

30

# GUSSROHR-TECHNIK



INFORMATIONEN DER FACHGEMEINSCHAFT GUSSEISERNE ROHRE

## 5 Schmale Trasse

**Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung –  
eine Alternative bei schwierigen Bauverhältnissen  
in einem sensiblen Naturschutzgebiet**

Dipl.-Ing. Bernd-Ulrich Weber

## 9 TKF-Schubsicherung

**Um- bzw. Neuverlegung der Trinkwasserleitung  
DN 800 im Bereich Richard-Lehmann-Straße/  
Hofer Brücke in Leipzig**

Dipl.-Ing. Henry Simon  
Rudolf Winter

## 14 Gutachten

**Funktionsprüfungen an dem System  
duktiler Kanal-Gußrohre**

MPA Dortmund  
Dr.-Ing. Jürgen Rammelsberg

## 25 Grabenloser Einbau

**Moseldüker Kinheim  
Grabenloser Einbau von Gußrohrleitungen  
mit der FlowTex-Großbohrtechnik**

Dipl.-Ing. Horst Nöh

## 29 Grabenloser Einbau

**Grabenloser Einbau duktiler Gußrohre  
mit TYTON-SIT-Verbindung  
mit dem Horizontal-Spülverfahren**

Dipl.-Ing. Manfred Pèhé  
Dr.-Ing. Jürgen Rammelsberg

## 34 Unterdruckprüfung

**Dichtheitsprüfung eines Ortsentwässerungs-  
netzes in der Trinkwasserschutzzone II  
mit dem Unterdruckverfahren**

Dipl.-Ing. Karl-Heinz Böhm  
Hans-Jörg Krogull

## 38 Rechnersimulation individueller Lasten

**Indirekte Lasten für erdverlegte Rohrleitungen**

Dr. techn. Gerhard Kiesselbach

## 43 Wasserschutzgebiet

**Präzisionsarbeit in 8m Tiefe**

Dipl.-Ing. Ernst Reif  
Dipl.-Ing. Wolfgang Fries  
Dipl.-Ing. Gerhard Neidl

## 47 Schubsicherung und 30 bar

**Bau einer Fernwasserleitung DN 200  
mit einem Betriebsdruck von max. 30 bar**

Harald Becker

## 52 ZM und Wirtschaftlichkeit

**Entwicklungen bei der Zementmörtel-  
Umhüllung für Gußrohre**

Dipl.-Ing. Michael Mischo

## 57 Wirtschaftlichkeit

**Oberlegungen zum wirtschaftlichen Einsatz  
von duktilen Gußrohren bei Abwasserleitungen  
Ein Bericht aus der Praxis für die Praxis**

Dipl.-Ing. Werner Schmäcke

# Schnellübersicht

Eine Versorgungsleitung mußte durch ein Naturschutzgebiet verlegt werden. Schwierigkeiten bereiteten dabei ein Steilhang und ein 4 m breiter Hohlweg als Trasse. Um diese Probleme zu bewältigen und die ursprünglich vorgesehene Kiesbettung zu vermeiden, wurden duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung und im Steilhang mit längskraftschlüssigen TYTON-SIT-Verbindungen verwendet.

Seite 5

Durch die Hofer Brücke führen zwei Wasserleitungen DN 800, die weite Teile des Leipziger Westens und Südens versorgen. Der Abriß und Neubau dieser Brücke bedeutete deshalb auch für die Städtischen Wasserwerke große planerische und bauliche Schwierigkeiten: Aufrechterhaltung der Versorgung in der Bauphase, Einbau im Trog zusammen mit anderen Leitungssystemen, Ausgleich von Versatz zwischen Brücken- und Landleitungen sowie Winkelführungen ohne die Möglichkeit von Widerlagern. Alle diese Probleme konnten mit Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen und nicht zuletzt mit dem Schub-sicherungssystem TKF bewältigt werden.

Seite 9

„Selbst unter ständigen Abwinkelungs- und Längsbewegungen, wie sie langfristig unter extremen Bedingungen in instabilen Böden oder Bergsenkungsgebieten anzutreffen sind, ist das duktile Kanalrohr-System auf Dauer gas- und wasserdicht und stellt damit einen einwandfreien Abwassertransport sicher. Weder Exfiltration (Undichtheit von innen nach außen) noch Infiltration (Undichtheit von außen nach innen) sind möglich.“

Soweit die Schlußfolgerung aus einem Gutachten des MPA Dortmund über die Dichtheit bei statischen und dynamischen Belastungen.

Seite 14

Ein System des grabenlosen Einbaus von Rohren ist das Horizontal-Spülbohrverfahren (z. B. Flow-Tex). Es bot sich an, als ein Trinkwasser-Doppeldüker 2x DN 150, 186 m lang, durch die Mosel gebaut werden sollte, weil dabei empfindliche Uferbereiche und Flußbett unangetastet bleiben, die Schifffahrt nicht beeinträchtigt wird und die Bauzeit sehr kurz ist (siehe Bild). Nach Fertigstellung der Bohrung unter der Mosel wurde der Doppelstrang in ca. 6 Stunden durchgezogen. Die Druckprüfung mit 21 bar bestätigte Dichtheit und Längskraftschlüssigkeit.

Seite 25

Circa 10 m unter dem Kiel des Schiffes verläuft der Düker durch das Schiefergestein (Seite 25)



## Umschlagseiten

Titelseite: Verlegung eines Abwassersammlers in einem Bonner Erholungsgebiet

Rückseite: Auch im zweiten Bauabschnitt der neuen Hamburger Trabantenstadt Allermöhe kommen Gußrohre zum Einsatz

## Impressum

Herausgeber und Copyright:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

Sachsenring 2-4

50677 Köln

Tel. (02 21) 3180 65, Fax (02 21) 3162 21

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt

Belegexemplar erbeten

Druck:

Formdruck Krefeld, Mai 1995

## Bildnachweise: S. 60

# Schnellübersicht

Nachdem sich das Horizontal-Spülbohrverfahren in den letzten Jahren einen ständig wachsenden Marktanteil bei den geschlossenen steuerbaren Bauweisen erobern konnte, wird nachstehend eines der ersten Projekte mit dem Einbau von Rohrleitungen aus duktilen Gußrohren nach diesem Verfahren sowie die dabei gemachten Erfahrungen beschrieben. Seite 29

Ein neu erstelltes Entwässerungssystem, bestehend aus 1600 m Verbindungssammler DN 400 und einem Ortsentwässerungsnetz von 730 m Länge mit 32 Hausanschlüssen und 18 Straßeneinläufen wurde in zwei Prüfabschnitten in nur zwei Tagen einer Unterdruckprüfung auf Dichtheit unterzogen. Dabei wurden die Haushalte der Anwohner nicht beeinträchtigt. Seite 34

Neben den üblichen „direkten Lasten“ (z. B. Innendruck, Erdlast, Verkehrslast) nehmen auch „individuelle Lasten“ Einfluß auf das Beanspruchungs- und Verformungsverhalten einer verlegten Leitung. Dabei handelt es sich um jene Belastungen, die durch die realen Einbauverhältnisse im Boden auftreten können. Die Abweichungen von den üblicherweise angenommenen idealen, gleichmäßigen Belastungen werden hier durch rechnerische Simulation beispielhaft nachgewiesen. Seite 38

Ein Mischwasser-Hauptsammler (DN 500 bis DN 1200) mußte durch ein Wasserschutzgebiet II geführt werden. Aus Kostengründen wurde die Rohr-in-Rohr-Technik verworfen und statt dessen die Lösung mit einer einwandigen Leitung aus duktilen Gußrohren gewählt, die mit Unterdruck auf Dichtheit geprüft wurde. Die Herstellung der Leitung verlief wie geplant, auch die Ver-

legung der Rohre DN 1200 in 8 m Tiefe mit Kreuzung einer Staatsstraße wurde gemeistert (siehe Bild). Die anschließende Unterdruckprüfung ergab völlige Dichtheit. Seite 43

Aufgrund des nicht ausreichenden Trinkwasserdargebots sah sich die Stadt Biedenkopf genötigt, zusätzlich einen Anschluß an einen benachbarten Wasserverband vorzusehen.

Für diese Leitung (12 km DN 200) ergab sich aus Höhendifferenz und Transportkapazität ein Maximaldruck von 30 bar. Außerdem stellten die schmale Verlegetrasse und die teilweise geringe Bodenstabilität die Rohrbauer vor Probleme. Duktile Gußrohre mit TIS- bzw. TIS-K-Muffen waren hier die Lösung. Seite 47



Die Zementmörtel-Umhüllung mit Kunststoffmodifizierung bietet ein hohes Maß an Korrosionsbeständigkeit und mechanischem Schutz. Durch Einsparung der Sandbettung leistet sie beim Einbau selbst in steinigem Boden ihren Beitrag zur Senkung der Baukosten und darüber hinaus zur Einsparung von Deponieraum und Schonung der Ressourcen. Seite 52

Abwasserrohre dürfen nicht nur nach dem Gesichtspunkt des Rohrpreises ausgewählt werden. Im Zusammenhang mit den geänderten Rahmenbedingungen durch moderne

Kontroll- und Reinigungstechniken können Abwasserkanäle heute mit größeren Schachtabständen und gekrümmt geplant werden. Dabei ergibt sich für das duktile Gußrohrsystem durch Ausnutzung aller material- und systemspezifischen Vorteile eine erhebliche Kostenreduzierung und somit größere Wirtschaftlichkeit. Seite 57

## Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung – eine Alternative bei schwierigen Bauverhältnissen in einem sensiblen Naturschutzgebiet

Von Bernd-Ulrich Weber

**Eine Versorgungsleitung mußte durch ein Naturschutzgebiet verlegt werden. Schwierigkeiten bereiteten dabei ein Steilhang und ein 4 m breiter Hohlweg als Trasse. Um diese Probleme zu bewältigen und die ursprünglich vorgesehene Kiesbettung zu vermeiden, wurden duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung und im Steilhang mit längskraftschlüssigen TYTON-SIT-Verbindungen verwendet.**

### 1. Einleitung

Bad Kösen, Kurstadt im malerischen Saaletal bei Naumburg, nimmt nach der Wende 1989 die Stadtneuerung auf vielen Gebieten in Angriff. Der früheren Tradition folgend werden der Erweiterung und Erneuerung der Kureinrichtungen große Aufmerksamkeit geschenkt. Die in Bad Kösen zutage tretenden Solequellen sollen wieder verstärkt der Vorbeugung und Heilung von Atemwegserkrankungen dienen.

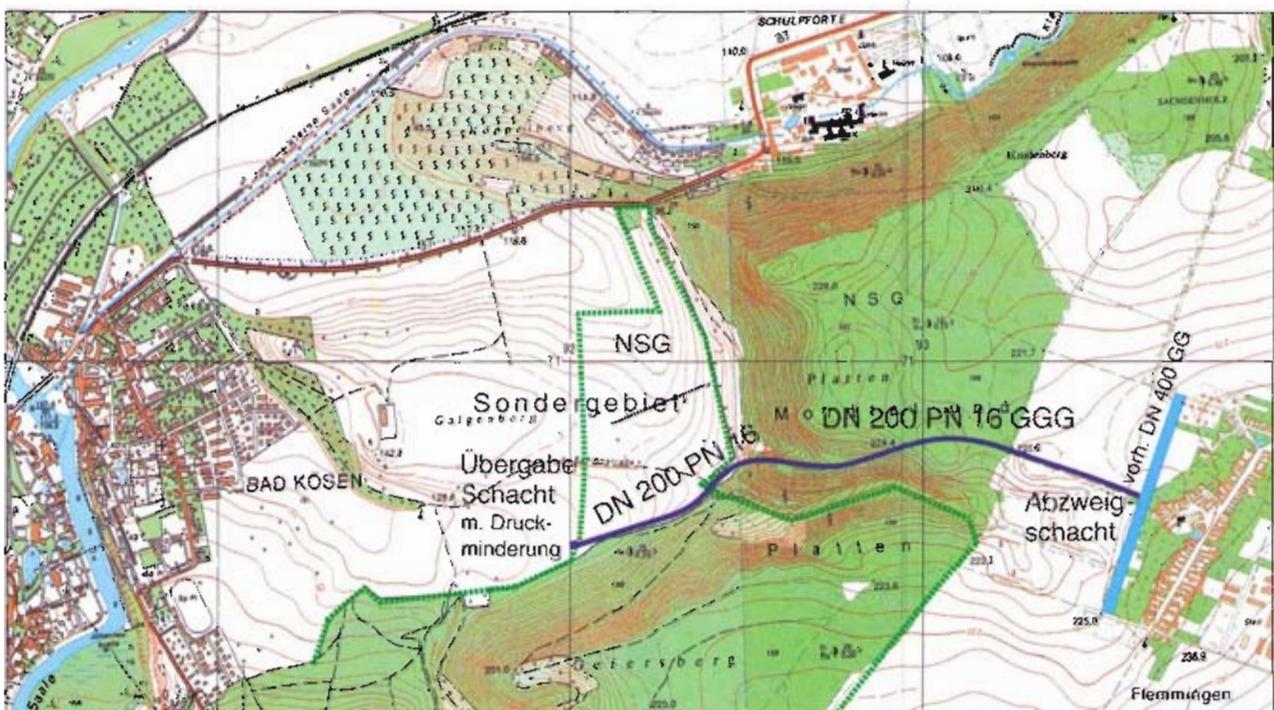
Auch eine Rehabilitationsklinik wurde neu errichtet. Im Bebauungsplan der Stadt Kösen ist das vorgesehene Gebiet als Sondergebiet „Kur und Senioren“ ausgewiesen.

Das Versorgungsunternehmen Mitteldeutsche Wasser und Abwasser GmbH, Betrieb Naumburg, ist für die Trinkwasserversorgung zuständig und hat sich in Abstimmung mit der Stadtverwaltung Bad Kösen und dem Ingenieurbüro PROWA – Kittelberger für eine Einspeisung über den Hochbehälter „Kohlenstraße“ entschieden.

Die Rohrleitungstrasse verläuft somit durch das Naturschutzgebiet „Mordtal und Platten“ mit einer Geländeneigung bis zu 35 % (Bild 1).

Für das bauausführende Unternehmen watis bau GmbH Halle war es die Aufgabe, im beengten und stark geneigten Bauraum die Rohrverlegung unter strikter Wahrung der Forderungen des Naturschutzes sicherzustellen.

Bild 1: Ausschnitt Lageplan



## 2. Zur Projektvorlage

Das Projekt schließt an der Hauptleitung DN 400 auf der Hochfläche westlich der Ortslage Flemmingen an und führt über 1750 m als Druckrohrleitung aus duktilen Gußrohren DN 200 K8 zum Sondergebiet Bad Kösen im Saaletal. Die Rohrverlegung hatte nach DIN 19630 und DIN 18307 zu erfolgen. Für die Erdarbeiten waren DIN 18300 und DIN 4124 zu beachten. Das Baugrundgutachten wies schwierigen Baugrund aus. Für stellenweise anstehendes Kalksteinmaterial war ein Mehraushub erforderlich und eine bis zu 30 cm starke Kiesaufgabe vorgesehen. Die Rohre waren bis 30 cm über Rohrscheitel in Kies einzubetten. Der auszutauschende Erdaushub war abzufahren. Die Rohrleitung war aus Rohren in Baulängen von 6 m mit TYTON-Verbindungen herzustellen, außen mit Zinküberzug und Deckbeschichtung und innen mit Zementmörtelauskleidung. Schwierigkeiten wurden projektseitig bei der Querrung des Naturschutzgebietes und der Überwindung eines 400 m langen Steilhanges gesehen (Bild 2 - Übersichtslängenprofil).

## 3. Die Bauausführung

Bereits bei der Erarbeitung des Angebotes zeigten sich für eine spätere Bauausführung folgende Hauptprobleme:

- auf 1300 m führt die Rohrtrasse durch ein Naturschutzgebiet (NSG);

- auf 720 m wird ein Waldgebiet gekreuzt, das nur einen 4 m breiten Fahr- und Hohlweg als Bauraum gestattet;
- auf 400 m verläuft die Trasse über einen Steilhang mit 35 % Gefälle, teilweise auch noch in einem 2 m tiefen Einschnitt;
- während der Bauzeit ist mit Seiten- und Bodenwasser zu rechnen;
- Einbettung der gesamten Rohrleitung mit ca. 50 cm Kies.

Bei diesen komplizierten Verhältnissen galt es, besonders das Problem des Bodenaustausches zu lösen. Von der Naturschutzbehörde wurde die Auflage erteilt, alle Handlungen zu unterlassen, die das NSG oder einzelne seiner Bestandteile zerstören, schädigen oder die zu nachhaltigen Beeinträchtigungen führen könnten.

Umfangreiche Erdmassentransporte waren deshalb und auch wegen des nur 4 m breiten Bauraumes, auszuschließen. Es mußte eine Lösung mit minimalem Transportaufwand gefunden und daher ein Rohrmaterial eingesetzt werden, das vom Außenschutz her unempfindlich ist und keine Kieseinbettung erfordert. Es bestand die Aufgabe, den anstehenden Boden wieder zur Verfüllung zu verwenden. Dafür boten sich Gußdruckrohre mit Zementmörtelauskleidung und einer Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 2 an. Ein Beitrag von Kurt Reeh über „Duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung“ [1] geht auf

Bild 2: Übersichtslängenprofil

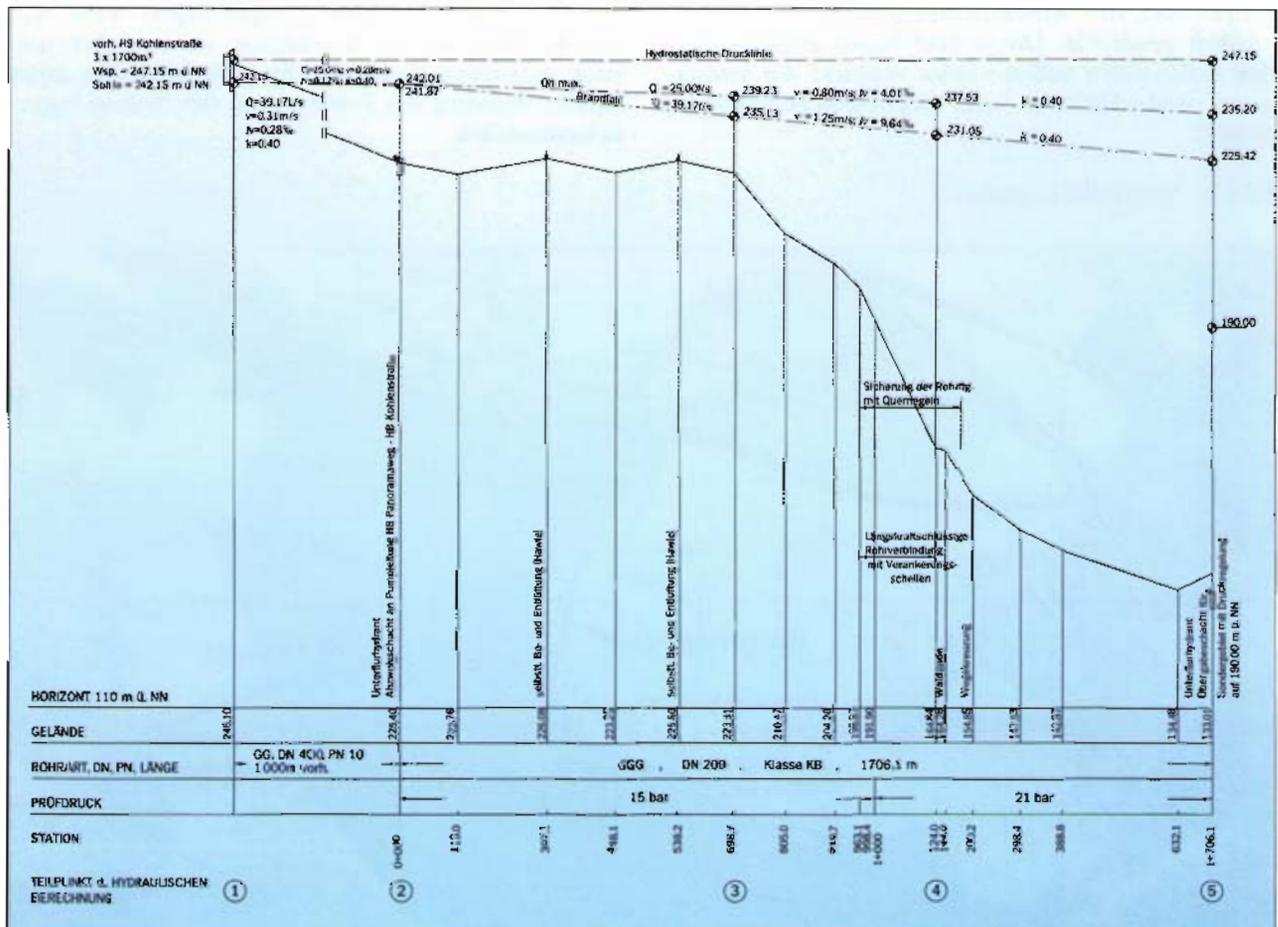




Bild 3: Vorheriges Auslegen der Rohre und des Kieses vermeidet Transporte während der Baudurchführung auf beengtem Bauraum

die Versuchsergebnisse mit diesen Rohren bei starker Belastung der Umhüllung durch mechanische Einwirkungen ein. Diese Ergebnisse und die bisherigen Erfahrungen in der Praxis führten zu der gemeinsamen Entscheidung von Baubetrieb, Auftraggeber und Ingenieurbüro, zementmörtelumhüllte Gußrohre einzusetzen. Damit entfielen der Einsatz von 1230 m<sup>3</sup> Kies und erforderliche Transportleistungen von insgesamt ca. 45 TDM. Durch den Einsatz der zur ursprünglichen Variante etwas teureren ZM-umhüllten Rohre wurde zur Transportleistung immer noch ein Betrag von 17 TDM eingespart. Einen besonderen Effekt erzielte der Baubetrieb aber auch durch die nun vereinfachte, wenig Bauraum beanspruchende Verlegetechnologie.

watis bau GmbH Halle arbeitete nach folgender Verlegetechnologie:

Zunächst wurden die Gußrohre an der gesamten Trasse ausgefahren. Gleichfalls wurden in Abständen von 6 m Kieshaufen für die Einbettung der Muffen angelegt (Bild 3). Die Kiesbettung ist für die Muffen beim Einsatz von Ergelit-Zementmörtelbinden nicht unbedingt erforderlich. Da aber auch felsige Rohrgrabenstrecken zu erwarten waren, wollte man im Bereich der Muffen sichergehen und damit einen sicheren Schutz bieten. Diese jedoch geringen Kiesmengen erforderten keinen Abtransport übrigen Erdstoffes.

Mit dem Bagger wurde der Rohrgraben jeweils auf eine Rohrlänge ausgehoben, die Rohrgrabensohle nachprofiliert, das Kopfloch ausgehoben und das Rohr verlegt. Entsprechend dem Verlegefortschritt wurde der Erdaushub im Abstand von ein bis zwei Rohrlängen mit einem Radlader sofort wieder lagenweise eingebaut und verdichtet. Diese Vorgehensweise ermöglichte einen gleichmäßigen Baufortschritt unter

minimaler Nutzung des vorhandenen Bauraumes (Bild 4).

Schwierigkeiten gab es lediglich im Bereich des Steilhanges. Dort mußte zur Sicherung des Radladers eine Zugraupe eingesetzt werden, die dem Lader in der jeweiligen Arbeitsposition Standsicherheit gab. Die Bauzeit von Anfang September bis Anfang Oktober 1994 wurde zeitlich genau mit der Naturschutzbehörde abgestimmt, da in dieser Zeit die wenigsten

Bild 4: Die Baudurchführung auf einer Strecke von maximal 3 Rohrlängen



Beeinträchtigungen für Tier- und Pflanzenwelt zu erwarten waren. Zum weiteren war mit geringen Niederschlägen zu rechnen. So gab es auch mit dem im Baugrundgutachten ausgewiesenen voraussichtlichen oberflächlich zuzitenden Wasser keine Probleme. Ein verstärkter Einsatz der Zugraupe für mehrere Geräte wäre im anderen Fall sicher erforderlich gewesen, da bei Regen Oberflächenwasser in erhöhtem Maße von der Ortschaft Flemmingen bis ins Mordtal auf dem Fahrweg abfließt (Bild 5).

Die gesamte Rohrstrecke wurde bis auf den Abschnitt des Steilhanges mit TYTON-Dichtringen verlegt. Am Steilhang kamen TYTON-SIT-Dicht-  
ringe zum Einsatz, um eine Lagesicherung der Rohrleitung im Betriebszustand sicherzustellen.

#### 4. Zusammenfassung

Durch den Einsatz von duktilen Gußrohren



Bild 5: Die wiederhergestellte Trasse nach der Baudurchführung

DN 200 mit Zementmörtel-Umhüllung konnte die Bauausführung im Vorhaben Trinkwasserleitung Kohlenstraße Bad Kösen umweltgerecht, kostengünstig und zeitsparend durchgeführt werden. Die Vorgehensweise bei der Verlegung der Rohrleitung hat eine kaum spürbare Veränderung im Naturschutzgebiet gebracht. Die Eigenschaft der robusten Rohrumhüllung bietet gute Voraussetzungen für den Einsatz dieser Gußrohre in weiteren Bauvorhaben mit guten bis zu extremen Baubedingungen.

#### Literatur

- [1] K. Rech  
Duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 16 (1981), S. 25-35

## Um- bzw. Neuverlegung der Trinkwasserleitung DN 800 im Bereich Richard-Lehmann-Straße/Hofer Brücke in Leipzig

Von Henry Simon und Rudolf Winter

Durch die Hofer Brücke führen zwei Wasserleitungen DN 800, die weite Teile des Leipziger Westens und Südens versorgen. Der Abriss und Neubau dieser Brücke bedeutete deshalb auch für die Städtischen Wasserwerke große planerische und bauliche Schwierigkeiten: Aufrechterhaltung der Versorgung in der Bauphase, Einbau im Trog zusammen mit anderen Leitungssystemen, Ausgleich von Versatz zwischen Brücken- und Landleitungen sowie Winkelführungen ohne die Möglichkeit von Widerlagern. Alle diese Probleme konnten mit Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen und nicht zuletzt mit dem Schub-sicherungssystem TKF bewältigt werden.

### 1. Einleitung

Durch das Tiefbauamt der Stadt Leipzig erfolgt im Zeitraum 1993/1994 der komplette Neueinbau der im Süden von Leipzig in unmittelbarer Nähe des vorhandenen Messegeländes gelegenen Hofer Brücke in zwei Bauabschnitten:

- 1993 kompletter Abbruch der Brücke einschließlich Außerbetriebnahme und Umverlegung aller Versorgungsleitungen;
- 1994 Neubau der Brücke sowie der Versorgungsleitungen.

Der Neubau dieses Bauwerks erforderte einerseits aufgrund seiner Bedeutung für den Stadtverkehr umfangreiche verkehrsorganisatorische Maßnahmen, insbesondere für den Schienen-Nahverkehr (Straßenbahnlinie mußte für den gesamten Bauzeitraum außer Betrieb genommen und umgeleitet werden. Für den Autoverkehr mußten die erforderlichen Umleitungsstrecken gefunden und organisiert werden) sowie andererseits, daß alle im Brückenbereich liegenden Versorgungsleitungen zwischenzeitlich umverlegt bzw. wenn die Möglichkeit bestand, außer Betrieb genommen werden mußten.

Die in der Richard-Lehmann-Straße/Hofer Brücke befindlichen Hauptversorgungsleitungen DN 800 (Material Grauguß, Druckstufe PN 10) wurden in den

Bild 1: Formstückplan

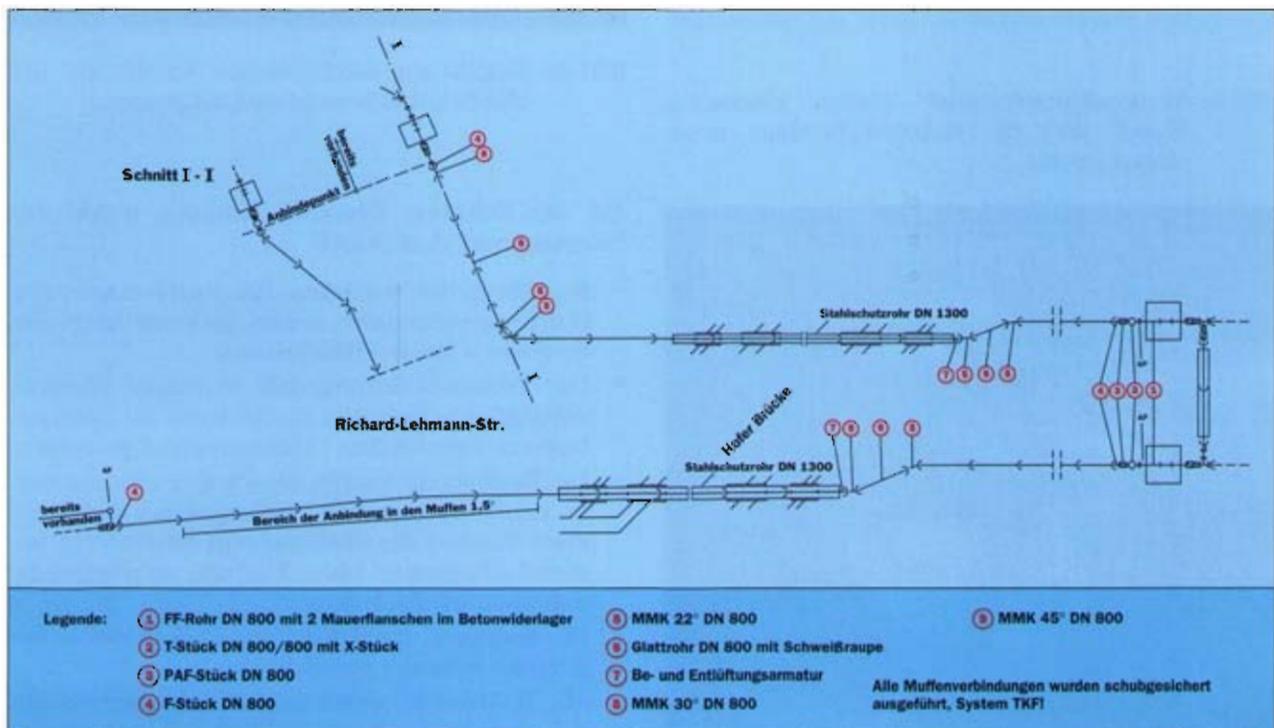




Bild 2

Jahren 1929/30 verlegt, versorgen den Süden und Westen der Stadt Leipzig mit Trinkwasser und sind infolgedessen für die Trinkwasserversorgung ständig aufrechtzuerhalten. Im Rahmen der Planungsphase mußte dieser Erfordernis Rechnung getragen werden, d. h. seitens der Städtischen Wasserwerke wurde die Forderung erhoben, daß die Trinkwasserleitungen nur kurzzeitig max. 12 bis 16 Stunden außer Betrieb genommen werden dürfen.

## 2. Planung und Trassenbeschreibung

Im Zuge des Abbruches der Hofer Brücke im Jahre 1993 wurde in der ersten Bauphase eine provisorische Leitungs- und Gehwegbrücke errichtet. Auf dieser Behelfskonstruktion erfolgte u. a. die Anordnung von zwei Stahlrohrleitungen DN 600, im Mantelrohr DN 800, die die Aufgabe hatten, die zwischenzeitliche Trinkwasserversorgung für die südlichen und westlichen Stadtteile abzusichern.

Die Nennweitenverringering konnte aufgrund der veränderten Wasserverbräuche sowie der günstigeren

Bild 3: Verriegelungselemente werden eingesetzt. Dabei sind die Verlege-Kettenzüge unter Zugspannung



hydraulischen Verhältnisse der 600er Leitung für einen begrenzten Zeitabschnitt seitens des Versorgungsunternehmens in Kauf genommen werden. Um in der zweiten Etappe der Verlegung der endgültigen und dauerhaft verbleibenden Leitung optimale Verlege- und Einbindungsbedingungen zu erhalten, wurden bereits bei der Erstellung des Provisoriums (Notwasserleitung aus Stahl) entsprechende Einbindungspunkte geschaffen.

Für die Neuverlegung der Trinkwasserleitung im Bereich der Richard-Lehmann-Straße/Hofer Brücke (Bild 1) sollte der vorhandene Querschnitt der alten Graugußleitung (DN 800) nicht unterschritten werden.

## 3. Kriterien für die Materialwahl der Leitung

Die besondere Situation der Leitungsführung durch die Tröge der Brücke machte Überlegungen notwendig, die jedes Risiko ausschließen.



Bild 4: Schelle zur mechanischen Vorreckung der TKF-Schubsicherung wird aufgespannt

Auf die Erfüllung folgender Kriterien wurde das Hauptaugenmerk gerichtet:

- Beachtung der statischen Randbedingungen der Brückenkonstruktion sowie Sicherstellung der Baufreiheit für den Brückenbau.
- Die Wasserrohrleitung darf in keiner Hinsicht während des Betriebes die anderen im Brückenbauwerk befindlichen Leitungssysteme gefährden.
- Die Rohrleitung muß in allen Teilen geeignet sein, im Laufe der gesamten Nutzungsdauer dem ständigen Wechsel des Mediums und den äußeren Betriebsbedingungen ohne Einbuße an Funktionsicherheit standzuhalten.
- Die Verlegung der Rohrleitung muß in einem begrenzten Zeitraum beendet sein.
- Alle Rohrverbindungen müssen mit einer Schubsicherung kraftschlüssig gesichert werden.



Bild 5: Rohr mit vormontiertem Bogen wird in den Graben gelassen

Aufgrund dieser Bedingungen wurde vom Auftraggeber, der Städtischen Wasserwerke Leipzig GmbH, entschieden, für die Trinkwasserdruckleitung duktile Rohre und Formstücke mit der TKF-Schubsicherung einzusetzen.

#### 4. Technische Anforderungen an das Rohrmaterial

Bezogen auf die gestellten Bedingungen leiten sich folgende technischen Anforderungen ab, die an das Rohrmaterial zu stellen sind:

Bild 6: Blick über die Leitung auf einen der Brückentröge



- Spezifische Eigenschaften bei Transport und Verlegung,
- Dichtheitsanforderungen an das Leitungssystem,
- mechanisch-technologische Eigenschaften des Werkstoffes für Rohre und Verbindungselemente.

Nach den Konstruktionsplänen der Brücke bzw. der Brückenleitungen konnten an den Winkelpunkten keine konventionellen Widerlager gesetzt werden, um die resultierenden Kräfte aus dem Innendruck abzufangen. Aus den vorgenannten Gründen der Materialwahl mußte eine kraftschlüssige TYTON-Verbindung zum Einsatz kommen. Die Wahl fiel auf die TKF-Schubsicherung.

#### 5. Kurzbeschreibung der TKF-Schubsicherung

Die TKF-Schubsicherung basiert auf dem Prinzip „Torus in Kegel“.

Zur Aufnahme der erforderlichen Verriegelungselemente weist die Muffe im vorderen Teil eine Kammer auf. Durch ein in der Kammer befindliches Fenster werden die Verriegelungselemente axial eingeschoben und in Umfangsrichtung eingereiht (**Bilder 3 und 4**), bis der ganze Umfang des Verbindungspaltes mit den Verriegelungselementen gefüllt ist (für DN 800 werden 10 Verriegelungselemente benötigt). Bei Schubaufgabe stützt sich die auf dem Einsteckende befindliche Schweißraupe an den Verriegelungselementen ab, und die Kraftschlüssigkeit ist hergestellt.

Einzelheiten der TKF-Schubsicherung sowie Konstruktion und Berechnung sind in der FGR 29, Seite 47 bis 53, ausführlich beschrieben.

Bild 7: Durch gezieltes Abwinkeln zum Einbindungspunkt verlegt



## 6. Verlegung

Durch die Konstruktion der Brücke konnten die Achsen der beiden Leitungen nicht eingehalten werden. So mußten beide Leitungsstränge nach den Trögen durch Etagen ausgeglichen werden, um die alte Leitungstrasse zu erreichen. Die Etagen wurden mittels Formstücken (Bilder 5 und 6) bzw. durch gezieltes Abwinkeln (Bild 7) der schubgesicherten TYTON-Verbindungen erreicht.

Auf der westlichen Seite der Brücke mußte eine Etage räumlich versetzt mit einem Gefälle von 38 Grad gebaut werden, um auf den Anbindungspunkt zu kommen (Bilder 8, 9 und 10).

Beide Leitungsstränge wurden durchgehend schubgesichert und separat vor der Einbindung druckgeprüft. Die Einbindungspunkte der alten Leitungen waren ein Fixpunkt mit Flansch (Bild 11).

Das bedeutete, daß die Brückenleitung millimetergenau (Toleranz Einbaustück  $\pm 15$  mm) unter Berücksichtigung der zwangsläufig entstehenden Reckwege während der Druckprüfung an die Fixpunkte herangeführt werden mußte.

Um die zu erwartenden Reckwege während der Druckprüfung gering zu halten, wurde bereits bei der Montage jede Verbindung mechanisch vorgereckt. Bei all diesen Arbeiten stellte sich die TKF-Schub-sicherung als praxistgerecht und selbst bei den Vertikalbögen als unproblematisch heraus.

Bild 8: Horizontal- und Vertikaletage



## 7. Druckprüfung

Die Druckprüfung wurde nach DIN 4279 Teil 1 [1] und DIN 4279 Teil 3 [2] ohne Beanstandungen durchgeführt. Der aufgebrachte Wasserinnendruck betrug 16 bar.

Bild 9: Scheitelpunkt der vertikalen Etage. Oberhalb die Notbrücke mit der Stahlleitung DN 600



Bild 10: Vertikaletage



## 8. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß duktile Gußrohre mit der Schubsicherung TKF bei einem entsprechenden Know-how ein breites Spektrum in der Anwendung besitzen.

Die vorgegebene Bauzeit konnte durch gute Planung, Organisation und gezielten Einsatz von entsprechenden Hilfsgeräten um einige Tage gekürzt werden.

Den Erfordernissen der technischen Vorgaben hinsichtlich höchster Dichtheit und Umweltverträglichkeit wurde Rechnung getragen. Dies ist nicht zuletzt durch die Wahl des Werkstoffes duktilen Gußeisen sichergestellt.

### Beteiligte an der Maßnahme

<b>Bauherr:</b>	Städtische Wasserwerke Leipzig GmbH
<b>Planung/Bauleitung:</b>	Ing.-Büro PROWA Kittelberger GmbH
<b>Bauausführung:</b>	Umwelttechnik und Wasser- bau Ostharz GmbH NL Leipzig



Bild 11: Einbindung

### Literatur

- [1] DIN 4279 Teil 1 - Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser; Allgemeine Angaben.
- [2] DIN 4279 Teil 3 - Druckrohre aus duktilem Gußeisen und Stahlrohre mit Zementmörtelauskleidung.

## Vorbemerkung: Funktionsprüfungen an dem System duktiler Kanal-Gußrohre

Von Jürgen Rammelsberg

Vor 5 Jahren veröffentlichten wir an dieser Stelle [Informationsschrift FGR 25] eine Studie, die

- das damals nur in den alten Bundesländern bestehende Technische Regelwerk hinsichtlich der Anforderungen an Kanäle in Trinkwasser-Schutzgebieten sichtete und zusammenstellte (das ATV-Arbeitsblatt A142 existierte damals noch nicht) und
- das duktile Kanalrohr (Rohre und Rohrverbindungen der Nennweiten DN 300 und DN 600) auf die Erfüllung dieser Anforderungen sowie zusätzlich auf Dichtheit gegen Luft-Überdruck und Luft-Unterdruck bei Bewegung der Verbindung prüfte.

Damit sollte das Verhalten eines Abwasserkanals zusätzlich zu den eher statischen Anforderungen unter nicht planbaren Verhältnissen in instabilen Böden oder in Bergsenkungsgebieten simuliert und geprüft werden. Hierzu wurden zwei Rohre mit ihren Verbindungen unter einem Wasser-Innendruck von 10 bar, Luft-Überdruck von 1,13 bar und Luft-Unterdruck von 502 mbar in je zehn Zyklen abgewinkelt bzw. längsbewegt.

Das inzwischen veröffentlichte ATV-Arbeitsblatt A142 enthält als wesentliches Dichtheitskriterium u. a. eine gegenüber DIN 4033 leicht verschärfte Wasser-Dichtheitsprüfung sowie eine Art von Typ-Prüfung an 10 % der Rohre einer Lieferung.

Mittlerweile haben sich die duktilen Kanalrohre zu einem Komplett-System mit beachtlichem Markterfolg entwickelt. Die wesentlichen Bauteile dieses Systems sind:

- das duktile Gußrohr mit Steckmuffen-Verbindung,
- das Schachtanschlußstück mit Steckmuffen-Verbindung,
- das Hausanschluß-Anbohrsattelstück zum dichten Anschließen der meisten Rohrwerkstoffe an Kanäle aus duktilem Gußeisen,
- der Rohrreinigungsdeckel zum dichten Abschluß von Inspektions- und Reinigungsöffnungen.

Zusätzlich wurde von der Gußrohrindustrie in Zusammenarbeit mit ihren Kunden ein modernes und auf die Praxis von Kanal-Bau und -Betrieb zugeschnittenes Prüfverfahren auf der Basis von Luft-Unterdruck entwickelt. Es hat seinen Erfolg bei mehr als 100 km geprüften Kanälen aus duktilem Gußeisen unter Beweis gestellt [Informationsschrift FGR 29].

Der vorliegende Prüfbericht des Staatlichen Materialprüfungsamtes Nordrhein-Westfalen enthält den Nachweis der Funktionsfähigkeit dieses Systems selbst unter extremen Einbau-, Prüf- und Betriebsbedingungen.

Dabei wurde das Komplett-System

- mit Wasser-Überdruck von 6 bar
- mit Luft-Unterdruck von 0,5 bar
- statisch unter extremer Abwinkelung
- dynamisch unter ständigen Abwinkelungsbewegungen um die Rohrachse (DN 600)
- dynamisch unter ständigen Abwinkelungen und Längsbewegungen (DN 150)

auf Dichtheit geprüft.

Aufgrund der vorliegenden Prüfergebnisse lassen sich nachstehende Schlußfolgerungen ziehen:

**Selbst unter ständigen Abwinkelungs- und Längsbewegungen, wie sie langfristig unter extremen Bedingungen in instabilen Böden oder Bergsenkungsgebieten anzutreffen sind, ist das duktile Kanalrohr-System auf Dauer gas- und wasserdicht und stellt damit einen einwandfreien Abwassertransport sicher. Weder Exfiltration (Undichtheit von innen nach außen) noch Infiltration (Undichtheit von außen nach innen) sind möglich.**

## PRÜFBERICHT

Nr. 32 0478 0 92

### Auftraggeber

Thyssen Guss AG  
Postfach 10 01 23

Auftragsdatum: 05.07.1993

45801 Gelsenkirchen

federführend für die deutschen Gußrohrwerke

### Auftrag

Begutachtung von in einem Werk des Auftraggebers durchgeführten Funktionsprüfungen an Systemen duktiler Kanal-Gussrohre. Folgende Prüfungen sollten vom Auftraggeber im Beisein eines Vertreters des MPA NRW durchgeführt und von diesem dokumentiert werden:

1. Dichtheitsprüfung an einer Verbindung von zwei Gussrohren DN 600 mit Tyton-Dichtung statisch und unter Bewegung (dynamisch) jeweils bei einem Wasser-Innenüberdruck von 6 bar bzw. bei einem Luft-Innenunterdruck von 0,5 bar.
2. Dichtheitsprüfung an einem auf einem Gussrohr DN 300 montierten Rohrreinigungsdeckel aus duktilem Gußeisen jeweils bei einem Wasser-Innenüberdruck von 6 bar bzw. bei einem Luft-Innenunterdruck von 0,5 bar.

DN 600 statisch	DN 600 dynamisch	Rohrreinigungsdeckel
Wasser 6,0 bar	Wasser 6,0 bar	Wasser 6,0 bar
Luft -0,5 bar	Luft -0,5 bar	Luft -0,5 bar

Tab. 1: Auflistung der zu begutachtenden Prüfungen

3. Weiterhin sollten am nach den Dichtheitsprüfungen der Verbindung der DN 600-Rohre ausgebauten Tyton-Dichtring Messungen der Shore-A-Härte und der Rückverformung des Dichtringes durchgeführt werden.

### Beschreibung und Ergebnis der Prüfungen

Siehe Abschnitte 1 bis 3.

Dortmund, 10.02. 1994  
Im Auftrag

gez. Pennings (Bürostempel)

Pennings

Ausgefertigt  
*Both*  
Both



Dieser Prüfbericht besteht aus 7 Seiten und 3 Anlagen.

MPA NRW

### 1. Versuchsaufbau 1: Prüfung der Rohrverbindung DN 600.

Der Versuchsaufbau für die Prüfung der Dichtheit an einer Verbindung von zwei Gussrohren DN 600 mit Tyton-Dichtung statisch und unter Bewegung bei einem Wasser-Innenüberdruck von 6 bar oder bei einem Luft-Innenunterdruck von 0,5 bar geht aus der Abb. 4 hervor.

Zwei Gussrohre von etwa 2,80 m Länge waren in ein Gestell eingebaut. An der rechten und an der linken Seite des Gestells befand sich jeweils ein feststehender Abschluß (vgl. Abb. 5), in dem die Rohrenden beweglich, aber dicht eingebaut waren. Der in der Abb. 5 sichtbare Druckanschluß führt zu einem mit Luft gefüllten Ausgleichsbehälter. Dieser ist notwendig, um die Druckschwankungen des mit Wasser gefüllten Rohrsystems unter Bewegung zu reduzieren, da Wasser beinahe inkompressibel ist.

Folgende Angaben wurden vom Auftraggeber zum eingebauten Dichtring mitgeteilt: Der Tyton-Dichtring war seit ca. 5 Jahren für die Vorführung der Dichtheitsprüfung in die Apparatur eingebaut gewesen. Vor der erstmaligen Inbetriebnahme war der Dichtring einer Wärmealterung im eingebauten Zustand bei 70°C über 24 h nach DIN 53508 "Prüfung von Elastomeren Künstliche Alterung" unterzogen worden. Die Dichtung besteht aus NR.

Die Verbindungsstelle der beiden Rohre lag auf einem halbkreisförmigen Auflager auf, das eine kreisförmige Bewegung senkrecht zu einer zwischen den Abschlüssen der Rohrenden gedachten Achse (i. w. Systemachse) ausführen konnte. Diese mittels einer motorgetriebenen Exzentrerscheibe realisierte Bewegung fand horizontal und vertikal symmetrisch zur Systemachse statt. Die Amplitude in horizontaler Richtung betrug etwa  $\pm 30$  mm, in vertikaler Richtung etwa  $\pm 47$  mm. Die unterschiedlichen Amplituden werden durch Bewegungen des Rohrsystems auf der Rohraufgabe bei der Vertikalbewegung erklärt. Diese Rohraufgabe, deren Halbkreisdurchmesser etwas größer war als der Durchmesser der Rohre, ist in der Abb. 4 unterhalb der Rohrverbindung zu erkennen.

Die Drehzahl der Exzentrerscheibe und damit der Rohrverbindung lag bei 3 Upm. Das auf der Abb. 4 rechts sichtbare Rohr besaß die Muffenseite der Verbindung, am linken Rohr befand sich das Spitzende. Am linken Rohr war in etwa 165 cm Entfernung vom fest gelagerten Ende ein Hausanschlußrohr DN 150 angebracht. Dieses war mit seinem oberen Teil in einem auf dem Gestell montierten, feststehenden Abschluß eingesteckt und konnte sich mit dem unteren Teil mit dem Rohr DN 600 mitbewegen (vgl. Abb. 6). Das Hausanschlußrohr saß nicht symmetrisch auf dem DN 600-Rohrsystem. Die Horizontalbewegung auf die auf der Abb. 4 erkennbare Wand hin bewirkte nur eine schwache Auslenkung, während die Bewegung von der Wand weg das Hausanschlußrohr stärker verkantete.

Seite 3 von 7 Seiten vom Prüfbericht Nr. 32 0478 0 92 vom 10.02.94

### 1.1 Prüfung DN 600 bei 6 bar Wasser-Überdruck statisch und dynamisch.

Die Prüfung fand am 04.11.1993 in einer Halle des Auftraggebers in Gelsenkirchen statt. Die Wasserzugabe und damit die Druckerhöhung erfolgte mittels einer Handpumpe, die direkt an einen Anschluß an der Rohrverbindung angeschlossen war (in der Abb. 4 sichtbar). Das Druckmanometer des Auftraggebers (Kennzeichnung: DIN WIKA 16 bar Klasse 1.0) wurde parallel zu einem vom MPA NRW zuvor kalibrierten MPA NRW-eigenen Manometer betrieben. Die Zuordnung des Manometers des Auftraggebers zur Klasse 1.0 konnte damit verifiziert werden. Die geschätzte Ablesegenauigkeit beträgt 0,03 bar. Die Messung des Druckes im System erfolgte am linken Ende des in der Abb. 4 sichtbaren Aufbaus.

Zuerst wurde mittels einer Handpumpe der System-Druck auf 6 bar eingestellt. Dabei befand sich das Rohrsystem im maximal abgewinkelten Zustand im oberen Totpunkt. Der statische Versuch wurde über 25 Minuten durchgeführt.

Ergebnis: Innerhalb dieser 25 Minuten konnten eine Undichtheit oder ein Druckverlust nicht festgestellt werden.

Danach wurde das Rohrsystem in eine Lage gebracht, bei der von der Seite betrachtet die Projektion der beiden Rohrachsen auf der Systemachse lag (Vertikalauslenkung nahe Null). Der Druck im System wurde mittels der Handpumpe auf 6 bar eingestellt. Dann wurde der Antriebsmotor für das Auflager eingeschaltet. Die sich aus der Vertikalbewegung ergebende Abwinklung der Rohrachsen voneinander beträgt bei einem Abstand der Rohrverbindung vom Einspannende von 280 cm etwa 2°. Bedingt durch die Einschub- und Auszugsbewegung des auf dem linken Rohr montierten Hausanschlusses schwankte der Druck im System während der Drehbewegung zwischen 4,7 bar und 7,7 bar.

Ergebnis: Nach 50 Umdrehungen des Auflagers hing ein Wassertropfen an der Rohrverbindungsstelle. Zuvor waren im Laufe des Versuches drei Tropfen auf die Erde gefallen. Dieser Wasserdurchtritt ist nicht durch eine Undichtheit der Tyton-Dichtung, sondern durch bei der Bewegung der Dichtung über die raue Rohr-Außenfläche abgestreiftes Wasser zu erklären. Nach Abschalten der Drehbewegung trat innerhalb von 10 Minuten bei einem konstanten Druck von 6 bar kein weiteres Wasser aus.

### 1.2 Prüfung DN 600 bei 0,5 bar Luft-Unterdruck statisch und dynamisch.

Die Prüfung fand am 05.11.1993 in einer Halle des Auftraggebers in Gelsenkirchen bei gleichem Versuchsaufbau wie bereits beschrieben statt. Zuvor war über Nacht das im Rohrsystem befindliche Wasser abgelassen worden. Die Luft-Abpumpung und damit die Druckerniedrigung erfolgte mittels einer elektrischen Vakuumpumpe, die an den Anschluß an der Rohrverbindung angeschlossen war. Das für die Überdruckprüfung eingesetzt gewesene Druckmanometer des Auftraggebers wurde durch ein Unterdruck-Manometer (Kennzeichnung: WIKA Nr. 1765508 Skalenwert 0,005 Kl. 0,6 DIN 0 bis -1 bar, ohne gültige Kalibrierung, geschätzter Ablesefehler  $\pm 0,002$  bar) ersetzt.

Seite 4 von 7 Seiten vom Prüfbericht Nr. 32 0478 0 92 vom 10.02.94

Parallel dazu wurde zur Kontrolle ein digitales Unterdruck-Meßgerät (Conatex 6690 St. Wendel) mit einem Aufkleber "KAL 84 Range 0 - 1000 mbar 0 - 100,0 kPa" angeschlossen.

Als gültiger Meßwert wurde die Manometeranzeige zugrunde gelegt, da eine Korrelation zwischen den Meßwerten des digitalen Druckmeßgerätes und des Manometers nicht zu erkennen war (vgl. Abb. 1).

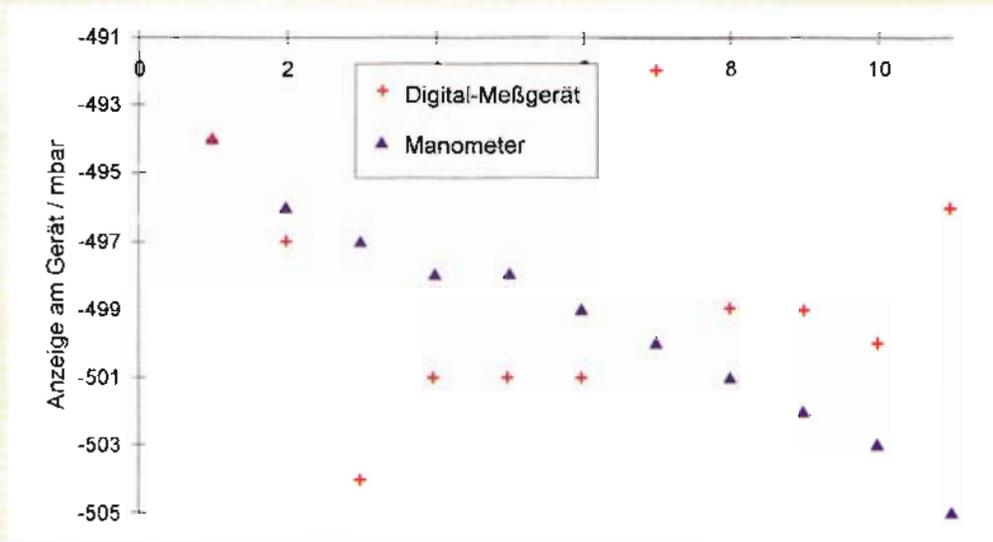


Abb.1: Paarweise angeordnete Meßwerte der mit den Druckmeßgeräten gewonnenen Meßdaten

Geräteanzeige	Versuchsbeginn	Nach 60 Minuten	Nach 100 Minuten
Conatex-Manometer	-501 mbar	-497 mbar	-494 mbar
WIKA-Manometer	-0,498 bar	-0,496 bar	-0,494 bar
Rohrtemperatur	15,5°C	18°C	18,5°C

Tab. 2: Anstieg des Innen-Unterdrucks über die Zeit bei statischer Beanspruchung.

Der Druckanstieg ist im Bereich der Meßgenauigkeit proportional zum Anstieg der mittleren Rohrtemperatur erfolgt. Dieses ist nach den allgemeinen Gasgesetzen zu erwarten. Die Leckrate der Rohrverbindung war so klein, daß sie mit den vorhandenen Geräten unter den vorliegenden Bedingungen nicht ermittelt werden konnte.

Nach der letzten Ablesung wurde der Unterdruck wieder auf einen Anzeigenwert von -500 mbar am Digitalmeßgerät und -0,503 bar am Manometer eingestellt.

Seite 5 von 7 Seiten vom Prüfbericht Nr. 32 0478 0 92 vom 10.02.94

Danach wurde der Motor, der die Drehbewegung des Auflagers bewirkte, eingeschaltet. Zu Beginn des Versuchs war die Vertikalauslenkung des Rohrsystems nahe bei Null.

Geräteanzeige	Zu Beginn	Nach 10 Umdrehungen	Nach 50 Umdrehungen	30 Minuten nach Versuchsende
Conatex-Manometer	-500 mbar	-499 mbar	-499 mbar	-496 mbar
WIKA-Manometer	-0,503 bar	-0,502 bar	-0,501 bar	-0,505 bar
Rohrtemperatur	18°C	18°C	20°C	21°C

Tab. 3: Anstieg des Innen-Unterdrucks bei dynamischer Beanspruchung.

Während der Bewegungen waren Druckschwankungen der Anzeigen nicht erkennbar.

## 2. Versuchsaufbau 2: Prüfung der Rohrreinigungsdeckel-Verbindung auf einem Gussrohr DN 300.

Der Versuchsaufbau für die Prüfung der Dichtheit der Rohrreinigungsdeckel-Verbindung auf einem Gussrohr DN 300 bei einem Wasser-Innenüberdruck von 6 bar oder bei einem Luft-Innenunterdruck von 0,5 bar geht aus der Abb. 7 hervor. Ein an den beiden Rohrenden abgedichtetes, etwa 105 cm langes Rohrteil war zwischen zwei Metallplatten eingespannt.

Auf das Rohrstück DN 300 war ein etwa 74 cm langer Deckel montiert, der zur Einführung von Geräten zur Reinigung des Rohrleitungssystems abgenommen werden konnte. Die Mitte der 8 mm starken Befestigungsbügel war etwa 23,5 cm von den jeweiligen Deckelenden entfernt. Die Öffnung im DN 300-Rohrstück (Langloch) war 66 cm lang und 21 cm breit.

In der Abb. 7 sind auf der rechten Seite der Druckanschluß mit Manometeranzeige und auf der linken Seite die Entlüftung zu erkennen.

### 2.1 Prüfung Rohrreinigungs-Deckel bei 6 bar Wasser-Überdruck.

Die Prüfung fand am 05.11.1993 in einer Halle des Auftraggebers in Gelsenkirchen statt. Die Wasserzugabe und damit die Druckerhöhung erfolgte wie zuvor bei der Prüfung der Rohrverbindung DN 600 mittels einer Handpumpe, die direkt an einen Anschluß an der Rohrverbindung angeschlossen war. Der Druck wurde langsam innerhalb von einer Minute auf 6 bar eingestellt. Die eingesetzten Manometer wurden bereits in Abschnitt 1.1 beschrieben. Ein anfängliches Absinken des Druckes durch Setzungs Vorgänge in der Rohreinspannung wurde nachgeregelt.

Ergebnis: Sowohl 15 Minuten als auch 60 Minuten nach dem Erreichen konstanten Druckes war ein Wasserdurchtritt am Rohrreinigungsdeckel nicht erkennbar.

Seite 6 von 7 Seiten vom Prüfbericht Nr. 32 0478 0 92 vom 10.02.94

## 2.2 Prüfung Rohrreinigungs-Deckel bei 0,5 bar Luft-Unterdruck.

Die Prüfung fand am 16.11.1993 in einer Halle des Auftraggebers in Gelsenkirchen statt. Die eingesetzte Pumpe und das Manometer wurden bereits in Abschnitt 1.2 beschrieben.

Zu Beginn des Versuches wurde am Digitalmeßgerät ein Wert von -501 mbar und am Manometer ein Wert von -0,499 bar angezeigt. Die Luft-Temperatur betrug 13,5°C. Da das Probestück nicht, wie zuvor die DN 600-Rohrverbindung, direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt war, erfolgte keine gesonderte Messung der Rohrtemperatur.

Geräteanzeige	Versuchsbeginn	Nach 30 Minuten	Nach 60 Minuten
Conatex-Manometer	-501 mbar	-501 mbar	-504 mbar
WIKA-Manometer	-0,499 bar	-0,498 bar	-0,497 bar
Luft-Temperatur	13,5°C	13,5°C	14,5°C

Tab. 4: Anstieg des Innen-Unterdrucks bei der Prüfung der Kanaldeckel-Dichtung.

Wie bereits bei der Prüfung der Rohrverbindung DN 600 wird der Druckanstieg im Probekörper auf die Erwärmung zurückgeführt.

## 3. Messung der Rückverformung und der Shore-A-Härte des in der Verbindung der DN 600-Gussrohre eingesetzt gewesenen Tyton-Dichtringes.

Nach dem Ende der Dichtheitsprüfung am Rohrsystem DN 600 wurde der Tyton-Dichtring ausgebaut. Die Dicke des Ringes wurde an 12 Stellen mittels eines Meßschiebers mit flachen Meßflächen gemessen. Die ersten beiden Messungen fanden in der Halle des Auftraggebers statt, die letzten beiden im MPA NRW. Die Messungen sind in der Abb. 3 in einem Polar-Diagramm aufgeführt.

Der in der Tab. 5 aufgeführte Mittelwert der Messungen wurde gegen die seit dem Ausbau abgelaufene Zeit in ein Diagramm mit logarithmischer Abszissen-Teilung (Abb. 2) eingetragen.

	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4
Minuten	5	60	10080	43200
Dicke / mm	22,3	22,5	22,7	22,9

Tab. 5: Dicke des Tyton-Dichtringes als Funktion der Zeit

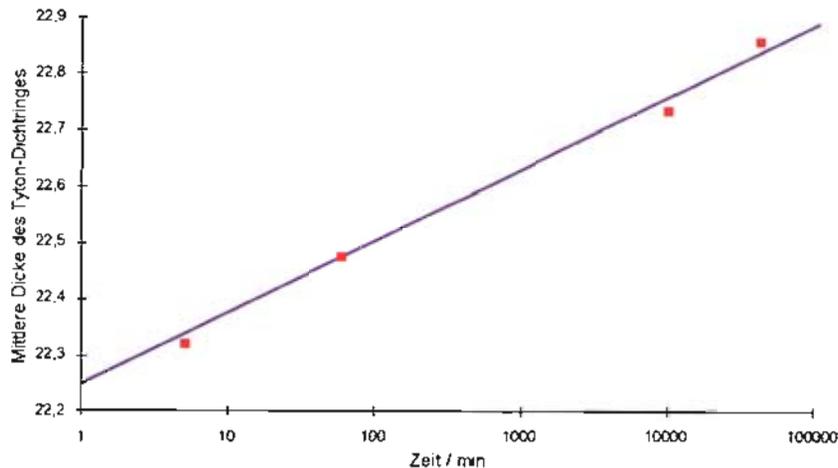


Abb. 2: Dicke des Tyton-Dichtringes als Funktion der seit dem Ausbau vergangenen Zeit mit Ausgleichsgerade.

Die Tyton-Dichtung besteht aus 2 Elastomerqualitäten, einer weichen, die die Dichtfunktion in der Verbindung ausübt, und einer harten, die eine Haltefunktion hat.

Die Shore-A-Härte der Komponenten der ausgebauten Tyton-Dichtung wurde nach 30-tägiger Lagerung im Normalklima DIN 50014 23/50 - 2 gemessen. Die Messung erfolgte in Anlehnung an DIN 53 505 "Prüfung von Elastomeren; Härteprüfung nach Shore A und D", Ausgabe 6/87, an der Oberfläche des nicht bearbeiteten Dichtringes.

	gemessene Härte Shore A	Sollhärte Shore A
Weiche Elastomerqualität	55°	(55±5)°
Harte Elastomerqualität	85°	(85±5)°

Tab. 6: Shore-A-Härte der Komponenten der ausgebauten Tyton-Dichtung

Beim Ausbau des Dichtringes fiel auf, daß sich Abrieb-Reste der Tyton-Dichtung auf den Dichtflächen abgesetzt hatten. Dieser Abrieb war durch die bei der Bewegung der Verbindung aufgetretene Reibung auf der Rohroberfläche entstanden.

Zwischen der harten und der weichen Elastomerqualität war der Dichtring an einigen Stellen durch die Bewegung beim dynamischen Dichtheitsversuch gebrochen. Eine Beeinträchtigung der Dichtfunktion war jedoch dadurch nicht aufgetreten.

Anlage 1 zum Prüfbericht Nr. 32 0478 0 92 vom 10.02.94

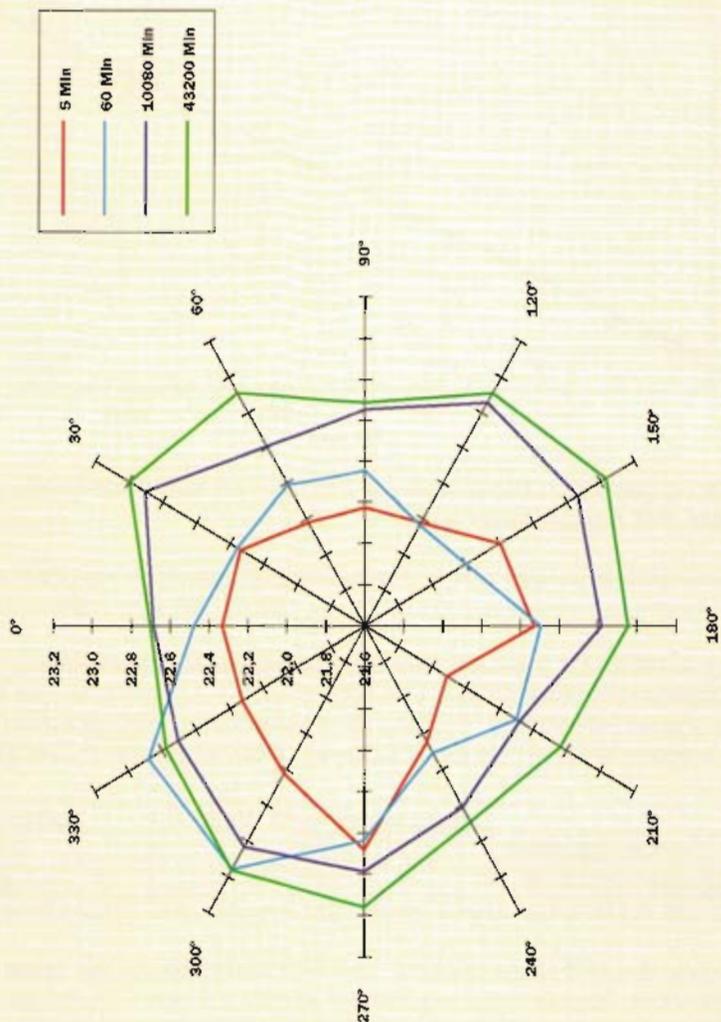
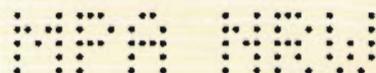


Abb 3: Einbaulageabhängige Dicke des Dichtrings mit Zeit als Parameter 0° = Oben



Anlage 2 zum Prüfbericht Nr. 32 0478 0 92 vom 10.02.94

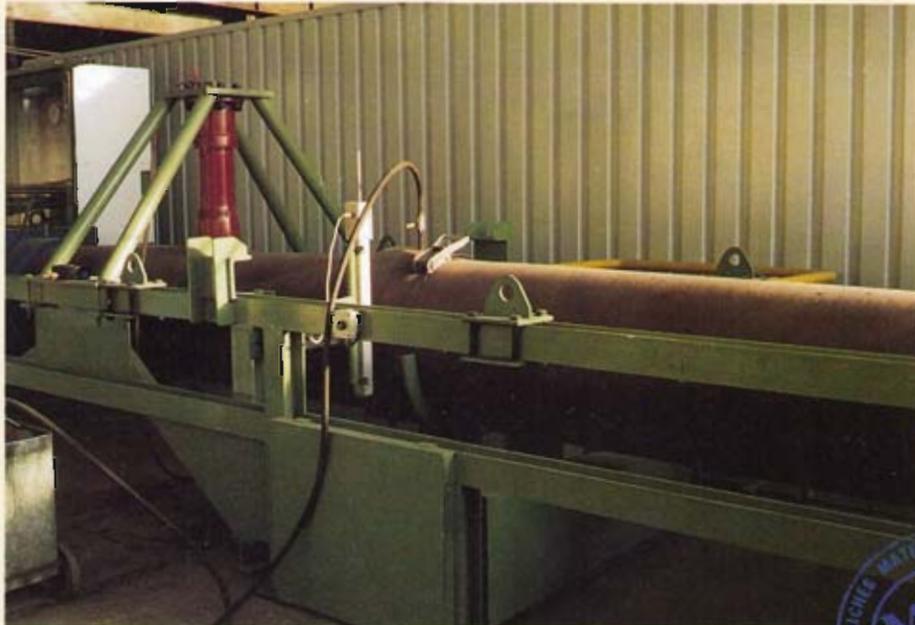


Abb. 4 Prüfung der Rohrverbindung DN 600 Gesamtübersicht.

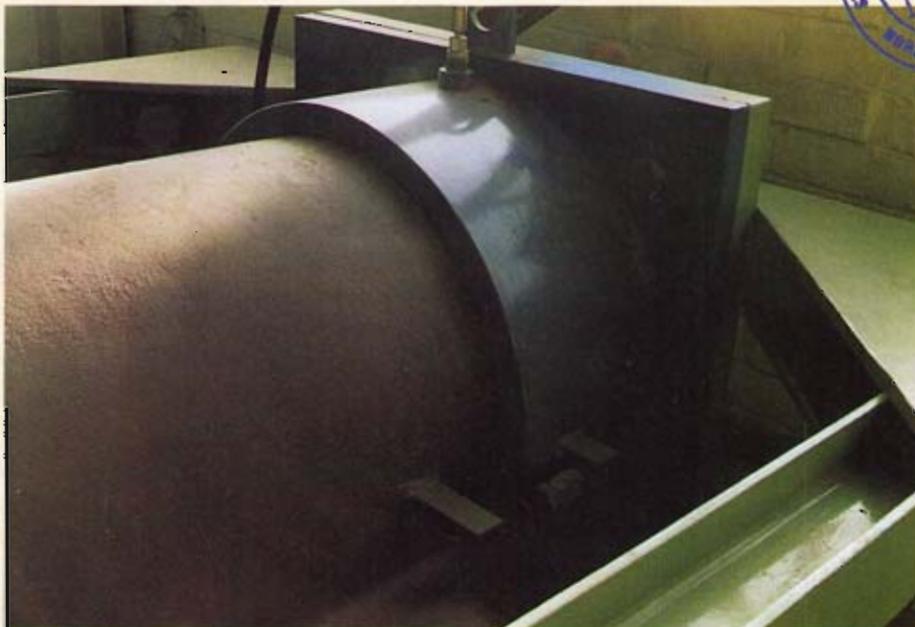


Abb. 5 Rechtes Ende des Rohrprüfstands DN 600.

MPA NRW



Anlage 3 zum Prüfbericht Nr. 32 0478 0 92 vom 10.02.94



Abb. 6 Auf Rohr DN 600 sitzendes Hausanschlußstück DN 150.

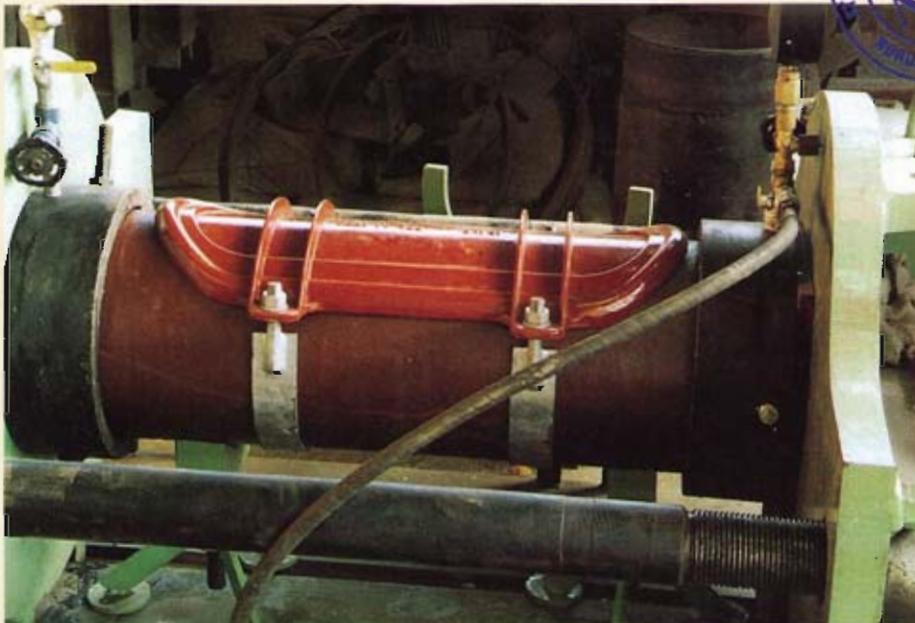


Abb. 7 Rohrstück DN 300 mit Kanalreinigungsdeckel.



## Moseldüker Kinheim Grabenloser Einbau von Gußrohrleitungen mit der FlowTex-Großbohrtechnik

Von Horst Nöh

Ein System des grabenlosen Einbaus von Rohren ist das Horizontal-Spülbohrverfahren (z. B. Flow-Tex). Es bot sich an, als ein Trinkwasser-Doppeldüker 2x DN 150, 186 m lang, durch die Mosel gebaut werden sollte, weil dabei empfindliche Uferbereiche und Flußbett unangetastet bleiben, die Schifffahrt nicht beeinträchtigt wird und die Bauzeit sehr kurz ist. Nach Fertigstellung der Bohrung unter der Mosel wurde der Doppelstrang in ca. 6 Stunden durchgezogen. Die Druckprüfung mit 21 bar bestätigte Dichtheit und Längskraftschlüssigkeit.

### 1. Einführung

Eine zeitgemäße Alternative zum offenen Rohrgraben ist der grabenlose Einbau von Rohrleitungen, wie er z. B. im ATV-Arbeitsblatt A125 beschrieben ist. Hierin heißt es u. a., daß unterirdische Bauverfahren im Kanal- und Rohrleitungsbau immer dann angewendet werden, wenn diese Ausführungsart aus verkehrstechnischen, baulichen, wirtschaftlichen oder

Gründen des Umweltschutzes erforderlich ist oder besondere Vorteile bietet.

Außerdem eröffnet die grabenlose Bauweise Möglichkeiten z. B. bei der Unterquerung von Flüssen, Verkehrswegen, Industrie- und Wohnvierteln, Parkanlagen usw., wie sie in offener Bauweise nicht durchführbar sind.

Inzwischen werden für den unterirdischen Einbau von Rohren eine Reihe von Verfahren mit Erfolg eingesetzt, die aber nicht gleichermaßen für jeden Rohrwerkstoff und die einzelnen Rohrverbindingssysteme anwendbar sind. Neben den Vortriebsverfahren verdienen das Horizontal-Spülbohrverfahren und das Horizontal Directional Drilling (HDD)-Verfahren besondere Beachtung. Bei beiden Verfahren wird zunächst eine Pilotbohrung hergestellt, die in den nachfolgenden Arbeitsgängen je nach Erfordernis aufgeweitet wird. Der gravierende Unterschied zum Vortriebsverfahren ist, daß die einzubauenden Rohre bzw. die Leitung nicht vorgetrieben, sondern nach der

Bild 1

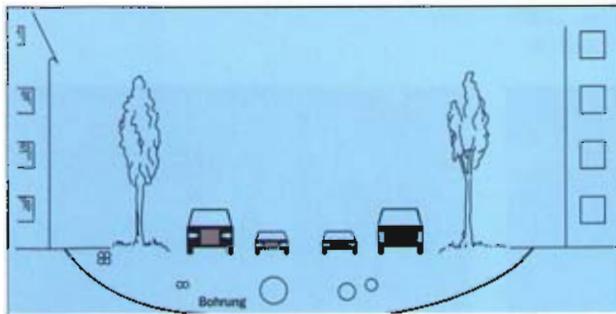


Bild 1a: Querung hochfrequentierter Straße

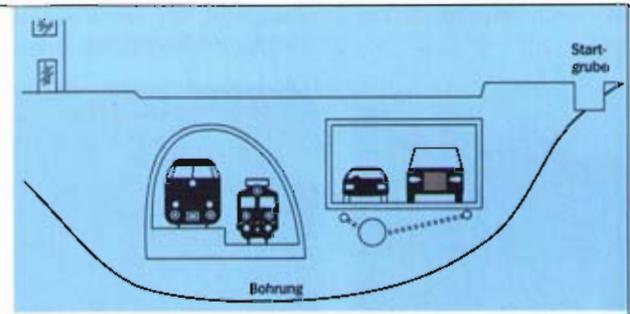


Bild 1c: Unterquerung unterirdischer Verkehrssysteme

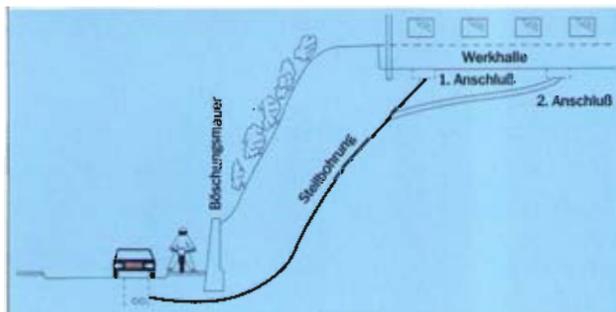


Bild 1b: Steilbohrung bei Hanglage

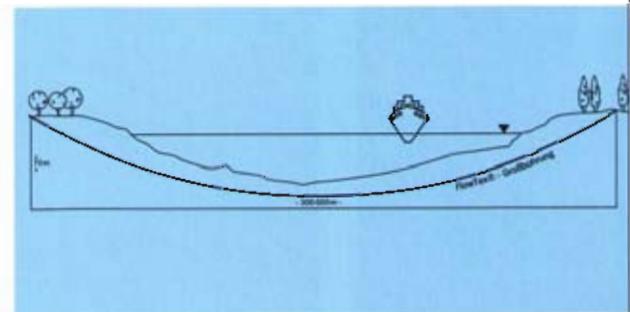


Bild 1d: Flußdüker mit Großbohrung

Fertigstellung der Bohrung in diese eingezogen werden. Das heißt, die einzelnen Rohre müssen längskraftschlüssig miteinander verbunden sein.

## 2. Das Horizontal-Spülbohrverfahren

Das Horizontal-Spülbohrverfahren wurde 1986 als FlowTex-Technik in Deutschland eingeführt. Neue Dimensionen werden mit dem FlowTex-Großbohrgerät möglich. Die schematischen Darstellungen (**Bild 1**) zeigen beispielhaft Anwendungen des Spülbohr- bzw. des Großbohrverfahrens, bei denen die offene Bauweise problematisch oder sogar nicht anwendbar wäre.

Im Herbst 1993 wurden versuchsweise erstmalig zwei Rohrleitungen von 60 m und 30 m Länge mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren erfolgreich eingezogen. Sie bestanden aus Rohren DN150 x 6000 aus duktilem Gußeisen mit Steckmuffen System TYTON, die mit Schubsicherungen TIS-K längskraftschlüssig gemacht worden waren. Ein Teil der Rohre war mit serienmäßiger Spritzverzinkung und bituminöser Deckbeschichtung ausgeführt. Die anderen Rohre hatten eine Zementmörtel-(ZM-)Umhüllung nach DIN 30674 Teil 2 erhalten. Um beurteilen zu können, wie die Rohroberfläche bzw. die ZM-Umhüllung den Einziehvorgang durch ein Lehm-Sand-Gemisch, überwiegend durch Kiesel mit Größen bis über 100 mm, mit kurvigem Verlauf der Strecke, übersteht, wurden die beiden Rohrstränge nach erfolgter Druckprüfung zusammenhängend wieder aus der Bohrung gezogen (siehe **Bild 2 bis Bild 4**).

## 3. Der Moseldüker

Auf Grund des hervorragenden Versuchsergebnisses bewarb sich die FlowTex Service GmbH im Sommer

1994 um den Bau eines Dükers unter der Mosel, der vom Zweckverband Wasserversorgung Eifel-Mosel in Wittlich in konventioneller, also offener Bauweise als Doppelrohrstrang aus duktilen Gußrohren mit TYTON-Steckmuffen-Verbindungen ausgeschrieben worden war. Zusätzlich zu den Gußrohren war noch ein PE-Rohr DN100 als Schutzrohr für Kabel vorgesehen. Der Düker ist Teil einer Trinkwasserleitung zwischen den Orten Kinheim und Löslich.

Der Zweckverband entschied sich nicht nur aus Wirtschaftlichkeitsgründen für das FlowTex-Angebot, sondern auch, weil keine Beeinträchtigung der Schifffahrt stattfand, keine Sprengarbeiten und Erdbewegungen im Flußbett erforderlich waren, die biotopkartierten Uferbereiche unberührt blieben und wegen der vergleichsweise extrem kurzen Bauzeiten.

Die Gußrohre waren nach DIN 28610 Klasse K10 mit der üblichen Zementmörtelauskleidung nach DIN 2614 versehen. Die Rohraußenoberfläche war aus korrosionschemischen und mechanischen Gründen mit einer werksmäßig aufgetragenen kunststoff-modifizierten Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 2 beschichtet worden. Die Zementmörtel-Umhüllung bietet in Kombination mit dem metallischen Zinküberzug nicht nur einen hervorragenden Schutz gegenüber aggressiven Medien, sondern sie zeichnet sich darüber hinaus durch hohe mechanische Beanspruchbarkeit aus.

Wie bereits eingangs erwähnt, kam zum Verbinden der einzelnen Gußrohre die bereits millionenfach bewährte TYTON-Verbindung zum Einsatz. Die Längskraftschlüssigkeit der beiden Gußrohrstränge wurde mit dem in die Muffe jedes einzelnen Rohres integrierten Schubsicherungssystem Typ TIS-K hergestellt

Bild 2: 60 m langer Rohrstrang unmittelbar nach dem Herausziehen aus der Bohrung



Bild 3: Rohr mit den stärksten Schabspuren in der Deckbeschichtung. Zinkschicht noch durchgehend vorhanden



Bild 4: ZM-Umhüllung mit Schabspuren



(Bild 5). Jede einzelne Verbindung ist um ca. 3° abwinkelbar, was bei 6 m Rohrlänge eine Abweichung von der Geraden von ca. 300 mm ausmacht.

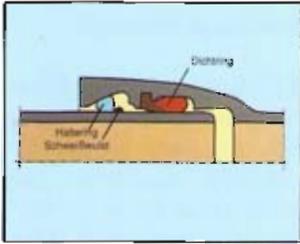


Bild 5: TYTON-Steckmuffen-Verbindung mit Zugsicherung TIS-K

Bei einer einzuziehenden Dükerlänge von 186 m trat die höchste Beanspruchung in der Zugsicherung der ersten TYTON-Verbindung auf. Das theoretische Gewicht des an der ersten Verbindung hängenden Rohrstranges lag bei 7 t. Da man nicht wußte, in welcher Größenordnung zusätzliche Reibungskräfte auftreten konnten, war das Zugsicherungssystem vorsorglich auf über 25 t Belastung beschädigungsfrei geprüft wor-

den. Wie sich später herausstellte, war hiermit eine etwa fünffache Sicherheit auf die Längszugfestigkeit der Verbindung gegeben. Die eingesetzte Bentonit-suspension wirkte derart reibungsmindernd und gleichzeitig als Schwimmflüssigkeit für den Rohrstrang, daß praktisch nur die Masse der anhängenden Rohre überwunden werden mußte.

#### 4. Durchführung

Die Pilotbohrung wurde mit einem Radius von 200 m mit einer Gesamtlänge von ca. 195 m bis etwa 8 m unter der Gewässersohle von einem Ufer der Mosel zum anderen angelegt. Hierbei mußte Schieferkies und dichter, unterschiedlich geklüfteter, geschieferter, aber harter Tonstein durchbohrt werden (Bild 6).

Auf Grund der örtlich beengten Platzverhältnisse auf beiden Uferseiten der Mosel (Bilder 7 und 8) wurde der Bohrkopf in einem Winkel von 20° eingefahren. Der Austrittswinkel auf der gegenüberliegenden Uferseite mußte sogar noch steiler auf 23° gesteuert wer-

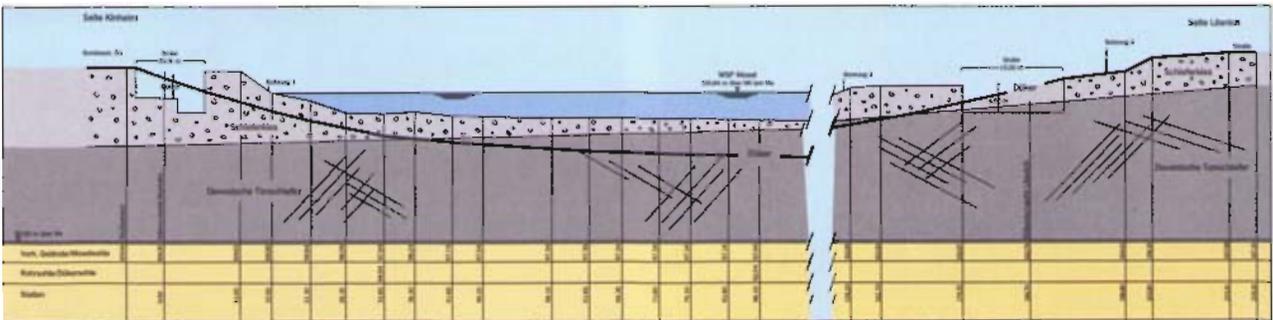


Bild 6: Querschnitt durch die Mosel mit Verlauf der Dükerbohrung

Bild 7: Blick vom Bohrgerät über die Mosel



den, weil sonst der Bohrer in der parallel zum Fluß geführten Bundesstraße gelandet wäre (Bilder 9 und 10).

Nachdem die Pilotbohrung in mehreren Arbeitsgängen auf ca. 510 mm aufgeweitet worden war, was bei der Rückwärtsfahrt des Bohrgestänges von der Zielgrube zur Startgrube erfolgte, konnte die mit Spannung erwartete Montage und der Einzug der TYTON-Rohrleitung begonnen werden.

Bei optimalem Verlauf aller Arbeiten war eine Montage- und Einbauzeit von 6 bis 10 Stunden geschätzt worden. Trotz recht widriger Arbeitsbedingungen für das Montageteam waren die insgesamt 62 TYTON-Verbindungen innerhalb einer Zeit von ca. 6 Stunden montiert und der Doppelstrang von 2x 186 m Länge komplett eingezogen (Bild 11).

Mit der nachfolgenden, getrennt durchgeführten Druckprüfung der Einzelstränge mit 21 bar Wasserüberdruck wurde zusätzlich die Längskraftschlüssigkeit und die Dichtheit jeder einzelnen Rohrverbindung sowie der gesamten Rohrstränge bestätigt.

Die grabenlose Dükerung der Mosel mit dem Flow-Tex-Verfahren war nicht nur wegen ungünstig gelagerter Gesteinsschichten technisch besonders anspruchsvoll, sondern für das duktile Gußrohr mit TYTON-Verbindung und Zugsicherung TIS-K die Premiere für einen weiteren Anwendungsbereich. Darüber hinaus konnte eindrucksvoll bewiesen werden, daß Rohre aus duktilem Gußeisen mit längskraftschlüssigen TYTON-Verbindungen auch grabenlos ohne Probleme eingebaut werden können.



Bild 8: Aufweitkopf (Backreamer) in der Rohrmontagegrube

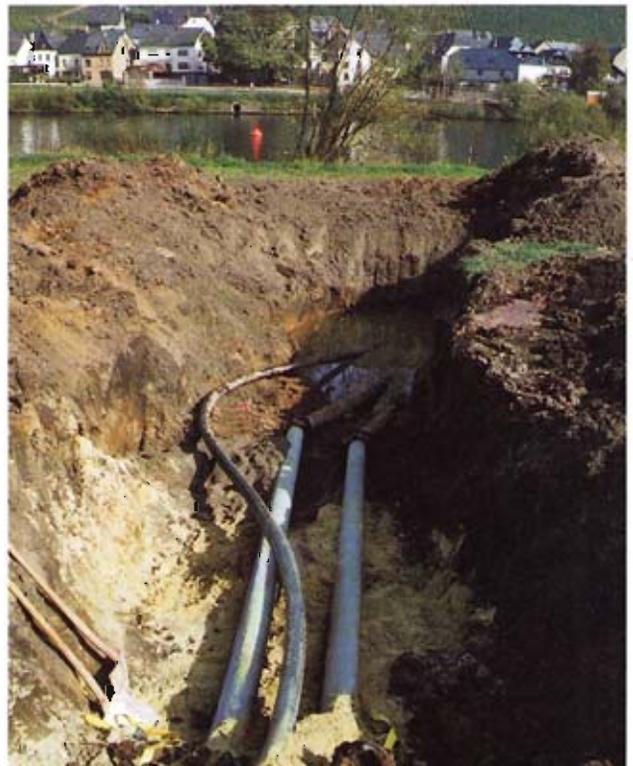


Bild 9: Einziehen des 1. Rohrpaars

Bild 10: Während des Einziehvorganges



Bild 11: Austritt des Rohrstranges nach 186 m unter der Mosel



## Grabenloser Einbau duktiler Gußrohre mit TYTON-SIT-Verbindung mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren

Von Manfred Pehé und Jürgen Rammelsberg

Nachdem sich das Horizontal-Spülbohrverfahren in den letzten Jahren einen ständig wachsenden Marktanteil bei den geschlossenen steuerbaren Bauweisen erobern konnte, wird nachstehend eines der ersten Projekte mit dem Einbau von Rohrleitungen aus duktilen Gußrohren nach diesem Verfahren sowie die dabei gemachten Erfahrungen beschrieben.

### 1. Einleitung

Der grabenlose Einbau von Rohrleitungen wird sowohl beim Neubau als auch bei der Sanierung bestehender Leitungen immer häufiger eingesetzt. Die Gründe dafür sind vielfältig, lassen sich aber meist auf Kostenvorteile gegenüber der konventionellen, offenen Bauweise zurückführen.

Bild 1 gibt eine Übersicht über die heute meist verwendeten Verfahren der geschlossenen Bauweise.

Das Horizontal-Spülbohrverfahren zeichnet sich dadurch aus, daß es als gesteuertes Verfahren mit Pilotgestänge sowohl für die Sanierung vorhandener Leitungen in neuer Trasse als auch für die Neuverlegung eingesetzt werden kann.

Es benötigt infolge seiner Krafteinleitung durch Zug im Gegensatz zu den Vortriebsverfahren eine längskraftschlüssig verbundene Rohrleitung.

Das Verfahren ist steuerbar, kann also Hindernissen ausweichen und vorgegebenen Richtungsänderungen folgen; es benötigt deshalb flexible Leitungsstränge, die diesen Anforderungen genügen. So sind bisher

Bild 1: Systematische Übersicht der grabenlosen Einbauverfahren von Rohrleitungen

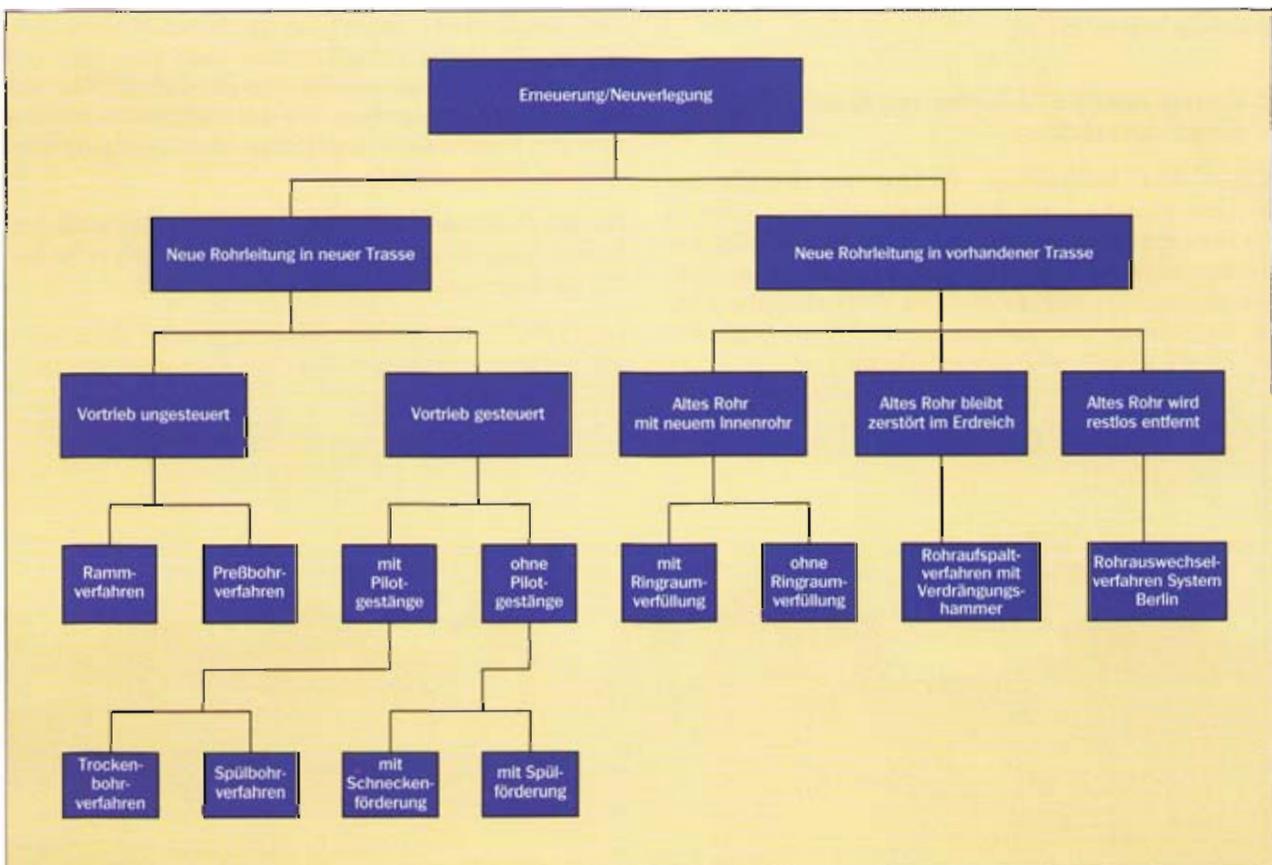




Bild 2: Zielgrube

die meisten Erfahrungen mit kraftschlüssig verschweißten Rohrleitungen gewonnen worden [1]. Die Arbeitsweise des Verfahrens sowie die dazugehörige Steuerungstechnik sind in [2] und [3] ausführlich dargestellt worden. Zusätzliche Erkenntnisse, gewonnen an einem Großbohr-Projekt mit duktilen Gußrohren mit TIS-K-Verbindungen, werden in diesem Heft ebenfalls behandelt [4].

## 2. Einbau duktiler Gußrohre mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren

Neben dem grabenlosen Einbau von Kabeln der Stromversorgung und der Kommunikation sind in der Versorgungswirtschaft die Haupteinsatzfelder des Horizontal-Spülbohrverfahrens der grabenlose Einbau von verschweißten Gas- und Wasserleitungen sowie neuerdings von Rohren aus duktilem Gußeisen mit längskraftschlüssigen Verbindungen.

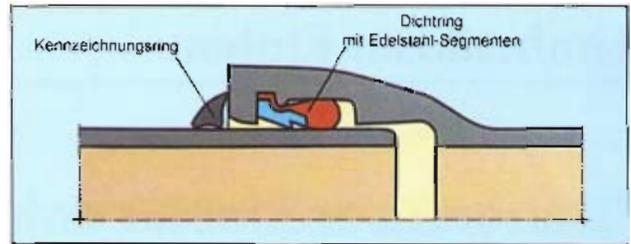


Bild 3: Querschnitt durch eine zugfeste Muffenverbindung (TYTON-SIT)

Duktile Gußrohre besitzen Eigenschaften, die beim Horizontal-Spülbohrverfahren zum Tragen kommen.

1. Rohre aus duktilem Gußeisen mit ihrem hohen Arbeitsvermögen nehmen große Kräfte aus Zug, Druck und unkontrollierbaren Bettungsbedingungen auf.
2. Mit Zementmörtel-Auskleidung und einer Reihe von angepaßten Korrosionsschutz-Umhüllungen sind sie allen Betriebs- und Umgebungsbedingungen gewachsen.
3. Die Montage der Verbindungen ist unter allen Baustellenbedingungen sehr einfach.
4. Das System ist mit den in den meisten Trinkwasser-Netzen eingebauten Gußrohren und Formstücken kompatibel.
5. Das System besitzt abwinkelbare und längskraftschlüssige Muffenverbindungen; sehr gut hat sich neben anderen die Verbindung TYTON-SIT bis DN 300 (Bild 3) bewährt.

### 2.1 Wirkungsweise der TYTON-SIT-Verbindung

Die Konstruktion verwendet gehärtete Stahlkrallen, die im Dichtring einvulkanisiert sind und sich bei Auftreten von Längszugkräften in die Außenfläche des Einsteckendes eingraben. Auf der Muffenseite stützen sich die Stahlkrallen hinter dem Muffeneingang bzw. an dem Haltebund ab.

Für die Nennweiten DN 100 und DN 150 wird die Konstruktion bis PN 16, für DN 200 bis DN 300 bis PN 10 eingesetzt.

Laut DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [5] sind längskraftschlüssige Verbindungen mit dem Sicherheitsfaktor S

= 1,5 gegen den Grabenprüfdruck von PN + 5 [bar] zu dimensionieren. Damit lassen sich im Umkehrsinne auch die maximalen Zugkräfte für den Einbaufall, d.h. während des Einziehvorgangs festlegen. **Tabelle 1** enthält eine Aufstellung der mit dieser Prämisse berechneten zulässigen Längskräfte, die von der TYTON-SIT-Verbindung aufgenommen werden können. Hier sind allerdings die Verbindungen achsgerichtet, d.h. sie sind nicht abgewinkelt. Für die nicht kontrollierbaren Kräfte aus Innendruck bei abgewinkelter Verbindungslage wird der Sicherheitsfaktor  $S = 1,5$  gefordert.

DN	PN [bar]	1,5 (PN+5) [bar]	Ø [mm]	F <sub>zul</sub> [kp]
100	16	31,5	118	3 445
150	16	31,5	170	7 150
200	10	22,5	222	8 709
250	10	22,5	274	13 267
300	10	22,5	326	18 780

Tabelle 1: Berechnung der zulässigen Längskräfte für die Steckmuffenverbindung duktiler Gußrohre mit Zugsicherung SIT



Bild 4: Bohrgerät an der Startgrube

Tabelle 2: Berechnung des kleinsten Kurvenradius für duktile Gußrohre bis DN 300

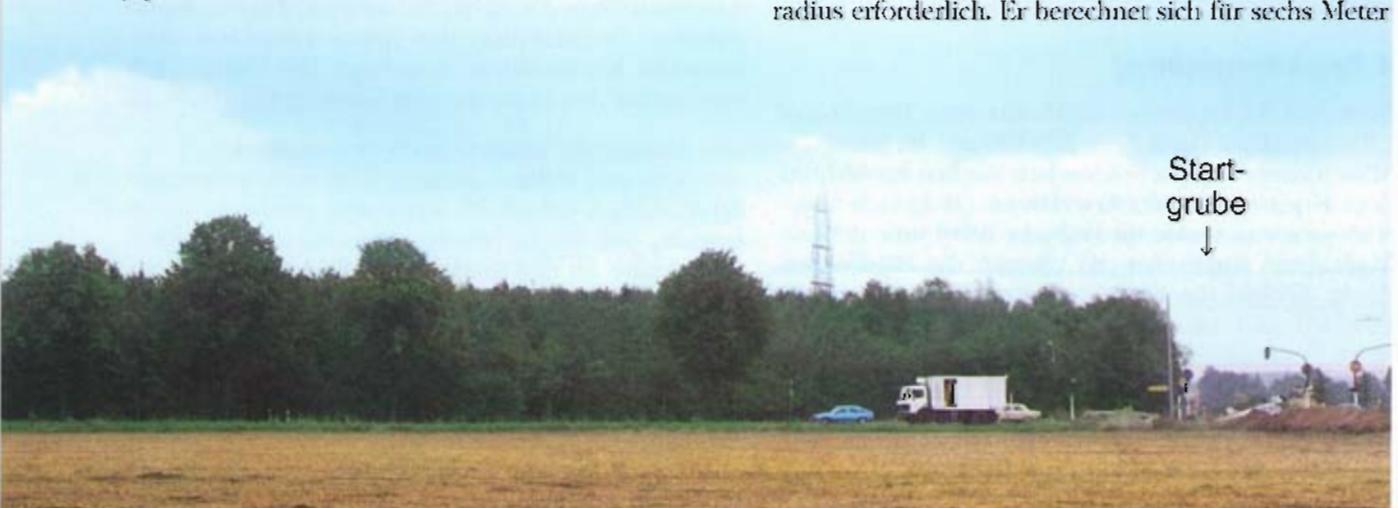
DN	max. α*) [°]	d <sub>1</sub> [mm]	d <sub>2</sub> [mm]	360/α = Anzahl Rohre	Kreisumfang [m]	Radius R [m]	Durchmesser D [mm]
100	3	118	161	120	720	115	178,8
150	3	170	215	120	720	115	231,8
200	3	222	271	120	720	115	285,8
250	2	274	324	180	1080	172	325,2
300	2	326	381	180	1080	172	381,0

\*) die max. Abwinkelungen entsprechen nicht den Einbauanweisungen der TYTON-Verbindungen; sie wurden aus Sicherheitsgründen abgemindert.

Für alle Nennweiten duktiler Gußrohre stehen außerdem formschlüssige Zugsicherungen, z. B. TIS-K, TKF, zur Verfügung; sie sind für das Einziehen in Schutzrohre und ähnliche Sonderbauverfahren erprobt [6], [7].

### 3. Berechnung des kleinsten Radius

Für den Einsatz duktiler Gußrohre beim Horizontal-Spülbohrverfahren ist zur Ausnutzung der Steuerbarkeit die Kenntnis des minimal möglichen Kurvenradius erforderlich. Er berechnet sich für sechs Meter



lange Rohre aus der vom Hersteller angegebenen Abwinkelbarkeit gemäß den folgenden Gleichungen:

$$R = \frac{L}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$D = R \times \left[ 1 - \cos \left( \arcsin \frac{L}{2R} \right) \right] + d_1 + \frac{d_1 - d_2}{2}$$

wobei  $D = d_2$  gilt, falls  $D < d_2$ .

In **Tabelle 2** (S. 31) sind die minimal zulässigen Kurvenradien für die Nennweiten DN100 bis DN 300 bei einer Baulänge von 6 m aufgeführt. Bild 3 enthält die in die Berechnung eingehenden Abmessungen.

Eine Kombination der Vorteile des Horizontal-Spülbohrverfahrens mit denjenigen der duktilen Gußrohre mit längskraftschlüssigen Verbindungen bot sich an, obwohl ein Risiko darin gesehen werden kann, daß bei den mehrfach gegenläufigen Abwinkelungen während der Steuerbewegungen die Zähne der Krallen ausbrechen könnten.

Die Untersuchung der im Ziehkopf eingebauten Einsteckenden zeigte jedoch, daß außer den üblicherweise bei dieser Verbindung vorkommenden Einschnitten von etwa 0,2 mm Tiefe weder Deformationen noch sonstige Spuren mechanischer Beanspruchungen zu erkennen waren.

Weitere Risiken konnten in dem Verhalten der Muffe beim Einziehen in den Spülbohr-Kanal erwartet werden; in [1] wurde die Verarbeitbarkeit von Rohrelementen mit Muffen bezweifelt. Um diese Risiken zu minimieren, wurden die Trassen für die ersten Versuche so gewählt, daß im Notfall der Bohr-Kanal von oben hätte geöffnet werden können. Bei allen bisher nach dem beschriebenen Verfahren eingebauten Leitungen aus duktilen Gußrohren mit einer Gesamtlänge von etwa 2300 m sind keinerlei auf die Rohrart zurückzuführende Störungen oder Probleme aufgetreten.

#### 4. Projektbeschreibung

Nachdem im Dezember 1993 das erste Projekt mit 120 m duktilen Gußrohren DN 100 auf Initiative des Mitverfassers bei den Städtischen Werken Krefeld mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren erfolgreich abgeschlossen war, wurde im Frühjahr 1994 eine größere Maßnahme vorbereitet. So planten die Städtischen Werke Krefeld die Verlegung von 1,5 km Gußrohren DN 200 und ca. 200 m DN 80 zur Erschließung eines Postfrachtzentrums mit Trinkwasser in Verbindung mit der Verlegung von 2,5 km Stahlrohren DN 150 und 200 m DN 80 für die Erdgasversorgung als ein Gesamtprojekt, welches überwiegend mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren ausgeführt werden sollte.

Die beteiligten ausführenden Unternehmen waren über die problemlose Durchführung überrascht. Die Gesamt-Ausführungszeit betrug 31 Arbeitstage.

Bei Einziehlängen von 150 m wurde das gesteckte Ziel erreicht, weil in der Regel ca. alle 150 m eine Einbauarmatur bzw. ein Unterflurhydrant gesetzt wird. Gegenüber dem ursprünglich in konventioneller, offener Verlegung geplanten Projekt belief sich die Kosteneinsparung bei fast ausschließlich unbefestigter Trassenoberfläche auf 35%.

Bei den Städtischen Werken Krefeld wird zukünftig jedes Projekt nach Möglichkeit für den unterirdischen Einbau geplant und vorab der wirtschaftliche Erfolg vor Auftragsfreigabe geprüft.

Im Januar 1995 wurden in Krefeld auf fünf gleichzeitig laufenden Bauvorhaben im Innenstadtbereich weitere 2 km duktile Gußrohre der Dimensionen DN 100 und DN 150 mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren mit großem Erfolg eingebaut.

Der unterirdische Einbau duktiler Gußrohre mit den Dimensionen DN 300 bis DN 500 ist in Vorbereitung, nachdem mit Hilfe der Großbohrtechnik unlängst ein Doppeldüker  $2 \times$  DN 150 mit einer Länge von 150 m unter der Mosel eingezogen werden konnte [4]. Dieses Projekt zeigte, daß die Risiken beim unterirdischen Einbau duktiler Gußrohre mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren bisher überschätzt worden sind.

#### 4.1 Zugkraft-Verlauf beim Aufweiten und beim Einziehen

In Abhängigkeit von der Art des zu durchörternden Bodens und von der Art und Größe des einzuziehenden Produktenrohres ergeben sich unterschiedliche Einziehkräfte, welche von der Maschine aufgebracht werden müssen. Der überwiegende Zugkraftanteil ist dabei dem Aufweitevorgang zuzuordnen, welcher beim Einziehen der Rohrleitung stattfindet. Während der am Zuggestänge angekuppelte Aufweitkopf den anstehenden Boden löst, schwimmt die über einen Drehverbinder angehängte Rohrleitung in der Bentonit-Suspension. Die dabei auftretenden Reibungskräfte sind vernachlässigbar gering, wie die bei einem Projekt mit DN 150 in sandig-kiesigem Boden gemessenen Rohr-Einziehkräfte zeigten. Hierzu wurde zwischen Drehverbinder und Rohrziehkopf eine elektronische Kraftmeßdose eingebaut. Die Gesamtkraft wurde über den hydraulischen Gestängezug ermittelt.

Die Messungen müssen noch in verschiedenen Böden und mit Rohren anderer Nennweiten durchgeführt werden, jedoch ist schon jetzt eindeutig zu erkennen, daß die in Tabelle 1 berechneten zulässigen Längskräfte an den zugfesten Gußrohrverbindungen bei weitem nicht erreicht wurden.

#### 4.2 Arbeitsablauf

Nachdem die verlaufgesteuerte Pilotbohrung mit hoher Präzision, d.h. ohne nennenswerte Abweichung von der Solltrasse, durchgeführt worden war, wurde mit Hilfe von Aufweitköpfen unterschiedlicher Di-

mension der Bohrkanal auf die erforderliche Größe von 350 mm aufgeweitet. In den so entstandenen, durch die Bentonit-Suspension gestützten Mikrotunnel wurde dann der Rohrstrang kontinuierlich eingezogen. Das Bohrgestänge wurde am Bohrgerät synchron zur Montage der einzelnen Rohrlängen in der Einziehgrube geborgen, wodurch ein reibungsloser Ablauf gesichert war.

**Bild 5** gibt einen schematischen Schnitt durch ein gekrümmtes Bohrloch mit gegeneinander abgewinkelten Gußrohren wieder; infolge des hohen Druckes, mit dem die Bentonit-Suspension in den Kanal zwischen Rohre und Bohrloch gepreßt wird, entstehen auch in der Umgebung der Muffen keine Hohlräume. Je nach Korngrößenverteilung des Bodens ist eher ein Eindringen der Suspension in die dem Bohrloch unmittelbar benachbarten Lücken zwischen den Bodenpartikeln zu rechnen, wodurch sich eine Stützung der Bohrlochwand einstellt. Die Kurvenradien werden so geplant, daß das 6 Meter lange Rohr, ohne anzuecken, durchgeschwommen werden kann.

### 5. Schluß

Nachdem die Städtischen Werke Krefeld einen Innovationsschritt in Richtung Weiterentwicklung eines bereits bekannten und erprobten geschlossenen Bauverfahrens erfolgreich durchgeführt haben, hat bei den Versorgungsunternehmen wegen des hohen Einsparpotentials das Interesse stark zugenommen. Derzeit sind mehrere Versorgungsunternehmen dabei, die neue Verfahrensvariante zu studieren und zu erproben.

### Schrifttum:

- [1] Scheuble, L.: Microtunneling - Unterirdische Verlegung nichtbegehrbarer Leitungen  
3R International 33 (1994), S. 34-40
- [2] Bayer, H.-J.: Prinzipien des steuerbaren Horizontal-Spülbohrverfahrens  
3R International 30 (1991), Heft 9: Sonderdruck
- [3] Pehé, M., Prediger, J., Rammelsberg, J.: Grabenloser Einbau duktiler Gußrohre mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren  
3R International 34 (1995), Heft 1/2
- [4] Nöh, H.: Moseldüker Kinheim; grabenloser Einbau von Gußrohrleitungen mit der Flowtex Großbohrtechnik  
FGR Information 30 (1995), S. 25-28
- [5] DVGW-Arbeitsblatt GW 368  
Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nicht längskraftschlüssiger Rohrverbindungen  
April 1973
- [6] Rammelsberg, J., Schmax, F.: Entwicklung und Baustellenerprobung einer neuen längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindung für duktile Gußrohre  
FGR Information 29 (1994), S. 47-53
- [7] Wolf, A., Imhof, E.: Schubsicherungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen  
FGR Information 9 (1974), S. 20/23

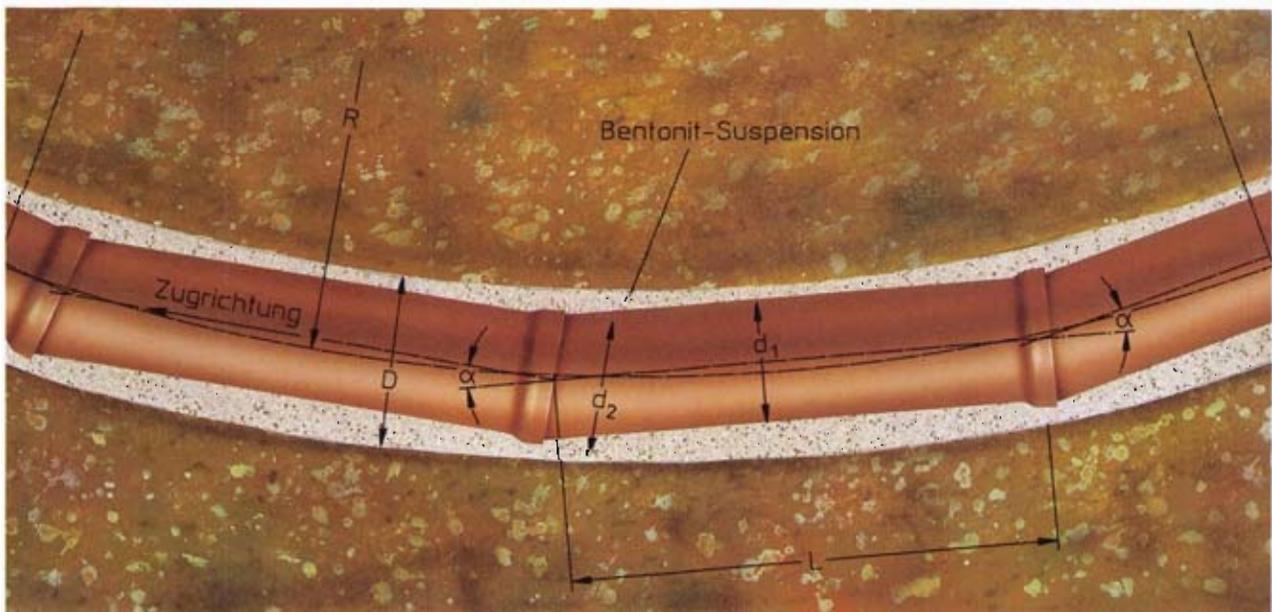


Bild 5: Längsschnitt durch einen gekrümmten Bohrkanal zur Berechnung des minimalen Kurvenradius beim Einbau duktiler Gußrohre

## Dichtheitsprüfung eines Ortsentwässerungsnetzes in der Trinkwasserschutzzone II mit dem Unterdruckverfahren

Von Karl-Heinz Böhm  
und Hans-Jörg Krogull

Ein neu erstelltes Entwässerungssystem, bestehend aus 1600 m Verbindungssammler DN 400 und einem Ortsentwässerungsnetz von 730 m Länge mit 32 Hausanschlüssen und 18 Straßeneinläufen wurde in zwei Prüfabschnitten in nur zwei Tagen einer Unterdruckprüfung auf Dichtheit unterzogen. Dabei wurden die Haushalte der Anwohner nicht beeinträchtigt.

### 1. Einleitung

Im südlichen Sauerland liegt die Stadt Altena, be-

kannt durch die gleichnamige Burg Altena, in der einst die erste Jugendherberge der Welt eröffnet wurde und die heute das Deutsche Schmiedemuseum, das Museum der Grafschaft Mark und das Deutsche Drahtmuseum beherbergt.

Die Trinkwasserversorgung der Stadt Altena erfolgt zu großen Teilen aus der Fuelbecker-Talsperre des Fuelbecker-Wasserverbandes in Altena.

Mit Verordnung des Regierungspräsidenten von Arnsberg wurde 1991, im Einvernehmen mit dem Lan-

Bild 1: Lageplan (schematische Darstellung von Wasserschutzgebiet und I. Bauabschnitt)





Bild 2: Geschlossene Durchführung des Abwassersammlers DN 400 durch Schacht 2 mit Montagestück für die Wiederholungsprüfung

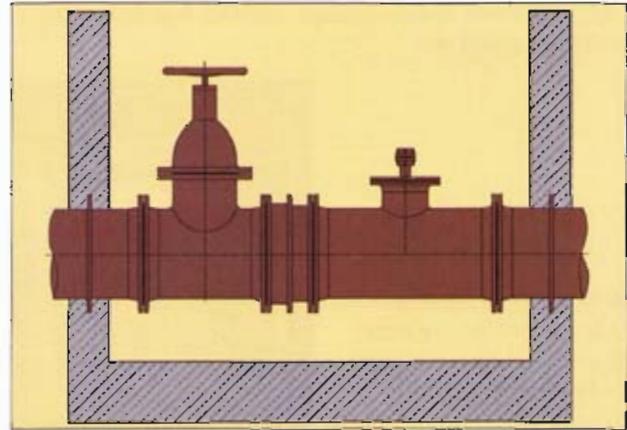


Bild 3: Schieberschacht mit Anschlußstutzen für die Vacuum-Wiederholungsprüfung des Abwasser-Hauptsammlers

desoberbergamt des Landes Nordrhein-Westfalen, das Wasserschutzgebiet festgesetzt. Dieses Gebiet gliedert sich in die engere Schutzzone II und den Fassungsgebiet (Zone I). Es erstreckt sich auf die Stadt Lüdenscheid sowie die Gemarkungen Altena und Altroggenrahmede der Stadt Altena.

Wenige Kilometer vom Zentrum der Stadt Altena entfernt liegt der Stadtteil Rosmart in der Trinkwasserschutzzone II.

Die Hausentwässerung von Rosmart erfolgte zu diesem Zeitpunkt noch durch Kleinkläranlagen in den verschiedensten Ausführungen mit anschließender Verrieselung in den Untergrund.

## 2. Planung

Da abzusehen war, daß das Einzugsgebiet der Fuelbecker Talsperre Wasserschutzzone wird, hatte die Stadt Altena bereits 1985 einen Entwurf zur Ortsentwässerung von Rosmart aufgestellt. Die Grundlage dieser Planung waren damals, da in NRW keine Vorschriften vorlagen, die detaillierten Bestimmungen des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg über den Bau von Abwasserkanälen in Wasserschutzgebieten und der engeren Schutzzone II (Stand Januar 1984) [2], die für einwandige Abwasserleitungen in Zone II die Ausführung des Freispiegelkanals als Druckrohr verlangt.

Entsprechend der zu erwartenden Abwassermenge von 450 l/s wurde der Verbindungssammler mit DN 400 in Gefällestrrecken bzw. DN 500 auf flachliegenden Abschnitten dimensioniert.

Im Dezember 1986 wurde nach Prüfung durch das StAWA Hagen der Ortsentwässerungsentwurf Rosmart vom Regierungspräsidenten Arnberg genehmigt.

Die Ausschreibung des Verbindungssammlers erfolgte im Juni 1990. Es wurde als Rohrmaterial Gußeisen bzw. alternativ glasfaserverstärktes Kunststoffrohr ausgeschrieben. Die für das geschlossene Leitungssystem erforderliche große Anzahl von Formstücken und die damit verbundenen höheren Kosten bei der Verwendung eines Systems aus GFK gegenüber Gußeisen gaben den Ausschlag für den Einsatz von duktilem Gußeisen ebenso wie die einfache Montage der

druckdichten Hausanschluß-Sattelstücke.

Für die nach den Bestimmungen durchzuführenden Dichtigkeitsprüfungen fiel die Entscheidung auf das Unterdruckprüfverfahren [3].

Im August 1990 wurde mit dem Bau des 1600 m langen Verbindungssammlers vom Ortsrand Rosmart bis zum Übergabepunkt unterhalb der Fuelbecker Talsperre begonnen; im Oktober 1991 wurde dieser Sammler in Betrieb genommen. Von September 1992 bis September 1993 ist daran anschließend das Ortsnetz in Rosmart ebenfalls aus duktilem Gußrohr gebaut worden.

## 3. Dichtigkeitsprüfung

Nach Fertigstellung des 1. Bauabschnittes des Abwassersammlers vom Ortsrand Rosmart bis zum Übergabepunkt an den Hauptsammler Fuelbecker Straße wurde am 9. Oktober 1991 die Dichtigkeitsprüfung im Unterdruckverfahren durchgeführt. Für das geschlossene Kanalsystem waren Blindflansche vorbereitet, mit denen nach der Demontage von Paß- und Anbaustücken (Bilder 2 und 3) an den Schiebern die Abdichtung der zu prüfenden Strecke vorgenommen wurde. Vorgesehen war eine Prüfung in 2 Teilabschnitten.

**Die Dichtigkeitsprüfung eines solchen Ortsnetzes in nur einem Tag stellt ein Novum dar**

Nach der Demontage des 1. Paßstückes war abzusehen, daß, bedingt durch den hierfür erforderlichen Zeitaufwand, eine Dichtigkeitsprüfung von zwei Teilstrecken an einem Tag nicht durchführbar war. Nach kurzer Beratung wurde daher beschlossen, den gesamten 1600 m langen Kanal mit einem Volumen von ca. 210 m<sup>3</sup> in eine Prüfung einzubeziehen.

Die 4 bereits bestehenden Hausanschlüsse DN 150 wurden mit Dichtkissen abgesperrt. Innerhalb von 1 h und 20 Minuten, mit einer Unterbrechung von 15 Minuten bei 0,35 bar zur Dichtigkeitskontrolle der verschiedenen Verschlußteile, war die gesamte Hal-

tung mit einer Ejektorpumpe auf 0,5 bar Unterdruck evakuiert (Bild 4).

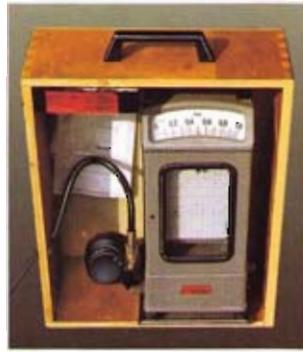


Bild 4: Unterdruck 0,5 bar bei der Prüfung des Abwassersammlers, dokumentiert durch Schreiber



Bild 5: Druckanstieg nach 30 Minuten bei der Prüfung des Abwassersammlers, kontrolliert mit Differenzdruckmeßgerät

Nach einer Beruhigungszeit von 5 Minuten wurde der Unterdruck von 0,5 bar über eine Stunde gehalten. In dieser Zeit stieg der Unterdruck um 0,004 bar (Bild 5). Bild 6 enthält den dabei aufgenommenen Druckschrieb. Nach Ende der Prüfung wurde der Sammler wieder belüftet und die Abschlüsse entfernt.

Die Zeit, in der der Sammler zur Prüfung außer Betrieb genommen werden mußte - Ausbau des Paßstückes, Absperrern, Evakuieren, Prüfen, Belüften, Entfernen der Verschlüsseinrichtungen und Einbau des Paßstückes - betrug 5 Stunden. Danach war der Sammler wieder vollständig betriebsbereit.

Am 20. Oktober 1993 nach Fertigstellung und Anbindung des Ortskanalnetzes mit 32 Hausanschlüssen und 18 Straßeneinläufen wurde auch hier die

Dichtheitsprüfung im Unterdruckverfahren durchgeführt. Für diese Prüfung war ein Zeitraum von 2 Tagen angesetzt worden. Das gesamte Ortsnetz wurde in 2 Prüfstrecken aufgeteilt.

- Prüfstrecke I mit 385 m Kanalnetz von DN 250 und DN 300 und einem Volumen von 37 m<sup>3</sup> mit 17 Hausanschlüssen und 6 Straßeneinläufen.

- Prüfstrecke II mit 345 m Kanalnetz von DN 200 bis DN 300 und einem Volumen von 20 m<sup>3</sup> mit 15 Hausanschlüssen und 12 Straßeneinläufen.

Um auch hier eine möglichst kurze Prüfzeit zu erreichen, wurden die Absperrschieber der einzelnen Haltungen in die Prüfung einbezogen, wodurch sich der zeitaufwendige Aus- und Einbau der Paßstücke vor den Schiebern erübrigte.



Bild 7: Anordnung von Meßgeräten und Pumpe

Vom höchsten Punkt ausgehend (dort standen die Meßgeräte sowie die Pumpe, s. Bild 7) öffnete eine Spülkolonne die Abdeckungen der Straßeneinläufe und Hausanschlüsse und spülte diese sauber. Eine 2. Kolonne folgte und setzte die Dichtkissen (Bild 8). Zum Schluß wurden bei Prüfabschnitt I zwei Schieber geschlossen und die Prüfung konnte beginnen. Nach 5 Minuten Evakuierungszeit wurde auf dem angeschlossenen Schreiber sichtbar, daß in der Prüfstrecke eine Undichtigkeit sein mußte. Bei der nachfolgenden Kontrolle der einzelnen Verschlüsse konnte, durch deutlich vernehmbares Pfeifen, der Schieber DN 400 in Schacht 2 als Verursacher ausgemacht werden (Druckschrieb, Bild 9).

Daraufhin wurde dieser Schieber einige Male auf- und zgedreht, während durch einen oberhalb gelegenen Straßeneinlauf gespült wurde. Danach konnte die Dichtheitsprüfung problemlos durchgeführt werden.

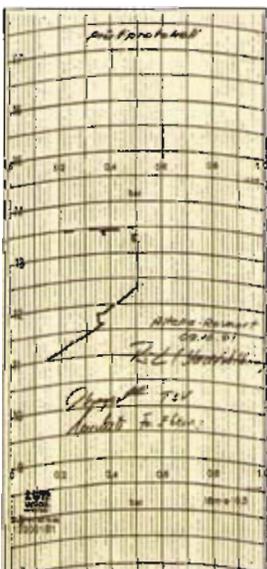
Bei Prüfstrecke II mußte nur noch ein Schieber in die Prüfung einbezogen werden. Hier wurde nach Erreichen von 0,5 bar Unterdruck in der Beruhigungsphase eine Undichtigkeit erkannt. Der Verursacher, eines von 27 eingesetzten Dichtkissen, war defekt und wurde durch deutlich hörbares Zischen gefunden und ausgewechselt. Danach konnte auch hier die Prüfung problemlos beendet werden (Bild 10).

Trotz dieser ungewollten Störungen konnte das gesamte Ortskanalnetz an einem Tag mit der Dichtheitsprüfung im Unterdruckverfahren abgenommen werden. Die Gesamtdauer dieser Prüfung betrug 9 Stunden.

Bild 8: Abdichtung eines Hausanschlusses mit Dichtkissen



Bild 6:



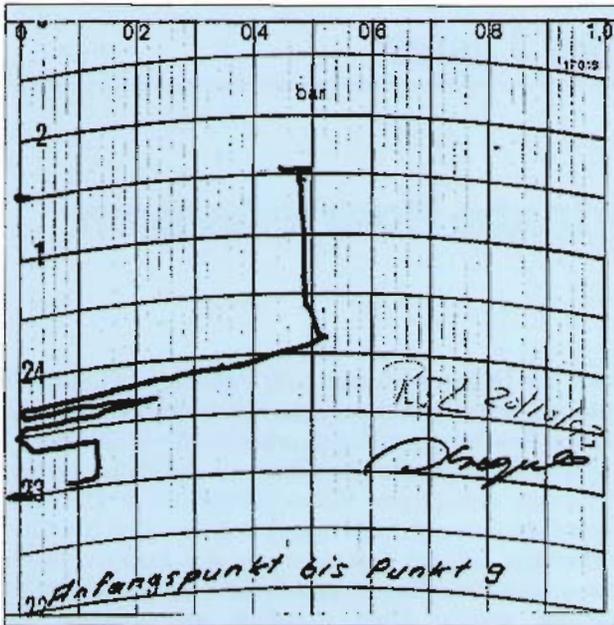


Bild 9

Als Besonderheit ist zu erwähnen, daß die Haushalte während der Prüfung nicht beeinträchtigt waren. Ein Pumpwagen kontrollierte während der Prüfung die einzelnen Schächte der Haushalte und pumpte anfallendes Schmutzwasser ab. Ebenso wurden nach Abschluß der Prüfung die Prüfschächte der Häuser abgepumpt und gespült, und danach die Dichtkissen geborgen.

#### 4. Zusammenfassung

Die Dichtheitsprüfung eines gesamten Ortsentwässerungsnetzes (Bild 11) mit insgesamt

- 730 m Länge
- 32 Hausanschlüssen
- 18 Straßeneinläufen

in zwei Prüfabschnitten mittels Vakuumprüfverfahren innerhalb nur eines Tages stellt ein Novum dar. Dies gilt um so mehr, wenn man die strengen Dichtheitskriterien für ein Abwassertransportsystem innerhalb der Trinkwasserschutzzone II in Betracht zieht.

Das gesamte Ortsentwässerungssystem einschließlich eines 1600 m langen Verbindungssammlers DN 400

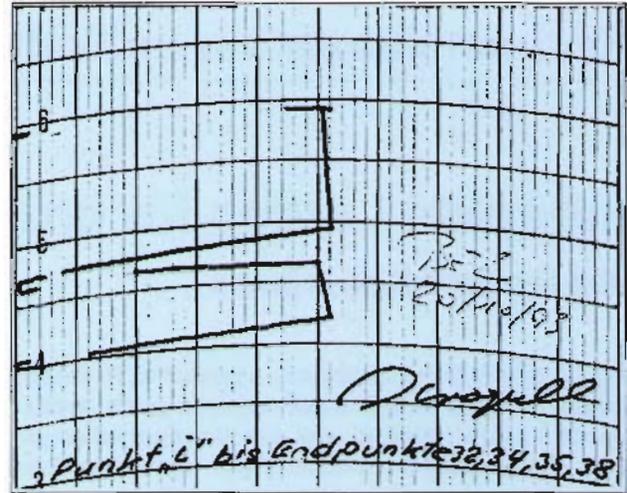


Bild 10

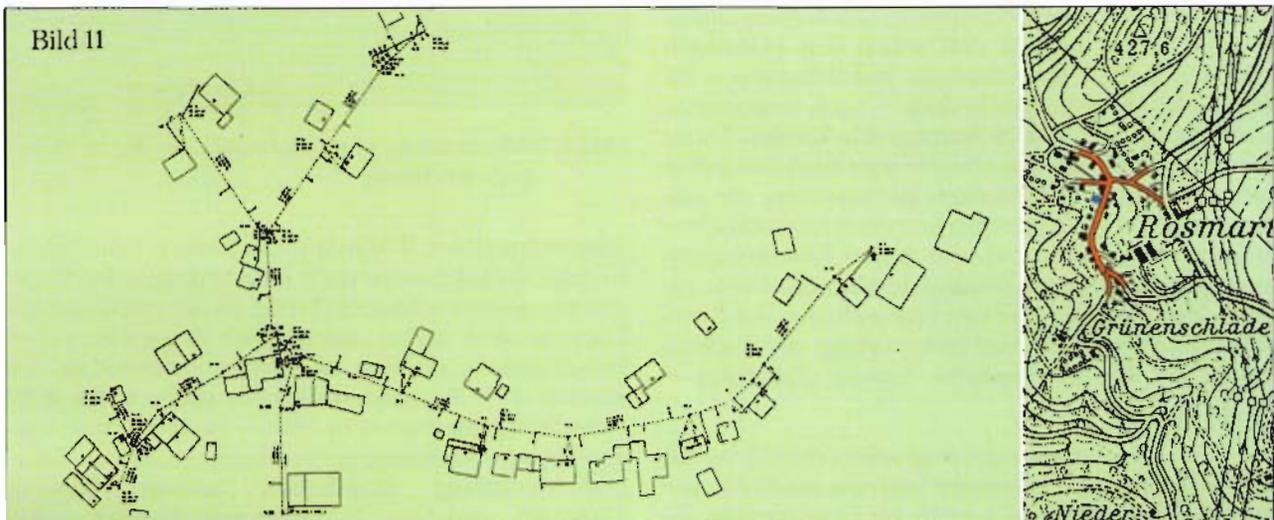
mit zusätzlichen 4 Hausanschlüssen war als Einrohrsystem mit Kanalrohren aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Steckmuffen-Verbindung und Tonerdezementmörtelauskleidung prüfgerecht konzipiert und gebaut worden.

Die Abnahmeprüfung mittels Vakuumverfahren war so organisiert, daß die Haushalte nicht beeinträchtigt wurden.

Die Prüfung mit hervorragenden Ergebnissen wurde vom Stawa Hagen überwacht und positiv bewertet. 1995 steht die für alle 3 Jahre angesetzte Wiederholungsprüfung des Verbindungssammlers an.

#### Literatur

- [1] Amtsblatt für Regierungsbezirk Amsberg mit öffentlichen Anzeigen, 23. Februar 1991
- [2] Anforderungen an Abwasserkanäle in Wasserschutzgebieten – Engere Schutzzone (Zone II). Stand: Januar 1984  
Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten, Baden-Württemberg
- [3] Hein, H., Schwarz, A. und Wagner, W.: Dichtheitsprüfung von Abwasserkanälen mit Unterdruck (Vakuum)  
FGR-Gußrohrtechnik 23 (1988), S. 9–15



## Indirekte Lasten für erdverlegte Rohrleitungen

Von Gerhard Kiesselbach

**Neben den üblichen „direkten Lasten“ (z. B. Innendruck, Erdlast, Verkehrslast) nehmen auch „individuelle Lasten“ Einfluß auf das Beanspruchungs- und Verformungsverhalten einer verlegten Leitung. Dabei handelt es sich um jene Belastungen, die durch die realen Einbauverhältnisse im Boden auftreten können. Die Abweichungen von den üblicherweise angenommenen idealen, gleichmäßigen Belastungen werden hier durch rechnerische Simulation beispielhaft nachgewiesen.**

### 1. Einleitung

Nach dem Stand der Technik führen die bekannten, auf erdverlegte Rohrleitungen einwirkenden Lasten, wie Innendruck, Erdlast, Verkehrslast usw., zu Beanspruchungen der Rohre in Umfangsrichtung, wobei den Betrachtungen üblicherweise gleichmäßige Einbauverhältnisse der Rohre in Rohrlängsrichtung zugrundegelegt werden. Beanspruchungen in Richtung der Rohrlängsachse sind nur unter besonderen Umständen zu berücksichtigen, wie z. B. bei Rohrbrücken, bei vorherrschbaren unterschiedlichen Setzungen, bei Verlegung der Rohre in erzwungener Krümmung, bei Auflagerung auf Pfählen oder Einzelfundamenten, oder bei Auftriebssicherungen. Diese besonderen Umstände sind jedoch nicht repräsentativ für die allgemeinen Einbauverhältnisse von erdverlegten Rohrleitungssystemen in öffentlichen Ver- und Entsorgungsnetzen. Dennoch sind aus der Praxis eine Reihe von Erscheinungen an erdverlegten Rohrleitungen bekannt, wie z. B. die sogenannten Rundbrüche, der radiale Versatz der Rohrenden nach Rohrtrennungen usw., die auf gravierende Beanspruchungen der Rohre in Rohrlängsrichtung schließen lassen.

Umfangreiche Untersuchungen in den letzten Jahren [1, 2, 3] haben gezeigt, daß neben den bekannten „direkten Lasten“ für erdverlegte Rohrleitungen – Innendruck, Erdlast, Verkehrslast – auch sogenannte „indirekte Lasten“ von Bedeutung sein können. Unter den indirekten Lasten sind dabei jene Reaktionskräfte auf erdverlegte Rohrleitungen zu verstehen, die aus der erzwungenen geometrischen und mechanischen Anpassung der Rohre an die realen Einbauverhältnisse im erdverlegten Zustand resultieren. Diese ergeben sich entsprechend den Eigenschaften der Interaktionspartner Boden und Rohr, zufolge der direkten Lasten auf das mechanische System „Fahrbahn – Boden – Rohr“.

Die indirekten Lasten sind zwar relativ einfach verbal zu beschreiben, die qualitative und quantitative Erfassung und Beschreibung, sowohl der Einwirkungen als

auch der Beanspruchungen für erdverlegte Rohre, ist jedoch nur durch rechnerische Simulationen möglich. In den einschlägigen Regelwerken sowie der einschlägigen Literatur sind keine Hinweise auf diese Art der Belastung erdverlegter Rohrleitungen zu finden. Der Grund dürfte wohl darin liegen, daß diese Art der Einwirkungen auf die Rohre – aus der lokalen Interaktion zwischen Boden und Rohr – nicht direkt betrachtet werden kann, sondern nur indirekt zu erfassen ist. Ein weiterer Grund dürfte darin bestehen, daß die Lasten sowie auch die Beanspruchungen für die erdverlegten Rohre sowohl hinsichtlich des lokalen Auftretens als auch hinsichtlich der Größe regellos, zufällig verteilt sind.

Bei der Betrachtung der Belastungs- und Beanspruchungsverhältnisse erdverlegter Rohrleitungen nach den einschlägigen Regelwerken werden im allgemeinen gleichmäßige Einbauverhältnisse für die Rohre in Längsrichtung angenommen. Dazu zählen eine ebene Rohrgrabensohle, gleichmäßige Bettungs- und Einbettungsverhältnisse, eine konstante Erdlast durch die Rohrgrabenverfüllung usw. Mit diesen Annahmen werden ideale, determinierte Umgebungsverhältnisse für die erdverlegten Rohre definiert. Die Basis für diese Annahmen liefern die bekannten Verlegerichtlinien für erdverlegte Rohrleitungen, wonach die Rohrgrabensohle bzw. die Rohrbettung derart auszuführen ist, daß in den Rohren keine unzulässigen Be-

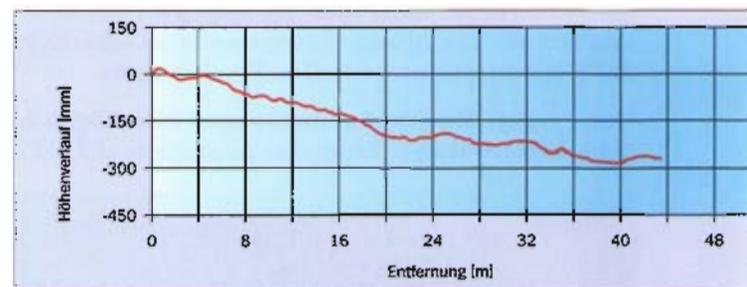


Bild 1: Höhenverlauf einer Rohrgrabensohle in Rohrgrabenrichtung

anspruchungen z. B. durch punktförmige oder linienförmige Auflagerungen nach dem Verfüllen des Rohrgrabens auftreten können. Weder in der einschlägigen Literatur noch in den einschlägigen Regelwerken sind Informationen darüber zu finden, inwieweit in der Realität diese Annahmen zutreffen und mit den üblichen Verlegemethoden in offener Bauweise und entsprechender Einbringung und Verdichtung der Rohrgrabenverfüllung eingehalten werden können. Gleichfalls sind keine Informationen darüber zu fin-

den, ob mögliche Abweichungen von den idealen Annahmen gravierende Zusatzbeanspruchungen in den erdverlegten Rohren erwarten lassen.

Betrachtet man die Umgebungsverhältnisse für erdverlegte Rohrleitungen, soweit sie erfaßt werden können, so ist zu erkennen, daß die idealen Annahmen gleichmäßiger Einbauverhältnisse im allgemeinen nicht erfüllt sind. Erhebungen in vielen für die Rohrverlegung vorbereiteten Rohrgräben haben gezeigt, daß in Relation zu den Eigenschaften der Rohre vielfach keine ebene Rohrgrabensohle, keine gleichmäßige Bettungssteifigkeit usw. anzutreffen ist. Auf erdverlegte Rohrleitungen wirken somit, aus der mechanischen Interaktion mit dem umgebenden Boden, bedingt durch die Abweichungen von den angenommenen idealen Einbauverhältnissen, lokale Zwangsbedingungen und damit zusätzliche Reaktionslasten. Diese Reaktionslasten fallen unter die Belastungsgruppe der sogenannten „indirekten Lasten“, da sie sich nicht wie die äußeren Lasten (Innendruck, Erdlast, Verkehrslast usw.) definieren lassen.

Die Abweichungen der Einbauverhältnisse von den idealen Annahmen werden als Imperfektionen bezeichnet. Die Imperfektionen und die daraus resultierenden indirekten Lasten sind im allgemeinen bereits von dem Verlegevorgang an vorhanden oder können durch nachträgliche Arbeiten im Rohrbereich eingebracht werden. Bei den Imperfektionen der Einbauverhältnisse erdverlegter Rohre handelt es sich nicht um determinierbare Zustände, sondern im allgemeinen um regellose, zufällige Verhältnisse, entsprechend den Schwankungen der Eigenschaften des Bodens in der Leitungszone sowie der Güte der Rohrverlegung und der Erdarbeiten.

In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluß von Imperfektionen der Umgebungsverhältnisse im Rohrgraben, in Form von Unebenheiten der Rohrgrabensohle sowie einer ungleichmäßigen Bettungssteifigkeit in Rohrlängsrichtung, auf das Strukturverhalten erdverlegter Rohrleitungen aufgrund rechnerischer Simulationen gezeigt. Die abgeleiteten Erkenntnisse machen es möglich, gewisse Erscheinungen an erdverlegten Rohrleitungen, wie sie aus der täglichen Praxis des Rohrleitungsbaues jedem Rohrnetztechniker bekannt sind, sowohl qualitativ als auch quantitativ zu erklären.

## 2. Imperfektionen der Umgebungsverhältnisse im Rohrgraben

Im Rahmen systematischer Untersuchungen wurden die Umgebungsverhältnisse für erdverlegte Rohrleitungen im Rohrgraben vor dem Einbau der Rohre meßtechnisch erfaßt. Dabei wurde für die nach dem Rohraushub mit einem Sandbett versehenen und für die Rohrverlegung vorbereiteten Rohrgrabensohlen

der Höhenverlauf sowie die Bettungssteifigkeit in Rohrgrabenrichtung aufgenommen.

In **Bild 1** ist der gemessene Höhenverlauf einer etwa 44 m langen Rohrgrabensohle mit Sandbettung dargestellt. Die Darstellung ist stark verzerrt, um den Verlauf der Unebenheit klar hervorzuheben. Neben dem linearen Gefälle der Rohrgrabensohle sind vor allem stark ausgeprägte Schwankungen im Höhenverlauf über relativ kurze Entfernungen zu erkennen. Dem globalen Rohrgrabenhöhenprofil sind viele kleine, lokale Unebenheiten mit geringer Wellenlänge überlagert.

Aus **Bild 1** ist zu ersichen, daß es sich bei dem Höhenverlauf einer Rohrgrabensohle um eine regellose, zufällig verteilte Funktion in Rohrgrabenrichtung handelt. Aus dem Höhenverlauf einer bestimmten Rohrgrabensohle läßt sich somit nicht auf den Höhenverlauf einer anderen Rohrgrabensohle schließen. Aus diesem Grund ist für die allgemeine Beurteilung der Rohrgrabenunebenheiten weniger

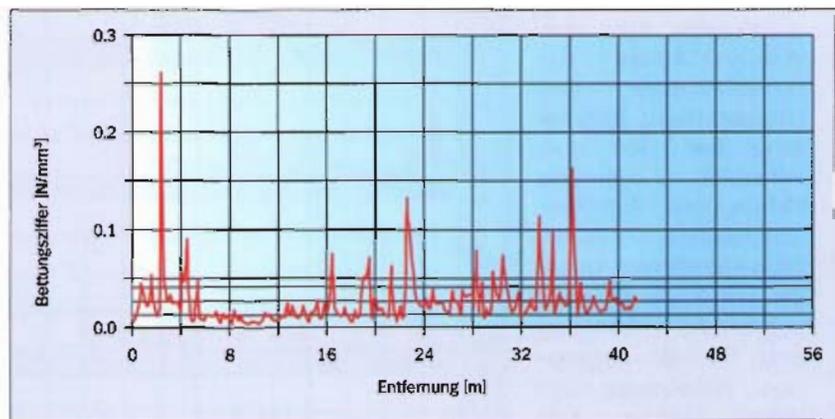


Bild 2: Verlauf der Bettungsziffer einer Rohrgrabensohle in Grabenrichtung

der Höhenverlauf einer einzelnen Rohrgrabensohle von Interesse, sondern vielmehr die Kenntnis der statistischen Kenngrößen [3].

Betrachtet man den Höhenverlauf einer Rohrgrabensohle mit freiem Auge, so sind die gemessenen Unebenheiten kaum zu erkennen. Die Beurteilung der Güte einer Rohrgrabensohle ohne Vermessung ist daher nur sehr bedingt möglich. Die Unebenheiten von Rohrgrabensohlen wurden bei unterschiedlichen Aufgrabungen an verschiedenen Orten, mit unterschiedlichen Erdbauunternehmen sowohl nach dem Rohraushub als auch nach Herstellung der Sandbettung festgestellt. Worauf diese Unebenheiten im einzelnen zurückzuführen sind, ist nicht bekannt. Es ist anzunehmen, daß es sich um die üblichen Schwankungen der Güte bei der Herstellung des Rohrgrabens bzw. der Rohrgrabensohle handelt.

Zur Klärung der Frage, wie sich die Bettungssteifigkeit entlang der Rohrgrabensohle in einem Rohrgraben verhält, wurde parallel zum Höhenverlauf der Rohrgrabensohle auch die Bettungsziffer aufgenommen. Das Ergebnis der Messung für den im **Bild 1** aufgezeigten Verlauf der Rohrgrabensohle ist in **Bild 2** dar-

gestellt. Neben dem Mittelwert der Bettungsziffer über die Meßlänge ist zusätzlich noch die Standardabweichung dargestellt.

Bei der untersuchten Rohrgrabensohle handelt es sich um eine frisch geschüttete Sandbettung mit einem Mittelwert der Bettungsziffer von  $0,025 \text{ N/mm}^3$ . Aus Bild 2 ist zu erkennen, daß die Bettungsziffer über die Rohrgrabenlänge sehr stark schwankt. Die Schwankungen reichen von  $0,005$  bis  $0,265 \text{ N/mm}^3$ . Weiterhin ist zu erkennen, daß es sich bei der Verteilung der Bettungsziffer in Rohrgrabenrichtung gleichfalls um eine Zufallsfunktion handelt.

Für die rechnerische Ermittlung der indirekten Lasten sowie der daraus resultierenden Beanspruchungen in den erdverlegten Rohren durch die Imperfektionen der Einbauverhältnisse bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten an [1, 3]:

- Einerseits kann man aufgrund der gemessenen Imperfektionen einer bestimmten Rohrgrabensohle über eine gewisse Länge das Strukturverhalten einer vorgegebenen Rohrleitung mit den spezifizierten sonstigen Belastungen detailliert untersuchen, wobei man jedoch nur Aussagen erhält, die für diese bestimmte Messung und für die vorgegebene Rohrleitung Gültigkeit besitzen. Der Vorteil dieser Betrachtungsweise besteht darin, daß sich für die untersuchte Rohrleitung sehr genaue Erkenntnisse hinsichtlich der qualitativen und quantitativen Beschreibung der Lagerung und Bettung sowie der Verformungen und Beanspruchungen ergeben.
- Andererseits kann man mit Hilfe statistischer Methoden die statistischen Kenngrößen der Imperfektionen der Umgebungsverhältnisse einer Rohrleitung als Zufallsfunktionen allgemein gültig ermitteln und die daraus resultierenden Beanspruchungen in einer erdverlegten Rohrleitung - unter Benützung der Methoden der Zufallsfunktionen - durch Wahrscheinlichkeitsaussagen ableiten [3].

Der Vorteil dieser Betrachtungsweise besteht darin, daß die Analyse für eine bestimmte vorzugebende Eintrittswahrscheinlichkeit die zu erwartenden indirekten Lasten sowie die daraus resultierenden Beanspruchungen in einer erdverlegten Rohrleitung liefert, die allgemein gültig für die rechneri-

schen Nachweise herangezogen werden können. Damit ist es auch möglich, obere Schranken für die zu erwartenden indirekten Lasten für bestimmte Rohrdimensionen vorzugeben.

Für das allgemeine Verständnis der indirekten Lasten auf erdverlegte Rohrleitungen liefert die erste Methode die effizienteren Aussagen, insbesondere hinsichtlich der geometrischen und mechanischen Anpassung einer erdverlegten Rohrleitung an die imperfekten Umgebungsverhältnisse im Rohrgraben.

### 3. Belastungsverhältnisse erdverlegter Rohrleitungen durch direkte Lasten

Im erdverlegten Zustand einer Rohrleitung sind im allgemeinen die beiden Belastungszustände „ohne Verkehrslast“ und „mit Verkehrslast“ zu unterscheiden.

Diese beiden Belastungszustände erfassen einerseits die vorhandenen Belastungen im erdverlegten Zustand durch die Erdlast sowie den Innendruck und andererseits die zusätzlichen Lastschwankungen durch Auflasten auf der Fahrbahn entsprechend den Verkehrsverhältnissen.

Den folgenden Betrachtungen wird eine gleichmäßige Erdlastverteilung, entsprechend der Überdeckungshöhe von  $1 \text{ m}$ , zugrundegelegt. Als obere Schranke der Verkehrslast wird eine Radlast für einen schweren Lkw auf einer Fahrbahn mit einer mittleren Oberflächengüte angenommen. Dieser Radlast entspricht eine Flächenbelastung unter der Fahrbahn von  $0,1 \text{ N/mm}^2$ , wobei diese als obere Schranke der zu erwartenden Verkehrsbelastung gleichmäßig über die Verkehrsfläche angenommen wird. Hierbei ist zu beachten, daß derartige extreme Radlasten nur mit

sehr geringer Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Die tatsächlichen Verkehrslasten werden, entsprechend der jeweiligen Verkehrssituation, zwischen den Belastungszuständen „ohne Verkehrslast“ und „mit Verkehrslast“ zeitlich und örtlich schwanken.

### 4. Anpassung einer Rohrleitung an imperfekte Einbauverhältnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse von rechnerischen Simulationen für den geometrischen und den mechanischen Anpassungsvorgang einer erdverlegten

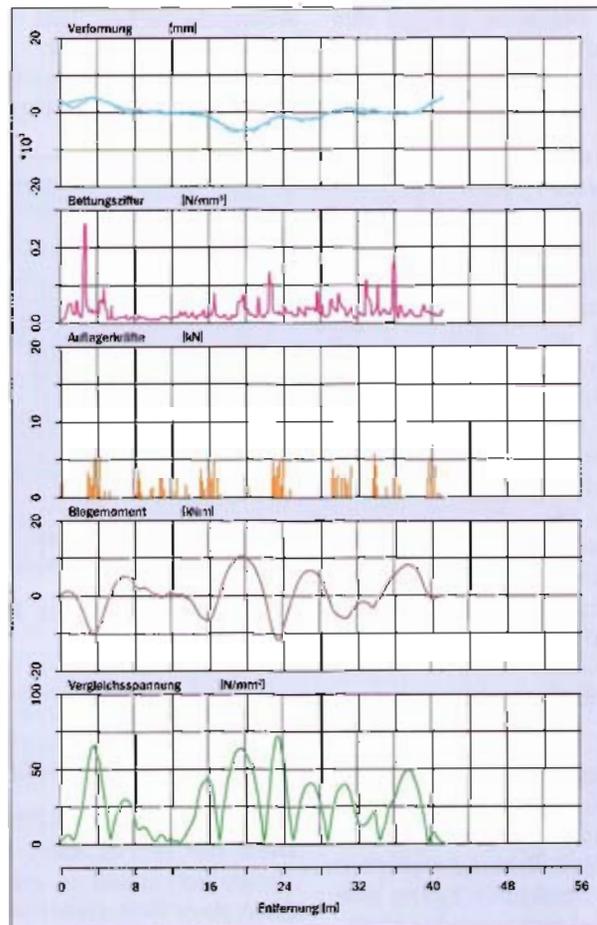


Bild 3: Einfluß indirekter Lasten auf das Strukturverhalten einer erdverlegten Rohrleitung DN 150 für den Belastungszustand „ohne Verkehrslast“

Rohrleitung an die imperfekten Umgebungsverhältnisse im Rohrgraben aufgezeigt. Auskunft über diesen Anpassungsvorgang kann nur die rechnerische Simulation liefern, da die Interaktion zwischen Boden und Rohr im erdverlegten Zustand nicht beobachtet bzw. gemessen werden kann und auch sonst keine Indikatoren Auskunft über die Einbauverhältnisse der Rohre im erdverlegten Zustand liefern.

In den **Bildern 3 und 4** ist beispielhaft zur Dokumentation der Auswirkungen indirekter Lasten für die in der öffentlichen Ver- und Entsorgung sehr häufig verwendete Rohrdimension DN150 für den drucklosen Zustand das Interaktionsverhalten zwischen der erdverlegten Rohrleitung und der in den Bildern 1 und 2 dargestellten Rohrgrabensohle aufgrund von rechnerischen Simulationen grafisch dargestellt. **Bild 3** bezieht sich dabei auf den Belastungszustand „ohne Verkehrslast“ und **Bild 4** auf den Belastungszustand „mit Verkehrslast“. Die Bilder liefern jeweils folgende Informationen:

- den Verlauf der Durchbiegung der Rohrleitung,
- den Auflagerkraftverlauf,
- den Biegemomentenverlauf,
- den Verlauf der Vergleichsspannung.

Anzumerken ist, daß es sich bei den ausgewiesenen Werten um obere Schranken für die Verhältnisse in einer erdverlegten Gußrohrleitung handelt, da durch die beweglichen Muffenverbindungen, im Gegensatz zu starren Verbindungen, eine polygonale Anpassung der Gußrohre an die Unebenheiten der Rohrgrabensohle möglich ist.

Den Ergebnissen der Simulationen ist als wesentlichste Erkenntnis zu entnehmen, daß erdverlegte Rohre auf einer unebenen Rohrgrabensohle nicht gleichmäßig gelagert sind, sondern die geometrische Anpassung der relativ steifen Rohre an den Höhenverlauf der Rohrgrabensohle nur eine stellenweise Auflagerung zuläßt. Zwischen den Auflagerstellen ist kein unmittelbarer Kontakt der Rohre mit der Rohrgrabensohle vorhanden. Der Abstand der Auflagerstellen hängt von der Zufälligkeit der Rohrgrabenunebenheiten, der Steifigkeit der Rohrleitung und der Rohrbettung sowie der Belastung ab.

Den Simulationen ist zu entnehmen, daß sich an den Auflagerstellen relativ große Einsenkungen der Rohre

in die Rohrbettung ergeben können. Die Größe dieser Einsenkungen ist abhängig von der Bettungssteifigkeit und von der Auflagerbelastung. Je weicher die Bettung, desto größer sind die Einsenkungen; diese können stellenweise mehrere Millimeter bis Zentimeter betragen.

Nach den **Bildern 3 und 4** erfolgt im erdverlegten Zustand keine absolute Anpassung der Rohre an den Verlauf der Rohrbettung. Dies läßt sich dadurch erklären, daß einerseits die relativ steifen Rohre nicht in der Lage sind, sich dem unebenen Verlauf der Rohrgrabensohle entsprechend geometrisch anzupassen und andererseits die Bettung so steif ist, daß auch bei beträchtlichen lokalen Einsenkungen der Rohre in die Bettung keine Kompensation des unebenen Verlaufes der Rohrgrabensohle und damit keine durchgehende Auflagerung der Rohre erfolgen kann.

Für eine derartige Anpassung wäre ein extrem weiches Bettungsmaterial mit einer entsprechenden Schichtdicke, ähnlich einer Flüssigkeitsschicht, erforderlich.

Die Anpassung der Rohre an den Verlauf der Rohrgrabensohle ist natürlich auch von der Größe der auf die Rohrleitung einwirkenden Auflasten abhängig. Je größer die Auflasten sind, desto mehr werden die Rohre an den Auflagerstellen in die Bettung gepreßt und um so eher findet zumindest abschnittsweise eine Angleichung der Rohrsohle an den Höhenverlauf der Rohrgrabensohle statt. Dies ist deutlich aus der Gegenüberstellung der Belastungszustände „ohne Verkehrslast“ und „mit Verkehrslast“ zu erkennen, wobei der Belastungszustand „mit Verkehrslast“ die theoretische Obergrenze der Belastung darstellt und nicht repräsentativ für die üblicherweise auftretenden Verkehrslasten ist, die weitaus geringer sind.

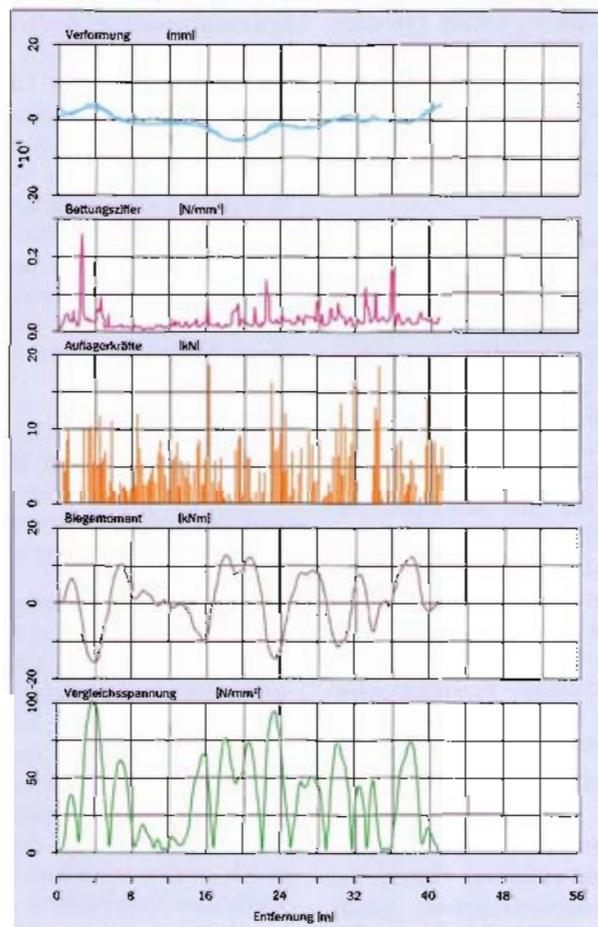


Bild 4: Einfluß indirekter Lasten auf das Strukturverhalten einer erdverlegten Rohrleitung DN150 für den Belastungszustand „mit Verkehrslast“

Hinsichtlich der Anpassung an den unebenen Verlauf einer Rohrgrabensohle zeigt sich der Vorteil der Beweglichkeit von Muffenverbindungen gegenüber durchgehend starren Rohrleitungen. Erdverlegte Gußrohrleitungen bieten den Vorteil der polygonalen Anpassung an den Höhenverlauf der Rohrgrabensohle, entsprechend den Bewegungsmöglichkeiten an den Muffenverbindungen. Der Verlauf der Unebenheiten wirkt sich bei Muffenrohren nur über die jeweiligen Rohrlängen sowie über die Querkrafteintragung

an den Muffenverbindungen zufolge der benachbarten Rohre belastungsmäßig aus.

Die ungleichmäßigen Rohrlagerungsverhältnisse bewirken natürlich auch eine ungleichmäßige Auflagerlastverteilung. Den Bildern ist zu entnehmen, daß die Auflagerlasten in Abhängigkeit von der Bettungssteifigkeit relativ stark schwanken, sowohl hinsichtlich des lokalen Auftretens als auch hinsichtlich der Größe. Entsprechend der Zufälligkeit der Rohrgrabenunebenheiten ist auch der Auflagerkraftverlauf in Rohrlängsrichtung eine Zufallsfunktion.

Die ungleichmäßige Rohrlagerung bewirkt, daß die auf die Rohroberfläche bzw. die Rohrumhüllung einwirkenden Reaktionslasten gleichfalls ungleichmäßig verteilt sind und entsprechend den Auflasten relativ stark schwanken können. Aus den Bildern ist zu erkennen, daß an der Rohroberfläche im Bereich der Rohrsohle stellenweise relativ große, lokale Pressungen vorhanden sind, wogegen dazwischen Bereiche existieren, wo die Rohroberfläche keinen Kontakt mit der Rohrbettung besitzt. Inwieweit derartige örtliche mechanische Einwirkungen Einfluß auf die Korrosionsempfindlichkeit erdverlegter Rohre besitzen, ist nicht bekannt.

Die Simulationen zeigen, daß Rohrgrabenunebenheiten im allgemeinen höhere Beanspruchungen in einem erdverlegten Rohr hervorrufen, als die Ungleichmäßigkeit der Bettungssteifigkeit. Dies ist dadurch zu erklären, daß die Bettungssteifigkeit nur dort von Bedeutung ist, wo das Rohr mit der Rohrgrabensohle ausreichend Kontakt hat. Der Verlauf der Bettungsziffer hat auf die Beanspruchung einer erdverlegten Rohrleitung nur dann einen Einfluß, wenn die Stellen mit hoher Bettungsziffer mit den Auflagerbereichen der Rohre auf der Rohrgrabensohle übereinstimmen. Bei den Stellen mit sehr hoher Bettungsziffer handelt es sich um sehr steife Auflagerstellen; dies kann auf Steine, einen lokalen starren Unterbau oder ähnliches zurückzuführen sein. Auflagerstellen mit einer großen Bettungssteifigkeit bewirken eine hohe lokale Pressung zwischen Boden und Rohr. Derartige Beanspruchungen sind für die Beurteilung der mechanischen Einwirkungen auf die Rohrumhüllung von wesentlicher Bedeutung.

Die Simulationen zeigen weiterhin, daß die Beanspruchungsverhältnisse in Rohrlängsrichtung durch die Imperfektionen der Umgebungsverhältnisse relativ stark schwanken. In den **Bildern 3 und 4** ist der Beanspruchungszustand in den Rohren durch die Vergleichsspannung nach der Gestaltänderungsenergiehypothese dargestellt. Geht man davon aus, daß bei idealen, gleichmäßigen Lagerungs-, Bettungs- und Belastungsverhältnissen der Rohre in Rohrrichtung lediglich eine konstante Absenkung der Rohre und damit keine Biegebeanspruchung in den Rohren auftreten kann, so ist zu erkennen, daß durch die Imperfektionen der Umgebungsverhältnisse beträchtliche Spitzenwerte im Beanspruchungsverlauf möglich sind. Den Bildern ist zu entnehmen, daß der Biegemomentenverlauf und demzufolge auch der Spannungsverlauf in Rohrrichtung, entsprechend der geometrischen und der mechanischen Anpassung, einerseits beträchtlich schwankt und andererseits die Biegebeanspruchungen innerhalb einer geringen Weg-

strecke sehr rasch aufklingen, einen Maximalwert annehmen und dann sehr rasch wieder abklingen. Dies bedeutet, daß zufolge der zufällig verteilten Imperfektionen der Umgebungsverhältnisse gleichfalls zufällig verteilt über relativ kleine Bereiche Spitzenwerte in der Rohrbeanspruchung auftreten.

## 5. Zusammenfassung

Die in den einschlägigen Regelwerken üblicherweise angenommenen idealen Einbauverhältnisse für erdverlegte Rohrleitungen in Rohrlängsrichtung sind im allgemeinen nicht gegeben. Es ist dies nicht nur das Ergebnis einer schlechten Verlegung, sondern auch das Problem einer nur relativ geringen Anpassungsfähigkeit der steifen Rohre an die geometrischen und mechanischen Verhältnisse der Rohrgrabensohle. Die Simulationen zeigen, daß durch Unebenheiten der Rohrgrabensohle sowie durch Ungleichmäßigkeiten der Bettungssteifigkeit entlang einer Rohrleitung keine gleichmäßigen Lagerungsbedingungen in erdverlegten Rohrleitungen auftreten können. Neben der nur stellenweisen Lagerung der Rohre auf der Rohrbettung bewirken die Abweichungen von den idealen Annahmen eine sehr ungleichmäßige Auflagerlastverteilung sowohl hinsichtlich des örtlichen Auftretens als auch hinsichtlich der Größe. Dies bewirkt insbesondere Längsbiegebeanspruchungen in den Rohren, die innerhalb einer kurzen Wegstrecke aufklingen, einen Spitzenwert erreichen und dann rasch wieder abklingen.

Da es sich bei den Imperfektionen der Einbauverhältnisse erdverlegter Rohrleitungen gegenüber den idealen Annahmen um zufällige Ereignisse handelt, sind auch die daraus resultierenden Beanspruchungen in einer erdverlegten Rohrleitung zufällig verteilt.

Die Ausführungen zeigen beispielhaft den Einfluß von Imperfektionen der Einbauverhältnisse für eine Gußrohrleitung DN 150 im erdverlegten Zustand sowie die daraus resultierende Interaktion zwischen Boden und Rohr. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind zur Zeit in den einschlägigen Regelwerken unbekannt. Im Rahmen der Entwicklung europäischer Normen für erdverlegte Rohrleitungen wird zu diskutieren sein, ob derartige Einwirkungen im Vergleich zu den sonstigen Beanspruchungen in den einschlägigen Regelwerken zu berücksichtigen sind.

## Literatur

- [1] Kiesselbach, G.  
Die Belastungs- und Beanspruchungsverhältnisse erdverlegter Gasrohrleitungen  
3R international, 28 (1989), Heft 8
- [2] Kiesselbach, G.  
Zur Biegebeanspruchung erdverlegter Gasrohrleitungen durch Verkehrslasten  
3R international, 29 (1990), Heft 5
- [3] Kiesselbach, G.  
Zur Biegebeanspruchung erdverlegter Rohrleitungen aufgrund von Unebenheiten der Rohrgrabensohle  
3R international, 29 (1990), Heft 10

## Präzisionsarbeit in 8 m Tiefe

Von Ernst Reif, Wolfgang Fries  
und Gerhard Neidl

Ein Mischwasser-Hauptsammler (DN 500 bis DN 1200) mußte durch ein Wasserschutzgebiet II geführt werden. Aus Kostengründen wurde die Rohr-in-Rohr-Technik verworfen und stattdessen die Lösung mit einer einwandigen Leitung aus duktilen Gußrohren gewählt, die mit Unterdruck auf Dichtheit geprüft wurde. Die Herstellung der Leitung verlief wie geplant, auch die Verlegung der Rohre DN 1200 in 8 m Tiefe mit Kreuzung einer Staatsstraße wurde gemeistert. Die anschließende Unterdruckprüfung ergab völlige Dichtheit.

### 1. Abwasserleitungen im Bereich von Trinkwasser-Schutzzonen

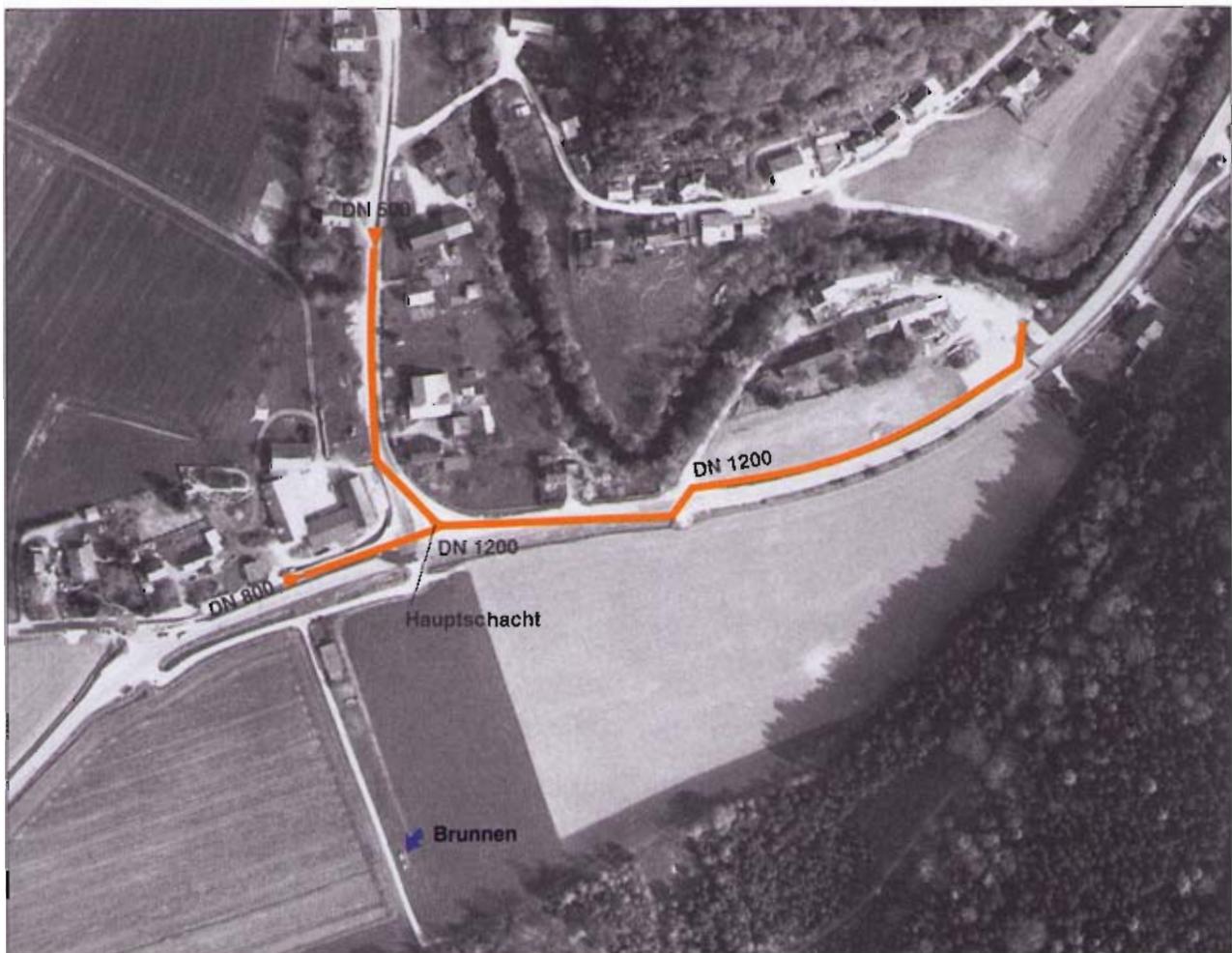
Die Arbeitsblätter der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) und die einschlägigen DIN-Vorschriften

behandeln die Herstellung von Abwasserkanälen und -leitungen. Grundsätzlich muß eine schädliche Verunreinigung oder eine nachteilige Veränderung der Böden und der Gewässer vermieden werden. In besonderem Maße hat das Gültigkeit in den Einzugsgebieten von Wassergewinnungsanlagen, die der öffentlichen Wasserversorgung dienen.

Das nachfolgend zitierte ATV-Arbeitsblatt A142 vom Oktober 1992 enthält Richtlinien als Ergänzung zur DIN 4033 und zu den ATV-Arbeitsblättern A101, A139, A140, A147 und dem DVGW-Arbeitsblatt W101.

Das ATV-Arbeitsblatt A142 läßt in der Schutzzone I (Fassungsbereich einer Wassergewinnungsanlage) Abwasserkanäle und -leitungen grundsätzlich **nicht** zu.

Bild 1: Lageplan



In der Schutzzone II (engere Schutzzone) dürfen Abwassersysteme (im Gegensatz zur Schutzzone III) im Doppel- oder Einfach-Rohr-System nur in Ausnahmefällen aufgrund von zwingenden örtlichen oder technischen Gegebenheiten erstellt werden.

In beiden Fällen muß ein dauerhafter Schutz der Gewässer zu jeder Zeit sichergestellt sein. So sind neben den jährlichen Kontrollen wiederholbare Dichtheitsprüfungen vorgesehen (Schutzzone II = mind. alle 5 Jahre; Schutzzone III = mind. alle 10 Jahre).

Dieses Verfahren wurde u. a. in fast allen Fällen (Ausnahme: Hamburg) von den Richtlinien der Bundesländer übernommen.

Bei der nachfolgend beschriebenen Maßnahme fiel die Wahl auf Rohre aus duktilem Gußeisen in Verbindung mit der Unterdruckprüfung. Diese inzwischen häufig praktizierte Lösung stieß hier auf besonders interessante, erschwerende Umstände: In einem Streckenbereich mußten Rohre DN1200 mit einer Baulänge von 8,32 m in einer Tiefe von bis zu 8 m verlegt werden.

## 2. Ausgangslage

Ein Teil der Ortschaft Alling, Gemeinde Sinzing im Landkreis Regensburg, liegt in der engeren Schutzzone des Zweckverbandes zur Wasserversorgung der Viehhausen-Bergmattinger Gruppe (2 Tiefbrunnen).

Im Rahmen der Abwasserentsorgung der Ortsteile Niederviehhausen und Alling mußte der Abwasserhauptsammler durch die Trinkwasserschutzzone II geführt werden.

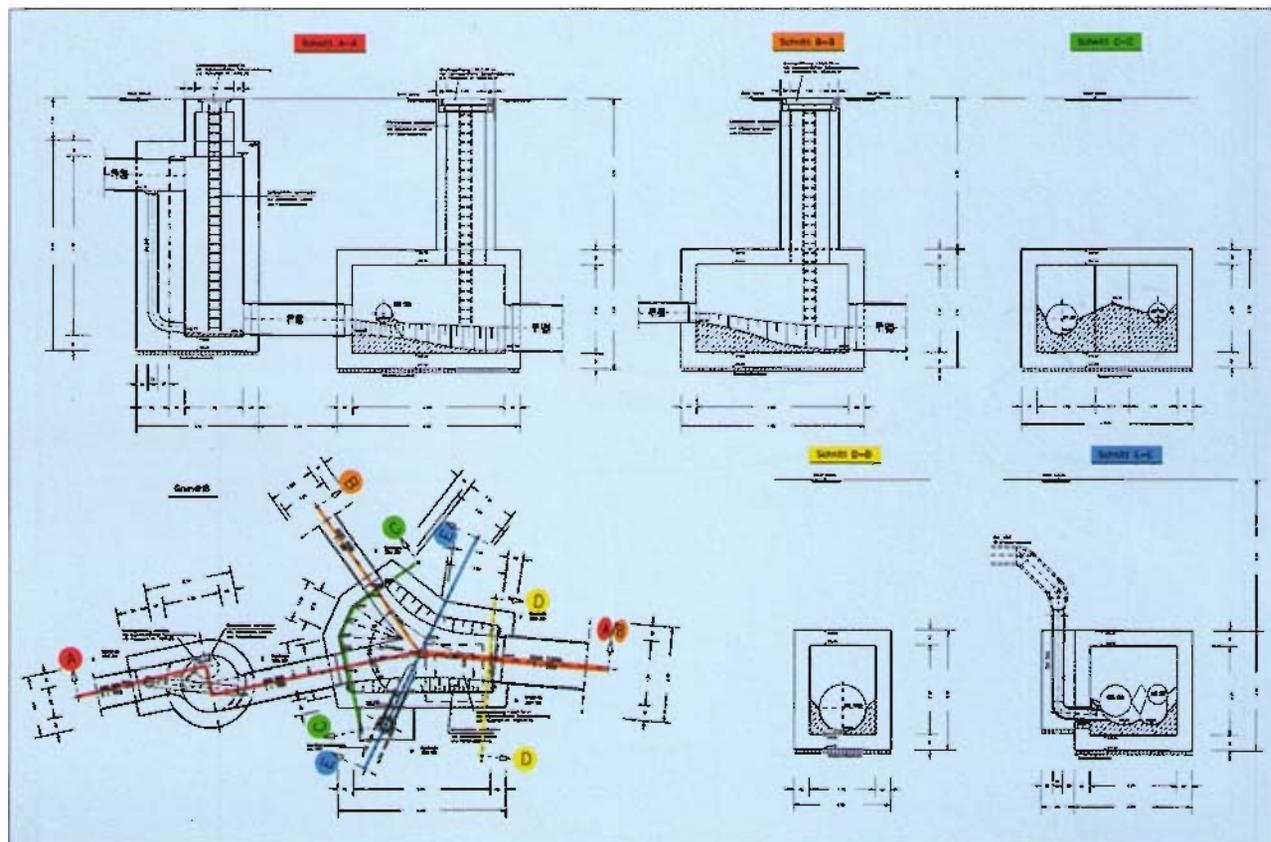
Um eine Gefährdung der Trinkwasserversorgung durch den Mischwasserkanal (DN 500 bis DN 1200) und die Hausanschlüsse auszuschließen, wurden selbstverständlich auch hier hohe Dichtheitsanforderungen an das gesamte System gestellt.

Das ursprünglich diskutierte doppelwandige Rohrsystem mit Leckanzeige erwies sich als finanziell nicht tragbar. In Verhandlungen zwischen der Gemeinde Sinzing und dem planenden Ingenieurbüro – der EBB-Ingenieurgesellschaft – einerseits und dem Wasserwirtschaftsamt Regensburg sowie dem Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft andererseits einigte man sich auf einen einwandigen Kanal aus duktilem Gußeisen.

Das gewählte duktile Gußrohr nach DIN 19690/91, innen mit Zementmörtelauskleidung nach DIN 2614, außen mit Zinküberzug und Deckbeschichtung nach DIN 30674 Teil 3, entsprach dem üblichen Standardrohr und hat sich in vergleichbaren Fällen bewährt. Als Wiederholungsprüfung wurde die Dichtheitsprüfung mittels Unterdruck vereinbart.

Das Planungsbüro legte in der Nähe des Einmündungsbereiches der Kreis- in die Staatsstraße den Hauptschacht fest (Lageplan Bild 1). In diesem „Vereinigungsbauwerk“ aus wasserdichtem Stahlbeton mit dichter Abdeckung vereinigt sich der aus Viehhausen kommende Kanal DN 800 mit dem Ortskanal DN 500 aus Alling in Verbindung mit einem Absturzschacht und Trockenwetterumlauf (Bild 2) zur weiterführenden Dimension DN 1200.

Bild 2: Vereinigungsbauwerk (Hauptschacht)



Nach dem ATV-Arbeitsblatt A142 ist die Rohrleitung geschlossen mit abgedichteten Reinigungsöffnungen durch die Kontrollschächte zu führen.

Die Hausanschlußleitungen aus Gußeisen begannen am Übergangsschacht im Grundstück des Anliegers und endeten mit dem Anbohrsatelstück am Hauptrohr (Bild 3).

Der Anschluß der Straßentwässerung erfolgt mit handelsüblichen Anschlußstücken aus duktilem Gußeisen.

### 3. Bauausführung

Den Zuschlag für die Maßnahme erhielt die ARGE Ostbayerische Brochier, Regensburg/Guggenberger, Mangolding. In der Trinkwasserschutzzone kamen 760 m duktile Gußrohre DN 500, DN 600, DN 700, DN 800 und DN 1200 zur Verlegung. Während die „kleineren“ Nennweiten in gängigen Tiefen unter Grabenbedingungen verlegt werden konnten, galt es 140 m DN 1200 im Bereich der Staatsstraße auf eine Tiefe von 8,0 m zu bringen (Bilder 4 und 5) und das bei einer Rohrlänge von 8,32 m und einem Rohrgewicht von mehr als 4 t.

Dabei mußte die Staatsstraße schiefend gekreuzt und die hier verlegten Strom-, Post- und sonstigen Kabel in Millimeterarbeit umgangen werden.

Bild 4: Verlegung der Rohre DN 1200



Die Schachtdurchführungen (Bild 6) bestehen entweder aus einer auf die duktilen Gußrohre aufgeschweißten Reinigungsöffnung oder aus Schweißkonstruktionen als Segmentbogen mit Reinigungsöffnung, gegebenenfalls auch in reduzierter Ausführung. Sämtliche geschweißten Formteile wurden spritzverzinkt und mit Epoxidharz beschichtet. Soweit die Schachtformstücke in Schweißkonstruktionen hergestellt wurden, war es notwendig, zumindest auf einer Seite der Schächte mit Kupplungen zu arbeiten. Dabei wurden für die großen Nennweiten Straub-Kupplungen verwendet.



Bild 3: Anbohrsatelstück

Bei Winkelpunkten mit geringen Abwinkelungen nutzte man das mögliche Abwinkeln in den Muffenverbindungen und sparte so Formstücke.

Um durch die Unterdruckprüfung eine einwandfreie Aussage über die Dichtheit dieses robusten Rohr-Systems zu erreichen, kamen am Anfang und Ende der Prüfstrecke sowie in dem Abdichtungsbereich der Hausanschlußleitungen epoxidbe-

schichtete Rohrhülsen zum Einsatz. So ist eine einwandfreie Abdichtung zwischen dem Rohrdichtkissen und der Kanalrohrinnenwand sichergestellt.

### 4. Druckprüfung

Da die Rohre aus duktilem Gußeisen geschlossen durch die Revisionsschächte geführt wurden, konnten

Bild 5: Rohr DN 1200 in 8 m Tiefe

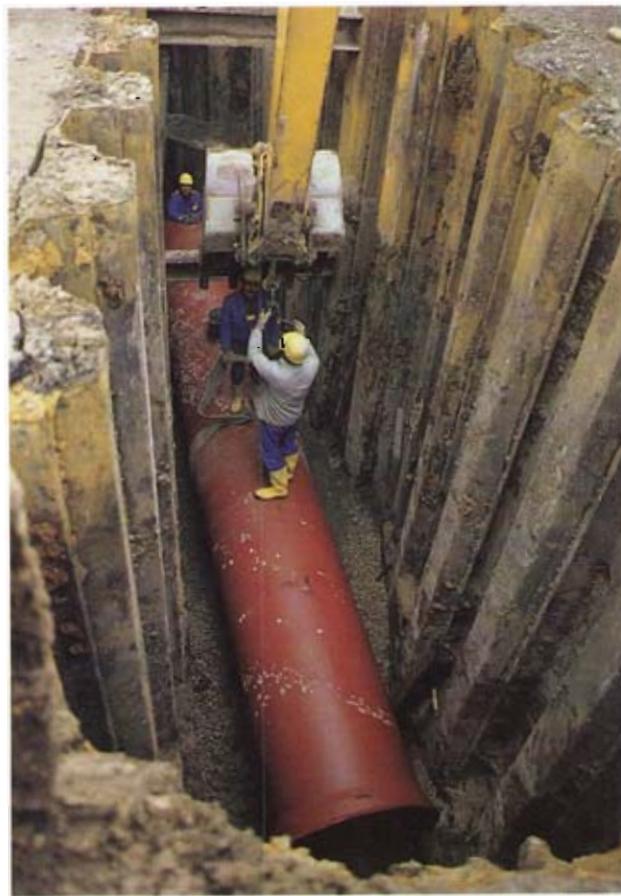




Bild 6: Aufgeschweißte Reinigungsöffnungen

mehrere Schachthaltungen zu einer Prüfstrecke zusammengefaßt werden. Ausgehend vom „Mittelpunktschacht“ wurden sämtliche Leitungen unter Einbeziehung der Hausanschlusßleitungen mit 0,5 bar Unterdruck geprüft.

Von den drei Prüfstrecken hatte die 321 m lange Leitung DN1200 mit 360 m<sup>3</sup> das größte Prüfvolumen. Mit Hilfe einer Injektorpumpe, die nach dem Wasserstrahlssystem arbeitet und mit einem Kompressor betrieben wird, wurden die 360 m<sup>3</sup> in nur 90 Minuten auf 0,5 bar Unterdruck gebracht. Nach einer zehn-

minütigen Beruhigungszeit konnte mit der halbstündigen Dichtheitsprüfung begonnen werden.

Mit Hilfe eines Differenzdruckmeßgerätes wurden Druckveränderungen zwischen dem Unterdruck von 0,5 bar im Kanal und dem atmosphärischen Druck gemessen. Gleichzeitig wurden mit einem Feinmeßbarometer Druckveränderungen in der Atmosphäre registriert, die am Ende der Prüfzeit in das Prüfergebnis eingerechnet wurden.

Unter Berücksichtigung der Vorbereitungsarbeiten konnte diese Teilstrecke in nur drei Stunden abgenommen werden. Die Prüfzeiten der anderen Strecken waren volumenabhängig entsprechend kürzer.

## 5. Zusammenfassung

Die sorgfältige Arbeit der beteiligten Firmen und die Verwendung des bruchsicheren, langlebigen Gußrohres ergaben einen qualitativ hochwertigen Abwasserkanal mit Maximaltiefen bis zu 8 m.

Die nach den Richtlinien des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft nur bei duktilen Gußrohren zugelassene Unterdruckprüfung brachte den Beweis der Dichtheit des Systems. Gegenüber konventionellen Druckprüfungen entfielen so die Kosten für Wasser und – in Abhängigkeit davon – auch die der Füll- und Sättigungszeiten. Wiederholungsprüfungen sind unter Betriebsbedingungen möglich.

## Bau einer Fernwasserleitung DN 200 mit einem Betriebsdruck von max. 30 bar

Von Harald Becker

**Aufgrund des nicht ausreichenden Trinkwasserdargebots sah sich die Stadt Biedenkopf genötigt, zusätzlich einen Anschluß an einen benachbarten Wasserverband vorzusehen. Für diese Leitung (12 km DN 200) ergab sich aus Höhendifferenz und Transportkapazität ein Maximaldruck von 30 bar. Außerdem stellten die schmale Verlegetrasse und die teilweise geringe Bodenstabilität die Rohrbauer vor Probleme. Duktile Gußrohre mit TIS- bzw. TIS-K-Muffen waren hier die Lösung.**

### Einleitung

Die Stadtwerke Biedenkopf, Eigenbetrieb der Stadt Biedenkopf, versorgen etwa 15 000 Einwohner mit Trinkwasser. Der Tageshöchstbedarf liegt derzeit für die Kernstadt bei ca. 1600 m<sup>3</sup> und für die 9 Ortsteile bei ca. 1200 m<sup>3</sup>.

Über viele Jahre hinweg hatten die Stadtwerke Biedenkopf mit mangelnder Wasserquantität zu kämpfen. Geographisch liegt Biedenkopf im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. Wegen der im Untergrund des Stadtgebietes vorherrschenden Schiefergesteine überraschen die Probleme nicht. Trotz der vor allem in den Höhenlagen reichlichen Niederschläge kann hier nur mit einer jährlichen Grundwasserneubildung von max. 60 mm gerechnet werden. Seit 1947 wurden ca. 30 Probebohrungen zur Grundwasserfindung hergestellt, von denen 18 zu Tiefbrunnen ausgebaut wurden. Heute sind noch 10 Anlagen in Betrieb, der Rest erwies sich im Laufe der Zeit als unbrauchbar. Wegen der geringen Klüftigkeit ist der Einzugsbereich eines Tiefbrunnens im Schiefergestein meistens relativ klein. Die noch akzeptablen Fördermengen eines neuen Brunnens reduzierten sich häufig aufgrund von Verockerung der Filterrohre oder Erschöpfung des Wasservorrates bis zur Unwirtschaftlichkeit. In trockenen Sommer- und Herbstmonaten konnte, bei sinkender Fördermenge, der steigende Bedarf nicht mehr gedeckt werden. Immer wieder mußten deshalb Wassernotstandsverfügungen erlassen werden. Diese äußerten sich in Verbot von Autowäsche, Befüllen privater Schwimmbäder, Einsatz von Berieselungsanlagen und Gießen auf allen Friedhöfen. Zuletzt traten die Notstandsverfügungen, bis auf wenige Ausnahmen, jährlich in den Monaten Juli bis Oktober in Kraft. 1988 reichten diese Maßnahmen nicht mehr, ein Fehlbedarf von ca. 300 m<sup>3</sup>/d mußte über eine 3 km lange Notversorgungsleitung (Feuerwehrschräuche) von der Stadt Bad Laasphe/Westfalen (Versor-



Bild 1: Im I. Bauabschnitt

gung durch den Wasserverband Siegerland) herangeschafft werden. Dieser Zustand dramatisierte sich noch während der Planungsphase zur Stabilisierung der Wasserversorgung, als im Jahre 1991 zwei Gemeinden mit ca. 1000 Einwohnern über eine Woche nur stundenweise versorgt werden konnten. Erst nach erneuter Verlegung einer Feuerwehrschräuchleitung von ca. 2,5 km mit Anschluß an die Gemeinde Treisbach (Stadt Wetter, Versorgung durch den Zweckverband Mittelhessische Wasserwerke) gelang es, den Fehlbedarf von ca. 100 m<sup>3</sup>/d zu decken.

### Fremdbezug! Aber woher?

Innerhalb kürzester Zeit mußten nun Planungen und Kostenrechnungen erstellt werden. Aufgrund der doch hohen Zahl an Fehlbohrungen und des Ergebnisses einiger Gutachten schied die Eigenversorgung von vornherein aus.

Fremdbezug war das Schlagwort. Hier boten sich zwei Alternativen an.

1. Anschluß an den Wasserverband Siegerland/Westfalen;
2. Anschluß an den Zweckverband Mittelhessische Wasserwerke.

Sehr schnell kristallisierte sich die 1. Alternative als die technisch und wirtschaftlich günstigste Möglichkeit heraus (Bild 2). Ausschlaggebend waren die Leitungslänge von nur 5 km zum geplanten Übergabepunkt und der zur Verfügung stehende Vordruck von 16 bar. Somit erübrigten sich aufwendige Pumpenanlagen mit relativ hohen Betriebskosten. Bei dem Kostenvergleich der beiden Alternativen wurde eine Einsparung von 6 000 000,- DM ermittelt.

Die länderübergreifende Versorgung (Westfalen/Hessen) war anfänglich ein Sandkorn im Getriebe der Vertragsverhandlungen. Aber auch hier, wie übrigens während der gesamten Planungs- und Bauphase, zeigte sich die überaus große Kooperationsbereitschaft des Wasserverbandes Siegerland. Der Wasserlieferungsvertrag wurde am 20. 4. 1990 vom Bürgermeister der Stadt Biedenkopf und dem Oberkreisdirektor des Kreises Siegen-Wittgenstein in seiner Funktion als Vorsitzender des Wasserverbandes Siegerland unterzeichnet.

Das durch die Stadtwerke erstellte Konzept sah vor, eine ca. 12 km lange Fernwasserleitung in drei Hochbehälter einzuschleifen, wovon einer neu errichtet und einer erweitert werden mußte. Zusätzlich war der direkte Anschluß des Stadtteiles Ludwigshütte über einen Druckminderschacht geplant. Aufgrund der länderübergreifenden Trassenführung war die Genehmigung durch die Obere Wasserbehörde (RP Gießen)

erforderlich. Dieser Umstand und die Dringlichkeit der kurzfristigen Wasserzuführung waren Anlaß, die Planung in zwei Abschnitte einzuteilen. Der erste Abschnitt, vom Übergabepunkt „Rote Hardt“, Bad Laasphe, bis zum ersten Einspeisepunkt, Hochbehälter Wallau, umfaßt 5,3 km, der zweite Abschnitt, vom Hochbehälter Wallau bis zur letzten Einspeisestelle, Hochbehälter III Biedenkopf, 7,0 km Trassenlänge.

### I. Abschnitt (Planungsbeginn August 1990)

Bei der Planung des ersten Abschnittes mußten folgende Vorgaben berücksichtigt werden: Die Überwindung eines Fixpunktes mit einer Höhendifferenz von ca. 60 m (bezogen auf den Übergabepunkt) und die Transportkapazität, die mit max.  $Q/d = 3000 \text{ m}^3$  und mit mind.  $Q/d = 500 \text{ m}^3$  festgelegt wurde. Bei detaillierten Höhenaufnahmen und den daraus resultierenden hydraulischen Berechnungen stellte sich heraus, daß die Leitung mit einer Größe von DN 200 in Tiefpunktbereichen mit 20 bar, in ungünstigen, kurzzeitigen Betriebszuständen mit bis zu 30 bar Druck belastet wird. Die Planung ergab weiterhin die Ausbildung von zwei Hochpunkten und drei Tiefpunkten. Die Trassenführung erwies sich aufgrund des teilweise steilen Geländes und des geringen Platzangebotes in Waldbereichen als recht schwierig (Bilder 3 und 5), es gelang jedoch, eine direkte Linie vom Übergabepunkt zum HB Wallau technisch, landschaftsschutzrechtlich und wirtschaftlich zu verwirklichen. Die Belastung privater Grundstückseigentümer wurde weitgehend vermieden, ca. 90 % der Leitungslänge verlief in öffentlichen Bereichen.

Gestattungsverträge wurden mit dem Straßenbauamt Siegen (Durchpressung der L 903), der Unteren Wasserbehörde Siegen (Durchpressung des Puderbaches),

Bild 2: Übersichtsplan

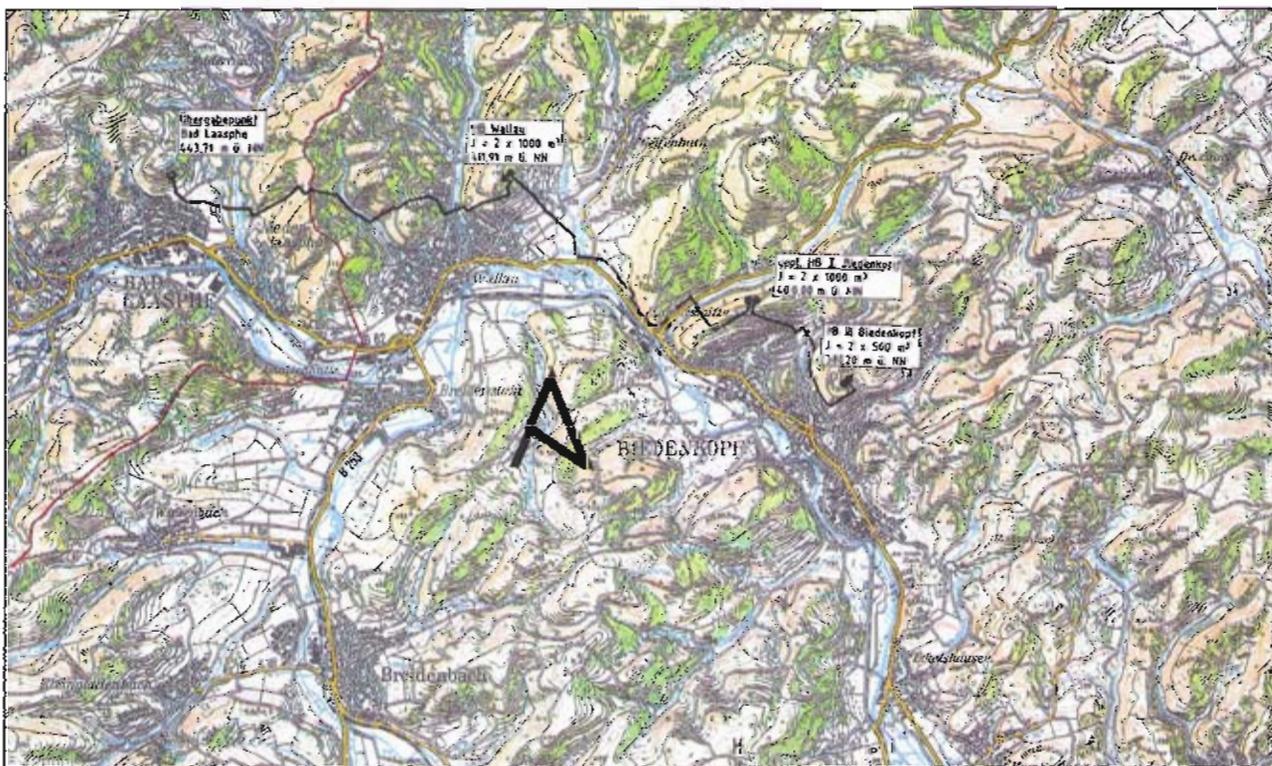




Bild 3: Problemtrasse

der Rentkammer Bad Laasphe und der Prinz Wittgensteinschen Forstverwaltung Erndtebrück als Grundstückseigentümer geschlossen. Die Untere Landschaftsschutzbehörde Siegen-Wittgenstein erteilte die Genehmigung zur Durchquerung des Landschaftsschutzgebietes Bad Laasphe. Die Auflagen berührten in der Hauptsache die Schadensminimierung durch Baustellenfahrzeuge.

Die Auswahl des Rohrmaterials, duktiles Gußrohr mit Zementmörtelaukleidung, wurde durch die anstehenden Bodenarten, den vorhandenen Betriebsdruck und das geringe Platzangebot bestimmt. Wichtig bei den Überlegungen war das angebotene Schubsicherungs-System TIS/TIS-K zur längskraftschlüssigen Verbindung (geeignet bis zu 40 bar) der Rohrleitung incl. Formstücke im Bereich der Tiefpunkte; dort schiedem Betonwiderlager aufgrund des geringen Platzangebotes und der geringen Bodenstabilität aus. Auch in den Steilhängen wurden zusätzlich zu den Querriegeln aus Beton (alle 30 m) Rohre mit TIS-K-Schubsicherung eingeplant (Bild 4). Mit den Querriegeln wurde gleichzeitig eine Forderung der Genehmigungsbehörde erfüllt, welche in Vorgesprächen zur Auflage gemacht hatte, mit geeigneten Mitteln die Drainagewirkung entlang der Rohrleitung zu unterbinden.

Die Mengenregulierung sollte ein Ringkolbenventil übernehmen, welches auf die eingangs des Berichtes erwähnten Werte ausgelegt wurde (mit Schlitzzylinder, Stellzeit ca. 3 min.).

Für die Tiefpunkte sah die Planung zwei Absperrklappen DN 200 vor. Ein Kugelhahn DN 80 mit einer folgenden Aufweitung auf DN 150 (Energieabschwächung) wurde in den Entleerungsabgang eingeplant (Bild 6).

Wegen der zentralen Waldlage wurde für die Hochpunkte außer einem Be- und Entlüftungsventil zusätzlich eine Entnahmemöglichkeit für die Feuerwehr vorgesehen.



Bild 4: Schubsicherung TIS-K im Steilhang

#### Bauausführung

Nach einer Genehmigungszeit von 6 Monaten wurde die Baumaßnahme im Februar 1992 an eine Arbeitsgemeinschaft vergeben. Wie befürchtet waren die Platzverhältnisse ein großes Hindernis auf dem Weg zur fristgerechten Fertigstellung (60 Arbeitstage). Auch die zur Jahreszeit passenden Wetterverhältnisse waren hinderlich. Ansonsten verlief die Bauphase exakt nach Plan. Die Druckprüfungsabschnitte wurden über die Tiefpunkte kontrolliert. Der geforderte Prüfdruck betrug 33 bar. Probleme bereitete das Erzeugen des doch sehr hohen Prüfdruckes. Dieser mußte über eine Handpumpe mit Verlängerung per

Bild 5: Im schwierigen Waldgelände



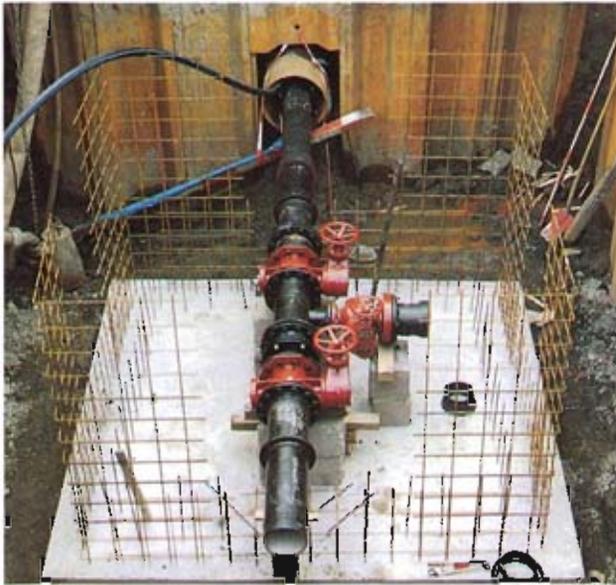


Bild 6: Absperrklappen DN 200 mit Kugelhahn DN 80 für den Entleerungsabgang

Muskelkraft aufgebaut werden. Bis auf eine Ausnahme waren alle Prüfungen in Ordnung. Auf einem Streckenabschnitt wurde durch eine Unachtsamkeit bei der Montage ein Dichtring aus der Muffe herausgedrückt. Die Fehlerstelle wurde mittels Kamerafahrt lokalisiert und konnte durch Aufnehmen und Neuverlegung von ca. 50 lfd.m Rohrleitung behoben werden. Auf eine Desinfektion der Leitung durch Zusatz von Chlor wurde wegen der Umstände der Neutralisation verzichtet. Ein absolut unbedenklicher Zustand der Leitung (staatl. Untersuchungsamt) wurde durch eine Spülung mit einer Fließgeschwindigkeit von ca. 3 m/s über ca. 1 Std. erreicht.

## II. Abschnitt

Die Planung des zweiten Abschnittes erfolgte unmittelbar nach der baulichen Fertigstellung des ersten. Die Vorgaben waren im wesentlichen die gleichen.

Der Ortsteil Ludwigshütte sollte direkt an die Fernwasserleitung über ein Druckminderventil angeschlossen werden (Bild 8). Hierbei war die doch sehr hohe Druckdifferenz von ca. 20 bar (25 bar Vordruck zu 4,0 bar Hinterdruck) zu berücksichtigen. Ein mit

Hilfssteuerung ausgerüstetes Druckminderventil von Bopp & Reuter konnte die gestellten Anforderungen erfüllen. Um die Abblasmenge des Sicherheitsventils ohne Probleme ableiten zu können, wurde ein Kanal DN 250 aus duktilen Gußrohren vom Übergabebauwerk in den 100 m entfernten Regenwassersammler eingeplant.

Die Trasse stellte gegenüber der Streckenführung des ersten Abschnittes ein größeres Platzangebot zur Verfügung, hatte aber den Nachteil, daß die Eingriffs- und Ausgleichsmaßnahmen erheblich umfangreicher waren. 5000 m<sup>2</sup> Wiesengelände (Bild 7) mußten teils angekauft und in Streuobstwiesen umgewandelt werden. Des weiteren mußte die Integration zweier Hochbehälter berücksichtigt werden und drei Hoch- und drei Tiefpunkte waren auszubilden.

Auch bei diesem Abschnitt sind die Druckverhältnisse in den Tiefpunktbereichen recht ungünstig. Kurzzeitige Drücke von bis zu 30 bar sind möglich.

Rohrmaterial und Armaturen wurden unter gleichen Gesichtspunkten ausgewählt. Das TIS-Schubsicherungs-System hatte sich im ersten Abschnitt gut bewährt, so daß keine Bedenken gegen eine Verwendung im zweiten bestanden. Die Verlegung in Steilstrecken sollte ebenfalls mit zusätzlichen Querriegeln aus Beton abgesichert werden.



Bild 7: Verlegung im Wiesengelände

Gestattungsverträge wurden mit dem Straßenbauamt Marburg (Durchpressung der K109 und Kreuzung der B 253 Sackpfeife) und mehreren Privateigentümern geschlossen.

Bild 8: Anschluß des Ortsteils Ludwigshütte mit Druckminderventil und Abgang DN 150





Bild 9: Durchpressung unter Benutzung spezieller Transportschellen für das Einziehen ins Mantelrohr.

Die Durchpressungen (Bild 9) wurden mit Stahlrohren DN 500 ausgeführt. Für das Einziehen der Rohrleitung wurden Transportschellen der Fa. Huckenbeck verwendet, die nach speziellen Anforderungen hergestellt wurden. Die Längskraftschlüssigkeit wurde auch hier durch TYTON-Rohre mit TIS-K-Schubsicherung hergestellt.

Die ersten 3,3 km des II. Abschnitts wurden im Mai 1994 begonnen und fristgerecht im September 1994 fertiggestellt. 1996 soll nach den vorliegenden Planungen die Gesamtmaßnahme abgeschlossen sein.

#### Schlußbemerkung

Die Stadtwerke Biedenkopf konnten mit dem Anschluß an den Wasserverband Siegerland die Trinkwasserversorgung der etwa 15 000 Einwohner bis weit über die Jahrtausendwende sicherstellen. Die gute Zusammenarbeit aller Beteiligten ermöglichte den einwandfreien und fristgerechten Bauablauf.

Die inzwischen zwei Betriebsjahre des I. Abschnitts zeigen, daß die hohen Anforderungen vom Rohrmaterial problemlos erfüllt werden.

	I. Abschnitt	II. Abschnitt
<b>Bauherr</b>		Stadtwerke Biedenkopf, Biedenkopf
<b>Planung</b>	Ing.-Büro Dieter Kröner, Kassel	Ing.-Büro Ohlsen, Grünberg
<b>Eingriffs- und Ausgleichsplan</b>		Ing.-Büro Krug u. Lehmann, Marburg
<b>Bau- und Bauoberleitung</b>	Ing.-Büro Dieter Kröner, Kassel	Stadtwerke Biedenkopf
<b>Bauüberwachung</b>		Stadtwerke Biedenkopf
<b>Bauausführung</b>	Fa. Müller, Gönnern Fa. Scheld, Biedenkopf	Fa. Becher, Mudersbach/Sieg  (I. BA. 3 300 lfd.m.)
<b>Armaturen</b>		Fa. Erhard, Heidenheim
<b>Leitungslänge</b>	5 300 lfd.m	7 000 lfd.m
<b>Kosten</b>	1 700 000 DM	ca. 2 500 000 DM

## Entwicklungen bei der Zementmörtel-Umhüllung für Gußrohre

Von Michael Mischo

**Die Zementmörtel-Umhüllung mit Kunststoffmodifizierung bietet ein hohes Maß an Korrosionsbeständigkeit und mechanischem Schutz. Durch Einsparung der Sandbettung leistet sie beim Einbau selbst in steinigem Boden ihren Beitrag zur Senkung der Baukosten und darüber hinaus zur Einsparung von Deponieraum und Schonung der Ressourcen.**

### 1. Einleitung

Bereits vor 120 Jahren wurde in einem Beitrag im Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt von 1875 [1] auf die Möglichkeit der Zementmörtel-Umhüllung als Außenkorrosionsschutz von Rohren hingewiesen. Die serienmäßige Umhüllung duktiler Gußrohre mit einem Kolloidmörtel aus Zement, Wasser und Glasfasern begann 1977 bei den Technischen Werken in Stuttgart. Wenig später wurde die industrielle Fertigung solcher Rohre bei zwei deutschen Gußrohrherstellern aufgenommen. Recht bald wurde der Kolloidmörtel durch einen mit Sand angereicherten Mörtel ersetzt. In den nachfolgenden Jahren wurde die Umhüllung in bezug auf Mörtelzusammensetzung und Auftragsverfahren ständig verbessert und weiterentwickelt.

Eine Reihe von Veröffentlichungen in DVGW- und GWT-Schriftenreihen [2], [3], [4] sowie in FGR-Informationen [5], [6] berichteten Anfang der 80er Jahre über Untersuchungen an der Zementmörtel-(ZM)-Umhüllung für duktile Gußrohre.

### 2. Die ZM-Umhüllung heute

1984 erschien die DIN 30674 Teil 2 als Vornorm, in der die Herstellung, Anforderungen und Prüfungen der ZM-Umhüllung beschrieben wurden. Der Weißdruck der DIN 30674 Teil 2 vom Oktober 1992 [7] berücksichtigt die Erfahrungen und Fortschritte, die seit dem Erscheinen der Vornorm gemacht wurden. Es wurden unter anderem folgende Änderungen vorgenommen:

- Die Deckbeschichtung ist entfallen. Grundlage für diese Entscheidung waren umfangreiche Makroelementversuche [8], wonach die Deckbeschichtung zu keiner nachweislichen Verbesserung des korrosionschemischen Verhaltens der ZM-Umhüllung führt.
- Die Möglichkeit des Einsatzes von kunststoffmodifiziertem Zementmörtel (ZM-K) wurde neu aufgenommen.

- Die Prüfung der korrosionschemischen Schutzwirkung der ZM-Umhüllung im Makroelementversuch ist entfallen, da Langzeit-Labor- und Feldversuche [8] gezeigt haben, daß die Prüfung in der vorgesehenen Versuchsdauer von 100 Tagen nicht aussagekräftig ist. Die Aufrechterhaltung der Korrosionsschutzwirkung der ZM-Umhüllung bei Beschädigungen durch unsachgemäße Handhabung bei Transport und Einbau wird in dem Gutachten bestätigt.

Im Sinne der DIN 30674 Teil 2 ist die ZM-Umhüllung eine mehrschichtige Rohrumhüllung mit folgendem Schichtaufbau:

Zink-Oberzug – Zwischenschicht –  
Zementmörtelschicht

Dabei kann die Zwischenschicht, die aus einem Zweikomponentenkunstharz besteht, nach Vereinbarung entfallen, wenn ein kunststoffmodifizierter Zementmörtel verwendet wird. Auch bei den Anforderungen an den Frischmörtel wird zwischen nicht kunststoffmodifiziertem und kunststoffmodifiziertem Mörtel unterschieden.

### 3. Herstellung der ZM-Umhüllung

Neben dem Spritzverfahren wird heute zum Auftragen der ZM-Umhüllung das Extrusionsverfahren angewendet. Beide Verfahren arbeiten im Vergleich zu den ersten Jahren der ZM-Umhüllung mit erhöhter Leistung, mit höherem Mechanisierungsgrad und sehr guter Gleichmäßigkeit der Mörtelschicht.

Der Mörtel wird aus Zement, Sand, Zugabewasser, Fasern und, falls gewünscht, Farbpigmenten hergestellt. Die Mischung der einzelnen Komponenten erfolgt in einem Zwangsmischer, von wo der Mörtel anschließend zur Applikationseinheit gepumpt und auf das sich drehende Rohr gebracht wird. Im Falle einer Kunststoffmodifizierung wird in den Mörtel während des Mischvorganges zusätzlich eine Polymerdispersion eingemischt. Der Faseranteil der ZM-Umhüllung hat eine Doppelfunktion: Er stabilisiert im frischen Zustand den Zusammenhalt des Zementmörtels auf dem sich drehenden Rohr und erhöht beim erhärteten Mörtel die mechanischen Eigenschaften.

Beim Spritzverfahren (**Bild 1**) wird kunststoffmodifizierter Zementmörtel mit Hilfe von Preßluft auf das sich drehende Rohr gespritzt. Hierbei fährt die auf einem Support montierte Spritzdüse langsam am Rohr vorbei. Mit Hilfe einer Glättvorrichtung wird die ZM-Umhüllung anschließend auf die vorgegebene Schichtdicke geglättet.

Beim Extrusionsverfahren (**Bild 2**) wird kunststoffmodifizierter Zementmörtel aus einer stationären Breitschlitzdüse in gleichmäßiger Schichtdicke bandförmig um das rotierende, langsam an der Düse vorbeifahrende Rohr gewickelt. Synchron mit dem Mörtelauftrag wird dieser mit einem PE-Netzgewirk bandagiert. Fast zeitgleich mit der Bandagierung findet über eine ebenfalls stationär angebrachte Glättvorrichtung eine Nachglättung der Mörteloberfläche statt. Bei diesem Vorgang wird das PE-Netzgewirk vollkommen von einer dünnen Mörtelschicht überdeckt.

Bei beiden Verfahren erfolgt unmittelbar nach dem Applikationsvorgang die Mörtelreifung. Dabei durchlaufen die Rohre mehrere Stunden lang bei definierten Umlufttemperaturen und unter Einhaltung der erforderlichen Luftfeuchtigkeit eine Reifekammer. Der Mörtelreifung schließt sich die Beschichtung der Rohrmuffen und Einsteckenden an. Die umhüllten Rohre sind jetzt mechanisch bereits so hoch belastbar, daß eine Rohrbündelung ohne Verletzung des Korrosionsschutzes erfolgen kann.

#### 4. Die Schutzwirkung der ZM-Umhüllung

Die ZM-Umhüllung ist ein synergetisch wirkendes Korrosionsschutzsystem. Jeder Komponente kommt eine Bedeutung zu, die im folgenden näher erläutert wird:

##### Der Zink-Überzug:

Er ist ein korrosionschemisch wichtiger Teil der Umhüllung, der den Korrosionsschutz des Rohres an sol-

Bild 1: ZM-Umhüllung im Spritzverfahren

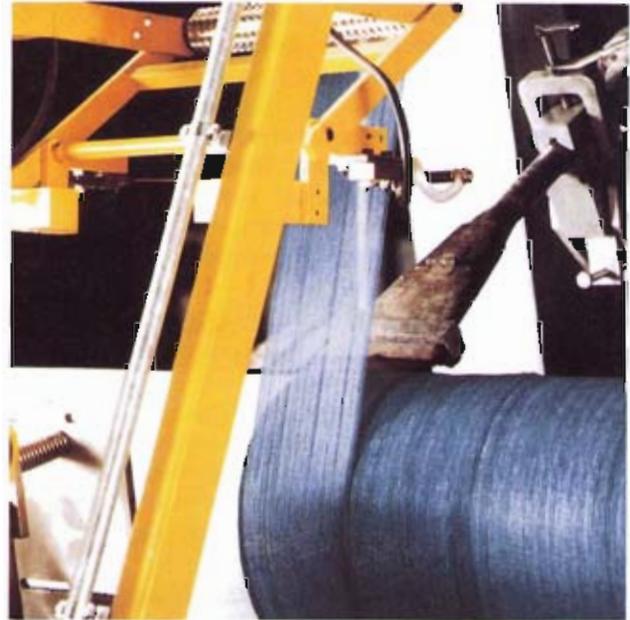
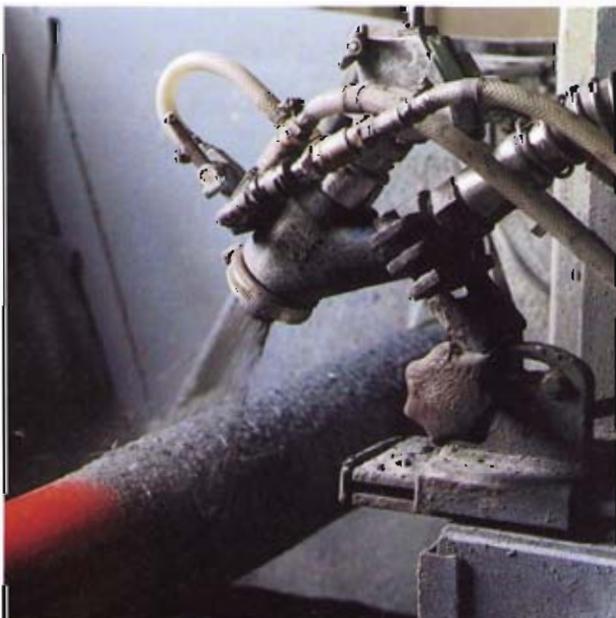


Bild 2: ZM-Umhüllung im Extrusionsverfahren

chen Stellen, an denen die ZM-Umhüllung durch unsachgemäße äußere Einwirkung partiell zerstört wird, sicherstellt.

##### Die Zwischenschicht:

Sie hat die Aufgabe, eine Haftbrücke zwischen der verzinkten Rohroberfläche und der Zementmörtelschicht zu bilden.

Für die Zwischenschicht wurde bisher Epoxidharz verwendet. Um die elektrochemische Wirksamkeit des Zink-Überzuges nicht zu mindern, beträgt die Zwischenschicht nicht mehr als etwa 0,1 mm.

Bei kunststoffmodifiziertem Mörtel kann auf die Zwischenschicht verzichtet werden, weil die im Mörtel enthaltenen Kunststoffanteile u. a. einen Klebeffekt ausüben.

##### Die Zementmörtelschicht:

Sie schafft eine homogene Umgebung um das Rohr, ist mechanisch hochbelastbar und übernimmt die Funktion der Deckbeschichtung. Sie weist folgende Vorteile auf:

- sehr hoher mechanischer Widerstand,
- hohe Barrierewirkung gegenüber aggressiven Stoffen aus der Umgebung,
- umweltfreundlich.

Nach DIN 30674 Teil 2 wird als Bindemittel für den Mörtel ein Hochofenzement (HOZ) eingesetzt. Die in dem Schlackenanteil enthaltenen reduktiven Phasen bewirken, daß der Zink-Überzug dauerhaft elektrochemisch aktiv bleibt.

Durch Optimierung der Zementmörtelzusammensetzung konnten die Eigenschaften der ZM-Umhüllung wesentlich verbessert werden.

##### - Verbesserung des Penetrationsverhaltens

Die Barrierewirkung kann durch das Diffusions-

oder Penetrationsverhalten ermittelt werden. HOZ-Mörtel sind bekannt als dichte Mörtel, die Kunststoffzugabe verstärkt weiterhin diesen Effekt. Das Penetrationsverhalten von aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen und Salzlösung durch Zementmörtel und Beton wird in [9] beschrieben. Die Ergebnisse der Untersuchungen deuten immer in die Richtung, daß Zementmörtel durch die Kunststoffmodifizierung wesentlich penetrationsdichter werden.

– **Verbesserung der Säurebeständigkeit**

Nach übereinstimmenden Ergebnissen bei Labor- und Praxisversuchen wird durch die Kunststoffmodifizierung die Säurebeständigkeit von Zementmörtel wesentlich verbessert. Versuche wurden mit organischen Säuren wie Milch-, Zitronen- und Essigsäuren sowie anorganischen Säuren wie Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure meist in 10 %iger Verdünnung durchgeführt [9].

Die verbesserte Korrosionsbeständigkeit von kunststoffmodifiziertem Zementmörtel zeigt sich an einer Verringerung der Absandungsrate als Prüfung der Beständigkeit von Zementmörtel gegenüber einer Acetat-Pufferlösung von pH 4,5 nach DIN 2614 [10].

Die Korrosionsschutzwirkung der ZM-Umhüllung wurde bereits in den 80er Jahren durch Langzeitversuche im Labor und Feld nachgewiesen. Die positiven Erfahrungen wurden in der Literatur beschrieben [3], [6], [8]. Neueste Untersuchungen zeigen zusätzlich den positiven Einfluß einer Kunststoffmodifizierung auf die Korrosionsbeständigkeit.

DN Verbindung	80	100	125	150	200	250	300	400	500	600	700
TYTON	95	100	100	105	110	115	120	120	130	130	160
TIS-K	-	155	-	165	170	180	195	190	215	230	265
TIS	-	185	190	190	200	215	225	235	260	275	300

Tabelle 1: Abstandsmaße der unbeschichteten Einsteckenden (in mm) für die verschiedenen Rohrnennweiten und Verbindungen

Bei diesen Untersuchungen handelt es sich um einen kombinierten Makroelement- und Wasserwechseltest in den Medien Sand mit Leitungswasser, Meerwasser oder Acetatlösung (pH 4,5). Die verbesserte Diffusions- und Säurebeständigkeit erweitert den Einsatzbereich von duktilen Gußrohren mit ZM-Umhüllung.

– **Verbesserung der mechanischen Beständigkeit**

Die verbesserten mechanischen Eigenschaften, vor allem die Schlagbeständigkeit der heutigen ZM-Umhüllung, beruhen auf dem Faser- und Polymeranteil. In der Praxis haben sich kurze Kunststofffasern aus Polypropylen bewährt, die den Vorteil haben, daß sie im alkalischen Bereich hochbeständig sind und sich sehr gleichmäßig im Frischmörtel verteilen. Neben der Schlagbeständigkeit werden die Biegezug- und die Haftzugfestigkeit verbessert.

was im wesentlichen auf den Polymerzusatz zurückzuführen ist. Im Gegensatz zu nicht modifiziertem Zementmörtel wird die Druckfestigkeit erhöht, ohne die Elastizität zu verringern. Die verbesserte mechanische Beständigkeit reduziert die Gefahr von Beschädigungen im Falle von Handhabungsfehlern bei Transport und Einbau.

Die mechanische Belastbarkeit der ZM-Umhüllung wird nach DIN 30674 Teil 2 durch drei Prüfungen überwacht:

- Rißfreiheit im Ringverformungsversuch,
- Haftzugfestigkeit,
- Schlagbeständigkeit.

**5. Einbau von ZM-umhüllten Rohren**

Duktile Gußrohre mit ZM-Umhüllung, die es auch in verschiedenen Versionen mit längskraftschlüssiger Muffenverbindung gibt, werden wie solche mit Zink-Überzug und Deckbeschichtung eingebaut. Für den Einbau werden die handelsüblichen, auf die Rohraußendurchmesser angepaßten Einbaugeräte verwendet.

Beim Einbau sind folgende zusätzliche Arbeiten notwendig:

- Um den Korrosionsschutz im Verbindungsbereich zu vervollständigen, wird eine Gummimanschette oder eine Manschette aus wärmeschrumpfendem Material angelegt.
- Bei Schnittröhren muß die ZM-Umhüllung am neuen Einsteckende auf Einschublänge entfernt werden (Tabelle 1).

- Anbohrschellen bei Wasserleitungen können direkt auf die ZM-Umhüllung aufgesetzt werden (Bild 3).

Die bei der ZM-Umhüllung ohne Kunststoffmodifizierung beobachteten anfänglichen, durch die Mörtelporosität bedingten Undichtigkeiten treten bei der ZM-K-Umhüllung nur noch in geringem Maße auf, so daß eine Rücktrocknung der Durchfeuchtungen in unmittelbarer Umgebung der Anbohrschelle statt – wie bei ZM-U nach wenigen Tagen – bereits innerhalb von Stunden zu beobachten ist. Grund dafür ist das in Abschnitt 4 angesprochene verbesserte Penetrationsverhalten durch die Kunststoffmodifizierung.

- Beim Anschweißen von Stutzen und Abgängen auf ZM-umhüllte Rohre ist der Mörtel im unmittelbaren Bereich der Schweißnaht zu entfernen.

Nach dem Schweißen sind die nicht geschützten Stellen mit einem selbstklebenden Band oder einem Mörtelband nachzuisolieren.

## 6. Einsatz und Bedeutung der ZM-Umhüllung

Nach DIN 30675 Teil 2 vom April 1993 zur Beschreibung der Einsatzbereiche für den äußeren Korrosionsschutz erdverlegter Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen [11] kann die ZM-Umhüllung ohne korrosionsschutzgerechte Bettung in Böden der Bodenklassen I, II und III nach GW 9 [12] eingesetzt werden. Die hohe mechanische Belastbarkeit der Zementmörtelschicht schließt Beschädigungen der Umhüllung bei fachgerechtem Transport und Lagerung der Rohre

weitgehend aus und ermöglicht den Rohreinbau (Bild 4) selbst in steinigem oder felsigem Gelände ohne Sandbettung, wenn sich das Aushubmaterial beim Wiederverfüllen des Rohrgrabens verdichten läßt.

Dieses Argument gewinnt aus ökologischen Gründen zunehmend an Bedeutung. Deponieraum für Aushubmaterial ist knapp und teuer, das gleiche gilt an manchen Orten für natürlichen Sand aus Sandgruben; neue Sandgruben können wegen der Landschaftszerstörung nicht ohne weiteres eröffnet werden. Außerdem entfallen die Transportkosten für Aushub- und Bettungsmaterial.

Die mögliche Drainagewirkung bei einer Sandbettung ist bei einer Verfüllung mit verdichtungsfähigem Aushubmaterial nicht zu befürchten.

Bei anodischer Belastung durch Streustrom in der Nähe von Gleichstromanlagen, z. B. Straßenbahnen, benötigen Rohre aus duktilem Gußeisen mit ZM-Umhüllung keinen zusätzlichen Schutz. Die gummi-gedichteten Muffenverbindungen setzen die Längsleitfähigkeit stark herab [13].

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Im Vergleich zu allen existierenden Außenkorrosionsschutzarten duktiler Gußrohre weist die Zementmörtel-Umhüllung einen besonders hohen mechanischen Schutz auf, womit sich eine Förderung der Ein-

baumöglichkeit in steinigem Böden aller Bodenklassen nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [12] ohne Sandbettung realisieren läßt.

Damit geben ZM-umhüllte Gußrohre Antwort auf ökologische Anforderungen wie Schonung der Ressourcen und Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials.

Die Kunststoffmodifizierung des Zementmörtels für die Rohrumhüllung führt zu einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften sowie der Korrosionsbeständigkeit. Heute wird ausschließlich kunststoffmodifizierter Zementmörtel zur Umhüllung duktiler Gußrohre eingesetzt.

Diese Eigenschaften der ZM-Umhüllung eröffnen weitere Anwendungsberei-

che des duktilen Gußrohres. So können ZM-umhüllte Gußrohre für Horizontalbohrverfahren (z. B. zur umweltschonenden Dükerung) oder für die trassengleiche Auswechslung und Sanierung von Rohrleitungen im Berstlining- oder Rohrziehverfahren „System Berlin“, ohne das Risiko von irreparablen Umhüllungsschäden während des Einbaus, eingesetzt werden.

Bild 4: Montage von duktilen Gußrohren mit ZM-Umhüllung



Bild 3: Aufsetzen einer Anbohrarmatur direkt auf den Zementmörtel

## Literatur

- [1] Neue DEUTWA-Zeitschrift, Heft 5/93  
Vor 120 Jahren: Zementmörtel als Korrosionsschutz  
aus: Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt, 7. Jg. 1875
- [2] Heim, G.  
Untersuchung von faserverstärkten Zement- und Zementmörtel-Umhüllungen als Außenschutz für erdverlegte Gußrohre  
DVGW-Schriftenreihe Gas Nr. 25, Gasfachliche Aussprachetagung Augsburg 1979, S.199/213, und GWF-Gas/Erdgas 121 (1980), Heft 7, S. 292/317
- [3] Kottmann, A.  
Erfahrungen bei der Herstellung von Rohren mit Rohrumhüllungen aus Zementmörtel  
DVGW-Schriftenreihe Gas Nr. 25, Gasfachliche Aussprachetagung Augsburg 1979, S. 214/237 und GWF-Gas/Erdgas 121 (1980), Heft 7, S. 280/291
- [4] Pickelmann, P.  
Einfluß der Bodenaggressivität auf metallische Rohrleitungen - Neue Möglichkeiten für den passiven Korrosionsschutz  
DVGW-Schriftenreihe Gas Nr. 23, Wasserfachliche Aussprachetagung Aachen 1980
- [5] Heim, G.  
Neuere Entwicklung für den Außenschutz erdverlegter duktiler Gußrohre  
fgw-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 15 (1980), S. 5/16
- [6] Reeh, K.  
Duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung  
fgw-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 16 (1981), S. 25/35
- [7] DIN 30674 Teil 2 (Oktober 1992):  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen  
Zementmörtel-Umhüllung
- [8] Heim, G.  
Gutachten 1249/1 (1989)  
Auswertung von Langzeit-, Labor- und Feldversuchen zur Auswahl von ZM-Umhüllungssystemen für erdverlegte duktile Gußrohre
- [9] Berg, V.  
Mit Mowolith modifizierter Beton meistert extreme Beanspruchungen  
Sonderdruck aus „Kunstharz-Nachrichten“, Heft 29, Juli 1993
- [10] Heim, G.  
Gutachten 1505/09 (1991)  
Prüfung der Absandung von ZM-Auskleidungen nach DIN 2614
- [11] DIN 30675 Teil 2 (April 1993):  
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen  
Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen
- [12] DVGW-Arbeitsblatt GW 9 (März 1986):  
Beurteilung von Böden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen und Behälter aus unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen
- [13] P. Pickelmann, A. Winkler  
Das Langzeitverhalten zementmörtelumhüllter Rohre bei anodischer Belastung  
fgw-gas/erdgas 127 (1986) Heft 8

## Überlegungen zum wirtschaftlichen Einsatz von duktilen Gußrohren bei Abwasserleitungen

Ein Bericht aus der Praxis für die Praxis

Von Werner Schmäche

**Abwasserrohre dürfen nicht nur nach dem Gesichtspunkt des Rohrpreises ausgewählt werden. Im Zusammenhang mit den geänderten Rahmenbedingungen durch moderne Kontroll- und Reinigungstechniken können Abwasserkanäle heute mit größeren Schachtabständen und gekrümmt geplant werden. Dabei ergibt sich für das duktile Gußrohrsystem durch Ausnutzung aller material- und systemspezifischen Vorteile eine erhebliche Kostenreduzierung und somit größere Wirtschaftlichkeit.**

Die Werkstoffauswahl für kommunale Abwasserleitungen erfolgt oft aufgrund technischer Vorgaben und Zwänge, häufig auch nach dem reinen Rohrpreis.

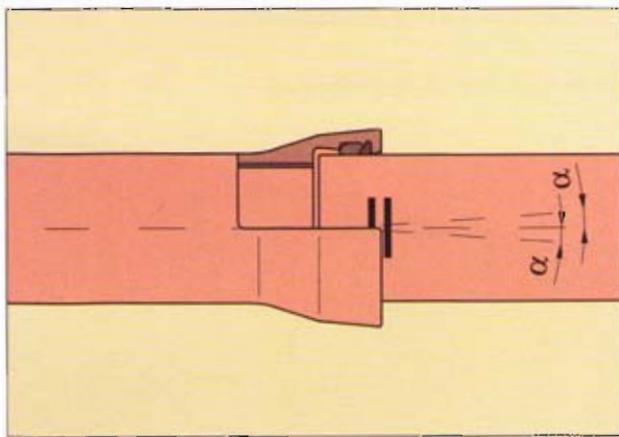


Bild 1: Steckmuffen-Verbindung System TYTON

Der Verfasser hat während seiner Tätigkeit im Ingenieurbüro bei diversen Maßnahmen die üblichen Rohrwerkstoffe Stahlbeton, Steinzeug und duktiles Gußeisen alternativ zueinander ausgeschrieben und die Submissionsergebnisse ausgewertet.

Werden ausschließlich die Rohrpreise miteinander verglichen, so kann das zu falschen Ergebnissen bei den Gesamtkosten führen.

Bewertet man dagegen die Kosten für das komplett verlegte Rohrsystem und die Eigenschaften, die die verschiedenen Werkstoffe besitzen, so ergeben sich bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung andere Gesichtspunkte. Diese sollten bei dem Vergabevorschlag an den kommunalen Bauherrn berücksichtigt werden.

Abwasserkanäle wurden und werden seit Jahrzehnten ohne höhen- und lagemäßige Abknickungen – also geradlinig – verlegt. So war über ein Spiegelsystem von Schacht zu Schacht eine Sichtkontrolle möglich. Daraus resultierte – auch aufgrund der gegebenen Reinigungsmöglichkeiten – ein maximaler Schachtabstand von 50 bis 60 m.

Durch die Verfügbarkeit und den Einsatz von optischen Kanaluntersuchungsgeräten einerseits und Hochdruckspülgeräten mit möglichen Arbeitslängen von mehr als 100 m andererseits ergeben sich neue technische Möglichkeiten und geänderte wirtschaftliche Gesichtspunkte.

Fahrbare Videokameras kontrollieren heutzutage computergesteuert die Kanalsysteme, während ein Videoband mit eingespiegelter Kilometrierung die Kontrollergebnisse festhält. Selbst Bogen mit 30° und kleiner sind kein Hindernis.

So können problemlos Haltungslängen von 100 m und mehr gewählt werden, ohne die gewünschte Belüftung des Kanalsystems zu beeinträchtigen.

Das ATV-Arbeitsblatt A 241, Ausgabe November 1992, schließt Lösungen dieser Art nicht aus.

Aus dem Vorgenannten ergibt sich neben der Möglichkeit zum Einsparen von Schächten auch die konstruktive Wahl eines geraden oder auch **gekrümmten** Trassenverlaufes. So kann man die Trassenführung dem mehr oder weniger kurvenreichen Straßenverlauf anpassen bzw. gegebene Zwangspunkte berücksichtigen.

Hier können die in der Wasserversorgung und im Kanalbau bewährten duktilen Gußrohre mit der TYTON-Muffe nach DIN 28603 eingesetzt werden (**Bild 1**), die folgende Abwinkelungen des eingeführten nächsten Rohres zulassen:

Nennweite	max. Abwinkelung lt. Werksangabe:
bis DN 300	5° je Muffe
DN 400	4° je Muffe
DN 500 bis DN 1000	3° je Muffe

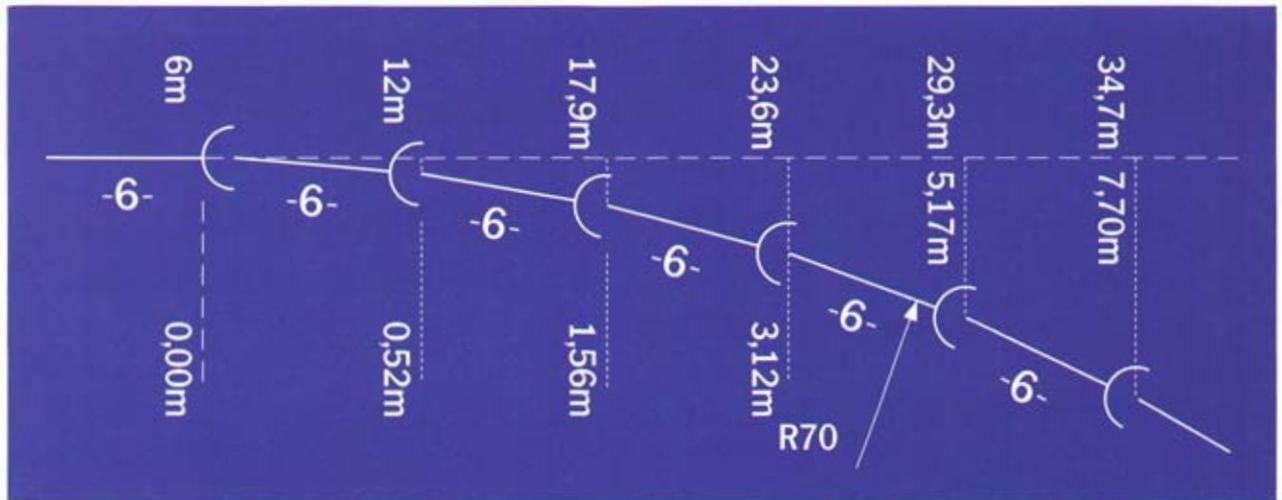


Bild 2: Mehrere Rohrsymbole bei 5° Abwinkelung je Muffenverbindung

1° Richtungsänderung bedeutet bei einem 6 Meter langen Kanalrohr ca. 10 cm Abweichung aus der Achse des zuvor verlegten Rohres. Bei DN 300 ergibt beispielsweise die mögliche Abwinkelung von 5 Grad beachtliche 50 cm Verschiebung aus der ursprünglichen Anfangsrichtung (Bilder 2 und 3). Sollten besonders problematische geologische Verhältnisse vorliegen, bleibt es dem Planer überlassen, die maximale Abwinkelbarkeit nicht voll auszunutzen, um eine zusätzliche Sicherheitsreserve zu haben.

Sicherlich werden Fachkollegen entgegenhalten, daß diese Praxis auch bei anderen Rohrwerkstoffen möglich ist und somit das duktile Kanalgußrohr hier

keinen besonderen Vorteil, z.B. gegenüber Stahlbeton- und Steinzeugrohren, bietet.

Jenen sei jedoch erwidert, daß bei der Rohrverlegung infolge Unachtsamkeiten und bei späteren Bodenbewegungen – auch bei unterschiedlichen Auflagebedingungen – Kantenpressungen auf die Muffen und Einsteckenden einwirken können, die zu Abplatzungen bzw. Rissen und somit Undichtigkeiten der Rohrverbindungen führen können. Aus Sicherheitsgründen würde der Verfasser deshalb nur Rohrmaterialien empfehlen, die den vorgenannten Anforderungen entsprechen. Das ist insbesondere bei duktilen Gußrohren sichergestellt.

Bild 3: Gekrümmte Trassenführung durch Abwinkelung in den Muffen (Polygonbogen)



Bei nicht vermeidbaren Bogen-Formstücken, z. B. bei örtlichen Zwangspunkten, bieten diese durch die beidseitige TYTON-Muffe neben der vorgegebenen Richtungsänderung eine Vielzahl weiterer Abwinkelungsmöglichkeiten:

Bei einem Doppelmuffenbogen MMK 300, 11 Grad (Bild 4) ergeben sich somit realisierbare Richtungsänderungen bis 21°.

Die gekrümmte Trassenführung, die bei duktilen Gußrohren möglich ist, bringt in Verbindung mit verbesserten Kontroll- und Spülverfahren die Möglichkeit, Schächte einzusparen (mindestens jeden 2. Schacht).

Bereits ein eingesparter Schacht auf 100 m Rohrleitungslänge ( $\varnothing 1000/H = 2,5 \text{ m bis } 3,0 \text{ m}$ ) mit einem Mittelpreis von 3500,- DM/Stück ergibt eine Kostenminderung von 35,- DM/lfd.m duktiler Kanalrohre.

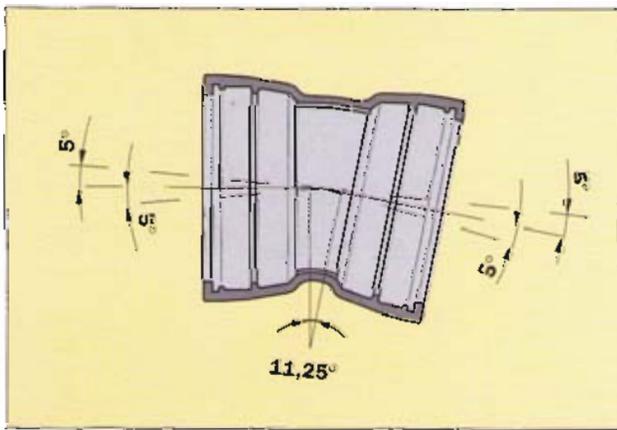


Bild 4: MMK 11°, DN 300 mit beidseitiger Abwinkelung  $\pm 5^\circ$

Weitere Einsparungen ergeben sich durch die große Baulänge duktiler Gußrohre über den Verlegepreis.

Weniger Verbindungen sichern so einen schnelleren Baufortschritt und bringen mit der einfachen Verlegetechnik wesentlich kürzere Arbeitszeiten.

Hinzu kommen noch die bekannten Vorteile von Guß, die hier nur auszugsweise aufgeführt werden:

a) Materialeigenschaften: Duktil! Duktilität bedeutet hohe Sicherheitsreserven bei mechanischen und dynamischen Belastungen. Es gibt keine Längs-

Querrisse oder Schalenbrüche! Somit können diese Hauptschäden an untersuchten Kanälen materialbedingt bei Gußrohren nicht auftreten!

b) Hohe Sicherheitsbeiwerte: Die hohen mechanischen Festigkeiten sparen Betonummantelungen ein.

Mindestüberdeckung  $H_{\text{min}} = 0,3 \text{ m}$  und maximale Überdeckungshöhe  $h_{\text{max}} = 8 \text{ m}$  bei SLW 60 ohne besonderen statischen Nachweis bei normalen Einbaubedingungen nach ATV A127 möglich.

c) Duktile Gußrohre werden serienmäßig mit Ton-erdezementmörtel-Auskleidung nach DIN 2614 geliefert! Dauerbelastung: pH 4,5 bis pH 10.

Der Dichttring aus Perbunan-N ist widerstandsfähig gegen medienbedingte Angriffe.

Für Sonderfälle bietet der Hersteller auch längskraftschlüssige Rohrverbindungen, objektbezogen auch Sonderschutz an.

d) Die hohe Maßgenauigkeit von Rohr und TYTON-Verbindung erleichtert das Verlegen und bietet dichte Verbindungen wie im Wasserleitungsbau.

Geschnittene Rohre können systembedingt ohne Schnittverluste verwendet werden.

e) Hohe Druckreserven: Werkseitige Druckprüfung bei jedem Rohr mit 10 bar Wasserüberdruck.

f) Wenige Formstücke, ausreichend für jeden Zweck, insbesondere Übergangsstücke auf Fremdmaterialien.

g) Anbohr-Sattelstücke für Hausanschlüsse und Straßeneinläufe lassen sich – auch nachträglich – genau und problemfrei platzieren.

h) Das Rohr ist diffusionsdicht. Keine Probleme mit CKW und AKW!

Rohrsysteme aus duktilem Guß haben genügend Sicherheitsreserven, um sowohl höheren Verkehrslasten als auch geänderten Abwasserzusammensetzungen gerecht zu werden.

Bei Anwendung des Gußrohrsystems und dessen

Rohrlängen	6 m	7 m	8 m
DN ≤ 700	x		
DN 800 und DN 900		x	
DN ≥ 1000		x	x
DN 1200-1800			x

Bild 5: Rohrlängen in Abhängigkeit von der Nennweite

Kostenbetrachtung über den reinen Werkstoffeinsatz hinaus wird heute deutlich, daß unter Berücksichtigung der zuvor genannten Planungskriterien eine größere Wirtschaftlichkeit gegeben ist!

Zusammenfassend ist festzustellen, daß bei Nutzung der vorhande-

nen Möglichkeiten das duktile Kanalrohrsystem in Verbindung mit der TYTON-Muffe anderen Werkstoffen überlegen ist.

## Bildnachweise

**Seite 5, Bild 1:**

Darstellung auf der Grundlage der Topographischen Karte 1:10 000.

Mit Genehmigung des Landesamtes für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt.  
Gen.-Nr.: LVD/D/109/95.

**Seite 34, Bild 1:**

Verkleinerung aus der Luftbildkarte 1:5000. Vervielfältigt mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen vom 8.5.1995.

**Seite 43, Bild 1:**

Aufnahme aus dem Landesluftbildarchiv des Freistaates Bayern;

Veröffentlichung genehmigt mit Nr.999/95 durch das Bayer. Landesvermessungsamt.

**Seite 48, Bild 2:**

Kartengrundlage: Topographische Karte 1:50 000, mit Genehmigung des Hessischen Landesvermessungsamtes vervielfältigt.

Vervielfältigungsnummer 95-1-113.

# 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:

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:

Leitungsplaner                       Genehmigungsbehörde                       Hochschullehrer

Leitungsbetreiber                       Rohrleger                       Student

\_\_\_\_\_

**Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, Sachsenring 2-4, 50677 Köln**





