserentsorgung der Stadt Halle war das Problem der Abwasserableitung und -behandlung des Entsorgungsgebietes Halle-Ost (Industrie- und Gewerbegebiet Halle-Ost, eingemeindete Ortsteile, Gemeinden, deren Entwässerungsperspektive in diesem Gebiet erfolgt) zu bewerten und zu lösen.

Nach eingehender Prüfung, bezogen auf Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit, wurde 1991 durch den Auftraggeber, die Hallesche Wasser und Abwasser GmbH, festgelegt, das Abwasser aus dem Gebiet Halle-Ost zur Kläranlage Halle-Nord überzuleiten.

Dazu wurde am Standort der Kläranlage Büschdorf ein Abwasserpumpwerk errichtet. Die technisch überholte Kläranlage selbst wurde außer Betrieb genommen. Durch diese Maßnahme erfolgte eine wesentliche Entlastung des Reidebaches.

Vom APW Büschdorf aus muß das Abwasser über ca. 6,5 km zu einem Hochpunkt im Stadtteil „Frohe Zukunft“ gepumpt werden. Mittelfristig können von dort aus die anfallenden Abwassermengen über ein vorhandenes Freigefällesystem zur neuen Kläranlage Halle-Nord abgeleitet werden. Die Ableitung der Abwässer des Gebietes Halle-Ost erfolgt über ein Mischsystem

Tabelle 1: Hydraulische Betriebsdaten

Einzelbetrieb	
DN 400	
Durchflußmenge = min. 83 l/s bis max. 194 l/s	v = min. 0,7 m/s bis max. 1,5 m/s
DN 600	
Durchflußmenge = min. 167 l/s bis max. 444 l/s	v = min. 0,6 m/s bis max. 1,5 m/s
Parallelbetrieb mit Druckausgleich	
Durchflußmenge = min. 278 l/s bis max. 611 l/s	v = min. 0,7 m/s bis max. 1,5 m/s

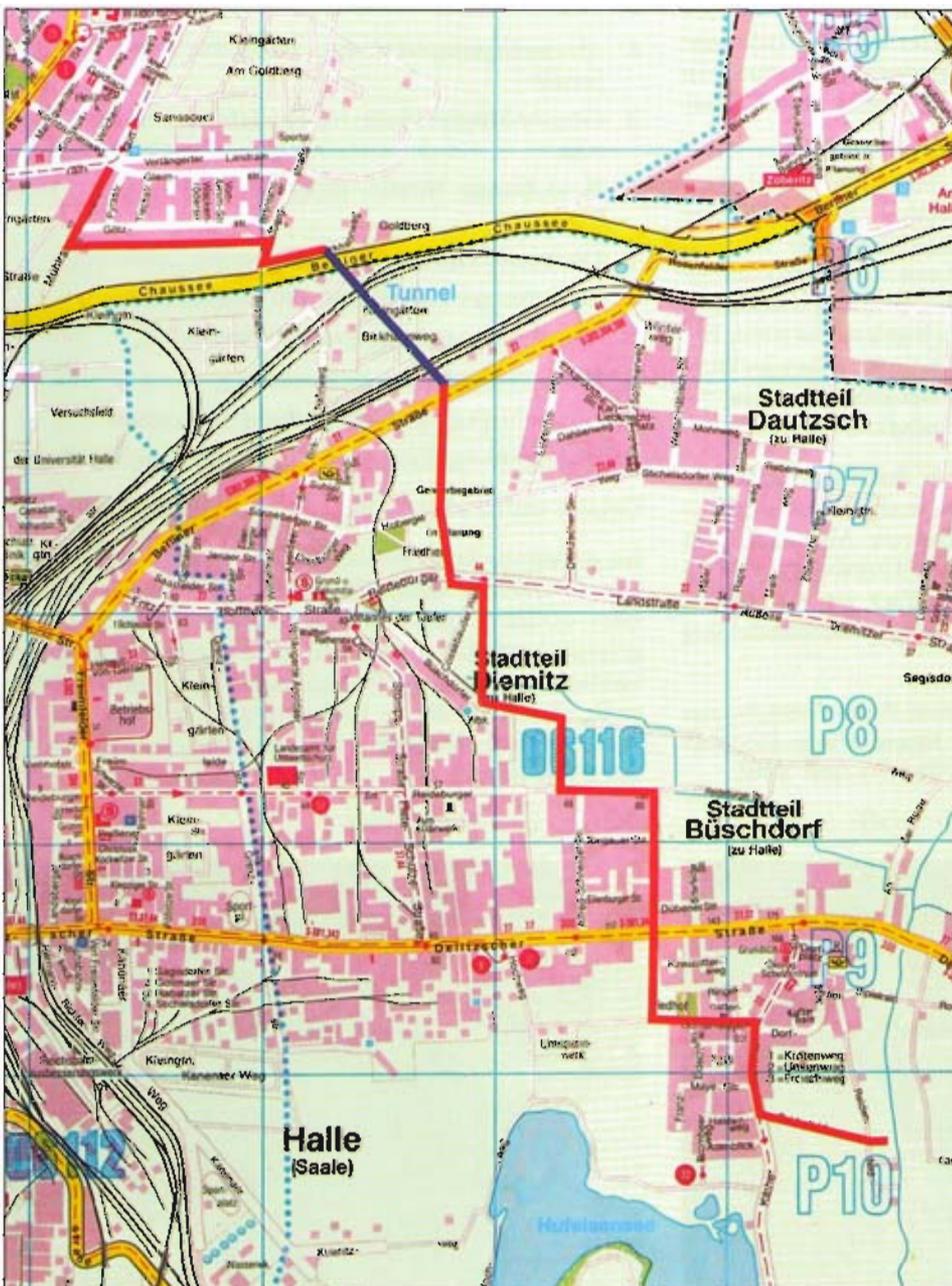
zum Standort des APW Büschdorf. Die neu zu erschließenden Stadtrandgemeinden und Abwasserzweckverbände werden im Trennsystem angeschlossen. Für das Abwasserpumpwerk ist ein Ausbau in drei Stufen vorgesehen.

## Planung

Unter Berücksichtigung der ermittelten zu transportierenden Abwassermengen und der Bewertung der im Betrieb möglichen unterschiedlichen hydraulischen Lastfälle wurde vom Auftraggeber entschieden, daß die 6,5 km lange Druckleitung vom Pumpwerk Büschdorf zum Entspannungsbauwerk Landrain als Doppelleitung DN 400 und DN 600 ausgeführt wird.

Im Abschnitt zwischen Berliner Straße und Birkhahnweg wird dabei Gelände der Deutschen Bahn AG mit 14 Gleisstrassen und die Hauptfernverkehrsstraße B 100, Halle-Bitterfeld mit einem 590 m langen Tunnel im Vortrieb unterfahren (Bild 1).

Bild 1: Übersichtsplan der Abwasserdruckleitung



Unter Beachtung der statischen und dynamischen Druckverlusthöhen sowie der von der TU-Dresden durchgeführten Druckstoßberechnung wurde ermittelt, daß die Doppelleitung DN 400 und DN 600 für die Druckstufe PN 10 auszulegen ist.

Im Vorfeld der Inbetriebnahme des APW Büschdorf war davon auszugehen, daß vor allem in den ersten Monaten des Pumpbetriebes geringe zu fördernde Abwassermengen zu erwarten sind. Als Ursachen dafür sind der vorläufig noch geringe Anschlußgrad an das Abwasserpumpwerk und die niedrigen durchschnittlichen Niederschlagsmengen in den Sommermonaten anzusehen. Aufgrund der dadurch zu erwartenden relativ hohen Verweilzeiten des Abwassers in der Druckleitung mußte schon in der Planungsphase einer evtl. möglichen Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ )-Bildung Beachtung geschenkt werden.

Eine Studie ergab, daß gezielte Maßnahmen zur Unterbindung der  $H_2S$ -Bildung vorzusehen waren, um der Gefährdung von Arbeitskräften, Geruchsbelästigungen und korrosiven Angriffen vorzubeugen. Nach sorgfältiger Prüfung der dazu in Frage kommenden Verfahren wurde eine Anlage zur pH-Wert-Regulierung im Abwasserpumpwerk installiert.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im gesamten Trassenbereich der Abwasserdruckleitung Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse wurden jeweils in Baugrundgutachten [1] zusammengestellt. Nach Aussage des Gutachters waren in einigen Bereichen in Höhe der Rohrzone grundwasserführende, nicht standfeste Böden zu erwarten. Der Gutachter forderte, daß dort, wo im Bereich der Kanalsohle derartige Böden anstehen, verdichtungsfähiges Material eingebaut wird. Die Mächtigkeit dieses, unter der Kanalsohle eingebauten Ersatzbodens muß mindestens 0,5 m betragen, und er muß lagenweise ordnungsgemäß verdichtet werden.

Zwischen dem nicht tragfähigen Baugrund und dem Ersatzboden sollte ein Geotextil (Filtervlies) verlegt werden, um ein Eindringen bzw. Vermischen des Ersatzbodens mit dem aufgeweichten Baugrund zu vermeiden.

Unter Berücksichtigung des ermittelten Anforderungsprofils

- Innendruck (Betriebsdruck, Prüfdruck, Druckstöße)
- äußere Belastungen (Überdeckung, Verkehrslast usw.)
- Baugrund (teilweise Grundwasser, nicht standfeste Böden, Auffüllungen usw.)
- Kreuzung von Verkehrswegen (Deutsche Bahn AG, Bundesstraße usw.)
- Aggressivität des Abwassers (evtl. mögliche  $H_2S$ -Bildung)

entschied der Auftraggeber, daß für die zu bauende Doppelleitung DN 400/DN 600, Rohre aus duktilem Gußeisen nach DIN EN 598 [2] mit der Wanddickenklasse K 9 entsprechend DIN EN 545 [3] eingesetzt werden.

Der zulässige Bauteilbetriebsdruck (PFA) beträgt bei duktilen Rohren mit dieser Wanddicke 42 bar für DN 400 und 36 bar für DN 600. Der höchste zulässige Bauteilbetriebsdruck (PMA) (inclusive eventuellem Druckstoß) beträgt 51 bar für DN 400 und 43 bar für DN 600.

Duktile Gußrohre sind hoch belastbar. Sie haben große Sicherheitsreserven gegenüber in der Planung nicht vorhersehbaren Belastungsfällen. So können Rohre DN 400 und DN 600 mit der Wanddickenklasse K 9 mit einer Mindestüberdeckung von 0,3 m bei einer Verkehrslast  $SNW 60$  eingebaut werden. Bei Dammbedingungen ist eine maximale Überdeckung von 12 m bis DN 400 und 8 m bei DN 600 ohne gesonderten statischen Nachweis möglich.

Die Zementmörtel-Auskleidung duktiler Gußrohre auf Basis Tonerdezement ist hoch abriebfest und beständig gegenüber stark aggressiven Abwässern. In einem Gutachten der Universität Hamburg [4] wird bescheinigt, daß sie auch gegenüber einem starken biogenen Schwefelsäureangriff sehr widerstandsfähig ist.

Der Außenschutz der eingesetzten Rohre besteht aus einem Zink-Überzug mit einer bituminösen Deckschichtung entsprechend DIN 30 674, Teil 3 [8].

Bild 2: Durchpressung Berliner Straße



Bild 3: Bauabschnitt Reideburger Landstraße/Diemitzer Graben

#### Ausführung

Zur Bauausführung wurde die Leitung in 9 Bauabschnitte aufgeteilt.

#### Bauabschnitte

1. Abwasserpumpwerk Büschdorf bis Günter-Mayer-Straße
2. Günter-Mayer-Straße bis Reideburger Straße/Bierrain
3. Reideburger Straße/Bierrain bis Diemitzer Graben
4. Diemitzer Graben bis Reideburger Landstraße
5. Reideburger Landstraße bis Teppichdomäne
6. Teppichdomäne bis Berliner Straße
7. Berliner Straße bis Birkhahnweg
8. Birkhahnweg bis Birkhahnweg/Götzstraße
9. Birkhahnweg/Götzstraße bis Landrain/Mühlrain

Gebaut wurde abschnittsweise von 1993 bis 1998.

Im gesamten Trassenbereich, ausgenommen die Mantelrohrstrecken (Bild 2), wurden die Rohre gemäß DIN 4033 [5] auf einem verdichteten Sandbett eingebaut. Lediglich im Kreuzungsbereich des Diemitzer Grabens wurde das Rohraullager aus Beton hergestellt. Für die restliche Einbettung seitlich und bis 30 cm über Rohrscheitel wurde ebenfalls Sand verwendet (Bild 3).

Bild 4: Bau des Tunnels



Im 1. und 2. Bauabschnitt erfolgte die Sicherung der Krümmer mit Betonwiederlagern nach DVGW-Arbeitsblatt GW 310, Teil 1 und Teil 2 [6]. In den restlichen Bauabschnitten waren im Bereich der Rohrleitungstrasse fast nur noch beengte innerstädtische Verhältnisse anzutreffen. Zur Sicherung der Krümmer wurden deswegen überwiegend Rohre mit den längskraftschlüssigen Verbindungen TKF (DN 600) und TIS-K (DN 400) gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [7] eingebaut.

Die *nicht* längskraftschlüssige TYTON-Verbindung ist wegen ihres hohen elektrischen Widerstandes als elektrisch trennend zu bewerten. Bei den längskraftschlüssigen Verbindungen TKF und TIS-K ist diese elektrische Trennwirkung nicht mehr gegeben. Bei der Kreuzung von stromführenden Anlagen (Bahn, Straßenbahn, kathodisch geschützte Stahlleitungen) oder dem Einbau parallel zu stromführenden Anlagen war deswegen zu prüfen, ob evtl. eine unzulässige Beeinflussung durch vagabundierende Streuströme möglich sein könnte. Um einer Gefährdung vorzubeugen, wurden daher auf Empfehlung eines Experten an zwei ausgewählten Stellen Potentialmeßstellen eingerichtet.

Im Bereich der Bauabschnitte 3 und 4 wurde in Höhe der Rohrzone Grundwasser angetroffen. Dort wurden, um die Drainwirkung des Rohrgrabens zu unterbinden, im Abstand von ca. 30 m quer zur Trasse Betonriegel eingebaut.

Im Abschnitt zwischen Berliner Straße und Birkhahnweg war im Zuge der Kreuzung des Geländes der Deutschen Bahn AG mit 14 Gleistrassen und der Hauptfernverkehrsstraße B 100, Halle-Bitterfeld, die Errichtung eines aufwendigen und technisch anspruchsvollen Kreuzungsbauwerkes erforderlich. Zur Ausführung stand eine Bauzeit von nur 49 Tagen zur Verfügung. Dabei mußten die ständige Befahrbarkeit der Gleise und die Einhaltung sicherheitsrelevanter Auflagen des Eisenbahnbundesamtes gewährleistet werden.

Bild 5: Auflagerkonstruktion im Tunnel

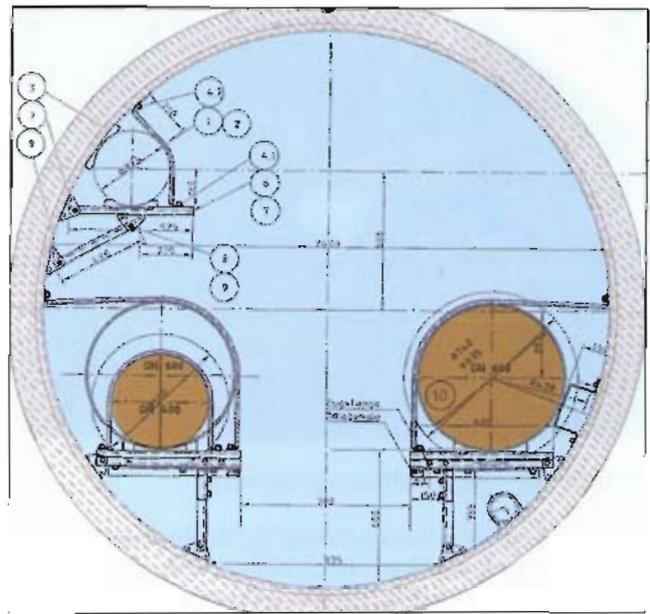


Bild 6: Belegung im Tunnel

Auf einer Gesamtlänge von 590 m wurde ein kreisrunder Stahlbetontunnel in einer Tiefe von ca. 8 m hergestellt. Dazu wurden 148 St. 4,0 m lange Stahlbetonrohre mit einem lichten Innendurchmesser von 2,40 m im Vortrieb eingebaut (Bild 4).

Nach der Fertigstellung des Tunnels erfolgte der Einbau der duktilen Kanalrohre DN 400 und DN 600 mit längskraftschlüssigen TYTON-Verbindungen auf vorher montierten Auflagerkonstruktionen (Bild 5 und 6). Der Stützabstand der Auflager beträgt 3,00 m (Bild 7). Die duktilen Kanalrohre wurden mit einem Gabelstapler und einem Montagewagen in den Tunnel gefahren. Nach Erreichen des Einbauortes wurden die Rohre dann mit Hilfe des Gabelstaplers auf die Auflagerkonstruktion gesetzt. Anschließend erfolgte die sichere und leichte Montage der längskraftschlüssigen TYTON-Verbindung. Da trotz der mechanischen Verriegelung der Verbindungen bei der

Bild 7: Tunnel mit eingebauten Rohren





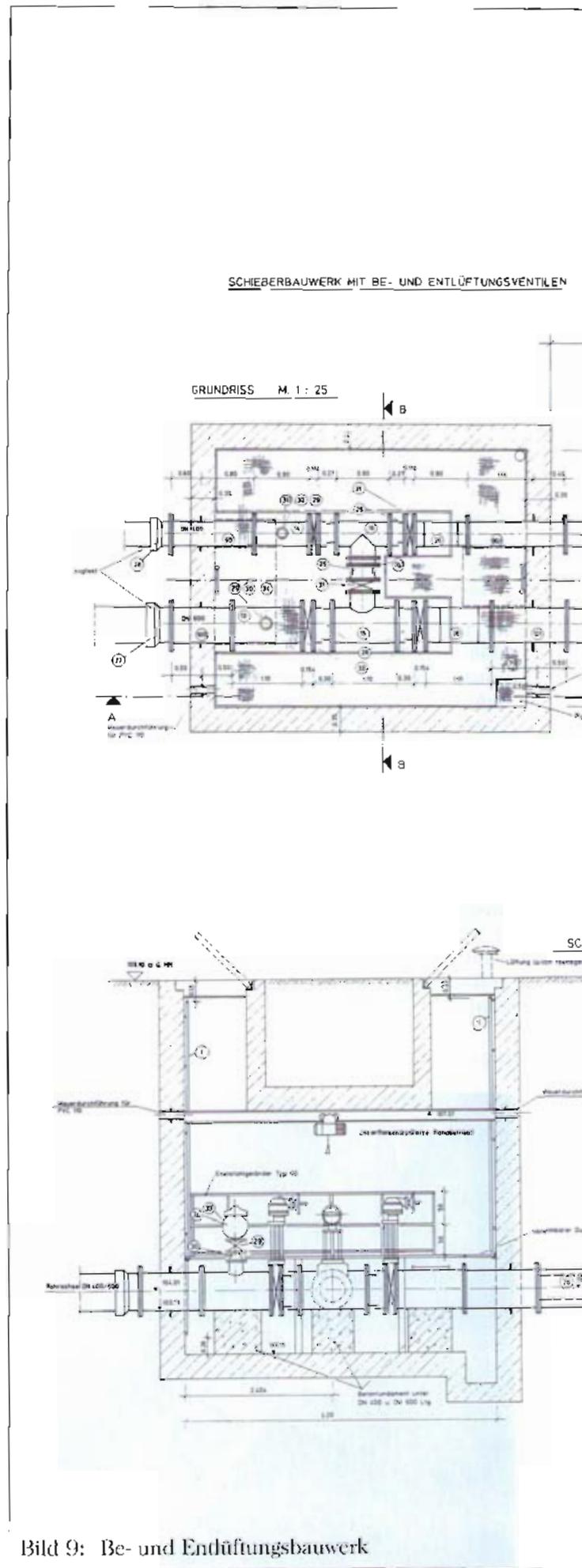
Bild 8: Be- und Entlüftungsbauwerk

abschließenden Druckprüfung noch Reckwege zu erwarten waren, wurden die Schellen, mit welchen die Rohre auf den Auflagerkonstruktionen befestigt werden sollten, vorerst nur lose montiert, nach dem Recken der Leitung bei der abschließenden Druckprüfung wurden die Schellen dann angezogen und dabei zur elektrischen Trennung zwischen Schelle und Rohr eine Hartgummi-Zwischenlage angebracht\*.

An den beiden Enden des begehbaren Tunnels wurden Ein- und Ausstiegsbauwerke errichtet, am Knickpunkt III zusätzlich ein Schieberbauwerk mit einer automatischen Be- und Entlüftungseinrichtung (Bild 8 und 9).

\* Weitere Details zum Einbau der Rohre in den Tunnel enthält der Beitrag auf Seite 31.

Bild 10: Entleerungseinrichtung





Insgesamt waren auf der 6,5 km langen Trasse 6 Bauwerke mit automatischen Be- und Entlüftungseinrichtungen erforderlich, an 4 Stellen wurden Möglichkeiten zur Entleerung vorgesehen (**Bild 9**).

### Zusammenfassung

Nach einer Bauzeit von 5 Jahren wurde eine für die Abwasserentsorgung der Stadt Halle wichtige Maßnahme abgeschlossen. In diesem Zeitraum wurde unter teilweise schwierigen Randbedingungen eine ca. 6,5 km lange Abwasserdruckleitung (Doppelleitung DN 400/DN 600) mit Rohren aus duktilem Gußeisen gebaut.

Die Inbetriebnahme der Abwasserdruckleitung Halle-Ost erfolgte im August 1998.

Zur reibungslosen Verwirklichung des Projektes hat die gute Zusammenarbeit aller Beteiligten entscheidend beigetragen.

### Literatur

- [1] Baugrundgutachten GEO scan®  
Ingenieurgeologisches Büro GmbH, 06198 Salzmünde
- [2] DIN EN 598  
Röhre, Formstücke, Zubehöerteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung  
Ausgabe September 1994
- [3] DIN EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehöerteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen  
Ausgabe November 1994
- [4] Untersuchung zur Beständigkeit von Zementmörtel-Auskleidungen duktiler Gußrohre gegenüber biogener Schwefelsäurekorrosion  
E. Block, W. Sand, K. Kürstein u. J. Rammelsberg  
Institut für Allgemeine Botanik Universität Hamburg  
GUSSROHR-TECHNIK 25 (1990), S. 23-28
- [5] DIN 4033  
Entwässerungskanäle und -leitungen Richtlinien für die Ausführung  
Ausgabe November 1979  
(Die DIN 4033 wurde zwischenzeitlich durch die DIN EN 1610 ersetzt)
- [6] DVGW-Arbeitsblatt GW 310, Teil 1 und Teil 2  
Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen und Abzweigen mit *nicht* längskraftschlüssigen Verbindungen
- [7] DVGW-Arbeitsblatt GW 368  
Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nicht längskraftschlüssiger Rohrverbindungen  
Ausgabe April 1973
- [8] DIN 30 674, Teil 3  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen  
Zink-Überzug mit Deckbeschichtung  
Ausgabe September 1982

## Einbau einer duktilen Abwasserdruckleitung DN 600 und DN 400 in einem Schutzrohr aus Stahlbeton DN 2400 in Halle/Ost

Von Joachim Geßler, Ulf Gorny, Gottfried Herbst, Manfred Melzer, Rainer Rühl und Olaf Schmidt

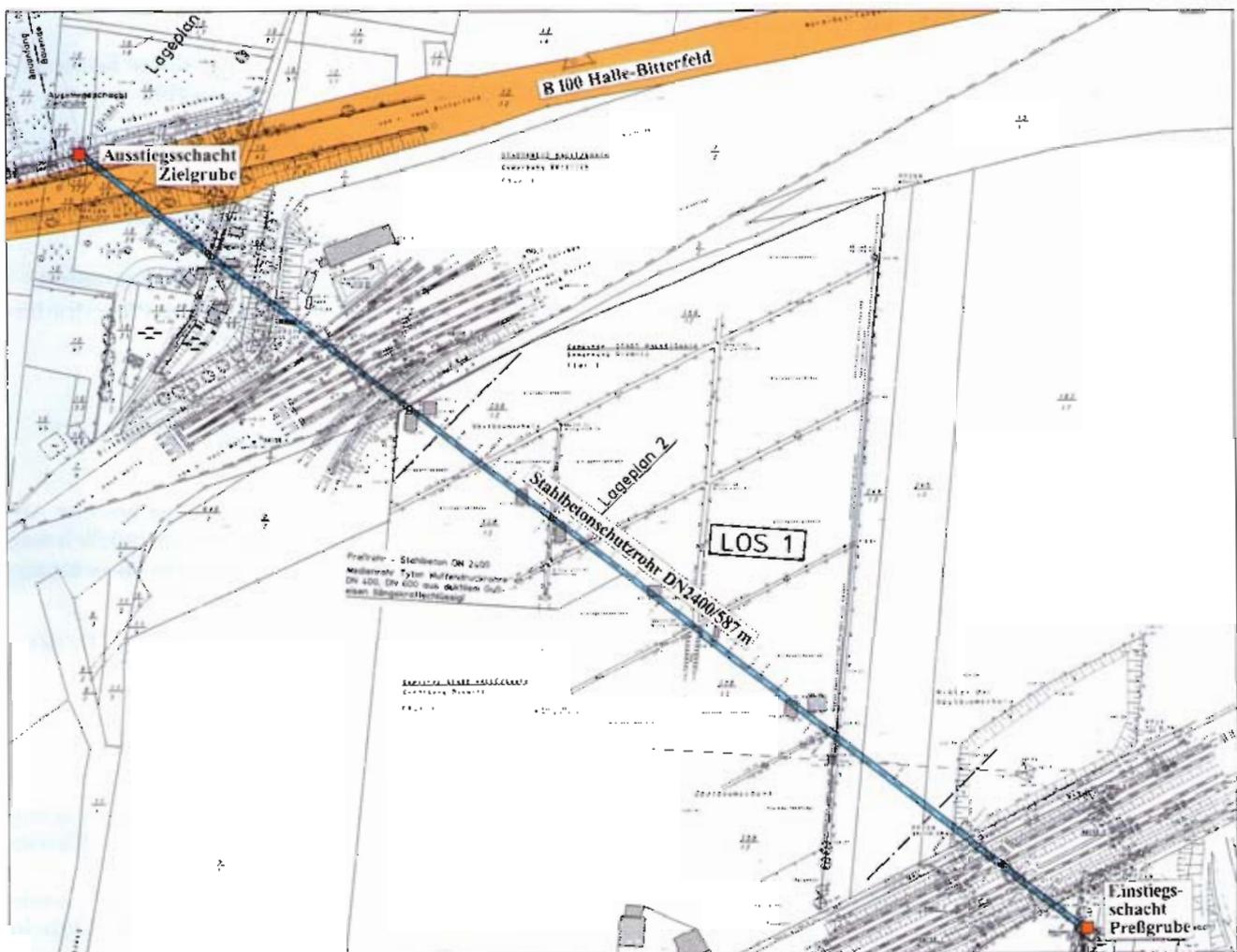
Der Beitrag auf Seite 24 beschreibt das Zustandekommen der gesamten Abwasserdruckleitung von Halle/Ost zum Stadtteil „Frohe Zukunft“. Im vorliegenden Bericht wird ein Teilstück besonders behandelt; der 587 m lange Tunnel unter den Bahngleisen und der B 100.

Tunneleinbauten haben ihre eigene Problematik, die vor allem im Bereich Auflagerung und Reckverhalten der Leitung liegt. Die Lösung dieser spezifischen Anforderung wird hier ausführlich beschrieben.

### 1. Technische Ausführung des Vortriebes für das Stahlbetonschutzrohr DN 2400

Zur Unterquerung von 14 Gleistrassen der Deutschen Bahn sowie der Hauptfernverkehrsstraße B 100 Halle – Bitterfeld (Bild 1) auf einer Gesamtlänge von 587 m wurde ein kreisrunder begehbare Stahlbetontunnel im unterirdischen Rohrvortrieb aus vorgefertigten Stahlbetonrohren geplant, in dem zwei Abwasserdruckrohrleitungen aus duktilem Guß Eisen verlaufen. Der Tunnel mit einem lichten Innendurchmesser von 2,40 m sollte in etwa 6,0 m Tiefe erstellt werden.

Bild 1: Lageplan Durchörterung



Eine Absenkung des Grundwassers für die Herstellung war nicht möglich. Die Sicherung der Gleistrassen erfolgte durch den Einbau von Kleinhilfsbrücken.

Anhand der Ergebnisse von Variantenuntersuchungen in der Vorplanung wurde als Preßrohr ein Stahlbetonschutzrohr DN 2400 mit einem Außendurchmesser von 2.900 mm vorgesehen. Bei der Auslegung der Größe mußten folgende Hauptkriterien seitens des Auftraggebers erfüllt werden:

- begehbarer Kanal
- günstige Reparaturmöglichkeiten
- Platz für weitere Medienbelegung
- Platz für eventuelle Nennweiterhöhung der Leitung DN 400 auf DN 600

Das Schutzrohr DN 2400 wurde ständig steigend gepreßt. Dadurch verlaufen die Medienrohre (duktile Gußrohre) DN 400 und DN 600 auch ständig steigend in Druckrichtung des Abwassers.

## 2. Befestigung der duktilen Gußrohre im Stahlbetonschutzrohr

Maßgebend für die Auflagerkonstruktion war die Frage des Verhaltens der Leitung im Lastfall „Prüfdruck“.

Der Betriebsdruck der Abwasserdruckleitung liegt unter 5 bar. Laut Druckstoßberechnung ist mit einer maximalen Druckbelastung unter 10 bar zu rechnen. Der Prüfdruck wurde deshalb mit 16 bar angesetzt.

Rechnerisch ist bei der Druckprüfung (16 bar) eine maximale Axialkraft von 231,3 kN (DN 400) und von 506,7 kN (DN 600) zu erwarten. Bei genauer Einhaltung der Montagetechnologie für die gewählte TIS-K-Verbindung liegen die tatsächlichen Kräfte deutlich darunter (siehe dazu Abschnitt 3). Zur Sicherheit wurden aber die theoretischen Maximalkräfte bei der Druckprüfung zur Auslegung der Auflagerkonstruktion zum Ansatz gebracht.

Bild 2: Rohrbelegung im Schutzrohr

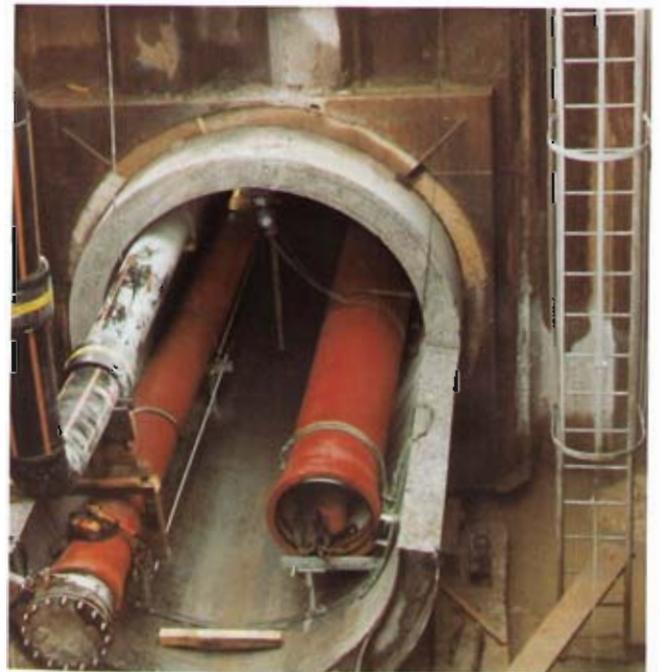
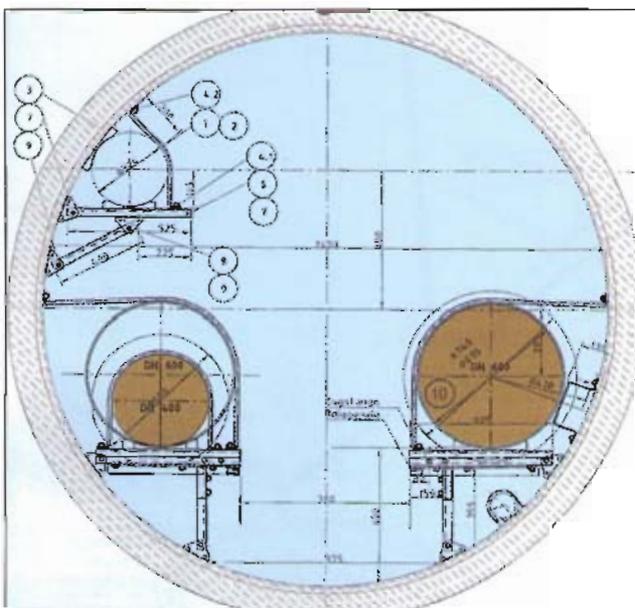


Bild 3: Montierte Rohrstränge am Eingang zum Schutzrohr (Preßschacht)

Die beiden Rohrleitungen wurden jeweils links und rechts im unteren Teil des Schutzrohres angeordnet (Bild 2 und Bild 3). Ein frei begehbarer Mittelgang sichert die Zugänglichkeit im Falle einer Havarie. Durch den im Rohrscheitel installierten Laufkatzen-träger ist ein späterer eventueller Austausch von Rohr-segmenten möglich (Bild 4).

Als Rohraullager wurde eine feuerverzinkte Konsolenkonstruktion des Systems Halfen gewählt.

Folgende Anforderungen mußte die Auflagerkonstruktion erfüllen:

- Aufnahme der Vertikal- und Horizontallasten (Horizontallasten aus Gleitreibung)
- Justierbarkeit und Ausgleich von Bautoleranzen
- keine mechanische Bearbeitung vor Ort erforderlich (z. B. Schweißen oder Bohren)
- geringes Bauteilgewicht
- Nachrüstbarkeit
- Optimierung der Rohrbelegung
- Korrosionsschutz

Da bereits in der Planungsphase eine technische Abstimmung mit dem Betonrohr-Hersteller möglich war, entschied man sich für den Einsatz von einbetonierten Schienenringen:

Gewähltes Profil: Halfen Ankerschiene HTA 50/30

Einzellast:

zentrischer Zug 10 kN, alle 250 mm

Querzug je 12,0 kN bis zu einem Winkel von 15°, alle 250 mm

Der einbetonierte Schienenring ist die Voraussetzung für eine flexible Montage der später zum Einsatz kommenden Unterstützungselemente (freie Einstellbarkeit innerhalb des Schienenringes (360°) sowie Nachrüstbarkeit sind möglich, Bohren bzw. Dübeln entfällt).



Bild 4: Montierte Rohrstränge im Schutzrohr

Als Basisprofil für die Rahmenkonstruktion wählte man das Halfen-Combisystem HCS 52. Hierbei handelt es sich um ein warmgewalztes Profil, das durch starke „Schienen-Lippenbildung“ für hohe Lasten geeignet ist und außerdem eine hohe Punkttragfähigkeit aufweist. Der Einsatz von HSR-Halfenschrauben (mit Kerbzahn) ermöglicht zudem eine formschlüssige Verbindung und somit eine klar definierte Lastableitung auch in Schienenlängsrichtung.

Gelenktraversen und Gelenkstreben zur Aufnahme der Horizontalkräfte wurden für beide Rohrabmessungen in der gleichen Länge ausgeführt. Dies brachte folgende Vorteile:

- beide Rohrleitungen liegen in einer Ebene
- eine spätere Nennweitenänderung von DN 400 auf DN 600 ist somit gegeben.

Zwischen der Rohr- und der Unterstützungskonstruktion wurden Kunststoffunterlagen vorgesehen, um die Reibungskraft gering zu halten. Zur horizontalen Aussteifung der Konsolen wurden Zugstangen in Verbindung mit diagonalen Ausstreben eingesetzt (Bild 5).

Die Konsolenfestpunkte bestimmten die Lage der Befestigungsschellen für die duktilen Gußrohre. Für günstige Auflagebedingungen sind diese Schellen im Bereich ca. 0,5 m vor oder hinter der Muffe anzubringen. Hierdurch wird eine seitliche Auswinkelung der Rohre infolge der Gelenkigkeit in der Muffe vermieden (Bild 5).

Für den Lastfall Druckprüfung waren zwei Varianten zur Befestigung der duktilen Rohre zu diskutieren:

1. Druckprüfung mit Widerlagern an den Rohrenden mit Reibungsschluß über Spannbänder an den Auflagekonsolen.
2. Druckprüfung bei freier Endlagerung der Rohre mit den Auflagekonsolen als zwangsgeführte Gleit-

lager bei gelöstem Spannbänder zur Möglichkeit des Gleitens der Rohrleitung in axialer Richtung.

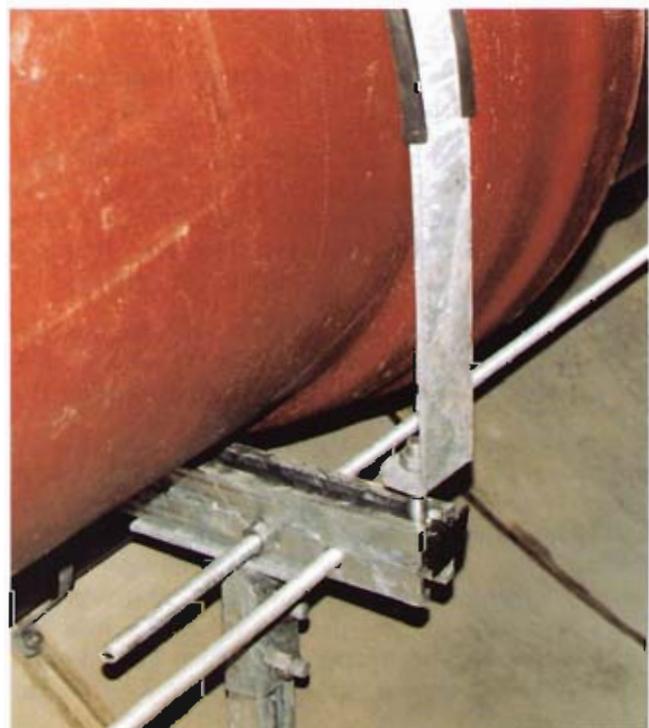
Die Variante 1 war für die Projektlösung nicht geeignet, da die Rohrleitung nicht spannungsfrei auf den Konsolen liegen würde. Für den Prüfzustand waren die gewählten Auflagekonsolen nicht bemessen. Deshalb wurde aus Kostengründen auf die Aufnahme der Axialkräfte (aus Prüf- oder Betriebsdruck) durch die Auflagekonsolen als Festpunkt-konstruktion verzichtet.

Bei der Variante 2 kann sich der gesamte Rohrstrang unter Prüfdruck gleichmäßig an den freien Enden recken (Zwangsführung nur gegen seitliches Ausweichen). Die auf die Konsolen wirkenden Kräfte bei Betriebsdruck liegen weit unter dem Prüfdruck. Eine Nachreckung im späteren Betrieb ist unwahrscheinlich.

Die Variante 2 wurde ausgewählt.

Auf Grund der beschriebenen Rohrbefestigung war die Rohrlänge bauseits den Konsolenfestpunkten anzupassen. Für die Vorausberechnung der Rohrlänge (ausschlaggebend für die Lage der Befestigungsschellen) mußte zusätzlich die Bewegung der Leitung unter Druckbeaufschlagung aufgrund des Reckweges der

Bild 5: Rohrauflager System Halfen



TIS-K-Muffen berücksichtigt werden. Damit wurde das „Auffahren“ der Muffe auf die Konsole bei Druckbelastung verhindert. Näheres dazu ist im folgenden Abschnitt beschrieben.

### 3. Verbindungstechnik

In das unter Punkt 1 beschriebene Stahlbetonrohr wurden 585 m duktile Gußrohre der Nennweiten DN 400 und DN 600 eingebaut. Technisch bedingt kamen Abwasserdruckrohre nach DIN EN 598 mit Tonerdezementmörtelauskleidung und einem Außenschutz aus einem Zinküberzug und einer Epoxidharzdeckbeschichtung zur Anwendung.

Ausschlaggebend für die Wahl der Verbindungstechnik waren die bei der Druckprüfung zu erwartenden Kräfte. Die ermittelten Axialkräfte bei einem Prüfdruck von 16 bar liegen bei der Leitung DN 400 bei 231,3 kN und bei der Leitung DN 600 bei 506,7 kN.

Ausgehend von den vorgenannten Kräften wurde die form- und kraftschlüssige Verbindung TIS-K ausgewählt [2]. Die Trennung der Dichtungskammer und der angegossenen Haltekammer ergibt bei der TIS-K Verbindung eine optimale Kombination aus:

- Dichtigkeit durch das bewährte TYTON-Steckmuffensystem
- Aufnahme hoher Längskräfte über Haltekammer/Haltering/Schweißwulst, und zwar form- und kraftschlüssig:
 

zul. Zugkraft DN 400:	510 kN
zul. Zugkraft DN 600:	950 kN
- Ausgleich von Abwinkelungen innerhalb der Muffe
 

DN 400:	3 Grad
DN 600:	2 Grad.

Bei Beachtung der Montagetechnologie des Herstellers läßt sich eine nachfolgende Reckung der Leitung bei der Druckprüfung minimieren.

In **Bild 6** sind die zwei Abschnitte der Rohrmontage dargestellt:

- Das Einschieben des axial ausgerichteten Einsteckendes bis zum Anschlag in die Muffe (dadurch sitzt die Schweißwulst immer hinter dem Haltering, und die Verbindung hält den oben dargestellten zulässigen Zugkräften sicher stand).
- Das Herausziehen des Einsteckendes bis zur Anlage des Halteringes in der Schubsicherungskammer zur Minimierung des Reckweges unter Druck.

Durch Einhalten beider Bedingungen wird sichergestellt, daß die Muffenverbindung, auch bei nachträglicher Lösung der Halteschellen zur Fixierung der Gußrohre unter Druck, sicher halten und der Reckungsweg der gesamten Leitung infolge Druckbeaufschlagung minimiert wird. Das reduziert die Längsbewegung in der Muffe von ca. 25 mm auf ca. 1..2 mm/Muffe. Damit ergibt sich eine theoretische Gesamtreckung der Leitung von ca. 22 cm (107 Muffen).

### 4. Übergang Schutzrohr zum Erdeinbau

Der Übergang von den im Stahlbetonschutzrohr DN 2400 liegenden Medienrohren DN 400 und DN 600 zu den erdeingebauten Leitungen erfolgt in Bauwerken. Diese wurden im Start- bzw. Zielschacht der Pressung angeordnet.

Ihre Zugänglichkeit für den Betreiber ist über den öffentlichen Verkehrsraum möglich. Die Bauwerke befinden sich außerhalb der Druckbereiche der Bahnkörper.

Der Leitungsschluß der Schutzrohrverlegung in den Ein- und Austrittsbauwerken zum Erdeinbau erfolgt durch Flanschenformstücke (**Bild 7**). Die resultierenden Kräfte nehmen Betonwiderlager im Austrittsbauwerk auf.

### 5. Verfahrensparameter

Den Einbau der Rohre führte die Firma HTR-Bau GmbH Leipzig durch. Die Montage erfolgte vom Ausstiegsbauwerk aus (Zielschacht in Höhe der Bundesstraße B 100).

Wie bereits unter Punkt 1 beschrieben, mußte die Rohrlänge entsprechend der tatsächlichen Lage der einbetonierten Ankerschienen für die Befestigung der Auflagekonsolen angepaßt werden. Dies erfolgte jeweils für maximal drei Rohrlängen im voraus, entsprechend der Lage der ebenfalls im voraus montierten drei Halten-Auflagekonsolen (wegen der engen Platzverhältnisse, resultierend aus den Abmaßen des



Bild 6: Montage der längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindung TIS-K

Schutzrohres und dem Platzbedarf der Transportvorrichtung für die Gußrohre, konnten nur drei Auflagekonsolen im voraus montiert werden).

Die Rohre DN 400 und DN 600 wurden abwechselnd mittels Portalkran auf einen Montagewagen im Preßschacht abgesetzt. Ein Elektrogabelstapler schob anschließend den Wagen zur Einbaustelle; anfangs über eine Strecke von 580 m. Dort wurde das zu



Bild 7: Formstücke in den Umlenkschächten

montierende Rohr auf die Auflagekonsolen gehoben. Abstandhalter auf den Auflagekonsolen fixierten die Lage der Rohre so, daß sie vor dem Zusammenziehen in Rohrachse ausgerichtet waren. Die Rohrmontage erfolgte über einen Kettenzug mit einer Zugkraft von 3 t mittels Gurten an der Muffe und am Rohrschaft des einzuziehenden Rohres. Da aufgrund der Platzverhältnisse nur ein Kettenzug verwendet werden konnte, mußte besonders darauf geachtet werden, daß die Rohre axial ausgerichtet eingezogen wurden.

Anschließend wurde jede Verbindung gereckt, d. h. das Einsteckende wurde, wie unter Punkt 3 beschrieben, bis zur Anlage des Halteringes in der Schubsticherungskammer mittels Gurt und Kettenzug aus der Muffe herausgezogen. Die Lage des Halteringes hinter der Schweißwulst wurde nach der Montage optisch kontrolliert.

Wie bereits beschrieben, erfolgte die Montage vom Zielschacht aus jeweils abwechselnd für die Gußrohre DN 400 und DN 600. Mit zunehmender Erfahrung hinsichtlich Montagetechnologie und der Verkürzung der Transportstrecken zur Einbaustelle konnten die Verlegeleistungen erheblich verkürzt werden.

Dabei ergab sich folgender zeitliche Ablauf:

Beginn Vormontage der Auflagekonsolen:	27.07.98
Beginn Rohrmontage:	24.08.98
Ende Rohrmontage:	10.09.98

Damit beträgt die durchschnittliche Verlegeleistung 42 m/Tag. Die Spitzenwerte lagen zwischen 50 und 70 m/Tag.

## 6. Verhalten der Leitungen bei der Druckprüfung

Zur Durchführung der Druckprüfung war die gesamte Leitung an den Enden frei gelagert. Die Schellen an den Konsolen wurden nur gelockert, damit die Zwangsführung des Rohrstranges erhalten blieb.

Nach dem Füllen der Leitungen wurde der Druck zur Vorprüfung, ausgehend von 6 bar, schrittweise um 1 bar mit Pausen von ca. 45 min/bar erhöht. Dabei waren die Reckwege im Bereich der Rohrschellen und

an der Verschiebung der Endstücke gut erkennbar. Insgesamt wurde in dieser Phase bei der Leitung DN 400 ein Reckweg von 18 cm festgestellt, der sich jeweils in 8 bzw. 10 cm in beiden Richtungen aufteilte. Bei der Leitung DN 600 waren die Reckwege deutlich größer. Diese Leitung reckte sich jeweils um 35 bzw. 43 cm (in Summe 78 cm). Die höheren Werte der 600er Leitung resultieren aus einer nicht vollständigen Reckung der TIS-K-Verbindung während der Montage aufgrund der höheren Montagekräfte.

Zum Sättigen der Zementmörtelauskleidung und zum Ausrecken wurde die Leitung 12 Stunden unter einem Vordruck von 13 bar gestellt.

Bei der Druckbeaufschlagung zur Hauptprüfung auf 16 bar reckte sich die 400er Leitung nicht mehr weiter und die 600er Leitung nur unwesentlich um 3,5 cm. Eine weitere Reckung bei der Durchführung der Hauptdruckprüfung erfolgte nicht.

Nach der Prüfung wurde das System bis auf ca. 3 bar heruntergefahren und der Rohrstrang an den Konsolen durch Festziehen der Schellen fest verbunden.

## 7. Zusammenfassung

Zur Entsorgung des Stadtgebietes Halle/Ost war im Sommer 1998 eine Dükerung von 587 m im unterirdischen Vortrieb mit Unterquerung des Geländes der Deutschen Bahn AG und der Hauptfernverkehrsstraße B 100 Halle – Bitterfeld aus vorgefertigten Stahlbetonrohren der Nennweite DN 2400 durchzuführen. In den Stahlbetontunnel waren zwei Abwasserdruckrohrleitungen aus duktilem Gußeisen der Nennweiten DN 400 und DN 600 einzubauen.

Die verfahrensspezifischen Besonderheiten des Einbaus duktiler Gußrohre in ein begehbare Stahlbeton-schutzrohr DN 2400 werden ausführlich beschrieben.

Die Spezifik des Verhaltens der Gußrohrleitung unter Druck in Zusammenhang mit der gewählten Auflagekonstruktion, System Hallen, werden diskutiert. Die Montagetechnologie und die technologischen Parameter der Gußrohrverlegung werden zusammengefaßt dargestellt.

## Literatur

- [1] Adolph, H.-J.; Schwebler, R.  
Planung und Errichtung eines circa 450 m langen nicht begehbaren Versorgungs-/Energietunnels (Düker) im Bereich des Neckars in Heidelberg  
GUSSROHRTECHNIK 33 (1998), S. 14-19
- [2] Halter, O.; Misch, M.; Schlicht, H.  
Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen nach GW 368  
GUSSROHRTECHNIK 33 (1998), S. 50-56

## Anschluß der Gemeinden Sulzbach und Leidersbach an die Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain in Elsenfeld

Von Mathias Breitenbach

**Statt der Erweiterung der bestehenden oder des Baues einer neuen Kläranlage hat der Abwasserverband der Sulzbachtalgemeinden mit seinen Gemeinden Sulzbach und Leidersbach alle Möglichkeiten ausgelotet, um für seine Bürger die kostengünstigste Variante der Abwasserreinigung und -beseitigung zu finden.**

**Nach Auswertung aller Möglichkeiten wurden die beiden Gemeinden vom benachbarten Abwasserverband Main-Mömling-Elsava aufgenommen und der Bau einer Abwasserdruckleitung von Sulzbach zur Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain in Elsenfeld realisiert.**

### I. Ausgangssituation

Der Abwasserverband der Sulzbachtalgemeinden, bestehend aus den beiden Gemeinden Sulzbach und Leidersbach, hat seit 1970 eine Kläranlage betrieben, die sich an der westlichen Baugebietsgrenze von Sulzbach an der Bahnlinie Aschaffenburg-Miltenberg befindet.

Bereits im Jahr 1991 wurde ingenieurmäßig nachgewiesen, daß die Kläranlage am bestehenden Standort auf die Zielausbaugröße von 20.000 EW umgebaut und erweitert werden könnte.

Nachdem die Erweiterung am bestehenden Standort beim Wasserwirtschaftsamt und Bayerischem Landesamt für Wasserwirtschaft auf Bedenken hinsichtlich der immissionsschutzrechtlichen Problematik stieß, wurden zwei alternative Kläranlagenstandorte untersucht.

Die Abwasserreinigung der auf der anderen Mainseite gelegenen Gemeinde Niedernberg war zu diesem Zeitpunkt ebenfalls noch fraglich. Es bestand jedoch die Absicht, dort eine neue Kläranlage an einem neuen Standort zu errichten.

In einer Kostenvergleichsrechnung wurden die verschiedenen Möglichkeiten der Abwasserreinigung der dem Abwasserverband der Sulzbachtalgemeinden angehörenden Gemeinden Sulzbach und Leidersbach sowie der Gemeinde Niedernberg betrachtet.

Da für den nördlich von Sulzbach liegenden Aschaffener Stadtteil Obernau zu dieser Zeit ebenfalls die Frage der künftigen Abwasserreinigung anstand,

wurden im Auftrag der Stadt Aschaffenburg desgleichen verschiedene Varianten – auch unter Einbeziehung der Abwasserreinigung des Abwasserverbandes der Sulzbachtalgemeinden – untersucht.

Aus Kostengründen zog der Abwasserverband Sulzbachtal auch in Erwägung, die Abwasserreinigung als Gesamtleistung, bestehend aus Planung, Finanzierung, Bau, Ausrüstung und Betrieb, an einen Betreiber als Dienstleistung zu übertragen.

Die Gemeinde Niedernberg hat mit dem Neubau einer Kläranlage in den Jahren 1995 und 1996 eine eigene Lösung gefunden.

Bild 1: Lageplan der Trasse

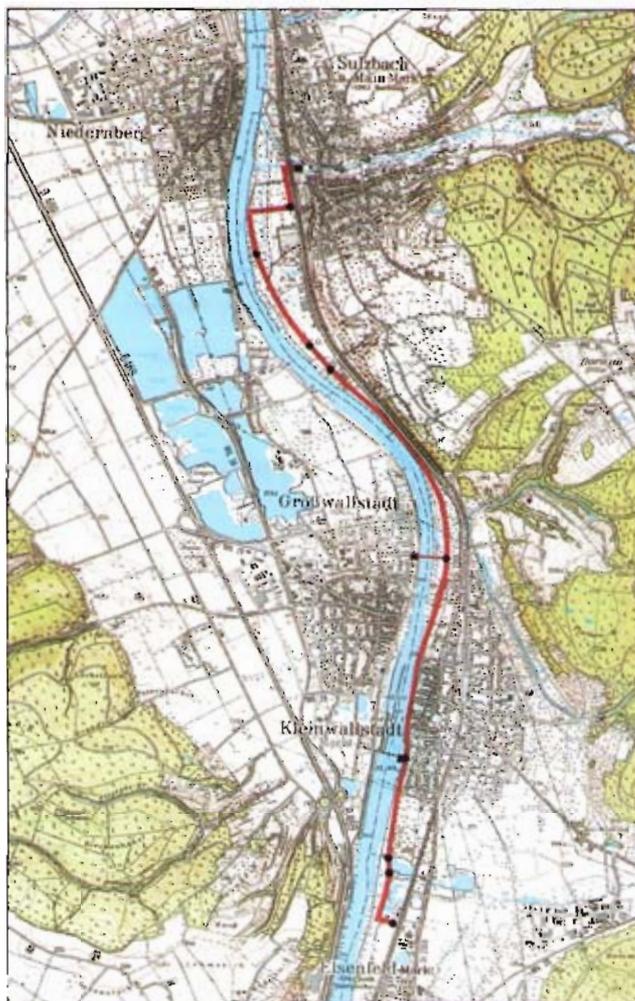




Bild 2: Rohrverlegung parallel dem Wallstadt-Sammler

Im Jahr 1996 bot der benachbarte Abwasserverband Main-Mömling-Elsava (AMME), der mit der Firma AKZO-Nobel die Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain GmbH in Elsenfeld (GKA) betreibt, dem Abwasserverband Sulzbachtal die Aufnahme der beiden Gemeinden Sulzbach und Leidersbach in seinen Verband an.

In einer Systemstudie wurde nachgewiesen, daß der Anschluß der beiden Gemeinden an die Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain in Elsenfeld sowohl volkswirtschaftlich gesehen die günstigste als auch für den Abwasserverband Sulzbachtal die betriebswirtschaftlichste Lösung der Abwasserreinigung darstellt.

## 2. Planung

Der Anschluß der beiden Gemeinden Sulzbach und Leidersbach an die Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain wurde über eine Abwasserdruckleitung verwirklicht.

Hierzu wurde das bestehende Zulaufhebewerk der ehemaligen Verbandskläranlage in Sulzbach umgerüstet. Die drei trocken aufgestellten Abwasserpumpen wurden sukzessive ausgetauscht, da der Reinigungsbetrieb der Kläranlage während des Umbaus der Pumpstation aufrechtzuhalten war.

Das nicht mehr benötigte Belebungs- und Nachklärbecken kann umfunktioniert und künftig für die Mischwasserbehandlung genutzt werden.

Das Abwasser aus Kleinwallstadt, das zusammen mit dem Abwasser aus Großwallstadt mittels eines Schneckenhebewerkes im Bereich der Schleuse „Wallstadt“ angehoben wurde und danach im freien Gefälle der Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain in Elsenfeld zufließt, wird jetzt ebenfalls in diese Druckleitung eingespeist. Hierzu wurde an dem alten Hebewerk ein neuer Pumpenschacht mit zwei naß aufgestellten Tauchmotorpumpen niedergebracht.

Das Abwasser aus Großwallstadt wird derzeit noch über ein bestehendes Pumpwerk in einem Abwasser-

dücker durch den Main in den Wallstadtsammler gepumpt. Es wird jedoch zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die alten Pumpen erneuert werden müssen, im Schacht 17 in die Druckleitung eingespeist.

Beide Maßnahmen bringen eine wesentliche Verbesserung der Abwasserverhältnisse im Bereich von Kleinwallstadt, da der bestehende Wallstadtsammler vor dem Schneckenhebewerk mehrere Stauraumkanäle mit den entsprechenden Entlastungen aufweist.

## 3. Trasse der Druckleitung

Die Trasse der Druckleitung unterquert direkt im Bereich des Pumpwerkes Sulzbach die Bahnlinie Aschaffenburg-Miltenberg und verläuft auf einer Länge von 310 m parallel zur Bahnlinie im „Klee-wiesenweg“, bevor sie in einem geschotterten Wirtschaftsweg zu den Mainwiesen abknickt.

In den Mainwiesen, die bis zur Ortslage von Kleinwallstadt als Naturschutzgebiet „Mainauen bei Sulzbach und Kleinwallstadt“ ausgewiesen sind, verläuft die Druckleitung auch durch die Schutzzone II des Trinkwasserschutzgebietes des Marktes Sulzbach.

Ab dem Schacht 17, in dem später die Einspeisung des Abwassers aus Großwallstadt in die Druckleitung erfolgen wird, verläuft die Druckleitung weitgehendst parallel zum bestehenden Wallstadtsammler (Bild 2) und der Hochdruckgasleitung DN 150, PN 16, Elsenfeld-Sulzbach bis zum ehemaligen Schneckenhebe-

Bild 3: Unterquerung der Gasleitung DN 150, PN 16



werk an der Schleuse. Sie unter- und überquert im Bereich der bebauten Ortslage von Kleinwallstadt mehrmals bestehende Entlastungskanäle und die vorgenannte Gasleitung (Bild 3).

Ursprünglich war vorgesehen, ab dem ehemaligen Schneckenhebewerk die Druckleitung auf einer Länge von ca. 1.000 m in den bestehenden Wallstadtsammler DN 500 Sb einzuziehen. Die Ausschreibung ergab jedoch, daß eine neue Druckleitung DN 400 GGG im offenen Rohrgraben in diesem Fall kostengünstiger war als das Einziehen einer PE-Leitung in den Wallstadtsammler.

Im Schacht WS 5 endet die Druckleitung und geht in eine Freispiegelleitung DN 700 Sb über, die in das bestehende Bauwerk BW 2 vor der Gemeinschaftskläranlage Bayerischer Untermain einbindet.

Die gewählte Trasse ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit zwischen dem Abwasserverband der Sulzbachtalgemeinden als Bauherren, den beiden Gemeinden Sulzbach und Kleinwallstadt, dem Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg, sowie dem Wasser- und Schiffsamt Aschaffenburg und der Naturschutzbehörde der Regierung von Unterfranken.

#### 4. Materialwahl

Bei der Wahl des Materials für die Druckleitung entschied sich der Auftraggeber in Verbindung mit dem Ingenieurbüro nach eingehender Prüfung für duktile Gußrohre DN 400 nach DIN EN 598 als kostengünstigste Lösung.

Als Rohrrinnenschutz wurde eine Tonerdezementmörtelauskleidung entsprechend DIN EN 598 und als Außenschutz ein Zinküberzug mit Deckbeschichtung entsprechend DIN EN 598 festgelegt.

Darüber hinaus sind Rohre aus duktilem Gußeisen für Entwässerungskanäle und -leitungen nach DIN EN 598 mit einer Wanddicke nach DIN EN 545 hoch beanspruchbar und bruchsicher. Sie haben große Sicherheitsreserven gegenüber inneren und äußeren nicht vorhersehbaren Belastungen (z. B. Druckstöße, Verkehrslast, Bodenbewegungen).

Die zum Einsatz kommende TYTON®-Steckmuffenverbindung nach DIN 28 603 ist leicht zu montieren und hat sich seit Jahrzehnten in Abwasserdruck-, Freispiegel-, Trinkwasser- und Gasleitungen bestens bewährt. Sie ist abwinkelbar und kann Längenänderungen aufnehmen.

#### 5. Realisierung

Um den Interessen und Forderungen des Naturschutzes und der Landwirt-

schaft gerecht zu werden, mußte die Baumaßnahme nach der letzten Wiesenmahd im Herbst begonnen und in der brutfreien Zeit abgeschlossen werden.

Nicht zuletzt die Tatsache, daß die Rohrleitungstrasse nahezu auf der gesamten Länge im Abfluß- und Überschwemmungsbereich des Maines liegt, war ein Grund dafür, die hochwasserarme Zeit in den Herbstmonaten für den Rohreinbau zu nutzen und die Bauzeit so kurz wie möglich zu halten.

Ausgehend von der Vorgabe einer möglichst kurzen Bauzeit erfolgte die Vergabe in fünf Baulosen:

- Los 1: Pumpwerk Sulzbach bis Schacht 10:  
1.235 m DN 400 GGG, PN 10  
(von Schacht 5 bis Schacht 9:  
928 m PE-HD 500 x 45,5)
- Los 2: Schacht 10 bis Schacht 17:  
1.807 m DN 400 GGG, PN 10
- Los 3: Schacht 17 bis Schacht 24:  
1.633 m DN 400, GGG, PN 10
- Los 4: Schacht 24 bis Schacht WS 5:  
1.034 m DN 400, GGG, PN 10
- Los 5: Schacht WS 5 bis Bauwerk BW 2:  
355 m DN 700 Sb  
Schacht WS 5 bis Schacht NG 2:  
90 m DN 300 Stz

#### 6. Bauausführung

Durch die Trassenführung entlang des Maines und einer Höhenlage der zu verlegenden Druckleitung unter dem Mainwasserspiegel mußte mit starkem Grundwasserandrang gerechnet werden.

Zur Grundwasserabsenkung wurde die Horizontal- drainage vorgesehen. Bei diesem Verfahren wird ein Drainageschlauch DN 80 ca. 1,00 m unter die Grabensohle eingefräst (Bild 4). Dieser Drainageschlauch wurde in eine Kiespackung (Körnung 2/8

Bild 4: Geräte beim Einfräsen des Drainageschlauches





Bild 5: Mediumrohr vor dem Einführen in das Schutzrohr

mm) eingebettet. Je nach Wasserrandrang wurden an die Drainage in Abständen von 30,00 m bis 50,00 m Pumpen angeschlossen. Bei einer dem Rohreinbau vorausseilenden Grundwasserabsenkung von etwa einer Woche konnte das anstehende Grundwasser bis ca. 0,50 m unter die Rohrgrabensohle abgesenkt werden.

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten mußte die Druckleitung mittels Durchpressung unter der Bahnlinie Aschaffenburg-Miltenberg durchgeführt werden. Als Schutzrohr kam Stahlrohr DIN 2458, 600 x 9,2 mm zum Einsatz. Die Lagerung des Medienrohrs im Schutzrohr erfolgte mittels Gleitkufen (Bild 5).

Die infolge des Innendruckes der Abwasserleitung an den Bögen auftretenden Kräfte wurden im Bereich guter Bodenverhältnisse durch Betonwiderlager aufgenommen (Bild 6). Die Berechnung der Widerlager erfolgte unter Zugrundelegung eines Prüfdruckes von 15 bar.

Bild 6: Vorbereitung eines Krümmerwiderlagers



Aufgrund der Boden- und Grundwasserverhältnisse im Bereich vom Pumpwerk Sulzbach bis zum Schacht 5 wurden die Rohre hier längskraftschlüssig gesichert. Zum Einsatz kam die Schubsicherung TYTON<sup>®</sup>-SIT.

Da jede Rohrverbindung bis zu 4° (TYTON<sup>®</sup>-SIT-Verbindung bis drei Grad) abwinkelbar ist, konnte die Anzahl der Rohrbögen auf das notwendigste Maß reduziert werden.

In den Trassenbereichen, in denen die Grabensohle eine ungenügende Standsicherheit aufwies, mußte unter dem eigentlichen Rohraufleger eine 10 bis 40 cm dicke Schotterpackung eingebaut werden.

Alle Schächte wurden speziell für diese Maßnahme aus Betonfertigteilen hergestellt (Bild 7 und 8). Besonderes Augenmerk wurde auf die Ausführung der wasserdichten Fugen und Wanddurchführungen gelegt.

Bild 7: Einbau eines Revisionsschachtes. Rohrformteile wurden im Beton wasserdicht einbetoniert



Die Entleerung der Abwasserdruckleitung ist im Pumpwerk Sulzbach und an den vier Tiefpunkten in den Schächten 3, 10, 19 und 28 möglich. Durch den Einbau zweier Streckenschieber DN 400 in den Schächten 10 und 17 besteht die Möglichkeit einer teilweisen Entleerung und abschnittswise Druckprüfung, die – insbesondere im Bereich des Wasserschutzgebietes – wiederkehrend alle fünf Jahre durchzuführen ist.

Die Innendruckprüfung vor Inbetriebnahme wurde nach DIN 4279 für die Lose 1 und 2 sowie die Lose 3 und 4 getrennt durchgeführt.



Bild 8: Geräte beim Setzen eines Revisionsschachtes

Nach einer intensiven Arbeitsvorbereitung wurde in den einzelnen Losen im Oktober 1997 mit dem Rohreinbau begonnen und nach einer ca. 10wöchigen Bauzeit noch im Dezember 1997 dem Abwasserverband eine betriebsbereite Abwasserleitung übergeben.

Nach Abschluß der Bauarbeiten konnten sich alle Beteiligten davon überzeugen, daß die Natur, die zeitweise mit den Unzulänglichkeiten des Leitungsbaus leben mußte, den Eingriff schneller überwunden hatte als angenommen. Die Trasse ist heute schon nicht mehr erkennbar.

Dies ist ein Verdienst aller Beteiligten, insbesondere des planenden und bauleitenden Ingenieurbüro Jung aus Kleinostheim und der ausführenden Firmen Markgraf aus Bayreuth, KWS aus Mespelbrunn und Trautmann aus Sulzbach, die nur die allernötigsten Eingriffe in diesem sensiblen Bereich der Natur vornahmen.

Um die Druckleitung zu be- und entlüften und vor Druckstößen, hervorgerufen durch Unterdruck, zu schützen, wurden an den beiden Hochpunkten in den Schächten 2 und 24 und am Tiefpunkt im Schacht 10 Be- und Entlüftungsventile angeordnet. Zum Einsatz kamen zweistufige Ventile des Fabrikates Strate, Typ BEV 165/125 KS mit Grob- und Feinentlüftung (860/20 m<sup>3</sup>/h).

#### 7. Schlußbemerkung:

Mit dem Einbau der Abwasserdruckleitung und der Freispigelleitung wurden drei Firmen beauftragt.

## Duktile Gußrohre für das Feuerlöschsystem des Terminals Rostock

Von Werner Eikötter und Toralf Langner

### 1. Der Hintergrund

Das traditionsreiche ostdeutsche Chemiedreieck Schkopau – Leuna – Böhlen befindet sich derzeit im Aufbruch. Mit der Privatisierung der Buna Sow Leuna Olefinverbund (BSL) GmbH in Böhlen durch den amerikanischen Chemiekonzern, die DOW Chemical Company, sowie andere Großinvestoren, gibt es gewaltige Fortschritte für diesen Chemiestandort. Durch das Investitionspaket von BSL in Höhe von insgesamt 4,3 Mrd. DM entsteht hier ein moderner und zukunftssicherer Industriestandort.

Ein bedeutender Teil der Investitionen wird für die unabhängige Rohstoffversorgung, die für so einen Chemiestandort immens wichtig ist, aufgebracht. Aus diesem Grund wurde von der Ostsee eine Produktenpipeline zur Versorgung der Che-

mieanlagen notwendig. Ausgangspunkt dieser Rohstofftrasse ist der Ölhafen oder das sogenannte Terminal Rostock. Hier werden in modernen Großtanks nahe der Ostsee die für die Chemieindustrie benötigten Rohstoffe wie Nafta, Pentan und Kondensat gelagert (Bild 2).

Hochmoderne zuverlässige Feuerlöschsysteme sind für die Produktionsanlagen selbst, aber auch für Bereiche der Rohstofflagerung eines Chemiestandortes unbedingt erforderlich. In den Fertigungsbereichen von BSL, wie z. B. der Kunststoffherstellung, werden seit Jahren für die Feuerlöschsysteme duktile Gußrohre eingesetzt. Deshalb war es naheliegend, die guten Erfahrungen mit diesem Rohwerkstoff zu nutzen. So hat man sich dazu entschlossen, auch im Tankfeld nahe dem Ölhafen ein Feuerlöschsystem mit duktilen Gußrohren aufzubauen.

Bild 1: Das Hafengebiet von Rostock mit der Rohrtrasse, im Vordergrund das Tanklager





Bild 2: Großtanks im Terminal Rostock

## 2. Die Problemstellung

Feuerlöschsysteme müssen über Jahrzehnte dauerhaft funktionieren, um im Bedarfsfall optimal löschen zu können. Gerade für die Anlagen der chemischen Industrie und deren Tankanlagen werden höchste Sicherheitsanforderungen gestellt. Löschwasser muß stets in ausreichender Menge bereitgestellt werden. Ein zuverlässiges und langlebiges Leitungssystem ist deshalb unumgänglich. Aber nicht nur Löschwasser für eventuelle Brände, sondern auch Brauchwasser zur Kühlung von Großtanks in der Nähe von Bränden muß sicher transportiert werden. Da sich das Tankfeld nahe der Ostsee befindet, war es naheliegend, im Bedarfsfall Ostseewasser für diese Aufgaben zu verwenden (Bild 3). Dies bedeutet, daß alle Ausrüstungsgegenstände wie Rohre, Formteile, Armaturen, Dichtungen usw. salzwasserbeständig sein müssen. Eine weitere wichtige Forderung des Auftraggebers be-

stand darin, das Feuerlöschsystem für einen hohen Druck zu konzipieren, weil die stationären Löschanlagen einen entsprechenden Betriebsdruck benötigen.

Da sich das neue Tankfeld teilweise auf dem Gebiet eines alten Tanklagers befindet, sind Unwägbarkeiten beim Einbau von neuen Rohrleitungen zu erwarten. So sind vorher nicht bekannte unterirdische Bauwerke während der Bauphase sehr störend. Dies bedingt oftmals ein kurzfristiges schnelles Verändern der Rohrleitungs-trasse.

## 3. Die Lösungen

### 3.1 Die Rohre

Mit dem duktilen Gußrohrsystem stehen Rohre und Formstücke zur Verfügung, mit denen alle Anforderungen für dieses moderne Feuerlöschsystem erfüllt werden. Im Bereich der Fertigungsanlagen der BSL in Schkopau und Böhlen werden seit Jahren duktile Gußrohre für die Feuerlöschleitungen verwendet.

Deshalb besitzt die BSL umfangreiche Erfahrungen und Kenntnisse bezüglich des Einbaus, des Betriebes und der Wartung von Feuerlöschleitungen aus duktilen Gußrohren, welche die Entscheidung für Gußrohre einfach machten.

Zum Transport des Löschwassers wurde von der Entnahmestelle in der Ostsee eine ca. 2.000 m lange Leitung der Nennweite DN 500 bis in das Tankfeld

Bild 3: Direkt neben dem Schiffsanleger befindet sich die Entnahmestelle für das Löschwasser



hingegebaut. Erschwerend kam hierbei hinzu, daß mit der Löschwassertransportleitung die Rohstofftrasse zwischen den Schiffsanlegern und dem Tankfeld unterfahren werden mußte. Dazu war es notwendig, einen Düker zu bauen, der unter den 9 m tiefen Fundamenten dieser Rohstofftrasse verläuft.

Innerhalb des Tankfeldes wurden ca. 600 m duktile Gußrohre DN 400 eingebaut. Diese Rohrleitung dient der direkten Verteilung von Lösch- und Kühlwasser. Wegen der geforderten Beständigkeit gegenüber dem salzhaltigen Ostseewasser wurden die Gußrohre und Formstücke mit einer Tonerdezementmörtel-Auskleidung gemäß DIN 2614 versehen. Diese Auskleidung erlaubt auch bei aggressiven Wässern einen sicheren Betrieb des Leitungssystems über Jahrzehnte. Außen erhielten die Rohre eine kunststoffmodifizierte Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30 674 Teil 2. Diese ist mechanisch hoch belastbar und bietet so die Voraussetzung, daß bei den hier anstehenden wechselnden Bodenverhältnissen, wie Lehm oder Torfeinlagerungen sowie steinige Böden, keine Probleme für die Gußrohre auftreten. Außerdem ist das Einbetten der Rohre in Sand nicht notwendig. Auf den teuren Boxlenaustausch kann verzichtet werden. Dies spart Zeit und Kosten für Transport, Sand und Deponie.

### 3.2 Die Verbindungen

Die Löschwassertransportleitung DN 500 ist für eine Nenndruckstufe von PN 25 ausgelegt. Gemäß DIN 4279 wurde diese Leitung mit 30 bar Innendruck auf Dichtheit geprüft. Bei diesem Innendruck wirkt am Endverschluß der Leitung eine Schubkraft von 667 kN (66,7 t). Dies zeigt, welchen Belastungen das System standhalten muß. Für die Rohrverbindung wurde deshalb die bewährte längskraftschlüssige Verbindung TYTON-TKF verwendet (Bild 4).

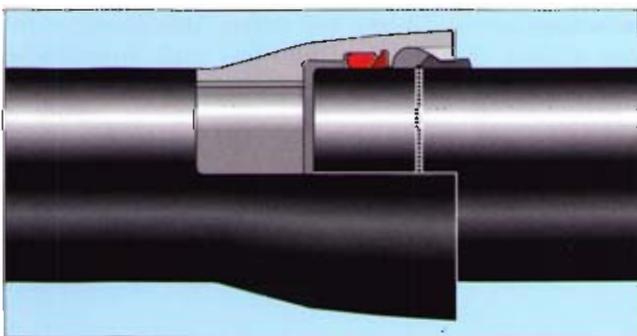


Bild 4: TYTON-Verbindung TKF

Sie ist bei DN 500 für einen Prüfdruck von max. 37 bar ausgelegt, wobei noch mindestens 1,5fache Sicherheit bestehen muß.

Dies zeigt, daß die hohen Anforderungen des Feuerlöschsystems noch weit unterhalb der Möglichkeiten des hier verwendeten Verbindungssystems liegen. Für die Rohre der Nennweite DN 400 mit einer Nenndruckstufe von PN 16 wurde die neue längskraftschlüssige TYTON-Verbindung NOVO-SIT eingesetzt (Bild 5). Bei diesem System wird ein zusätzlicher Haltering, welcher mit Haltekralen aus nichtrostendem,

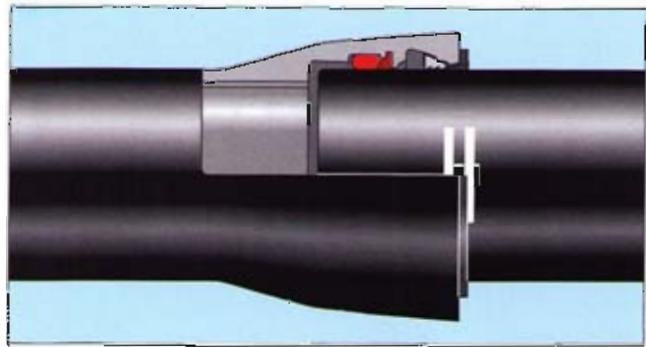


Bild 5: TYTON-Verbindung NOVO-SIT

gehärteten Stahl bestückt ist, in eine an die Muffe angegossene Kammer eingelegt. Die Längskraftschlüssigkeit der Verbindung wird hergestellt, indem sich die Haltekralen im Werkstoff des Einsteckendes verankern. Vorteilhaft ist dieses Verbindungssystem besonders beim Einbau von Formteilen. Wenn Rohre geschnitten werden, um Formstücke zu montieren, ist es so leicht möglich, die Formstücke längskraftschlüssig ohne zusätzliche Schweißarbeiten in die Rohrleitung einzubauen. Besonders wichtig ist dies bei der Anpassung der Feuerlöschleitungen an die sich ändernden Einbaubedingungen. So mußte alten Fundamenten, anderen Rohrleitungen, Stromkabeln usw. ausgewichen werden, welche durch die Planung nicht hatten erfaßt werden können. Hierbei ist das Steckmuffensystem duktiler Gußrohre gegenüber anderen Rohrwerkstoffen sehr vorteilhaft. Durch Anpassen auf der Baustelle, ohne zeitaufwendige Schweißarbeiten,

Bild 6: Auf einer Gleitbahn vormontierter Düker





Bild 7: Detail der Löschwasserleitung

konnte hier sehr effektiv gebaut werden. Die möglichen Abwinkelungen in den Verbindungen von Rohren und Formstücken stellen hierbei einen besonderen Vorteil dar, so daß oftmals schnelle Problemlösungen für die Baufirma gegeben waren.

### 3.3 Der Düker

Die Unterdükerung der Öl- und Rohstofftransporttrasse erfolgte grabenlos mit dem gesteuerten Horizontalbohrverfahren. Erschwerend kamen hier in der Winterzeit die tiefen Außentemperaturen hinzu. Nachdem von einer Bohrmaschine die Pilotbohrung über 180 m Länge und eine mehrmalige Aufweitung des Bohrkanals auf ca. 800 mm Durchmesser durch-

geführt wurde, konnte der längskraftschlüssige Rohrstrang, bestehend aus 30 Rohren DN 500, eingezogen werden.

Der Düker war vorab auf einer Gleitbahn, bestehend aus einem ausgedienten Gummiförderband des Seehafens, aufgebaut worden (Bild 6). Nach der Vordruckprobe und Montage mit den Einziehwerkzeugen war der Rohrstrang nun bereit, in die Bohrung eingezogen zu werden. Dies geschah in der Dunkelheit, beginnend ab 19.00 und bei Außentemperaturen bis  $-9^{\circ}\text{C}$ . Jeder weitere Stillstand über längere Zeit hätte die Bohrung gefährdet, so daß man sich noch am Abend, nach dem letzten Aufweitvorgang, entschlossen hatte, den Rohrstrang einzuziehen. Deshalb mußte ohne Rücksicht auf Außentemperaturen und Tageszeit weitergebaut werden. In 5 Stunden Arbeit, die allen Beteiligten des Bauunternehmens Höchstleistungen abverlangte, wurde der Düker ohne Komplikationen eingebaut. Während der normale Einbau von duktilen Gußrohren mit dem gesteuerten Horizontalbohrverfahren heute keine Seltenheit mehr darstellt, zeigt auch diese Baumaßnahme, daß selbst unter widrigen Bedingungen wie Dunkelheit und Minusgrade das Gußrohrsystem bestens für die Kombination mit gesteuerten Horizontalbohrverfahren geeignet ist.

### 4. Das Ergebnis

Aufbauend auf den guten Erfahrungen mit duktilen Gußrohren hat sich BSL auch bei dem Terminal Rostock für die moderne Gußrohrtechnik entschieden. So war es möglich, innerhalb von kürzester Zeit Löschwasser-transport- und -verteilungen im Tankfeld zu bauen, die den hohen Anforderungen eines Feuerlöschsystems gerecht werden. Besonderheiten wie Dükerbau, Unwägbarkeiten aufgrund der örtlichen Gegebenheiten, hoher Druck, salzhaltiges Ostseewasser sowie Einbau bei tiefen Außentemperaturen stellen für duktile Gußrohre und Formstücke keine Schwierigkeiten dar.

## Spülbohren im innerstädtischen Bereich, Verlegung von duktilen Gußrohren mit Zementmörtel-Umhüllung

Von Rüdiger Neuhaus

Die derzeitige Finanzsituation der kommunalen Versorgungsunternehmen gibt u. a. Anlaß für ein stärkeres Kostenbewußtsein bei der Erneuerung von Ver- und Entsorgungsanlagen. Seit einigen Jahren werden daher zunehmend Verfahren zum grabenlosen Einbau auf dem Markt angeboten, da insbesondere die Kosten für die Erdarbeiten und Straßenwiederherstellung in den letzten Jahren erheblich angestiegen sind. Darüber hinaus bilden die Aufwendungen für den Tiefbau bekanntermaßen den größten Kostenanteil beim Bau von Ver- und Entsorgungsleitungen.

Mit der Technik des grabenlosen Einbaus duktiler Gußrohre im Horizontalbohrverfahren können bei günstigen Voraussetzungen bis zu 50 % der Baukosten für konventionellen Einbau eingespart werden. Zu diesem Ergebnis ist man jedenfalls in Frankfurt gekommen.

Außer Kostengründen sprechen folgende Aspekte für die grabenlose Verlegung:

- kleinere Aufbrüche finden gegenüber der konventionellen offenen Bauweise eine größere Akzeptanz in der Bevölkerung.

- die Eingriffe in den Straßenverkehr sind gering,
- nicht vermeidbare Beeinträchtigungen der Kunden durch Baumaßnahmen werden durch geringere Bauzeiten z.T. erheblich reduziert,
- die Verfahrensweise ist umweltschonender und damit ökologischer.

### 1. Horizontalbohrtechnik

#### 1.1 Verfahrensbeschreibung

Das horizontale Spülbohrverfahren, das seit ca. 15 Jahren erfolgreich zur Verlegung von Kabeln und Rohrleitungen eingesetzt wird, kann in drei Phasen eingeteilt werden:

#### A. Herstellung einer Pilotbohrung

Zunächst bohrt sich ein verlaufsgesteuerter Bohrkopf von einer Startgrube aus durch das Erdreich. Der steuerbare Bohrkopf stellt mit hohem Spüldruck mit Hilfe der Bohrsuspension Bentonit einen Bohrkanal her. Die Bohrsuspension hat eine Mehrfachfunktion: Sie stützt den Bohrkanal, transportiert abgebauten Boden zur Bohrgrube, dient als Kühlung und beim

Bild 1: Bohreinrichtung beim Einziehen des Rohrstranges



Einziehen des Rohrstranges als Gleitmittel. Alternativ kann der Bohrkanal auch durch Bohren mit geringeren Spüldrücken hergestellt werden, da zu hohe Drücke Schäden an Versorgungsanlagen Dritter verursachen können.

## B. Durchführung der Aufweitbohrung

Nach Erreichen der Zielgrube wird ein entsprechender Aufweitkopf montiert. Durch Zurückziehen des Bohrgestänges wird die Pilotbohrung – je nach Bodenbeschaffenheit in einem oder in mehreren Aufweitvorgängen – auf das gewünschte Maß erweitert.

## C. Einziehen des Produktrohres

Die Rohre oder Leitungen, die eingezogen werden sollen, sind hinter dem Aufweitkopf befestigt (**Bild 2, 3 und 4**). Bei diesem Vorgang wirkt die bentonithaltige Bohrsuspension als reibungsverminderndes Gleitmittel. In der Bohrlanze befindet sich ein Sender, so daß jederzeit die Ortung des Bohrkopfes gewährleistet ist.

### 1.2 Voraussetzungen

Zur Vermeidung von Schäden an Anlagen Dritter und zur Gewährleistung einer sicheren Durchführung des grabenlosen Verlegeverfahrens bei Beachtung der Eigenschaften duktiler Gußrohre sind einige wichtige Parameter zu ermitteln und zu berücksichtigen.

### 1.3 Untersuchung der Untergrundverhältnisse

Die Information über Bodenbeschaffenheit und Fremdtrassenverhältnisse sind ausschlaggebend dafür,

Bild 2: Zugkopf am Beginn des Rohrstranges



ob das horizontale Spülbohrverfahren überhaupt zum Einsatz gelangen kann. Eine genaue Kenntnis der Untergrundverhältnisse ist daher eine wichtige Voraussetzung in der Projektierungsphase.

### 1.4 Geologische Untersuchung

Gegenstand einer geologischen Untersuchung ist die Erkundung der Leitungstrassen mit dem Ziel, eine Aussage bezüglich der Untergrundverhältnisse und der Fremdleitungssituation zu treffen. Bei den Messungen werden dabei im wesentlichen elektromagnetische Reflexionsverfahren und an besonderen Stellen ein elektromagnetisches Induktionsverfahren eingesetzt. Zur Korrelation der Meßergebnisse werden anschließend an einigen ausgewählten Punkten Rammkernsondierungen durchgeführt. Darüber hinaus kann durch die geologische Untersuchung die genaue Lage von Fremdleitungen bestätigt werden.

Auf eine geologische Untersuchung sollte jedoch nur verzichtet werden, wenn aufgrund früherer Aufgrabungen Kenntnisse über die Bodenbeschaffenheit vorliegen und die Fremdtrassensituation dokumentiert ist. Die Aussagegenauigkeit der bei der geologischen Untersuchung durchgeführten Messungen ist z. T. noch nicht von der gewünschten Präzision. Dies gilt insbesondere für die Tiefenangabe von Fremdtrassen, z. B. Kabel- und Rohrleitungen, die quer zur projektierten Trasse liegen.

### 1.5 Fremdtrassensituation

Anhand der Fremdtrassenpläne und der geologischen Untersuchung, bei der alle detektierbaren querenden Trassen festgestellt werden, wird ein Trassen-Längsschnitt hergestellt. Dieser Plan wird für die Festlegung der Bohrtiefe bzw. der späteren Einbautiefe der Rohrleitung verwendet. Weiterhin ermöglicht der Gesamttrassenplan eine Aussage über eventuell zusätzlich erforderliche Baugruben.

Wenn auf eine geologische Untersuchung verzichtet wird, sollten – um Beschädigungen an Anlagen Dritter während des Rohreinzuges zu vermeiden – außer den später zu erneuernden Trinkwasser-Hausanschlußleitungen auch die Gasleitungen mittels Suchschlitzgraben freigelegt werden. Nach Ermittlung der Tiefenlage solcher Leitungen kann anschließend die Einbautiefe der einzuziehenden Rohrleitung festgelegt werden.

### 1.6 Spülbohrverfahren mit Gußrohren

Die Technik des Einziehens von duktilen Gußrohren mit Hilfe des horizontalen Spülbohrverfahrens begann Anfang der 90er Jahre.

Mit der TYTON-SIT-Verbindung beträgt die unkritische Einziehlänge bei DN 100 und Einzelrohrmontage in der Zielgrube 140 m, beim Einziehen eines vormontierten Rohrstranges 120 m.

Größere Einziehlängen sind mit den längskraftschlüssigen TYTON-Steckmuffenverbindungen TIS-K und TKF möglich. Aufgrund der Muffenverbindung, die eine Abwinkelung von 3° zuläßt, ist ein minimaler



Bild 3: Der hinter dem Aufweitkopf montierte Zugkopf wird in den Bohrkanaal eingezogen

Kurvenradius von 115 m möglich. Die Muffenverbindung wirkt sich auf die Größe der Aufweitung des Bohrloches aus, z. B. Gussrohr DN 100, Außendurchmesser der Muffe: 173 mm (mit ZM-Umhüllung), Ø der Aufweitung: ca. 200 bis 220 mm. Die Größe der Baugrube beträgt bei DN 100 in der Regel 7,00 m x 1,00 m x 1,50 m. Zwecks Absaugung der Bentonit-Bohrsuspension während bzw. nach dem Einziehvorgang sollte in dem vorderen Bereich der Baugrube eine Vertiefung von 1,00 m x 1,00 m x 0,50 m vorhanden sein. Das Einziehen des Rohrstranges und die Montage der einzelnen Gussrohre erfolgt ausschließlich von dem Niveau der Baugrubensohle.

### 1.7 Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung

Hinsichtlich des Rohraußenschutzes werden unterschiedliche Auffassungen vertreten. So werden z. B. seit einigen Jahren u. a. bei den Stadtwerken Krefeld duktile Gussrohre mit PE-Umhüllung mit Erfolg verlegt [5]. Andere Versorgungsunternehmen verwenden duktile Gussrohre mit Zementmörtelumhüllung, die – wie Versuche zeigten – eine große Widerstandsfähigkeit gegenüber der anstehenden Bodenart besitzen.

Im Gegensatz zu den PE-beschichteten Gussrohren befindet sich zwischen der Zementmörtelschicht und der Gussoberfläche ein Zinküberzug. Die in Frankfurt/M. verwendeten Rohre haben sich für den Einsatz des horizontalen Spülbohrverfahrens als gut geeignet erwiesen. Die Muffenverbindungen werden mit PE-Schrumpfmanschetten oder Mörtelbinden geschützt.

### 1.8 Projektauswahl für den Einbau im Spülbohrverfahren

In der Planungsphase von Baumaßnahmen kann die Durchführbarkeit des Einbaus mittels horizontalem Spülbohrverfahren anhand folgender Kriterien ermittelt werden:

- geringe Anzahl von Fremdtrassenquerungen, insbesondere Querungen von Trassen in einer Tiefenlage  $> 1,00$  m,
- freie Trasse in Längsrichtung (seitlicher Mindestabstand von 0,50 m zu bestehenden Trassen),
- geringe Anzahl von Hausanschlusleitungen,
- Vorhandensein von ausreichendem Platz für Start- und Zielgrube.

Anhand einer Baumaßnahme ist die Planung und Durchführung der Verlegung einer Gussrohrleitung innerhalb eines innerstädtischen Bereiches exemplarisch dargestellt. Die Textorstraße ist eine 20 m breite und ca. 1 km lange Ortsverkehrsstraße in Frankfurt a. M.-Sachsenhausen, die als reines Wohngebiet bezeichnet werden kann (Bild 5, Seite 48). Der zu erneuernde Abschnitt der Textorstraße ist ca. 120 m lang.

### 1.9 Trassenführung

Die Trassenfestlegung der neu zu verlegenden Trinkwasserleitung ist abhängig von der Gesamttrassensituation sowie den technischen Voraussetzungen durch das Spülbohrverfahren.

Bild 4: Das erste Rohr wird in den Bohrkanaal eingezogen



Wegen der hohen Fremdtrassendichte (s. nachfolgende Auflistung) kann die Textorstraße als repräsentativ für das Stadtgebiet Frankfurt a.M. angesehen werden:

- Abwasserkanal / Stadtentwässerungsamt
- Kabel / Telekom
- Kabel / Strom
- Rohrleitung / Wasser VW DN 100
- Kabel / Hochbauamt (Branddirektion)
- Kabel / Hochbauamt (Lichtzeichenanlagen)
- Rohrleitung / Gas VG DN 150

### 1.10 Durchführung der Maßnahme

Bei der Baumaßnahme in der Textorstraße konnte in der Planungsphase auf eine geologische Untersuchung verzichtet werden. Die anstehende Bodenart – feinkörniger Lehm – war bereits durch frühere Aufgrabungen bekannt. Anhand des Gesamttrassenplanes war eine bohrbare Gesamtlänge von ca. 100 m erkennbar.

Die Herstellung von kleineren Suchschlitzgräben (Tiefenlage der Gasleitungen) und der Startgrube begann Anfang Oktober 1998. Nach Freilegung der 4 quer-verlaufenden Trinkwasser-Hausanschlußleitungen

wurde als Rohrachse eine Tiefe von ca. 1,35 m unterhalb Oberkante Fahrbahn – dies entspricht einer Rohrdeckung von ca. 1,30 m – vereinbart. Nach der Pilotbohrung, Mitte Oktober 1998, wurde der Bohrkana mit einem Aufweiter auf 215 mm Ø vergrößert und gleichzeitig 16 Rohre DN 100 à 6 m Länge (entspricht einer Gesamtlänge von 96 m) an einem Tag erfolgreich eingezogen. Die Herstellung einer Rohrverbindung einschließlich Umhüllung des Verbindungsbereichs sowie das Einziehen einer Rohrlänge (6 m) dauerte ca. 12-15 Minuten, so daß der Einziehvorgang zügig durchgeführt werden konnte (Bild 6). Die neuverlegte Trinkwasserversorgungsleitung DN 100 einschließlich acht Hausanschlußleitungen wurde nach einer Bauzeit von nur 4 Wochen in Betrieb genommen. Für das Einziehen der Rohre wurde ein Bohrgerät mit einer Zugkraft von 12 t eingesetzt.

### 1.11 Überprüfung des mit Bentonit verfüllten Ringspaltes

Während des Einziehens der Rohrleitung wurde gleichzeitig Bentonit als Bohrsuspension zur Verminderung der Reibung in den Bohrkana gepreßt. Durch die nachträglichen Anbohrungen der Hausanschlußleitungen konnte der mit Bentonit verfüllte Ringspalt einfach überprüft werden. Es zeigte sich, daß aufgrund der Aufweitung mit 215 mm Ø genügend Abstand zwischen der Rohrleitung und dem umhüllenden Erdreich vorhanden ist.

Bild 5: Textorstraße mit Bohreinrichtung



## 2. Einbau von Gußrohren mit Zementmörtelumhüllung

### 2.1 Herstellung von Anbohrungen

Bei der nachträglichen Herstellung von Anbohrungen an Gußrohren mit ZM-Umhüllung sind verschiedene Vorgehensweisen möglich. Bei einigen Versorgungsunternehmen wurde in der Vergangenheit die ZM-Umhüllung im Bereich des Dichtungsgummis der Anbohrarmatur vollständig entfernt und anschließend die Anbohrung durchgeführt. Diese Methode kann aber dazu führen, daß der Zink-Überzug beschädigt wird. Daher wurde seitens der Hersteller angestrebt, die Gußrohre durch die ZM-Umhüllung hindurch anzubohren. Diese Verfahrensweise ist seit einigen Jahren Stand der Technik. [3][4][7]

Es empfiehlt sich, die Oberfläche der ZM-Umhüllung

im Bereich der Anbohrung vorzubereiten, indem herstellungsbedingte Rauigkeiten geglättet werden. Bei dem Anschleifen der ZM-Umhüllung haben sich – neben der Verwendung von Bandschleifern – einfache Raspeln sehr gut bewährt, weil dabei das Entfernen der ZM-Unebenheiten gut zu kontrollieren ist. Anschließend kann auf der nun glatten Oberfläche die Anbohrarmatur montiert und die Anbohrung durchgeführt werden.

## 2.2 Umhüllen der Muffenverbindungen

Nach der Rohrmontage wird der zementmörtelfreie Bereich des Einsteckendes mit einer speziellen Gummi-Schutzmanschette geschützt. Alternativ können Schrumpfmanschetten oder Mörtelbinden verwendet werden.

## 2.3 Wiederverwendung des Erdaushubes

Durch die Anhebung der Deponiegebühren und die gestiegenen Preise für Sand und Auffüllmaterial gewann die Wiederverwendung des Erdaushubes für die Verfüllung von Rohrleitungsgräben in den letzten Jahren eine zunehmende Bedeutung. Bei duktilen Gußrohren mit ZM-Umhüllung kann der Erdaushub wiederverwendet werden. Es können sogar Böden mit Steineinschlüssen bis zu einer Körnung von 100 mm eingesetzt werden. Nach Rücksprache mit dem Straßenbauasträger der Stadt Frankfurt a. M. sind bei der Wiederverwendung des Erdaushubes als Auffüllmaterial in dem Bereich von Rohrleitungsgräben und Baugruben folgende Bedingungen zu erfüllen:

- der zum Wiedereinbau vorgesehene Erdaushub muß verdichtbar sein, es sind Verdichtungsnachweise zu erbringen,
- der Erdaushub muß frei sein von Kontaminationen.

In den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTVA-StB 97)“, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, sind die Anforderungen an das Verfüllen und Verdichten von Aufgrabungen festgelegt. Die Verwendung des Erdaushubes als Auffüllmaterial für Rohrleitungsgräben und Baugruben beinhaltet ein nicht unerhebliches Einsparungspotential.

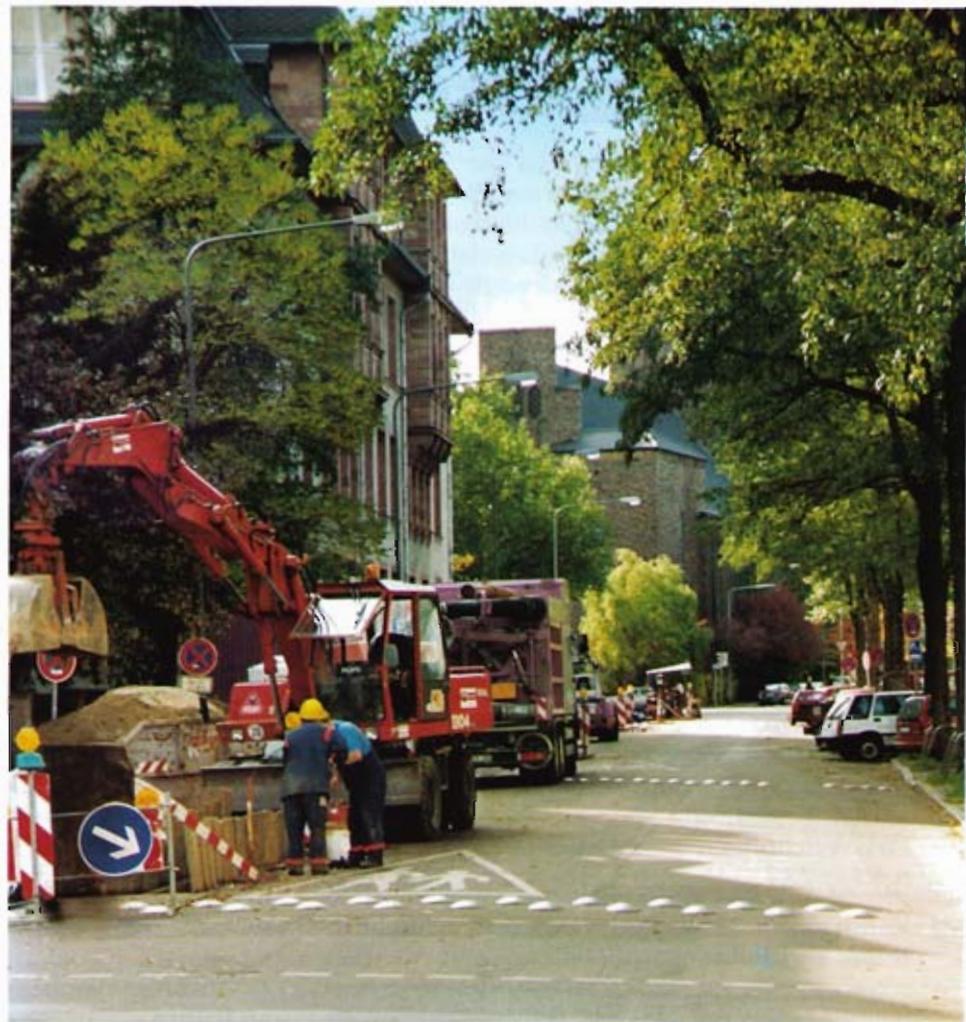


Bild 6: Zielgrube mit Rohrmontage

## 3. Schlußbetrachtung

In der z. Zt. herrschenden finanziellen Situation ist der Wirtschaftlichkeit von Baumaßnahmen eine besondere Bedeutung beizumessen. Daher liegt es nahe, auch im Bereich des erdverlegten Rohrleitungsbaus Verfahren zu entwickeln und einzusetzen, die eine Reduzierung der Baukosten – bei gleichzeitiger Erhaltung bzw. Verbesserung der Qualität – ermöglichen. Ein Kriterium für den Einsatz grabenloser Verlegungsverfahren ist die zunehmende Sensibilisierung der Bevölkerung im Bereich des Umweltschutzes und die Schonung der vorhandenen Ressourcen. Nach einer Untersuchung verschiedener Versorgungsunternehmen liegen die Kosten für die grabenlose Verlegung (Spülbohrverfahren) in der Regel ca. 30 % niedriger als bei konventioneller d. h. offener Verlegung. Diese Erfahrungswerte konnten bei den seit drei Jahren in Frankfurt a. M. durchgeführten Baumaßnahmen weitgehend bestätigt werden. In Einzelfällen lagen die Kosten für die grabenlose Verlegung nach dem Spülbohrverfahren bis zu 50 % niedriger als bei konventioneller Bauweise.

Die wesentlichen Hauptgründe für diese z. T. erhebliche Differenz sind:

- die Erd- und Straßenwiederherstellungsarbeiten werden durch die geringen Aufgrabungen erheblich reduziert,

- die Einfahrten zu den Liegenschaften der Anlieger sind stets befahrbar, so daß die kostenintensive Verlegung und das Auf- und Abdecken mit Stahlplatten als Überfahrten entfällt.

*Der Einsatz des Spülbohrverfahrens zur Verlegung von Gußrohren ist unter definierten Bedingungen auch im dicht bebauten, innerstädtischen Bereich möglich.* Das horizontale Spülbohrverfahren zum Einziehen von Gußrohren ist mittlerweile als ausgereift zu betrachten und kann als kostengünstige grabenlose Alternative zur konventionell-offenen Neuverlegung angesehen werden.

Außer der Verwendung für die grabenlose Rohrverlegung sprechen folgende Gründe für den Einsatz von ZM-umhüllten Gußrohren:

- Die Zementmörtel-Umhüllung ist mechanisch hoch belastbar,

- Kosteneinsparung durch Wiederverwendung des Erdaushubes als Auffüllmaterial,
- duktile Gußrohre besitzen gem. W 401 [8] die höchste technische Nutzungsdauer (110-130 Jahre),
- geringere Bauzeiten durch schnellere Verlegung,
- geringere Belästigung der Kunden durch geringere Bauzeiten,
- Schonung von Ressourcen (Kies und Sand),
- Schonung der Umwelt durch geringere Deponierung,
- anerkannte Regel der Technik, Erfahrungen von über 20 Jahren mit dem Einbau von ZM-umhüllten Gußrohren liegen vor.

## Literatur

- [1] Kottmann, A.  
Erfahrungen bei der Herstellung und Verlegung von Rohren mit Rohrumhüllungen aus Zementmörtel.  
DVGW-Schriftenreihe Nr. 25, Augsburg 1979, S. 214-237
- [2] Kottmann, A.  
Rohre und Rohrwerkstoffe in der Gas- und Wasserversorgung.  
Schriftenreihe Energie- und Umwelttechnik, Vulkan Verlag Essen 1997, S. 30, Pkt. 7.6
- [3] Mischo, M.  
Entwicklungen bei der Zementmörtel-Umhüllung für Gußrohre.  
GUSSROHR-TECHNIK, FGR, Ausgabe 30/95
- [4] Halter, O. und Mischo, M.  
Das Anbohren duktiler Gußrohre.  
GUSSROHR-TECHNIK, FGR, Ausgabe 32/97
- [5] Pehé, M. und Rammelsberg, J.  
Grabenloser Einbau duktiler Gußrohre mit TYTON-SIT-Verbindung mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren.  
GUSSROHR-TECHNIK, FGR, Ausgabe 30/95
- [6] DIN 30 674  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen. Teil 2: Zementmörtel-Umhüllung.  
Ausgabe Oktober 1992, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [7] DVGW-W 333  
Anbohrarmaturen und Anbohrvorgang in der Wasserversorgung.  
Hrsg. vom DVGW, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., Stand 1997
- [8] DVGW  
Technische Mitteilung, Hinweis W 401, September 1997

## Einbau duktiler Kanalrohre auf Holz-Pfahlgründungen in Emden

Von Nils Andersson und Torsten Holtz

**Böden mit verminderter Tragfähigkeit sind im Nordsee-Küstenbereich weit verbreitet. Auch in Emden ist das nicht anders, und so hat man schon vor längerer Zeit begonnen, Techniken zu entwickeln, mit deren Hilfe Rohrleitungen sicher und lagestabil in den Boden gebracht werden können.**

**Das Ergebnis dieser Entwicklungsarbeit kann sich sehen lassen: Die Methode ist zuverlässig und kostengünstig.**

### 1. Einleitung

Emden, Deutschlands westlicher Seehafen, liegt am Dollart, der großen Mündungsbucht der Ems in die Nordsee. Nach einer wechselvollen Geschichte seit seiner Gründung um 800 ist es heute eine bedeutende Industrie- und Hafenstadt mit über 52.000 Einwohnern am Rande der fruchtbaren ostfriesischen Marschen.

Im Aufschwung der letzten Jahrzehnte entstanden hier zahlreiche Neubaugebiete. Sie mußten in das von Sielen durchzogene Marschgebiet gebaut werden, das sich rund um Emden ausdehnt. Auch nach dem Trockenlegen erfordert dort der teils weiche, teils steife Schluff-Untergrund (Bild 1) spezielle Bau- und Gründungstechniken. 95 % der Emdener Neubauten sind auf Rammpfahlgründungen mit Betonaufsatz gebaut.

### 2. Problemstellung

Nicht nur die Gebäude, auch die Ver- und Entsorgungsleitungen müssen in einem solchen Boden mit schlechter Tragfähigkeit stabilisiert werden. Die sicherste Methode ist dabei das Aufständern auf Pfähle, die in der Tiefe auf festem Grund aufsitzen. Leider läßt nicht jeder Baugrund dieses Verfahren zu, außerdem ist es teuer und verbietet sich

damit für den Einbau dort, wo große Längen von Rohren einzusetzen sind.

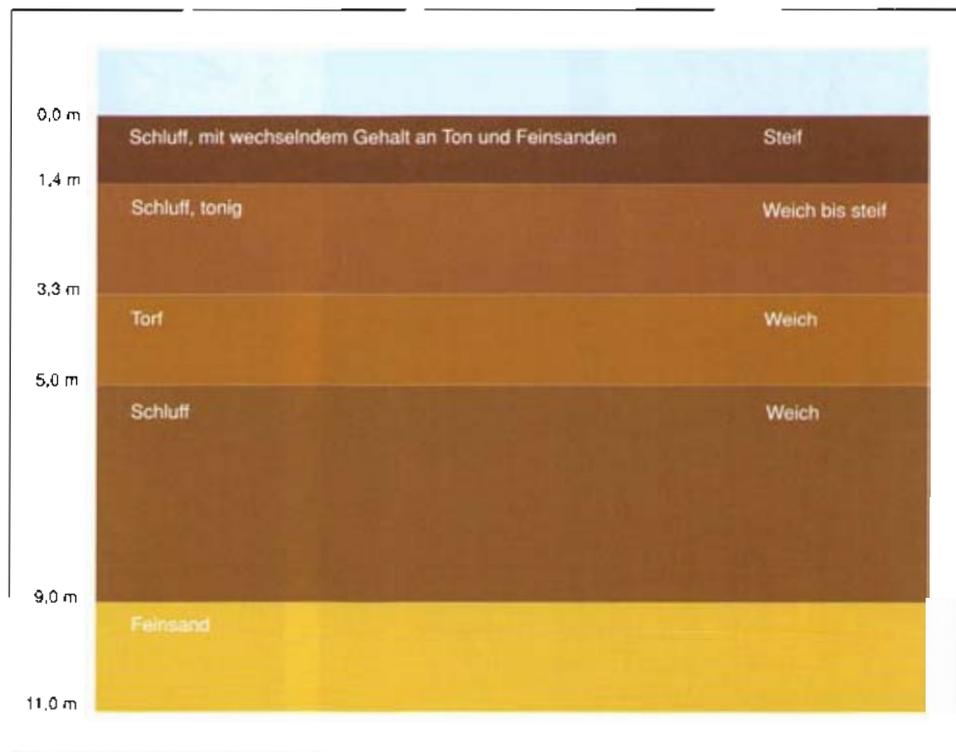
Es mußte also eine Technik entwickelt werden, die speziell im vorliegenden Boden dauerhaft wirksam und kostengünstig sein würde. Man beschloß, die Verwendung von hölzernen Pfählen zu prüfen.

Die Gründung auf Holzpfähle bei nachgiebigem Untergrund ist eine weitverbreitete Technik in Küstengebieten, wie die bekannten Beispiele Venedig oder Amsterdam zeigen. Allerdings reichen dort die Pfähle meist bis zu stabilerem Boden, außerdem wurden sehr viele Pfähle verwendet (die Rialto-Brücke stützt sich auf 12.000 Pfosten).

Holzpfähle der erforderlichen Länge, um bis auf den Sandgrund zu reichen (9 m bis 11 m), waren in Emden aus Kostengründen abzulehnen, da sie neben dem höheren Preis auch schweres oder Spezial-Gerät erfordert hätten, um den erforderlichen Druck aufzubringen.

So konzentrierten sich die Untersuchungen auf das Ziel, die minimalen Abmessungen der Pfähle zu

Bild 1: Verteilung der Bodenarten im Raum Emden



ermitteln, die mit einem entsprechenden Auflager geeignet sind, Abwasserleitungen unterschiedlichen Durchmessers, Materials und Füllungsgrades in ihrer Lage zu halten.

### 3. Lösung

Im ehemaligen Tiefbauamt der Stadt Emden wurde die Rohrbelastung aus Erdlast und Verkehrslast in Abhängigkeit von der Rohrüberdeckung und der Rohrgrabenbreite ermittelt. Der gängige Rohrquerschnitt bewegt sich in Emden zwischen DN 200 – DN 600 (Hauptkanal für Schmutz- und Regenwasser) und DN 150 – DN 200 (Hausanschlußleitungen). Für diese Querschnitte ergab sich eine Belastung zwischen 2,5 t und 5,5 t pro Meter Rohrleitung. Diese Last mußte nun, aufgrund der schlechten Bodenverhältnisse, durch eine geeignete Gründung aufgenommen werden.

Umfangreiche Berechnungen und Versuche führten zu folgendem Ergebnis:

Das günstigste Kosten-/Leistungsverhältnis erzielt man mit Holzpfählen, max. 5 m lang, 250 mm Ø (Bild 2). Sie ergeben ein optimales Verhältnis zwischen Mantelreibung und Durchmesser. Es können handelsübliche Nadelholzstämmen mit Astansätzen, nicht entrindet, verwendet werden. Die Stämme sind mit einem Bagger einzudrücken, der eine Druckkraft von 5 t aufbringt.

Bild 2: Gründungspfahl



Dazu wurden mit verschiedenen Baggertypen Druckversuche durchgeführt, um herauszufinden, welche Bagger mit dem Kübel einen Druck von 5 t erzeugen konnten. Mit einem solchen Bagger wird der Pfahl nun auf der Baustelle mittels 5 t Mindestdruckkraft ins Erdreich gedrückt. Es wird solange gedrückt, bis der Pfahl nicht weiter ins Erdreich eindringt und der Bagger sich im vorderen Bereich der Ketten aufrichtet. Der Pfahl steht aufgrund der Mantelreibung zwischen Holz und dem anstehenden Erdreich. Der überstehende Rest des Pfahls wird abgeschnitten. Die Länge der Pfähle variiert zwischen minimal 2 m und maximal 5 m (Bild 3 und 5).

Die Hausanschlußleitungen (DN 150) werden ebenso gegründet wie die Sammelleitungen.

Das Auflager besteht aus Beton (Bild 6), mit unterschiedlichen Abmessungen je nach Rohrmaterial (für Gußrohre 400 x 400 mm) mit einer Moosgummi-Auflage zum Schutz der PE-Umhüllung der duktilen Gußrohre.

Die Schächte sind aus Betonfertigteilen, Durchmesser 1.000 mm, mit TYTON-Schachtanschlußstücken. Sie werden auf 4 Pfählen, welche eine Betonplatte 1.400 mm x 1.400 mm tragen, gegründet. Die duktilen Gußrohre werden eingelenkig an die Schächte angeschlossen. Schacht und Leitung bilden infolge der Gründung ein System, auch bei eventuellen Setzungen.

### 4. Duktile Gußrohre

Bei Ermittlung der erforderlichen Auflager stellte sich heraus, daß duktile Gußrohre den geringsten Aufwand erforderten: Ihre Steifigkeit erlaubt es, mit nur einer Gründung je 6 m Rohrlänge auszukommen

Bild 3: Eindringen des Pfahles



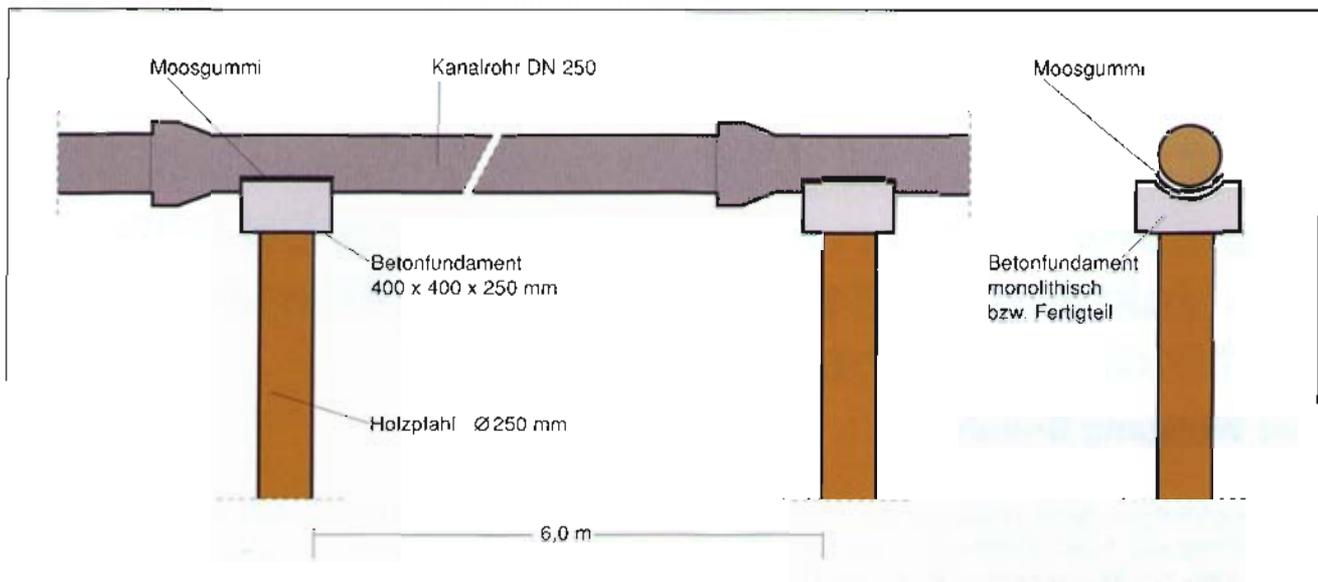


Bild 4: Prinzipdarstellung der Pfahlgründungen

(Bild 4), während andere, biegeweichere Materialien aufwendigere Maßnahmen (Betonbalken, dichtere Pfahlabstände) verlangen.

Außerdem bieten duktile Gußrohre zusätzliche Sicherheit durch ihre Abwinkelbarkeit ohne Beeinträchtigung der Dichtfunktion (bis DN 300: 5°, DN 400: 4°). Das gilt auch für die Schachtanschlußstücke aus duktilem Gußeisen in den Betonschächten. Die TYTON-Langmuffe nach DIN 28 603 erlaubt außerdem eine zusätzliche Längsverschiebung des Einsteckendes in der Muffe. Damit ergibt sich aus den Elementen Pfahlgründung, duktiler Gußrohr mit TYTON-Verbindung sowie Schacht mit TYTON-Anschlußstück ein System, das unter den gegebenen Umständen maximale Sicherheit bietet.

So entschied man sich für die Verwendung duktiler Gußrohre mit Zementmörtelauskleidung nach DIN EN 598 mit TYTON-Langmuffe nach DIN 28 603 und

einer Polyethylenumhüllung nach DIN 30 674 Teil 1, da der beschriebene salzhaltige Boden in die Bodenklasse III (stark aggressiv) nach DIN 50 929 Teil 3 einzustufen ist. Die Schächte wurden mit Schachtanschlußstücken nach DIN EN 598 ausgestattet.

Auch für die Hausanschlußleitungen werden die gleichen Komponenten verwendet. Der Anschluß an den Sammler erfolgt mit Sattelstücken.

Von dieser Kombination wurden bisher ca. 4.000 m DN 250 (Sammler) ca. 1.500 m DN 150 (Hausanschlußleitungen) eingebaut.

Zur Zeit sind zwei Objekte mit insgesamt 3.700 m DN 250 (Sammler) und 1.400 m DN 150 (Hausanschlußleitungen) in Arbeit.

Bild 5: Die Endposition ist erreicht



Bild 6: Aufsetzen des Beton-Auflagers



## Bau einer Wasserversorgungsleitung DN 500 aus duktilem Gußeisen mit dem universellen Verbindungssystem in Eichstätt

Von Wolfgang Brandl

Zur langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Stadt Eichstätt sowie des Zweckverbandes zur Wasserversorgung der Eichstätter Berggruppe mit einer jährlichen Abnahmemenge von derzeit 1,2 Mio m<sup>3</sup> wurde der Bau einer ca. 3,4 km langen Wasserversorgungsleitung vom neuen Wassergewinnungsgelände Pfünzer Forst zum bestehenden Pumpwerk Landershofen-Pfünz erforderlich (Bild 1). Im Auftrag der Stadtwerke Eichstätt sowie des Zweckverbandes Eichstätter Berggruppe wurde die neue Trinkwasserversorgungsleitung gebaut.

### 1. Allgemeines

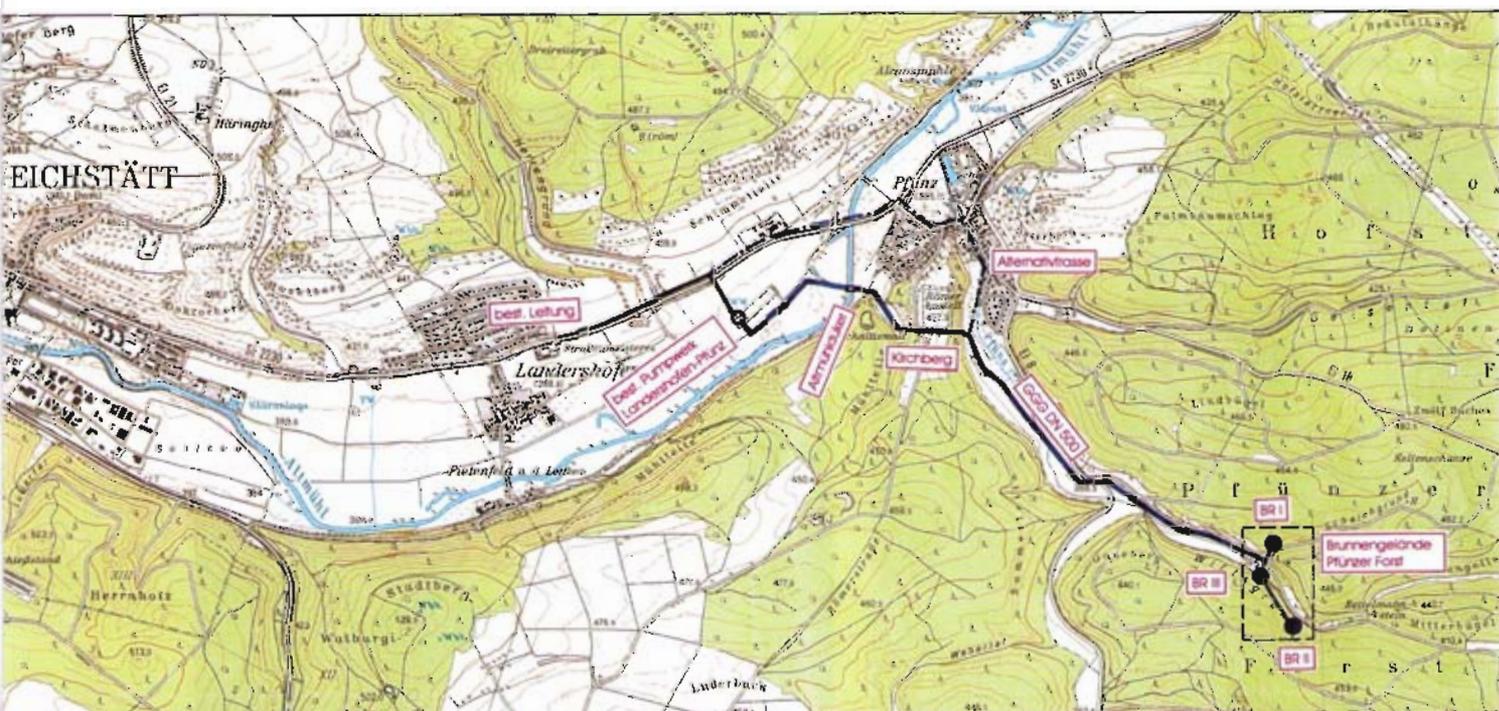
Bereits Ende der 80er Jahre hatten umfangreiche hydrogeologische Untersuchungen eine zunehmende anthropogene Belastung der Trinkwasserbrunnen im Verlauf des Altmühltals nachgewiesen. So entschlossen sich die Stadtwerke Eichstätt in Zusammenarbeit mit dem Zweckverband Eichstätter Berggruppe, ihre Trinkwasserversorgung künftig auf ein neues Gewinnungsgebiet im Bereich des Hofstettener/Pfünzer

Forstes abzustützen. Hierzu wurde der Bau einer Wasserversorgungsleitung erforderlich, die am Pumpwerk Landershofen-Pfünz an die bestehenden Wasserversorgungseinrichtungen angebunden werden sollte. Der hydraulische Nachweis zur Sicherstellung der Wasserversorgung der Stadt und des Zweckverbandes ergab eine notwendige Leitungsnennweite DN 500. Die Bemessung der Rohrleitung wurde auf den langfristigen Wasserbedarf bis zum Prognosejahr 2030 und eventuelle Erweiterungen des Versorgungsgebietes ausgelegt.

Nach Bewertung der Eigenschaften verschiedener Rohrwerkstoffe entschloß man sich zum Einbau duktiler Gußrohre nach DIN EN 545 mit dem universellen Verbindungssystem (Bild 2). Hierbei spielten nicht nur die bisher guten Erfahrungen beider Versorgungsträger mit diesem Rohrmaterial eine Rolle, sondern insbesondere die mit dem universellen Rohrsystem verbundene Flexibilität bei der Verbindungswahl auf der Baustelle.

Dieses Verbindungssystem ermöglichte einen den örtlichen Verhältnissen angepaßten Einbau, da mit ein

Bild 1: Trassen der gebauten Leitung und der abgelehnten Alternative



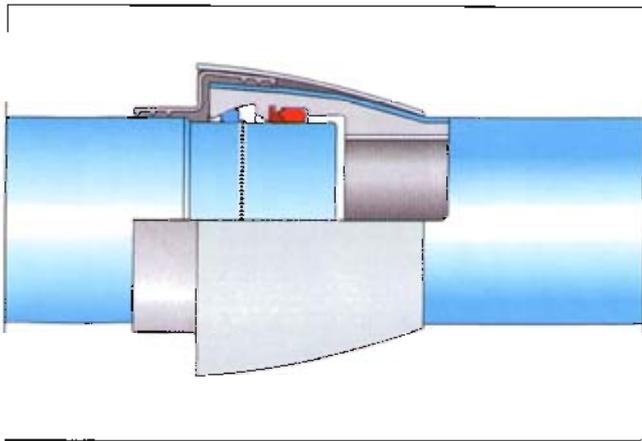


Bild 2: Die universell einsetzbare TYTON-Verbindung und demselben Rohr oder Formstück vier unterschiedliche Verbindungen hergestellt werden können. Unerheblich ist hierbei, ob die Leitung längskraftschlüssig oder nicht längskraftschlüssig gebaut wird.

## 2. Trassenführung

Bereits vor Erarbeitung der Entwurfsplanung standen mehrere sich wesentlich voneinander unterscheidende Rohrleitungstrassen zur Auswahl, die in mehreren örtlichen Begehungen und Besprechungen begutachtet und bewertet wurden.

Eine Leitungstrasse vom Gewinnungsgebiet entlang des Pfunzer Trockentals durch die Ortschaft Pfünz sowie Unterdükerung der Altmühl im Bereich der Ortschaft und Fortführung der Leitung bis zum bestehenden Pumpwerk hätte eine Leitungslänge von 3,6 km ergeben (Bild 1). Eine Kostenvergleichsberechnung

Bild 3: Steilhangbereich



ergab aber, daß diese Variante aufgrund kostenintensiver Rohrgrabenarbeiten im Bereich der betroffenen Orts- und Kreisstraßen und zweier zusätzlicher Schachtbauwerke deutliche Kostennachteile ergeben hätte. Sie wurde deshalb zugunsten einer Trassenführung über den Pfunzer Kirchberg verworfen. Die Kostenvorteile blieben auch unter Berücksichtigung der sich über den Kirchberg ergebenden Erschwerisse in einem Steilhangbereich (Bild 3) und der im Zusammenhang mit dem Römerkastell Pfünz zu erwartenden archäologischen Fundareale (Bild 4) erhalten. Darüber hinaus führte diese Trassenwahl zu einer Reduzierung der Leitungslänge auf 3,4 km.

## 3. Technische Ausführung der Rohrleitung

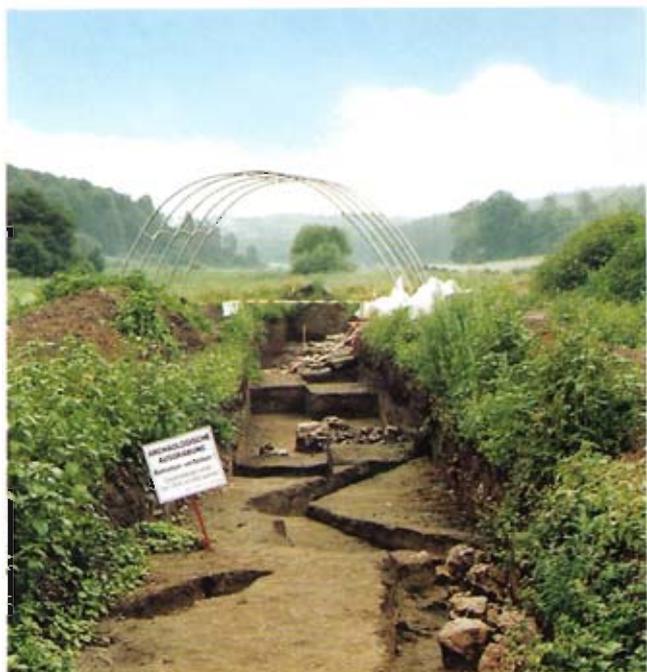
Die Baugrunduntersuchungen im Trassenverlauf hatten ergeben, daß überwiegend verwitterter Felsuntergrund anzutreffen war. Im Bereich des im Pfunzer Tal verlaufenden Baches wurden aber auch weicher Schluff und Torf festgestellt, während im ca. 70 Meter langen Steilhangbereich zum Kirchberg und auf dessen Anhöhe massiver Fels angetroffen wurde.

Da nicht sichergestellt werden konnte, daß der Untergrund für Widerlager immer ausreichend tragfähig ist, wurden längskraftschlüssige Rohrstrecken entsprechend GW 368 vor und hinter den Bögen eingebaut.

Das universelle Verbindungssystem ermöglichte, entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen an das Rohrleitungssystem, die wirtschaftlichste Verbindung auszuwählen.

So wurde, z. B. im Tal, die Längskraftschlüssigkeit der Formstücke und bestimmter anschließender Rohrstrecken durch NOVO-SIT erzielt. Im Steilhangbereich wurde statt dessen den besonderen Anforderungen an die Verbindungstechnik Rechnung getragen, indem die universelle Muffe mit dem TIS-K-Haltering kombiniert wurde.

Bild 4: Archäologische Ausgrabungen an der Leitungstrasse



Auf den restlichen Strecken erfolgte der Einbau der Verbindung TYTON.

Sowohl die NOVO-SIT- als auch die TIS-K-Verbindung sind längskraftschlüssige Verbindungsarten, die den Einsatz von Betonwiderlagern zur Leitungssicherung entbehrlich machen.

Ergänzende Untersuchungen zur Korrosionsgefährdung zeigten zudem, daß im Talbereich teilweise von einer starken Bodenaggressivität auszugehen war.

Aufgrund dieser Erkenntnisse entschloß man sich, im Pfünzer Tal und im Bereich des Kirchberges zementmörtelummüllte Rohre einzubauen. Diese Umhüllung stellt den notwendigen robusten Korrosionsschutz sicher und erlaubt im Felsbereich eine Wiederverwendung des Fräsmaterials aus dem Rohrgraben ohne Einsatz zusätzlichen Bettungsmaterials. Eine Entscheidung, die neben der erforderlichen langfristigen Haltbarkeit des Rohrmaterials auch eine wirtschaftlich interessante Alternative bot, weil zusätzliche Arbeitsgänge und Transportarbeiten entfielen und Deponiegebühren eingespart wurden. Des weiteren konnte im Bereich des Kirchberges den besonderen archäologischen Erfordernissen durch eine auf das Notwendigste beschränkte Bautrasse Rechnung getragen werden.

Für die Unterdükerung der Almühl wurden über 42 Meter duktile Gußrohre DN 500 mit längskraftschlüssigen Muffenverbindungen TIS-K eingebaut. Um die zur Unterquerung der Almühl erforderliche Leitungs-

**Bild 5:** Zementmörtelummüllte Gußrohre erlauben die Wiederverwendung des Fräsmaterials aus dem Felsbereich des Rohrgrabens



**Bild 6:** Dükergrube im Tal mit Schutzrohr DN 800

tiefe zu erreichen, wurde die Dükerleitung in vertikaler Richtung durch 45-Grad-Bögen abgewinkelt.

Die Planungen sahen zunächst einen Einbau der Leitung in einer Dükerrinne vor, die nach Verfüllung eine Mindestüberdeckung der Dükerleitung von 1,5 Meter unter der Flußsohle sicherstellen sollte. Aufgrund eines Sondervorschlages der bauausführenden Firma wurde aber schließlich einem Einbau der Gußrohre in einem Stahlmantelrohr DN 800, in das zusätzlich vier Kabelschutzrohre HD PE DN 75 eingezogen wurden, zugestimmt.

### 3. Schlußbemerkung

Die Bauarbeiten für die im April 1998 begonnene Wasserversorgungsleitung konnten im Oktober 1998 nach Durchführung der erforderlichen Druckproben weitgehend abgeschlossen werden. Die Kosten der Leitung – ausgeführt mit duktilen Gußrohren im universellen Verbindungssystem – werden sich einschließlich Nebenkosten auf voraussichtlich rd. 2,8 Mio. DM belaufen.

Mit dem Bau der neuen Wasserversorgungsleitung als Hauptschlagader der künftigen Wasserversorgung konnten die Grundlagen für die langfristige Sicherung der Trinkwasserversorgung der Stadt Eichstätt und des ZV Eichstätter Berggruppe gelegt werden.

#### Beteiligte Firmen:

Planung und Bauüberwachung:

Ingenieurbüro Riedrich, Feucht

Bauausführung:

Josef Riepl GmbH, Regensburg





Bild 2: Übersichtsfoto

### 1. Die Situation

Herford, 1200 Jahre alte ehemalige Freie Reichs- und Hansestadt am Zusammenfluß von Aa und Werre (Herford = Heeresfurt) ist heute eines der wirtschaftlichen Zentren Ostwestfalens mit ca. 65.000 Einwohnern und bevorzugte Einkaufsstadt für einen Einzugsbereich mit ca. 150.000 Bewohnern.

Damit kommt auch Bussen und Eisenbahn eine besondere Bedeutung zu, der im vergangenen Jahr mit einem Umbau des Omnibusbahnhofs (Bild 2) zur Erhöhung der Attraktivität des Personalnahverkehrs Rechnung getragen wurde. Dabei beschloß man, im Zuge dieser Arbeiten einen alten Beton-Abwasserkanal DN 400/600/900 (Ei- und Kreisprofil), durch eine Leitung aus duktilen Gußrohren zu ersetzen.

### 2. Die Trasse

Die geplante Leitung umfaßte einen Sammler DN 500, der hauptsächlich Regenwasser von einer Hauptverkehrsstraße sowie die Abwässer einer Ladenzeile aufnimmt und eine zweite Leitung DN 500, welche die vom Güterbahnhof kommenden Abwässer ableitet. Diese beiden Zweige werden zu einer Leitung DN 700 zusammengeführt (Bild 1).

Bild 3: Kellerbauten im Krieg zerstörter Gebäude



Der Verlegebereich war im letzten Krieg stark bombengeschädigt, so daß als erstes der Kampfmittelräumdienst das Gebiet auf Blindgänger untersuchen mußte. Im Bereich des Bahnhofs befanden sich noch Kellerbauten der alten, von den Bomben zerstörten Gebäude (Bild 3). Vor allem dies beeinflusste die Ent-



Bild 4: Einbau der Rohre DN 700

scheidung für die offene Bauweise. Außerdem erschienen die kurzen, schnell wandernden Baustellenbereiche, welche die „Auf-Zu-Technik“ mit duktilen Gußrohren ermöglicht, am besten geeignet, um die Verkehrsstörungen klein zu halten, die sich durch die Unterquerung einer stark befahrenen vierspurigen Straße und des Bahnhofsvorplatzes (= Busbahnhof) sowie durch den Einbau unmittelbar vor einer Ladenzeile ergaben.

Weiterhin waren ältere Gas- und Wasserleitungen zu kreuzen, deren genaue Lage nicht in jedem Falle aus der Vorkriegszeit überliefert war.

Ein Bodengutachten ergab keine Aggressivitäten, der ursprünglich aufgeschüttete Sandboden war allerdings durchsetzt mit Bauschutt und dem schon erwähnten Mauerwerk.

### 3. Der Einbau der Rohre

Wegen der Einbautiefen bis zu 10 m und der Verkehrsbelastung durch Busse und vierspurige Straße entschied man sich für duktile Gußrohre mit TYTON-Langmuffe nach DIN 28 603, innen mit Tonerdezementmörtel-Auskleidung gemäß DIN EN 598, außen verzinkt mit Deckbeschichtung aus Bitumen gemäß DIN 30 674 Teil 3. Außerdem erfüllen duktile Gußrohre mit 6 m Baulänge den Wunsch nach möglichst wenig Muffen im Bereich des Omnibusbahnhofs.

Insgesamt wurden 252 m duktile Gußrohre DN 500 und 100 m DN 700 verbaut. 60 Guß-Sattelstücke (bis zu 6 pro Rohr) nahmen die Hausanschlüsse auf. Die Sattelstücke lassen sich vor Ort schnell und ohne großen Aufwand anbringen, so daß Platzierung und Scheitel-/Kämpferwinkel nach den vorliegenden Erfordernissen ausgerichtet werden können.

Die Rohre wurden über Schachtanschlußstücke mit TYTON-Dichtungen an die Schächte angeschlossen. Schachtanschlußstücke enthalten eine Steckmuffe System TYTON und bieten in Verbindung mit der TYTON-Dichtung einen hohen Grad an Dichtheit, sowohl bei axialer Lage des eingeschobenen Rohrschaftes als auch bei Abwinklungen. Die Verbindung ist längsbeweglich und abwinkelbar. Dabei konnte auch auf zusätzliche kurze Gelenkstücke verzichtet werden, da die Kombination duktiler Gußrohr/TYTON-Schachtanschlußstück auch bei Setzungen „ohne statische Überbeanspruchungen für das System möglich ist“ [1], [2].

Die jeweils halbseitige Umleitung der vierspurigen Straße beanspruchte, wie erwartet, dank der 6 m langen Rohre nur kurze Zeit. Etwas länger dauerte das Herrichten des Trümmergrundstückes im Bereich des Übergabeschachtes vom Güterbahnhof. Hier war auch ein Spundwandverbau erforderlich, während der übrige Graben mit wandernden Verbaukästen gesichert wurde.

### 4. Schlußbemerkung

Circa 350 m Kanalleitung aus duktilen Gußrohren wurden im Vorfeld des Herforder Bahnhofs mit Bus-



Bild 5: Baustelle am Bahnhof

bahnhof eingebaut. Kosten: ca. 1.100.000,- DM, Bauzeit 8 Monate. Dank sorgfältiger Vorplanung und Verwendung der robusten und flexibel einsetzbaren duktilen Gußrohre mit TYTON-Langmuffe konnte das Objekt problemlos abgewickelt werden. Der Dank für die sorgfältige Bauausführung gilt den Mitarbeitern des Abwasserwerkes der Stadt Herford sowie der Baufirma A. Buecker GmbH & Co in Melle.

### Literatur

- [1] Falter, B.; Lenz, J.; Wielenberg, M.  
Einfach gelenkige Schachtanschlüsse bei Rohren aus duktilem Gußeisen  
GUSSROHR-TECHNIK 33 (1998) S. 5
- [2] Falter, B.; Lenz, J.  
Versuche an einem einfach gelenkigen Schachtanschluß mit einem Rohr aus duktilem Gußeisen  
GUSSROHR-TECHNIK 34 (1999) S. 11



# Bestellschein

## FGR-Informationen GUSSROHR-TECHNIK

Die Hefte 1 bis 19 sind vergriffen. Die übrigen Ausgaben stellen wir Ihnen bei Bedarf gerne noch zur Verfügung; Bitte benutzen Sie diesen Bestellschein.

Bitte übersenden Sie mir kostenlos folgende Ausgaben:

FGR 20:       FGR 21:       FGR 22:       FGR 23:       FGR 24:   
FGR 25:       FGR 26:       FGR 27:       FGR 28:       FGR 29:   
FGR 30:       FGR 31:       FGR 32:       FGR 33:       FGR 34:

Gewünschtes bitte ankreuzen.

Name: \_\_\_\_\_

in Firma: \_\_\_\_\_

Straße (Fa.): \_\_\_\_\_ (privat): \_\_\_\_\_

Ort (Fa.): \_\_\_\_\_ (privat): \_\_\_\_\_

**Bitte nennen Sie immer die Firma, auch wenn Sie Versand an Ihre Privatadresse wünschen.**

Falls obige Anschrift sich geändert hat, geben Sie bitte auch die alte Adresse an:

Straße: \_\_\_\_\_

Ort: \_\_\_\_\_

Ich bin tätig als bzw. beschäftigt bei:

- |  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Leitungsplaner    | <input type="checkbox"/> Genehmigungsbehörde | <input type="checkbox"/> Hochschullehrer |
| <input type="checkbox"/> Leitungsbetreiber | <input type="checkbox"/> Rohrleger           | <input type="checkbox"/> Student         |
| <input type="checkbox"/> Sachverständiger  | <input type="checkbox"/> _____               |  |

**Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme, Sachsenring 2-4, 50677 Köln**  
**Tel. (02 21) 31 80 65      Fax (02 21) 31 62 21**

Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme  
Sachsenring 2-4

50677 Köln



