

32

# GUSSROHR-TECHNIK



INFORMATIONEN DER FACHGEMEINSCHAFT GUSS-ROHRSYSTEME

# Themen + Autoren

## 5 Grabenloser Einbau

**Einziehen eines 432 m langen Rohrstranges DN 500 mit gesteuerter Horizontalbohrtechnik – ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz in Oranienburg an der Havel**

Dipl.-Ing. Ulrich Hofmann  
Dipl.-Ing. Toralf Langner

## 12 Historisches

**147 Jahre Gußrohre in Lahr**

Fritz Leonhardt

## 17 Versorgungsleitungen

**Wasserversorgung 2000 – Verbindungsleitungen zum neuen Wasserwerk Galgenberg; Neuverlegung von insgesamt 11 km Gußrohrleitungen**

Dipl.-Ing. Christoph Heine

## 23 Modernisierung

**Sanierung einer 1927 in der Ortslage Hofheim verlegten Stahlrohr-Wasserleitung DN 600 mit Rohren aus duktilem Gußeisen**

Dipl.-Ing. Wolfgang Otto Jacckel

## 27 Schubsicherung

**Längskraftschlüssige Verbindungen für Rohrleitungssysteme aus duktilem Gußeisen**

Dipl.-Ing. Oskar Halter  
Dipl.-Ing. Michael Mischo

## 32 Bergsenkungen

**Fernwasseranschluß Eisleben: Verlegen einer duktilen Gußrohrleitung DN 800 im Bergsenkungsgebiet – 1. BA**

Dipl.-Ing. Olaf Eidam, Dr. rer. nat.  
Dipl.-Geol. Gerd Suderlau,  
Wolfgang Rink

## 37 Modernisierung

**Planung und Bau zweier parallel verlaufender Trinkwassertransportleitungen DN 800 aus duktilem Gußeisen im „Rahmenplangebiet der Alten Messe Leipzig“**

Petra Simon  
Wolfgang Rink

## Schnellübersicht

Die Unterdükerung eines Kanals bei gleichzeitiger Schonung der angrenzenden Naturschutzzonen waren die Herausforderungen für Planer und Ausführende beim Bau einer Versorgungsleitung DN 500. Kanal- und Uferzonen machten einen Düker von 435 m Gesamtlänge notwendig. Man entschloß sich, diese Strecke mit Hilfe der gesteuerten Horizontalbohrtechnik zu bewältigen. Es war das erste Mal, daß eine solche Entfernung mit Gußrohren DN 500 mit dieser Technik unterfahren werden sollte.

72 Rohre mit der längskraftschlüssigen TYTON-TKF-Steckmuffenverbindung wurden zum Gesamtstrang montiert. Mit einer erforderlichen Zugkraft von maximal 443 kN erfolgte dann das Einziehen innerhalb von drei Stunden. Die Druckprüfung ergab keinerlei Beanstandungen. Die Bauzeit betrug weniger als eine Woche. Seite 5

Seit 1850 verwendet man in Lahr am Rande des Schwarzwaldes Gußrohre für den Transport von Gas und Wasser. Steigende Einwohnerzahl,

wachsende Ansprüche an Hygiene und Komfort sowie die zunehmende Industrie machten immer wieder den Ausbau der Versorgungseinrichtungen notwendig, wobei bis heute Gußrohre eine wesentliche Rolle spielen. Seite 12

In Lahr wurde ein neues Wasserwerk geplant. Im Zusammenhang damit waren 11 km neuer Rohrleitungen notwendig. Die Trassen wurden so gewählt, daß ein möglichst großer Teil der Leitungen durch öffentliche Wege und Straßen geführt werden konnte. Im Bereich einer salzhaltigen Mineralquelle wurde eine Zementmörtel-Umhüllung verwendet. Eine der Leitungen hat Rohwasser mit niedrigem pH-Wert zu transportieren. Hier wurden Rohre mit Tonerde-Zementmörtel-Auskleidung verwendet. Seite 17

Neubau ist die beste Sanierung, und wenn man dann noch zementmörtelumhüllte Rohre einsetzt, kann man sicher sein, daß der nächste Sanierungsfall sehr lange auf sich warten lassen

# Themen + Autoren

## 43 Wasser für die Landwirtschaft

Beregnungsleitungen in der Vorderpfalz

Manfred Fuchs

## 47 Anbohrtechnik

Das Anbohren duktiler Gußrohre

Dipl.-Ing. Oskar Halter  
Dipl.-Ing. Michael Mischo

## 50 Seedüker

Bau einer Abwasserdruckleitung DN 400 durch den Lankower See in Schwerin

Dipl.-Ing. Hartmut Wecke  
Dr. Ing. Jürgen Rammelsberg

## 55 Schachtanschluß

Anschluß von duktilen Gußrohren an Schächte und Bauwerke

Dipl.-Ing. Peter Brune

## 58 Extreme Belastungen

Planung und Bau einer Turbinenrohrleitung aus duktilen Gußrohren unter Berücksichtigung bruchmechanischer Bemessungsverfahren

Dipl.-Ing. Franz Fussenegger  
Dr. Ing. Reinhard Mathis  
Dipl.-Ing. Ewald Titze  
Dr. Ing. Jürgen Rammelsberg  
Dipl.-Ing. Markus Schütz

## 64 Versorgungstechnik

Innovative Gedanken zur Wasserversorgung über ein Hochdrucknetz (40 bar) aus GGG DN 100 bis 600 im ländlichen Raum

Dargestellt am Beispiel des Zweckverbandes „Wasserversorgung Kreis Altenkirchen“ (WKA) im Norden von Rheinland-Pfalz

Dipl.-Ing. Heinz-Dieter Scharenberg

## 74 ISO 9001

Qualitätsmanagement in der Gußrohrindustrie

Dipl.-Ing. Michael Mischo

## 83 Impressum

### Schnellübersicht

wird. Die einfache Verbindungs- und Einbautechnik der duktilen Rohre kam hinzu, so daß den Stadtwerken Worms die Entscheidung nicht schwerfiel. Seite 23

Der Beitrag gibt einen Überblick über die derzeit angebotenen Systeme bei zugfesten Verbindungen. Ihre technischen und anwendungsspezifischen Eigenschaften werden erläutert. Außerdem befassen sich die Autoren mit Schwerpunkten des z.Zt. überarbeiteten DVGW-Merkblatts GW 368 „Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen...“. Seite 27

Eine Leitung DN 600 mit Flanschverbindungen war durch Bergsenkungsbewegungen unbrauchbar geworden. Sie wurde nun durch eine Leitung DN 800 aus duktilem Gußrohr mit TYTON-Langmuffen ersetzt. Umfangreiche Berechnungen im

### In eigener Sache

Haben Sie es gemerkt? Die Textleiste auf dem Titelblatt nennt als Herausgeber die Fachgemeinschaft **Guß-Rohrsysteme** und nicht mehr die Fachgemeinschaft **Gußeiserne Rohre**. Was ist der Grund?

Diese Namensänderung soll auf etwas aufmerksam machen: Zwar spricht man im Alltag von Gußrohren, meint aber dabei auch Formstücke und sonstige Zubehöerteile, die zusammen mit den Rohren ein System bilden. Etwa 60 verschiedene Formstücke mit fast 700 Varianten der unterschiedlichsten Abmessungen enthält das Standardprogramm der deutschen Gußrohrindustrie. Dieses Angebot ist, vorsichtig ausgedrückt, außergewöhnlich, und diese Vielfalt macht duktile Gußrohre so anpassungsfähig an jede gestellte Aufgabe.

Ihre Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme

Hinblick auf erneute Erdbewegungen führten zur Anwendung verschiedener Grabentechniken mit spezifischer Einbettung und vor allem zum Einsatz eines speziellen Sicherungssystems. Diese Technik sorgt für die Verteilung von Zerrungen und Pressungen auf den Strang bei gleichzeitiger Begrenzung der Axialbewegung in den einzelnen Muffen. Damit sind alle Voraussetzungen getroffen, daß die Dichtheit der Leitung bei Bergsenkungen erhalten bleibt. Seite 32

Die „Neue Messe“ Leipzig ist fertiggestellt und hat auch schon ihre ersten Bewährungsproben hinter sich. Nun wird das immerhin 95 ha große Gebiet der „Alten Messe“ zu einem neuen Stadtteil umgestaltet. Dabei sind umfangreiche Um- und Neubauten von Leitungen erforderlich.

Über zwei Teilstrecken einer solchen Umverlegung wird hier berichtet. Die erste Teilstrecke von 250 m mit zwei parallelen TWL DN 800 mußte in knapp 4 Monaten geplant, ausgeschrieben und ausgeführt werden. Obwohl die Trassenführung einige Sonderlösungen erforderlich machte und obwohl die Rohre bei Temperaturen bis zu  $-15^{\circ}\text{C}$  eingebaut werden mußten, konnte – nicht zuletzt dank der Robustheit der duktilen Gußrohre – die Leitung termingerecht fertiggestellt werden.

Die zweite Teilstrecke ist gekennzeichnet durch zwei Brücken. In einer dieser Brücken wurden für die Leitungen wärmegeämmte kompensierende Gußrohre verwendet. Mit einer speziellen Technik wurden diese Rohre so eingebaut, daß Rohrleitungen und Brücke sich unabhängig voneinander bewegen können. Seite 37

Die Vorderpfalz ist von Klima und Boden ein landwirtschaftlich besonders begünstigter Bereich. Bis zu drei Ernten pro Jahr sind möglich. Allerdings muß dazu die natürliche Bewässerung durch Regen mit Hilfe von Bewässerungsmaßnahmen verbessert werden. Eine erste Hauptversorgungsleitung DN 1600 von 1973 reicht dazu jetzt nicht mehr aus, so daß 1996 eine zweite Hauptleitung aus duktilen Gußrohren DN 1600 parallel dazu eingebaut wurde. Sie ist mit der „alten“ Leitung über mehrere Knotenbauwerke verbunden und sichert die Versorgung des bisherigen Bewässerungsgebietes und darüber die Ausweitung auf weitere landwirtschaftliche Flächen. Seite 43

Bei duktilen Gußrohren werden, je nach Bodenbeschaffenheit, verschiedene Außenschutzarten eingesetzt. Dabei hat sich in den letzten Jahren die Zementmörtelumhüllung durch ihre Vielseitigkeit und Robustheit einen besonderen Platz geschaffen. Der Beitrag behandelt die Technik

des Anbohrens von Gußrohren unter besonderer Berücksichtigung zementmörtelumhüllter Rohre. Seite 47

Eine Abwasser-Druckleitung DN 400 von 1,3 km Länge durch einen See im Stadtbereich von Schwerin stellte ganz besondere Ansprüche an Planer und Bauausführende, vor allem aber an das Material. Die Lösung hieß: Zwei Teilstränge aus duktilen Gußrohren mit längskraftschlüssiger Steckmuffenverbindung TYTON-TKF wurden montiert, schwimmend auf den See gezogen, dort zusammenmontiert und dann versenkt. So einfach ist das – mit ingenieurtechnischer Phantasie und mit duktilen Gußrohren. Seite 50

Die Entwicklung hatte zwecks Verminderung von Scher- und Biegekräften zum doppelgelenkigen Anschluß von Abwasserleitungen an Schächte und Bauwerke geführt. Bei duktilen Gußrohren ermöglichen es die Eigenschaften des Gußeisens zusammen mit der Abwinkelbarkeit im TYTON-gleichen Schachtanschlußstück des Bauwerks, die statische Belastung bei Setzungen auch mit eingelenkigem Anschluß ausreichend niedrig zu halten, so daß Schäden auszuschließen sind. Seite 55

Beim Bau eines 16 MW-Laufkraftwerkes in Vorarlberg führten besonders hohe Sicherheitsanforderungen und schwierige Einbaubedingungen in alpinem Gelände zur Entscheidung, die Turbinenzuleitung im Nennweitenbereich bis DN 1600 bei Betriebsdrücken über 30 bar mit duktilen Gußrohren zu bauen. Hierbei wurden duktile Schleudergußrohre erstmals mit Hilfe von Ergebnissen bruchmechanischer Untersuchungen ausgelegt. Seite 58

230 km Hochdrucknetz mit über 30 bar hat die WKA zu verwalten. Viele technische Anlagen, zum großen Teil im eigenen Hause erdacht und umgesetzt, gewährleisten ein Mehr an Sicherheit und Zuverlässigkeit dieses weitverzweigten Netzes. Der Autor beschreibt die Techniken, aber auch die Philosophie, die dieses System tragen. Seite 64

Alle Mitgliedsfirmen der FGR haben mittlerweile ihr Qualitätsmanagement-System nach DIN EN ISO 9001 bzw. 9002 zertifizieren lassen. Dieser Beitrag erläutert, wie die allgemeingültigen Spezifikationen der Normen speziell bei der Produktion und Lieferung duktiler Gußrohre, aber auch beim Einbau von Gußrohrleitungen angewandt werden. Dabei sorgt vom Einkauf der Materialien bis zur Inbetriebnahme der Rohrleitungen das Qualitätsmanagement für einen gleichbleibend hohen Standard. Seite 74

## Einziehen eines 432 m langen Rohrstranges DN 500 mit gesteuerter Horizontalbohrtechnik – ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz in Oranienburg an der Havel

Von Ulrich Hofmann und Toralf Langner

Die Unterdükerung eines Kanals bei gleichzeitiger Schonung der angrenzenden Naturschutzzonen waren die Herausforderungen für Planer und Ausführende beim Bau einer Versorgungsleitung DN 500. Kanal- und Uferzonen machten einen Düker von 435 m Gesamtlänge notwendig. Man entschloß sich, diese Strecke mit Hilfe der gesteuerten Horizontalbohrtechnik zu bewältigen. Es war das erste Mal, daß eine solche Entfernung mit Gußrohren DN 500 mit dieser Technik unterfahren werden sollte. 72 Rohre mit der längskraftschlüssigen TYTON-TKF-Steckmuffenverbindung wurden zum Gesamtstrang montiert. Mit einer erforderlichen Zugkraft von maximal 443 kN erfolgte dann das Einziehen innerhalb von drei Stunden. Die Druckprüfung ergab keinerlei Beanstandungen. Die Bauzeit betrug weniger als eine Woche.

### 1. Einleitung mit geschichtlichem Überblick

Die wald- und wasserreiche Gegend ca. 30 km nördlich von Berlin hatte es vor fast 350 Jahren der Kurfürstin Luise Henriette – einer geborenen Prinzessin von Nassau/Oranien – sehr angetan.

Nach einem Jagdausflug in diese Gegend mit ihrem Gemahl, dem großen Kurfürsten Friedrich Wilhelm, machte dieser der Kurfürstin am 27. Sept. 1650 den Ort, der damals noch Bützow hieß, und seine Umgebung zum Geschenk.

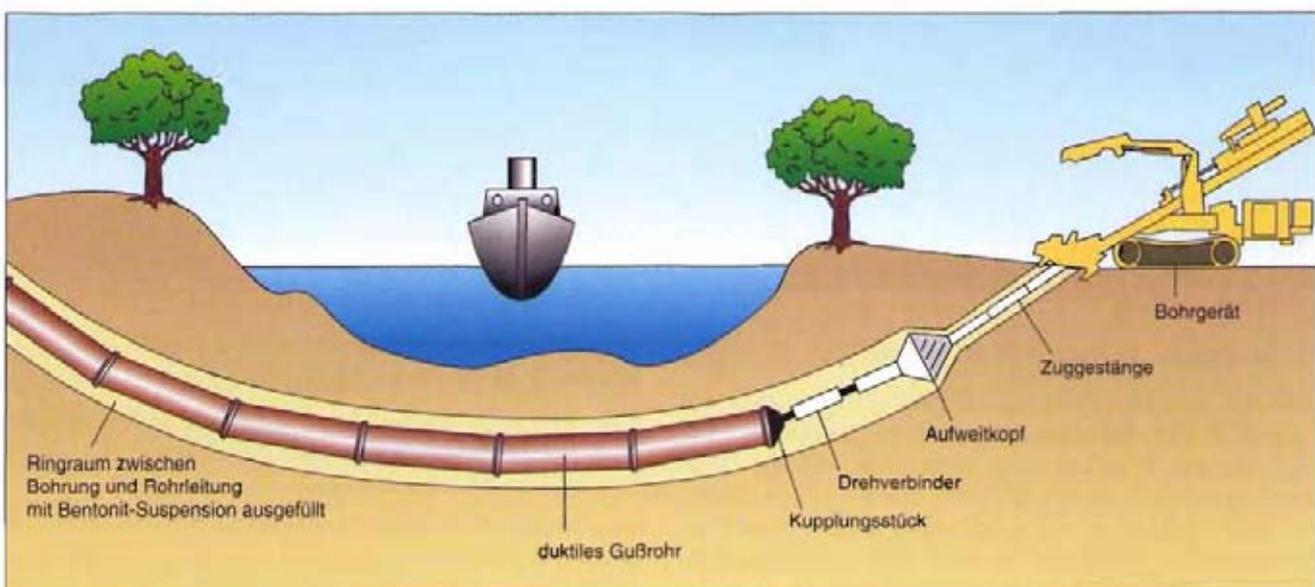
Schon 1652 konnte der im holländischen Stil fertiggestellte Schloßneubau „Die Oranienburg“ eingeweiht werden.

Nach der Aufnahme des Namens in das Stadtsiegel erhielt die Stadt Oranienburg ihren heutigen Namen. Um Schloß Oranienburg wurde auch ein Schloßpark angelegt, welcher noch heute zur Erholung und Besinnlichkeit während eines Spazierganges einlädt.

Der Weg hinter dem Schloßpark parallel zum Oranienburger Kanal führt direkt auf die ehemalige Friedenthaler Schleuse des Ruppiner Kanals. In seiner Verlängerung befindet sich die heute unter Naturschutz stehende Havelinsel. Dieser beschriebene Bereich stellt die Trassenführung einer wichtigen Trinkwasserleitung der Stadtwerke Oranienburg dar.

Als wesentlicher Bestandteil des städtischen Versorgungsnetzes soll diese Leitung die Wohngebiete

Bild 1: Schemadarstellung der gesteuerten Horizontaltechnik



„Eden“ und „Süd“ der Stadt Oranienburg mit dem Wasserwerk Sachsenhausen verbinden. Dazu war auch die Dükerung des Ruppiner Kanals im Bereich Vorhafen der Schleuse Friedenthal notwendig.

Um system- und werkstoffgleich zu sein, wurde auch der Düker mit Rohren aus duktilem Gußeisen gebaut, so wie bei der Kreuzung von vielen deutschen Flüssen seit Jahrzehnten Gußrohre im Einsatz sind.

Um den dichten Baumbestand der Havelinsel sowie die unter Naturschutz stehende Uferzone des Havelkanals und des Ruppiner Kanals im Bereich Vorhafen der Schleuse Friedenthal zu schützen, entschlossen sich die Stadtwerke, nicht nur den Flußlauf, sondern auch das zu schützende Biotop grabenfrei zu unterdükern.

Aus diesen Gründen fiel die Entscheidung zugunsten der in den USA entwickelten und seit 1986 in Deutschland angewendeten gesteuerten Horizontalbohrtechnik (Bild 1, Seite 5).

Über das Gestänge der Pilotbohrung erfolgen beim Zurückziehen desselben eine oder mehrere Aufweitungen der Bohrung. Anschließend wird ein Produktenrohr in den mit Bentonitsuspension gefüllten Bohrkanal eingezogen.

### 3. Rohr- und Verbindungssystem

Nach den Planungen des Ing.-Büros DeTeLine, dem auch die Bauleitung oblag, sollte in Abstimmung mit den Stadtwerken und dem Gußrohrhersteller auf der Havelinsel erstmalig eine Gußrohrleitung dieser Nennweite auf einer Länge von 432 m in einem Stück eingezogen werden.

Rohre aus duktilem Gußeisen DN 500 mit längskraftschlüssigen beweglichen Steckmuffenverbindungen lassen bei einer Abwinkelbarkeit von max. 2,5° einen kleinsten Einziehradius von 140 m zu, d. h., die

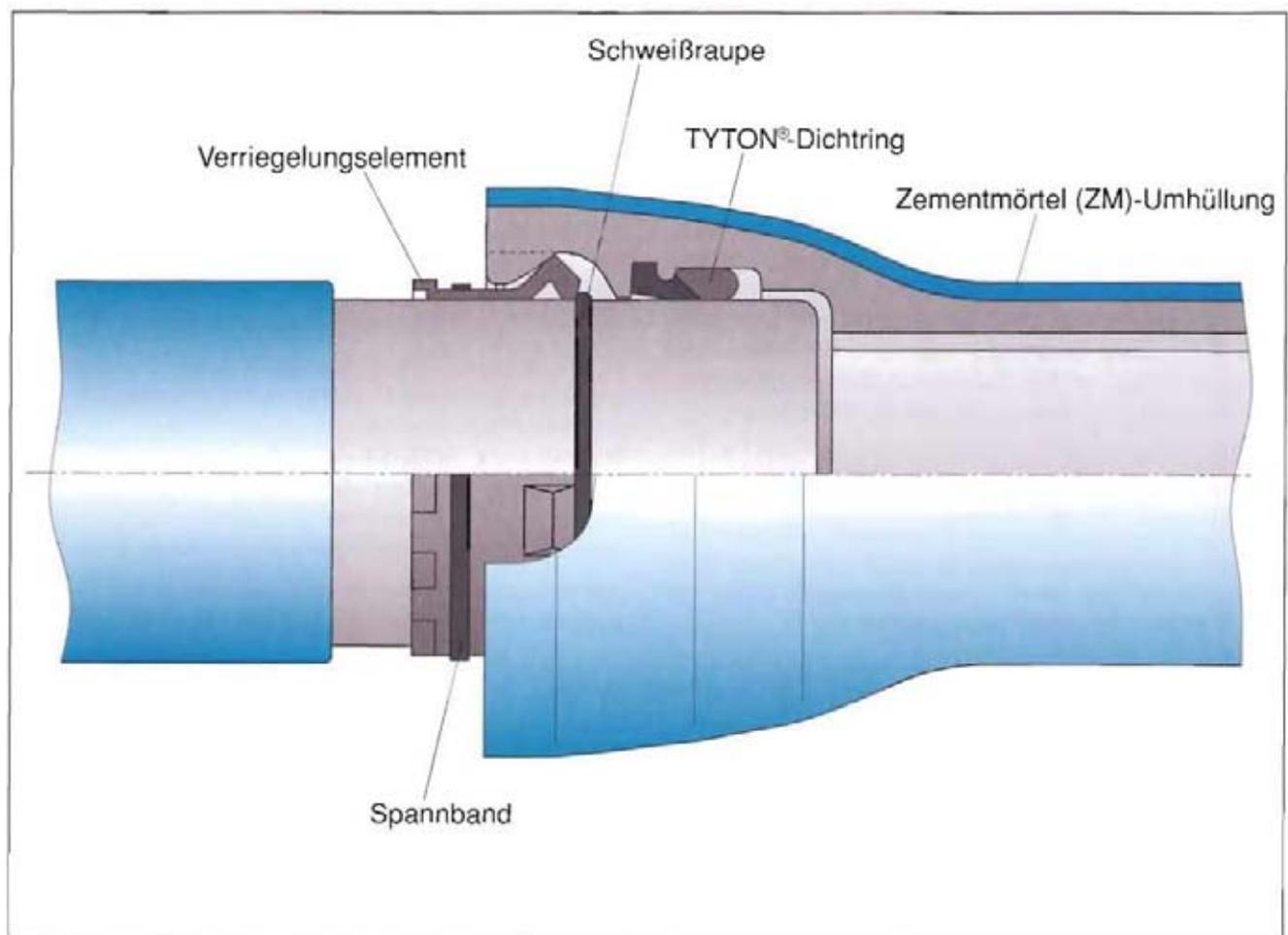


Bild 2: Steckmuffenverbindung TYTON TKF

### 2. Gesteuerte Horizontalbohrtechnik

Bei der gesteuerten Horizontalbohrtechnik wird mit einer Wasser-Bentonit-Suspension zunächst eine sogenannte Pilotbohrung hergestellt. Dabei wird Lockergestein hydromechanisch gelöst und am Bohrgestänge entlang mit dem Rückfluß zur Startgrube gefördert. Gleichzeitig findet eine Gefügeverdichtung im Ummantelungsbereich des Bohrkanals statt.

Abweichung aus der Geraden beträgt bei 6 m langen Rohren je Rohr bis zu 25 cm (Tabelle 1).

Zur Anwendung kam die gummigedichtete TYTON-Steckmuffenverbindung mit dem längskraftschlüssigen System TKF (Torus-Kegel-Fenster).

Das System TYTON-TKF wird speziell bei Gußrohren großer Nennweiten eingesetzt und hat sich in einer Vielzahl von Anwendungen bewährt.

DN	Schubsicherungs- system	zulässige Abwinkelung (Grad)	zulässiger Radius (mm)
100	TIS-K	3,0	115
150	TIS-K	3,0	115
200	TIS-K	3,0	115
250	TIS-K	3,0	115
300	TIS-K	3,0	115
400	TIS-K	3,0	115
500	TKF	2,5	140
600	TKF	2,0	172
700	TKF	1,5	230
800	TKF	1,5	230
900	TKF	1,5	230
1000	TKF	1,5	230

Tabelle 1: Abwinkelungen und Einziehradien

Bei der TYTON-TKF-Steckmuffenverbindung, einer Ergänzung der TYTON-Verbindung nach DIN 28 603, ist zur Aufnahme von Längskräften an der Muffenstirn zusätzlich eine Vorkammer zur Aufnahme von speziellen Verriegelungselementen angegossen. Weiterhin gehören zu dieser Verbindung ein auf dem Rohreinsteckende werksseitig aufgebracht umlaufender Schweißwulst als Widerlager und die Segmente selbst (Bild 2 und 3).

Nach dem Herstellen der Rohrverbindung werden die Verriegelungssegmente durch ein Fenster im Scheitel der Muffe in die Vorkammer eingeschoben und anschließend über den Umfang verteilt. Nach dem Zurückziehen der Verriegelungssegmente und damit Anlage an der Schubsicherungskammer erfolgt das Vorverriegeln des Systems. Hierbei wird das zuletzt eingeschobene Rohr zurückgezogen, so daß die Verriegelungssegmente auch zur Anlage an den Schweißwulst des Einsteckendes kommen. Damit ist die Kraftschlüssigkeit hergestellt, indem sich die Höcker der Verriegelungssegmente an der Schräge der Schubsicherungskammer der Muffe sowie dem Schweißwulst auf dem Einsteckende abstützen.

Bei der Nennweite DN 500 ist die längskraftschlüssige TYTON-TKF-Verbindung für einen Bauteilbetriebsdruck (PFA) von 32 bar mit einem Bauprüfdruck (PEA) von 37 bar einsetzbar.

Das längskraftschlüssige System läßt eine Maximalzugbelastung von ca. 1230 kN zu. Bei einer Masse von 1050 kg/Rohr könnte bei Vernachlässigung der Reibung somit eine Leitung von 672 m Länge bzw. aus 117 Rohren bestehend an einem Stück eingezogen werden. Dabei muß nur die erste längskraftschlüssige Rohrverbindung eine max. Zugbelastung von 1230 kN aufnehmen. Mit jedem weiteren Rohr nimmt die Belastung der nachfolgenden Sicherungen entsprechend ab.

Mit 1,5facher Sicherheit ist eine maximale Zugbelastung von 820 kN und damit ein Rohrstrang, bestehend aus 78 Rohren, möglich.

#### 4. Ausführung von Gußrohren und Verbindungen

Für den Düker kamen 72 Rohre der Wanddickensklasse K 10 mit einer Umhüllung, bestehend aus einem Zinküberzug und einer kunststoffmodifizierten Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30 674 Teil 2, zum Einsatz.

Innen sind die Rohre mit einem trinkwassergerechten Zementmörtel nach DIN EN 545 bzw. nach DIN 2614 ausgekleidet. Die Gesamtmasse des 432 m langen Rohrstranges betrug damit ca. 76 t.

Die werksseitig aufgebraute Zementmörtel-Umhüllung mit einer Nenn-Schichtdicke von 5 mm stellt gerade für den Dükerbau eine mechanisch hochbelastbare Rohrumhüllung dar.

Der vor der Muffenstirnseite mörtelfreie Bereich des Rohreinsteckendes wurde nach der Montage der Rohrverbindung mit einem mechanisch belastbaren, kunststoffmodifizierten Mörtelband isoliert.

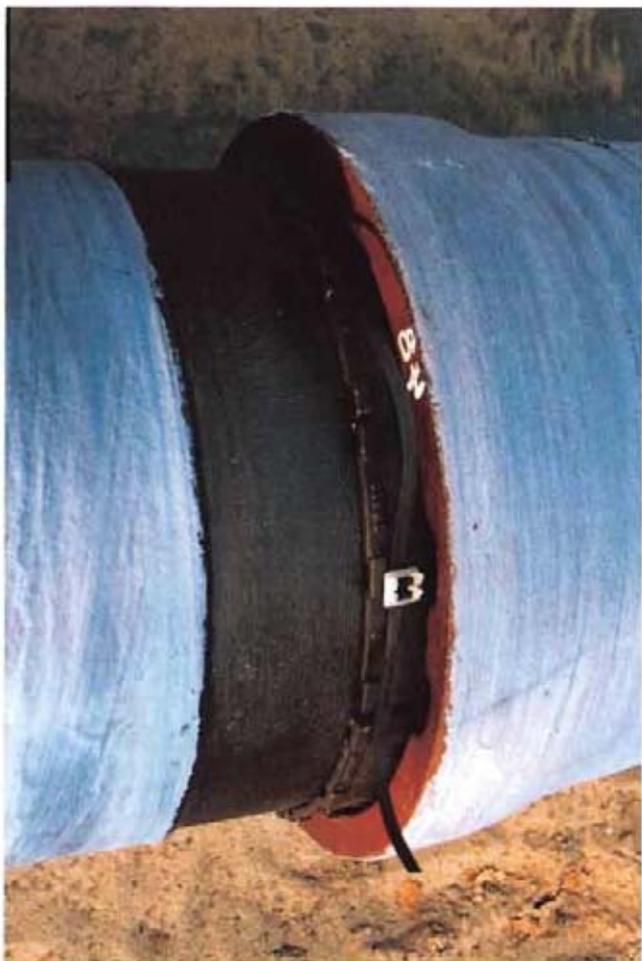


Bild 3: Steckmuffenverbindung TYTON TKF mit Spannband zur Fixierung der Verriegelungselemente

#### 5. Montage des Rohrstranges und Vorprobe

Alle baulichen Maßnahmen lagen in der Verantwortung der Niederlassung Eberswalde der Fa. Reinhard Rohrbau GmbH & Co KG aus Meppen. Die Bohrarbeiten wurden von deren Schwesterfirma, der Nacap Nederland B.V., ausgeführt.

Ca. 2 Wochen vor Beginn der Pilotbohrung wurde der Rohrstrang auf dem Weg „Hinter dem Schloßpark“ parallel zum Oranienburger Kanal montiert.

Aus verkehrstechnischen Gründen konnte die Leitung nicht gerade ausgelegt, sondern mußte am Wegrand, dessen Windungen folgend, montiert werden (Bild 4).

Für den späteren Einzug war der Rohrstrang zur Reduzierung der Reibung auf eine durchgehende Blechbahn aufgebaut worden. Zur Abschätzung der Zugkräfte war bei der Haftreibung ein Reibungskoeffizient von 0,6 und bei der Gleitreibung ein Wert von 0,4 angesetzt worden.

Die Vorarbeiten für die Montage des Rohrstranges, wie Auslegen, Verschweißen und Fixieren der Gleitbleche sowie Montage der einzelnen TKF-Muffenverbindungen, nahmen insgesamt 4 Tage in Anspruch. Die anschließend durchgeführte Vordruckprobe nach DIN 4279 Teil 3 mit 15 bar Überdruck zeigte, daß alle Verbindungen dicht waren. Die Rohrverbindungen waren bei der Schubkraft aus dem Wasserinnendruck längskraftschlüssig. Bei einem Prüfdruck von 15 bar wirkt eine Schubkraft von ca. 330 kN.

Nach dem Entleeren der Leitung und der Demontage der Endverschlüsse wurden die Vorbereitungen für das Einziehen des Rohrstranges getroffen. Hierzu zählte u. a. die Montage eines speziellen Zugadapters, der in Zusammenarbeit zwischen der bauausführenden Firma und dem Rohrhersteller entwickelt und gebaut worden war.

Bild 4: Rohrstrang, nach dem Auslegen auf einer Blechbahn vormontiert.



In die Zugöse des Adapters war zusätzlich eine Kraftmeßdose integriert, über welche die am Adapter auftretenden Zugkräfte permanent überwacht werden konnten (Bild 5).

## 6. Herstellen der Bohrung

Parallel zu den Montagearbeiten war, nach der Untersuchung der Trasse auf Kampfmittel des Zweiten Weltkriegs, die Pilotbohrung begonnen worden.

Zum Einsatz kam eine Bohrmaschine mit einer max. Zugkraft von 2500 kN. Diese Maschine kann mit gesteuerter Horizontalbohrtechnik Bohrungen bis zu einer Länge von 1500 m bei einem max. Bohrungsdurchmesser von 1500 mm zielgenau ausführen (Bild 6).

Nach ca. 15 Stunden, incl. Pausen, war die gesteuerte Pilotbohrung ausgeführt. Als Erschwernis ergab sich, daß eine Gashochdruckleitung DN 200, die ebenfalls im Bereich der Uferzone des Oranienburger Kanals verlegt ist, nicht beschädigt werden durfte. Ohne eine vom Zielpunkt meßbare Abweichung erreichte der sensorgesteuerte Bohrkopf (Durchmesser 7") den Zielpunkt.

Die Regelgeschwindigkeit des Bohrungsvortriebs betrug durchschnittlich 32 m/Stunde. Dabei lag permanent ein Spüldruck von 10 bar an: Von der Bohrmaschine ausgehend wurde eine Einführschräge von 13° gebohrt. Der Bohrkanal befand sich in einer max. Tiefe von 11 m unter Geländeoberkante. Dazu war vertikal mit einem Radius von 698 m und horizontal mit einem Radius von 402 m gebohrt worden, so daß eine entsprechende Raumkurve entstand.



Bild 5: Zugadapter mit Kraftmeßdose

Gerade bei kleinen Einziehradien machen sich die Vorteile von abwinkelbaren, also kurzgelenkigen Muffenverbindungen von duktilen Gußrohren bemerkbar. Es ist so möglich, zum einen bei geringen Radien Rohrstränge einzuziehen. Zum anderen hat man bei fehlendem Platz die Möglichkeit, ohne Voraufbau die Rohre sukzessive einzuziehen. Dabei wird Rohr für Rohr montiert und sofort eingezogen. Mit dem Einsatz von duktilen Gußrohren bei der gesteuerten Horizontalbohrtechnik kann man so auch unter erschwerten Bedingungen hinsichtlich Platzverhältnissen technische Lösungen finden.

Nach der Fertigstellung der Pilotbohrung wurde diese in 2 Arbeitsgängen zunächst ca. 700 mm (mit einem 28"-Aufweitkopf) und anschließend auf ca. 1000 mm (mit einem 40"-Aufweitkopf) aufgeweitet (Bild 7).

### 7. Ausrichten des Rohrstranges

Der fertig montierte und einziehbereite Rohrstrang mußte, weil er – wie beschrieben – seitlich des Weges in Schlangenlinie installiert worden war, zum Bohrloch in der Zielgrube hin ausgerichtet werden.

Bild 7: Eintreffen des Aufweitkopfes an der Bohrmaschine



Hierzu wurden die ersten Rohre durch Abwinkelung der Verbindungen mit Hilfe eines Baggers um 1,2 m aus der Montageachse gezogen, so daß der Dükerkopf mit dem Adapter zielgerichtet in der Flucht zum Bohrloch lag (Bild 8).

Anschließend wurde der Düker an das Bohrgestänge angekoppelt und mit der Zugkraft der etwa 450 m entfernt stehenden Bohrmaschine ca. 9 m vorgezogen. Hierbei wurde über die am Adapter installierte Kraftmeßdose eine maximale Zugkraft von 470 kN gemessen.

Die Zugkraft entsprach dem angenommenen Reibungskoeffizienten von 0,6, wobei das Ziehen des Dükerstranges über ca. 9 m in den Bereich zwischen Zielgrube und Rohrstrang zum Bohrloch hin über reinen Boden erfolgte. Die Gleitblechbahn war in diesem Bereich noch nicht fertiggestellt.



Bild 6: Horizontal-Bohrmaschine, Zugkraft 2500 kN

Die max. gemessene Zugkraft von 470 kN ist wesentlich kleiner als die zulässige Zugkraft von 820 kN, so daß bei den durch die Praxis bestätigten Reibungskoeffizienten bei Haftreibung von 0,6 und bei Gleitreibung von 0,4 (wie nachfolgend bestätigt) eine mehrfache Sicherheit bestand.



Bild 8: Dükerröhrenstrang fertig zum Einziehen

Durch den kurzen Ziehvorgang waren die Kurven im Rohrstrang weitestgehend begradigt worden. Die Abweichung vom ursprünglichen Montageverlauf betrug im Bereich der ehemals größten Krümmung ca. 1,3 m.

Als weitere vorbereitende Maßnahme für den Einzug des Rohrstranges war bei der Zielbohrung ein ca. 18 m langer abgeschrägter Graben mit Sandbettung angelegt worden. Zweck war zum einen, daß die Rohrverbindungen beim Übergang vom Weg aus der Horizontalen in Richtung Bohrloch nicht mehr als 1,5° abgewinkelt wurden, zum anderen war zu beachten, daß vor dem Bohrloch ein Ineinander-rutschen und damit eine Zugentlastung der Verbindungen nicht stattfindet (Bild 9).

Am 30. März 1996 um 13.20 h konnte der Einziehvorgang des Dükerröhrenstranges gestartet werden. Dies geschah mit entsprechender Anspannung aller Beteiligten, handelte es sich doch, nach unserem Kenntnisstand, weltweit um den ersten grabenlosen Einbau einer Rohrleitung dieser Dimension mit Rohren aus duktilem

Bild 9: Abgeschrägter Graben



Gußisen mit längskraftschlüssigen TYTON-Steckmuffenverbindungen mit der gesteuerten Horizontalbohrtechnik.

Zum Ziehen der einzelnen Gestängelängen wurde zunächst mit einer Geschwindigkeit von 9,5 m in 78 Sekunden (0,12 m/s) begonnen. Im weiteren Verlauf wurde die Einziehggeschwindigkeit auf 9,5 m in 60 Sekunden (0,15 m/s) erhöht. Erwähnenswert ist, wie gleichmäßig der Einziehvorgang nach jedem Gestängewechsel von neuem gestartet wurde. Nach insgesamt 3 Stunden war der Düker problemlos eingezogen, d. h., die Stundenleistung betrug ca. 140 m Rohrleitung (Bild 11).

Die max. Zugkraft beim Anfahren (Haftreibung) betrug 443 kN. Dies entspricht einem Reibungskoeffizienten von ca. 0,58. Für die Gleitreibung betrug bei einer Zugkraft von ca. 350 kN der Reibungskoeffizient am Beginn des Einzuges ca. 0,45.

Wie dem Diagramm (Bild 10) zu entnehmen ist, kam es zu einer stetigen Verringerung der Zugkräfte bis auf einen durchschnittlichen Wert von 250 kN

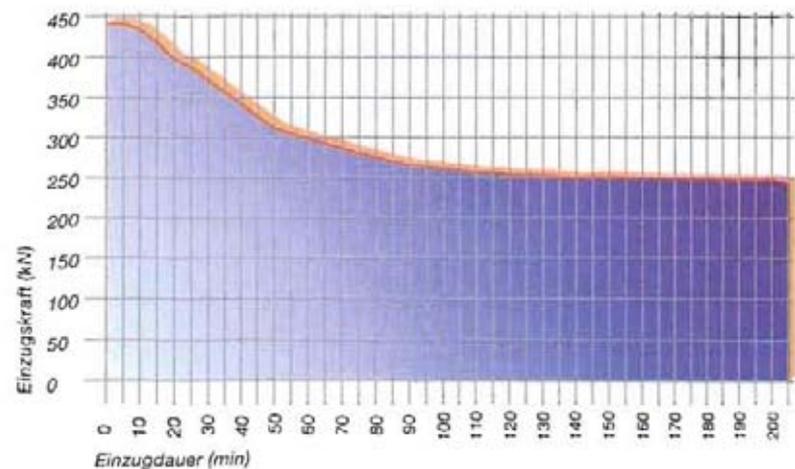


Bild 10: Diagramm des Zugkraftverlaufs

über die letzten zwei Drittel des einzuziehenden Rohrstranges.

Dem Abbau der Bohranlage folgte das Verschließen des Dükers und die Vorbereitung zur zweiten Druckprüfung. Diese wurde ebenfalls mit 15 bar Prüfdruck über einen Zeitraum von 24 Stunden gemäß DIN 4279 Teil 3 in den folgenden Tagen ohne Beanstandungen durchgeführt. Nach der Desinfektion der Leitung mit mikrobiologischer Freigabe ist dieses Leitungsteil der Westtangente nun betriebsbereit.

In weniger als einer Woche Bauzeit war es so möglich, mit diesem modernen grabenlosen Verfahren einen Düker herzustellen. In enger Zusammenarbeit aller Beteiligten wurde gemeinsam Neuland beschritten.

Nicht nur hinsichtlich der Bautechnologie, sondern auch im Hinblick auf den Umwelt- und den Naturschutz.

Rohre aus duktilem Gußeisen mit beweglichen TYTON-Steckmuffenverbindungen sind nicht nur im konventionellen Bau von Rohrleitungen, sondern

auch bei innovativen grabenlosen Einbauten anwendbar und leisten damit nicht zuletzt auch einen wesentlichen Beitrag zur Entlastung von Anwohnern und zum Schutz der Umwelt.

Gegenüber einer offenen Bauweise war die Natur der Havelinsel weitestgehend unberührt geblieben und nach einer Woche der „heißen Bauphase“ kehrte wieder beschauliche Ruhe hinter dem Schloßpark ein.

Daran hätte mit Sicherheit auch die Kurfürstin Luise Henriette ihre Freude gehabt. Daß die Eiche und der Fisch im Wappen der Stadt Oranienburg als deutlicher Hinweis auf die wasser- und waldreiche Gegend der Mark Brandenburg weiterhin ihre Berechtigung haben, dazu hat auch diese Baumaßnahme der Stadtwerke mit beigetragen.

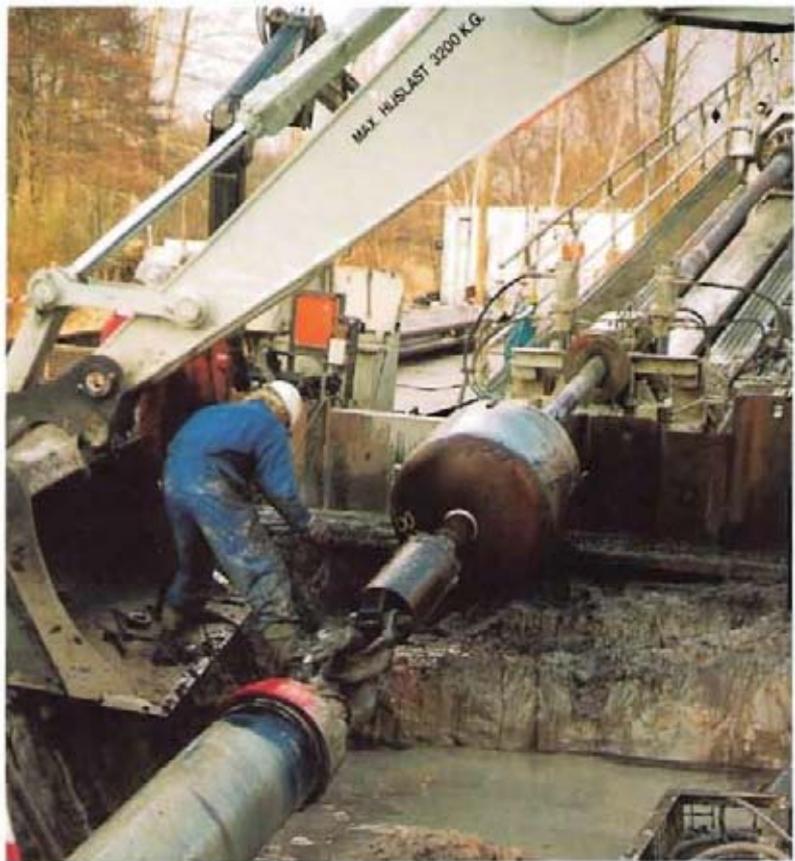


Bild 11: Eintreffen des Dükerstrangs an der Startgrube

# 147 Jahre Gußrohre in Lahr

Von Fritz Leonhardt

**Seit 1850 verwendet man in Lahr am Rande des Schwarzwaldes Gußrohre für den Transport von Gas und Wasser. Steigende Einwohnerzahl, wachsende Ansprüche an Hygiene und Komfort sowie die zunehmende Industrie machten immer wieder den Ausbau der Versorgungseinrichtungen notwendig, wobei bis heute Gußrohre eine wesentliche Rolle spielen.**

Weit in das Mittelalter zurückreichende Überlieferungen belegen, daß die Lahrer, wie auch in anderen Städten, bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts ihr für jegliche Zwecke notwendiges Wasser aus Brunnen schöpften. Die Beobachtung ständig fließender Quellen brachte einen findigen Tüftler auf die Idee, dieses Wasser in Röhren dahin zu leiten, wo es gebraucht wird. So beschloß man in Lahr im Jahr 1832, eine am Schutterlindenberg austretende Quelle zu fassen und in Röhren zu einem öffentlichen Brunnen zu leiten. Aber noch griff man dazu auf die für den Transport von Wasser bewährten Deichel aus durchbohrten Baumstämmen zurück. Ungenügende hygienische Beschaffenheit und die zu geringe Schüttmenge zwangen jedoch alsbald zur Aufgabe dieser ersten Quellwasserversorgung.

Doch schon im Jahre 1850 wurde die weitaus stärkere Quelle im Ernettal entdeckt. Zur Finanzierung einer zentralen Wasserversorgung aus dieser Quelle wurde eine Aktiengesellschaft gegründet, deren Aktionäre Lahrer Bürger waren. Die Stadt selbst war an dieser Aktiengesellschaft nicht beteiligt, hatte sich aber das Vorkaufsrecht gesichert und war für diese federführend. Erst 1863 wurde die Ernetwasserversorgung mit allen damit verbundenen Verpflichtun-

gen von der Stadt Lahr übernommen. Diese bestanden darin, allen Aktionären, die mit dem Erwerb einer Aktie zugesicherte Menge an Wasser „auf ewige Zeiten“ kostenlos weiter zu liefern, was für die Stadtwerke bis weit in das 20. Jahrhundert eine gravierende Hypothek darstellte (Bild 1).

Nach Erstellung eines Fassungsbauwerks erfolgt die Fortleitung des Quellwassers zur Stadtmitte durch Verlegung von gußeisernen Röhren mit 180 mm Weite. Wie spätere Funde zeigten, waren es nach dem damals bekannten Sandgußverfahren hergestellte Rohre aus Kokillenguß mit Stemm-Muffen oder angegossenem Flansch, mit Hanfstrick und Bleiwolle oder Lederringen abgedichtet. Für den Einbau von Schiebern kamen zur damaligen Zeit auch schon aus Gußeisen hergestellte Formstücke, Flanschen und Bögen zum Einsatz.

Mit der Einführung von Leuchtgas in Lahr im Jahre 1857 erfolgte von der Gasanstalt aus die Verlegung von Röhren zu den zahlreichen Laternen in den Straßen und Plätzen. Bei späteren Auswechslungen wurde festgestellt, daß zum Gastransport auch damals schon das bewährte Gußrohr eingesetzt wurde.

Wie in anderen Städten kam es im ausgehenden 19. Jahrhundert auch in Lahr zu einer raschen Entwicklung im industriellen Bereich, wodurch Lahr hinter Mannheim zur zweitgrößten Industriestadt im Großherzogtum Baden wurde. Bevölkerungswachstum

und neu entstehende Fabriken zwangen zur Erschließung neuer Wasservorkommen und zur erheblichen Erweiterung des Wasser- und Gasrohrnetzes.



Bild 1: Kaufvertrag Aktiengesellschaft Ernetwasserversorgung

Das große Projekt „Giesenwasserversorgung“ wurde 1881 in Angriff genommen. Die für die Hydrologie äußerst günstigen Buntsandsteinformationen des Giesentals waren die besten Voraussetzungen für eine rentable Wasserfassung. Das in der Talauere reichlich anstehende Quellwasser wurde, wie der abgebildete Aufriß zeigte, in einer unterirdischen begehbaren Sicker-galerie aus Naturstein aufgemauert, gesammelt (Bild 2 bis 4). Über 100 Jahre wird die Stadt Lahr aus dieser Giesenquelle mit Trinkwasser versorgt und soll auch weiterhin in die Trinkwasserversorgung mit eingebunden werden. Durch die wesentlich höher liegenden Quellen konnte im Verbrauchsgebiet ein größerer Wasserdruck erreicht werden, dem bei der Auswahl der Leitungsrohre Rechnung zu tragen war. Was lag also näher, als auf das bewährte Gußrohr zurückzugreifen, wobei bereits die neu genommene Dimension NW 200 zum Einsatz kam. Kontroll-Schächte für Schieber und Entlüftungseinrichtungen unterbrachen an hydraulisch kritischen Stellen die Zuführungsleitung des Quellwassers. Die darin eingebauten Formteile, Armaturen und Entlüftungskessel waren ebenso aus Gußeisen, wie der Schachtdeckel mit dem alten Lahrer Stadtwappen (Bild 5, Seite 14).

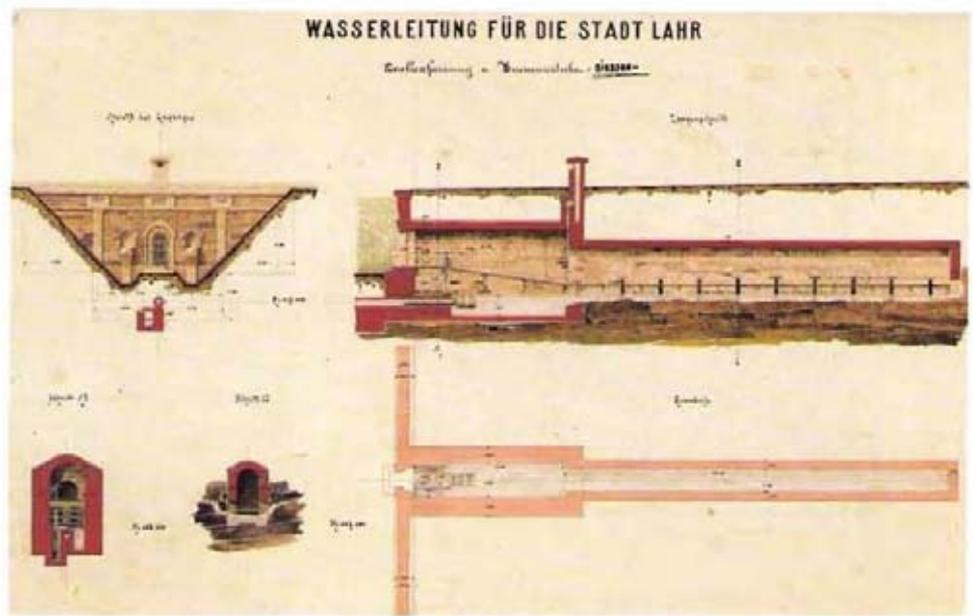


Bild 2: Aufrißzeichnung der Quellfassung Giesen

Das damals weit den Bedarf übersteigende Wasserdargebot der Giesenquelle erlaubte eine Speicherung in verbrauchsarmer Zeit. Daher wurde in der Planung bereits die Erstellung eines 800 m<sup>3</sup> fassenden Reser-



Bild 4: Innenansicht der Giesen-Sicker-galerie

Bild 3: Quellfassung Giesen



voirs vorgesehen. Dieses wurde 1882 nach den noch im Archiv vorhandenen Plänen in Buntsandstein mit 2 Gewölbekammern gemauert. Der Standort am Hang des Schutterlindbergs war so gewählt, daß in verbrauchsarmer Zeit das herangeführte Quellwasser über die vom Verteilerschacht am alten Rathaus abzweigende Füll- und Fallleitung durch 200 mm starke Gußrohre im freien Gefälle zufließt.

Mit der Fertigstellung der Giesenwasserversorgung und der Erstellung des 800



Bild 5: Schachtabdeckung der Giesenleitung

m<sup>3</sup> fassenden Reservoirs Vulmersberg im Jahre 1882 (Bild 6 und 7) erfolgte eine Einbindung der 1851 in Betrieb genommenen Ernetwasserversorgung in ein vergrößertes Versorgungsnetz. Durch straßenweise Netzumstellungen konnten die in der Ernetwasserversorgung bei hohem Wasserverbrauch auftretenden Druckabfälle beseitigt werden. Doch der im Giesennetz vorhandene höhere Wasserdruck erforderte eine Auswechslung des Rohrmaterials. Teilweise noch vorhandene Bleiröhren und zu gering dimensionierte Gußrohre wurden im Zuge dieser Umbaumaßnahmen durch Graugußrohre mit Lichtweiten bis 150 mm ersetzt. So waren nach Abschluß aller dieser Maßnahmen insgesamt 1700 Meter Rohre verlegt. Erstmals entstand

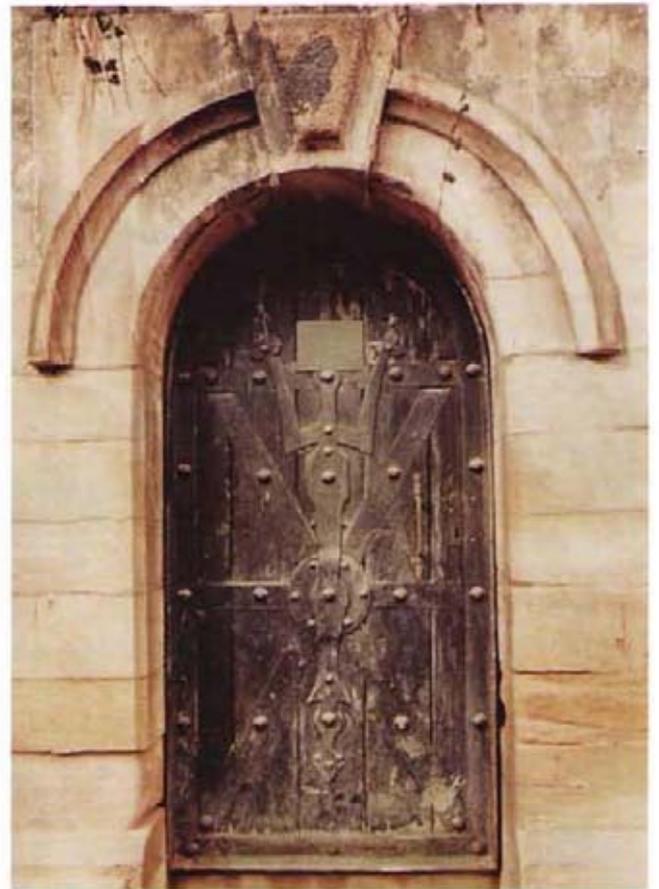


Bild 7: Eingang Hochreservoir Vulmersberg

auf diese Weise 1885 in Lahr ein Wasserrohrnetz mit zwei Druckzonen: Das Ernetnetz mit 0,5 bis 1,8 bar und das Giesennetz mit 2 bis 5,8 bar (Bild 8).

Bild 6: Aufrißzeichnung des Hochreservoirs Vulmersberg

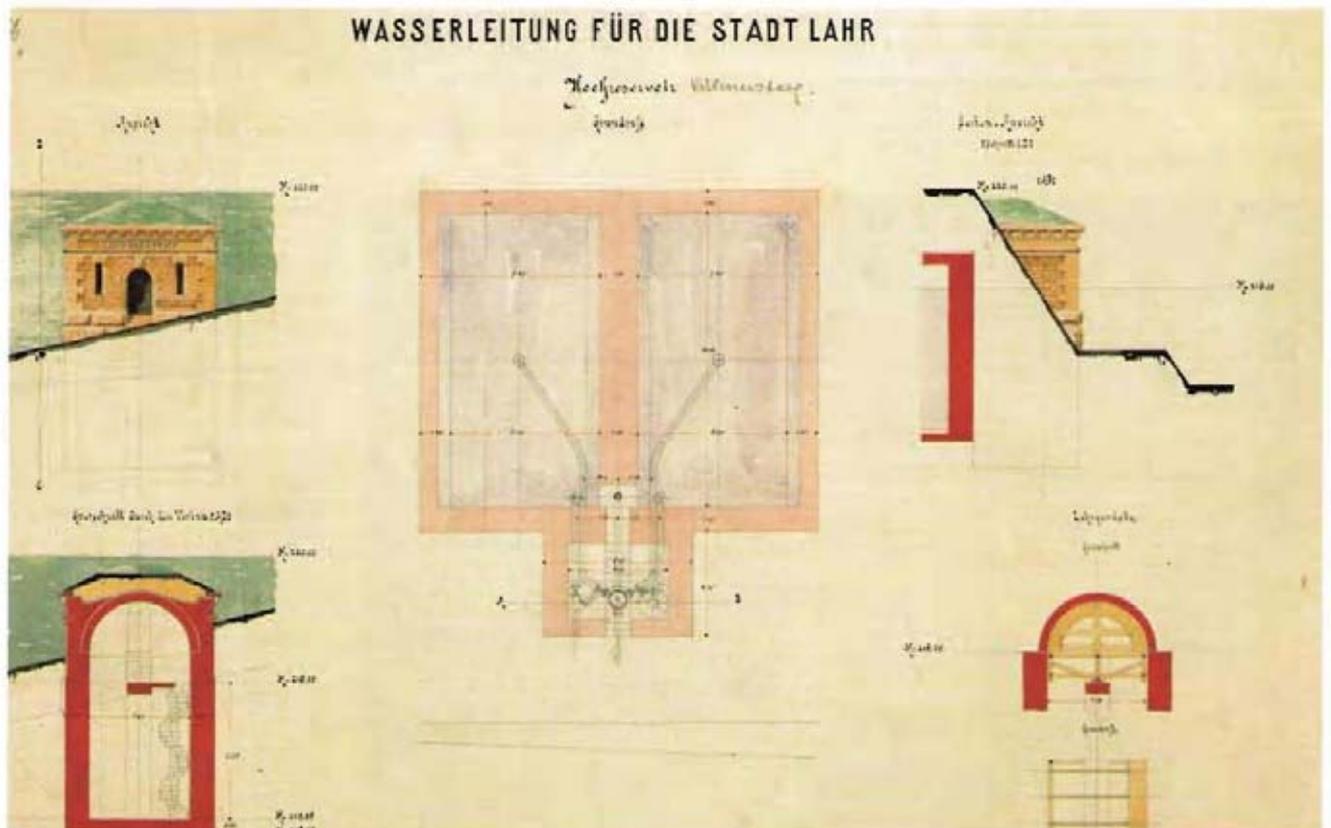




Bild 8: Alter Plan der Giesenleitungen (oben) und der Ernetleitungen (links)

Der Beginn des 20. Jahrhunderts brachte für Lahr den Einstieg in die elektrische Straßenbeleuchtung. Durch den fortschreitenden Wegfall der Gaslaternen war

die vorhandene Transportkapazität des Gasrohrnetzes auf lange Zeit ausreichend für die mehr und mehr aufkommenden Gasherde und Gasöfen sowie die industrielle Nutzung von Gas in den Fabriken.

Mit aufkommenden Industrieansiedlungen und dem Bau von Kasernen zum Ende des 19. Jahrhunderts war das Wasserdargebot der Ernet- und Giesenquellen rasch erschöpft. Mit der Abteufung eines gemauerten Brunnenschachtes mit Pumpstation im Gewann Elendsgarten und dem Bau eines 800 m<sup>3</sup> fassenden Hochbehälters am Burghard konnte das Wasserdargebot erweitert werden. Die Anbindung der Giesen-

leitung und des neu erstellten Grundwasserpumpwerks an den Hochbehälter Burghard erfolgte durch die Verlegung von Graugußrohren in schwierigem Gelände.

Der erste Weltkrieg und die darauf folgende allgemeine Wirtschaftsrezession führten auch bei den Stadtwerken Lahr zu einer Stagnation bei Neuprojekten. Erst Mitte der 30er Jahre kam es zu einem erneuten Aufschwung. Rege Bautätigkeit mit Straßenerschließungen führten auch bei den Stadtwerken zum verstärkten Ausbau ihres Gas- und Wasserrohrnetzes. Am Gleisanschluß im Werksgelände stapelten sich immer öfter die mit der Bahn angelieferten Gußrohre (**Bild 9**), die an den zahlreichen Baustellen gebraucht wurden. 1937/38 wurden im Gewann Hohberg neue Kasernen erbaut. Als ganz besonders kritische Baustelle erwies sich die als Zufahrt zu den neuen Kasernen zu erstellende Straße, die nur durch Aufschüttung des Talrundes und den Bau einer Brücke über die Schutter zu bewerkstelligen war. Um Setzungsbrüche

Bild 9: Rohrlager im Werksgelände



am Gußrohr zu verhindern, wurden die Leitungen auf Betonpfeiler aufgelagert (**Bild 10**). Daß in den 60 Jahren des Bestehens kein Rohr gebrochen ist, beweist Materialgüte und die Richtigkeit der Maßnahme.

Für die Versorgung des hoch am Altvater erstellten Offizierskasinos wurde es erforderlich, eine Pumpstation beim Krankenhaus einzurichten und einen Speicherbehälter zu erstellen. Die Druck- und Falleitung mußte in Gußrohr in stark felsigem Hanggelände verlegt werden. Sie dient auch heute noch zur Versorgung des großzügig erweiterten Krankenhauskomplexes.

Und wieder brachte der zweite Weltkrieg die von den Stadtwerken geplanten Erweiterungen der Gas- und Wasserversorgung, verbunden mit notwendigen Rohrverlegungen, ins Stocken. Erst 1953 konnten der Tiefbrunnen Klostermatte, der neue Wasserhochbehälter mit 2700 m<sup>3</sup> Inhalt und die quer durch die Stadt verlaufende Druckleitung mit 200 mm Nennweite realisiert werden. Erstmals kamen hier Schleudergußrohre mit Schraubmuffe zur Anwendung. Mit dem Bau des in Spannbetonweise erstellten Zweikammer-Rundbehälters neben dem alten Reservoir von 1883 glaubte man, für lange Zeit die Versorgungssicherheit gewährleistet zu haben. Ein Blick in die Behälter-Vorkammer (**Bild 12**) zeigt den Aufbau der Rohrinstallation für den Wasserzu- und -abfluß mit dem neu eingebauten fernbestätigten Brandschieber.

Zur selben Zeit war auch die Verlegung einer Gußleitung mit Nennweiten 400/300/250 mm erforder-

Bild 10: Rohrverlegung zu den neuen Kasernen



lich zur besseren Versorgung der Firma Rothändle mit Industriegas.

Trockene und heiße Sommer Ende der 50er Jahre führten zunehmend zu Versorgungsschwierigkeiten bei Wasser. Mit dem Bau eines Tiefbrunnens und eines Wasserwerks im Rheintal im Jahr 1960 wurde eine Zubringerleitung DN 400 zum Stadtrohrnetz erforderlich. Zur besseren Versorgung der mehr und mehr am Südhang des Schutterlindbergs hochwachsenden Bebauung wurde ein Scheitelbehälter mit 1000 cbm Inhalt errichtet (**Bild 11**), der mit Gußleitungen DN 200 in das Versorgungssystem eingebunden wurde.



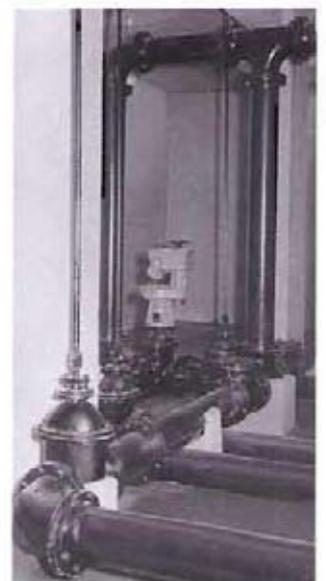
Bild 11: Bau des neuen Scheitelbehälters 1000 m<sup>2</sup> auf dem Schutterlindenberg 1961

Das im Westen der Stadt sich entwickelnde Industriegebiet wurde ebenfalls mit Leitungen DN 300/400 mm mit Gas und Wasser versorgt. Die Druckfestigkeit der dabei verwendeten Gußrohre erlaubte zu späterer Zeit eine problemlose Anhebung des Gasdrucks zur besseren Versorgung der Industriebetriebe mit Produktionsgas.

Mit der Einführung der duktilen Gußrohre, mit denen man den Nachteil der Bruchsprödigkeit eliminierte, gab es in Lahr zunächst einige Probleme wegen Korrosionsschäden. In enger Zusammenarbeit mit Wasserfachleuten und Instituten, nicht zuletzt aber mit dem Rohrhersteller, konnten Ursachen erkannt und durch Verbesserung des Korrosionsschutzes nachhaltige Abhilfe geschaffen werden.

Wenn inzwischen auch Stahlrohre für Gashochdruckleitungen und Kunststoffrohre zum Einsatz kommen, so sind die Stadtwerke Lahr bei der Heranführung des Wassers aus dem neuen Tiefbrunnen im Kaiserwald sowie für die große Netzumstellung des Projekts „Wasser 2000“ dem bewährten Gußrohr treu geblieben.

Bild 12: Blick in die Behälter-Vorkammer des Wasserhochbehälters



## Wasserversorgung 2000 – Verbindungsleitungen zum neuen Wasserwerk Galgenberg Neuverlegung von insgesamt 11 km Gußrohrleitungen

Von Christoph Heine

In Lahr wurde ein neues Wasserwerk geplant. Im Zusammenhang damit waren 11 km neuer Rohrleitungen notwendig. Die Trassen wurden so gewählt, daß ein möglichst großer Teil der Leitungen durch öffentliche Wege und Straßen geführt werden konnte. Im Bereich einer salzhaltigen Mineralquelle wurde eine Zementmörtel-Umhüllung verwendet. Eine der Leitungen hat Rohwasser mit niedrigem pH-Wert zu transportieren. Hier wurden Rohre mit Tonerde-Zementmörtel-Auskleidung verwendet.

### Allgemein:

Damit allen Lahrer Bürgern ein einheitliches Trinkwasser zur Verfügung steht, hat der Gemeinderat der Stadt Lahr im Jahr 1990 den Beschluß gefaßt, auf dem Galgenberg ein neues Wasserwerk zu bauen. Nach entsprechenden Planungs- und Genehmigungszeiten wurde im Mai 1994 mit dem 1. Spatenstich

durch den Oberbürgermeister der Stadt Lahr damit begonnen. Für die erforderlichen Zuleitungen von den Quellen und den Abgangsleitungen in die neu konzipierte Niederzone Lahr sowie zu den Zonenbehältern wurden auch umfangreiche Rohrleitungsbaumaßnahmen notwendig.

Der Betreiber, die Stadtwerke Lahr, beauftragten mit der Planung und Bauleitung des Wasserwerks und der Rohrleitungen das Ing.-Büro FRITZ GmbH Bad Urach/Freiburg.

### Planung:

Die Genehmigungsplanung für die nordwestlichen Zu- und Abgangsleitungen im Gewann Heidel sowie in östlicher Richtung bis zum Tiefbrunnen Emet erfolgten in den Jahren 1994 und 1995.

Durch das zeitliche Ineinandergreifen der einzelnen Leistungsphasen von der Entwurfsvermessung über

Bild 1: Lageplan der Verbindungsleitungen („TK25, Ausschnitt 7021, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg“)

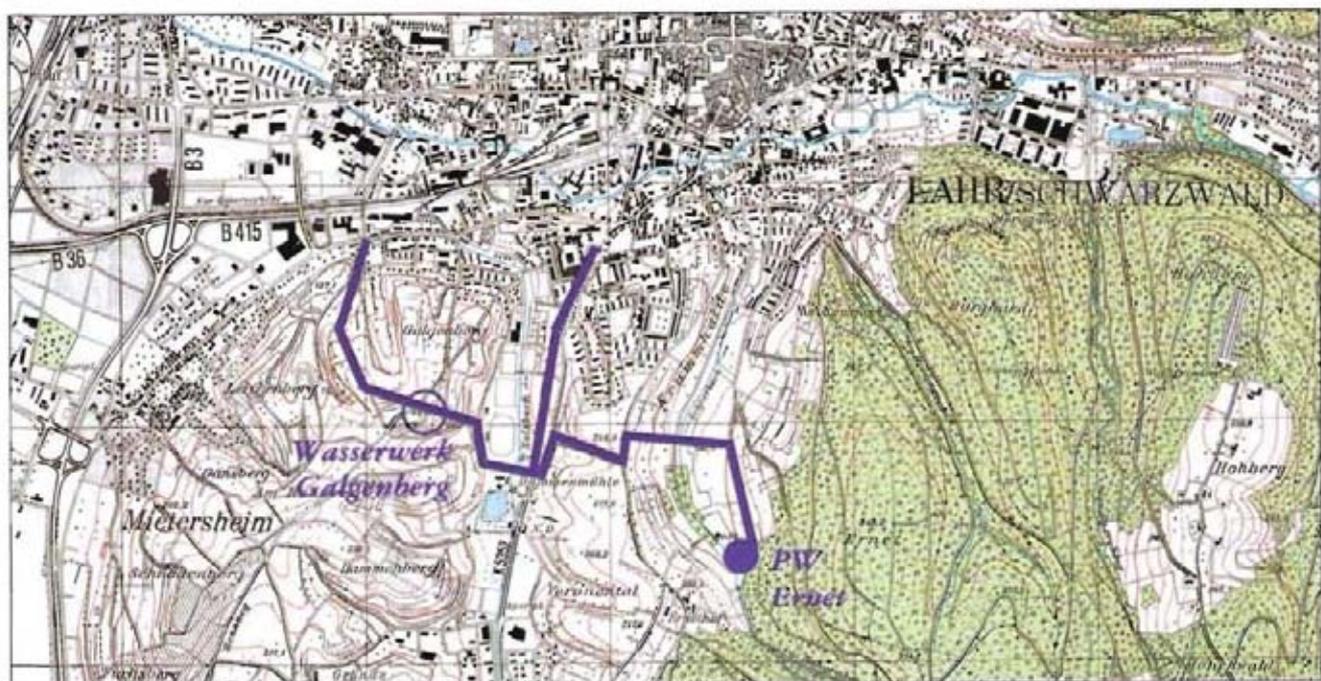




Bild 2: Los 1 - Parallelverlegung von Zu- und Abgangsleitungen der Nennweiten DN 250 bis DN 500

die Genehmigungs- und Ausführungsplanung bis zur Ausschreibung konnte ein Gesamtplanungszeitraum für ca. 11 km Rohrleitungen von weniger als zwei Jahren realisiert werden.

Planungsziel war, eine Leitungstrasse zu finden, welche möglichst wenig Privatgrundstücke beanspruchte und trotz der schwierigen Topographie eine unproblematische Rohrleitungsverlegung kostengünstig zuließ.

Das Resultat war, daß zu ca. 70 % der Gesamttrasse die Leitungen in öffentlichen Weg- und Straßenflächen verlegt werden konnten. Abschnittsweise konnten auch mehrere Leitungen in einen Graben eingebaut werden.

Durch das Verständnis der Lahrer Bürger für diese Maßnahmen gestaltete sich die Trassenführung durch die wenigen Privatgrundstücke verhältnismäßig unproblematisch. Es waren keine Zwangseinweisungs- bzw. Enteignungsverfahren erforderlich. Das Liegenschaftsamt der Stadt Lahr war durch seine flexible Handhabung der Grundstücksverhandlungen (z. B. Grundstückstausch) für die rasche Durchführung mitverantwortlich.

Mit dem Straßenbauamt und dem Landratsamt wurden Gestattungsverträge zur Unterquerung der K 5352 und der beiden Gewässer Sulzbach und Scheerbach geschlossen. Die wasserrechtliche Genehmigung für den letzten Teil wurde am 5. 12. 1995 durch das zuständige Landratsamt Ortenaukreis erteilt.

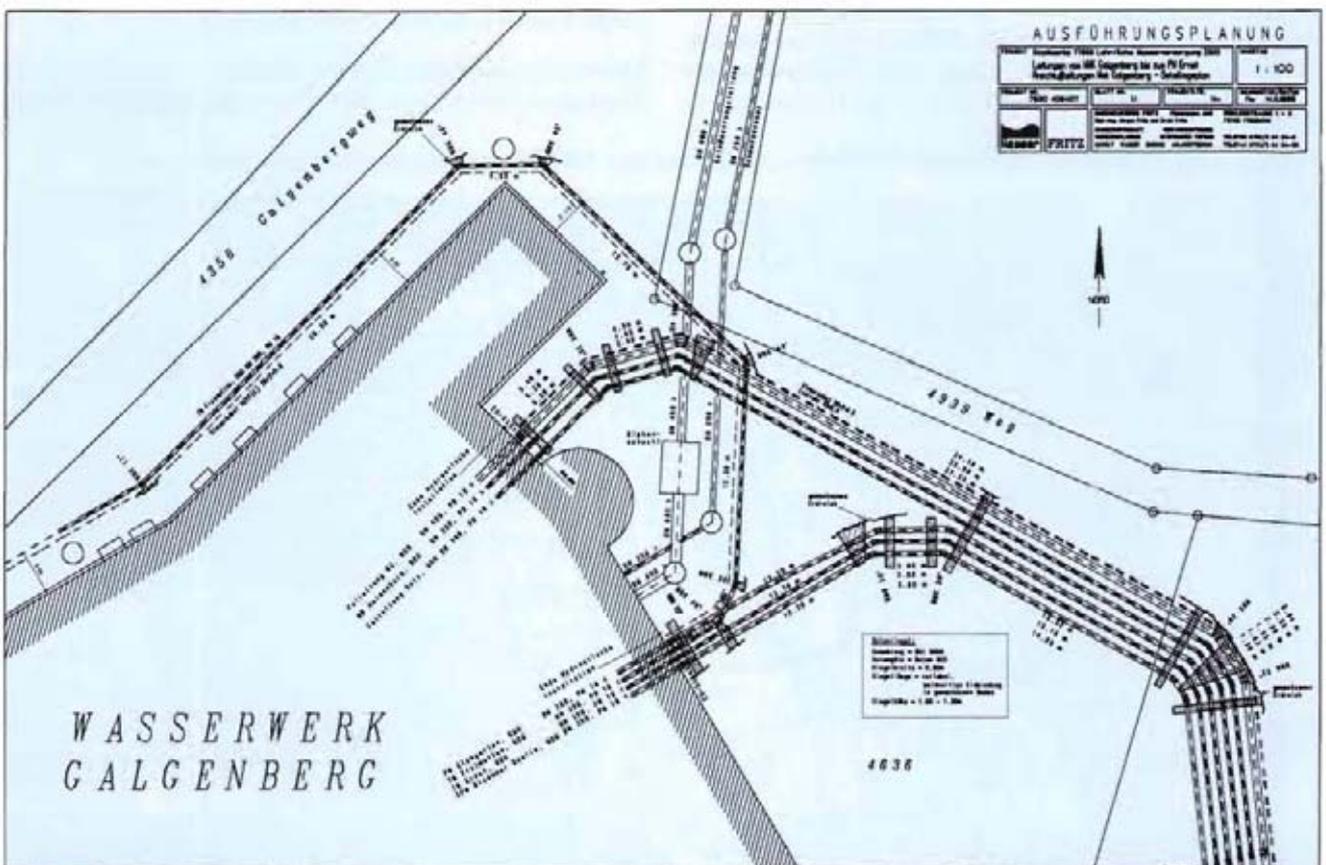
Die Gesamtmaßnahme gliederte sich bei der Planung und der darauffolgenden Ausschreibung in zwei Bauabschnitte:

### I. Bauabschnitt (Gewann Heidel)

Hier wurden insgesamt vier Rohrleitungen sowie ein Leerrohr und ein Steuerkabel verlegt:

- Druckleitung DN 400, Teilabschnitt von dem Tiefbrunnen im Kaiserswald (Rheinebene)
- Fallleitung I, DN 500, vom Wasserwerk in die Tramplerstraße (NZ Lahr)

Bild 3: Detaillageplan der Anschlußleitungen Wasserwerk Galgenberg



- Falleitung 2, DN 400, vom Wasserwerk in die Tramplerstraße (NZ Lahr)
- Druckleitung DN 250, Teilabschnitt der Leitung zum Hochbehälter Schutterlindenberg

Die Gesamttrasse war ca. 780 m lang und diente der Verbindung der Netzleitungen in der Tramplerstraße bis zur Einführung im Wasserwerk Galgenberg. Bei einem konstanten Gefälle (2 % bis 20 %) waren auf der Gesamtlänge keine Entleerungs- bzw. Entlüftungsbauteile notwendig. Insgesamt wurden 3.120 m Rohre eingebaut. Die Gesamtkosten belaufen sich (vorläufig) auf DM 910.427,-.

## 2. Bauabschnitt (Richtung Tiefbrunnen Ernet)

Bei diesem Bauabschnitt wurden sechs Rohrleitungen, ein Leerrohr, ein Steuerkabel und ein Telekommunikationskabel verlegt:

- Falleitung 3, DN 400, in die Niederzone Lahr
- Druckleitung, DN 200, Teilabschnitt zum geplanten Hochbehälter Heidenburg
- Falleitung, DN 200, Teilabschnitt zum Lahrer Ortsteil Sulz (für späteren Weiterbau)
- Druckleitung, DN 250, Teilabschnitt vom geplanten Pumpwerk Eichgarten
- Druckleitung, DN 200, vom Tiefbrunnen Ernet (Gesamttrasse)
- Druckleitung, DN 250, Teilabschnitt von dem Pumpwerk Biedemer Quellen

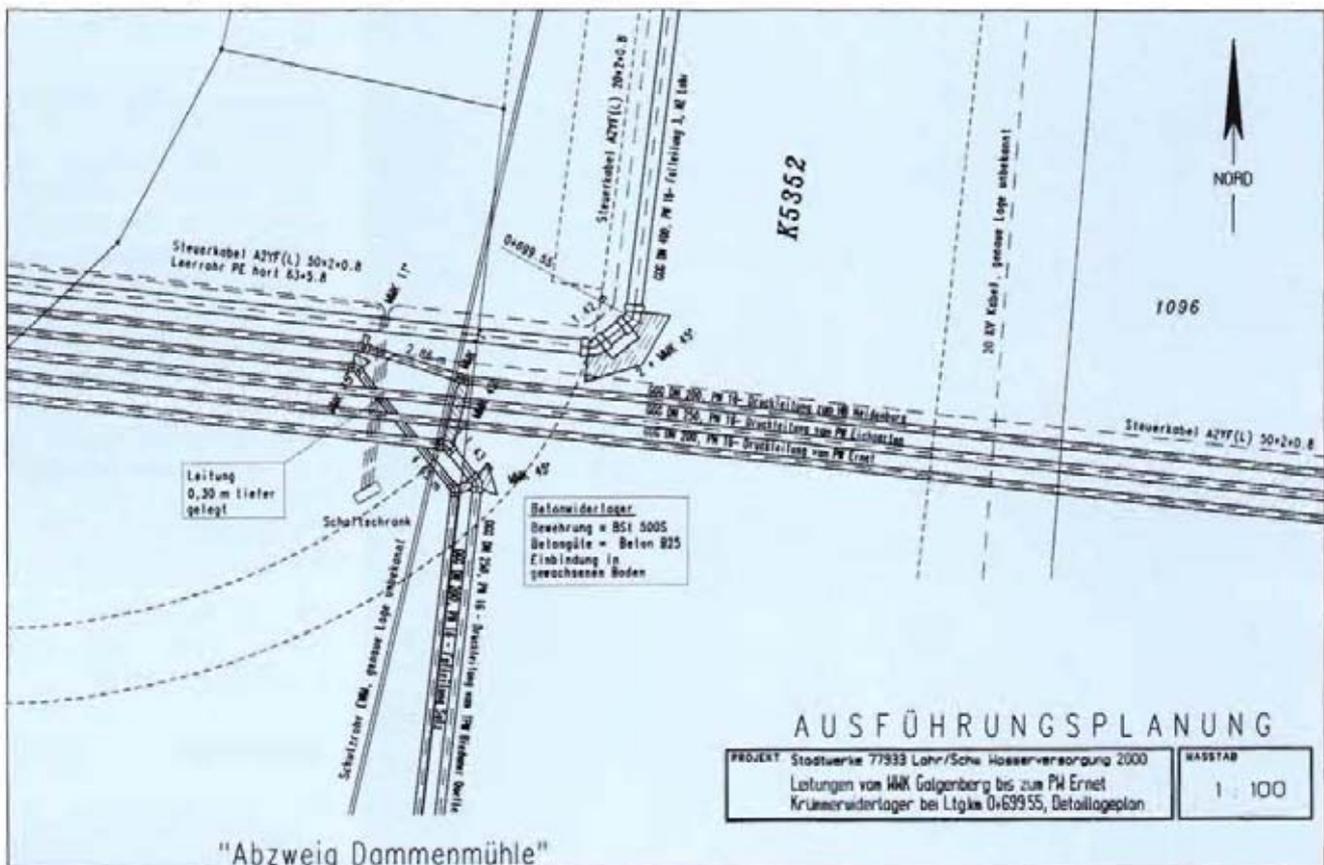


Bild 5: Los 1 - Zeitweise mußten wegen Frost und Schnee die Einbauarbeiten eingestellt werden.

Insgesamt wurden 8.761 m Rohre eingebaut. Die voraussichtlichen Gesamt-Baukosten werden ca. DM 2.385.000,- netto betragen.

Im Zuge der Trassenführung verzweigen sich die einzelnen Rohrleitungen so, daß im letzten Trassenabschnitt vor dem Tiefbrunnen Ernet nur noch eine Rohrleitung verlegt ist. Im Bereich der Sulzbach- und Scherbachquerungen sind jeweils Entleerungsbauteile sowie an den Hochpunkten Entlüftungsbauteile

Bild 4: Abzweig Dammenmühle, Krümmerwiderlager



werke eingeplant worden. Hierbei konnten erstmals die vom Gußrohrhersteller im DXF-Format zur Verfügung gestellten Planungshilfen vorteilhaft für die Detailplanung eingesetzt werden. Diese wurden auch im problematischen Wasserwerk-Einführungsbereich und bei schwierigen Abzweigsituationen genutzt, um die Ausführung durch klare Plandarstellungen zu erleichtern.

#### Öffentliche Ausschreibung und Vergabe:

Die Ausschreibung wurde in zwei Losen entsprechend den Bauabschnitten im August und September 1995 vorbereitet und durchgeführt.

Folgende wesentlichen technischen Vorgaben waren Grundlage der Leistungsbeschreibung des Rohrleitungsbaus:

Bild 6: Steilstrecke ( $I \approx 50\%$ ) kurz vor der Einbindung in das Wasserwerk

Druckrohre GGG DN 200–500 mit Steckmuffensystem TYTON nach DIN 28 610, Klasse K 10, Druckstufe PN 16, mit Zementmörtelauskleidung nach DIN 2614. Bei der Rohrleitung vom PW Eichgarten aus der Schwarzwald-/Vorbergzone wurde wegen des pH-Wertes der Rohwässer (pH 7) eine Tonerdezementmörtel-Innenauskleidung gewählt. Der Rohraußenschutz war mit einem Zink-Spritzüberzug mit bituminöser Deckbeschichtung nach DIN 30 674 Teil 3 ausgeschrieben.

Im Bereich der Sulzbachquerung waren die Bodenverhältnisse durch den stark salzhaltigen Mineralbrunnen so aggressiv (spez. Bodenwiderstand  $900 \Omega \cdot \text{cm}$ ), daß ein Rohraußenschutz für die Bodengruppe III gem. DVGW Arbeitsblatt GW 9 erforderlich wurde. Als Rohraußenschutz wurde deshalb die Zementmörtelumhüllung entsprechend DIN 30 674 Teil 2 für diesen ca. 90 m langen Trassenabschnitt für alle sechs Rohrleitungen gefordert.

Die Rohraxialkräfte bei Richtungsänderungen in der Horizontalen und Vertikalen wurden mittels Rohrwiderlager und bewehrter Querriegelkonstruktionen von ca. 1 m Dicke mit Beton B 25 gem. DVGW-Merkblatt GW 310 auf den anstehenden Boden abgetragen. Von den Bietern wurde für die Ausführung die DVGW-Bescheinigung W2 gefordert.

Alternativ ist der Rohrleitungsbau auch für Stahlleitungen ausgeschrieben worden. Da bei allen Bietern das Angebot mit Gußleitungen günstiger ausfiel, war die Vergabe auch aus Kostengründen für die duktilen Gußrohre naheliegend. Die Vergabe erfolgte schließlich im Dezember 1995 durch den Gemeinderat der Stadt Lahr an die Fa. Kindle & Co., welche das preisgünstigste Angebot abgab und die geforderten Qualifikationen nachweisen konnte.

Die Auftragssumme für beide Lose war DM 3.522.832,- netto.

#### Ausführung:

Der Rohrleitungsbau im 1. Bauabschnitt durch das Gewinn Heidelberg gestaltete



sich unproblematisch. Noch im Dezember 1995 konnte mit dem Freimachen der Leitungstrasse begonnen werden. Begünstigt durch einen milden Winter konnten die Arbeiten mit nur wenigen wetterbedingten Ausfallzeiten nahezu kontinuierlich bis ins Frühjahr durchgeführt werden. Dabei war der Baugrund, ein sehr standhafter Lößlehm, hilfreich. Denn in freier Strecke außerhalb von Straßengrundstücken konnte mit Grabenböschungen von 70-80° sicher gearbeitet werden. Die Erdaushubarbeiten konnten folglich reduziert werden. Das zur Verlegung notwendige Grabenbreitenmaß für 4 Rohrleitungen von DN 250 bis DN 500 war ca. 3,40 m. Die mittlere Grabentiefe betrug 2,00 m, so daß bei sohlgleicher Verlegung beim größten Rohrdurchmesser DN 500 eine Regelüberdeckung von 1,40 m vorhanden war. Der Leitungsbau des 1. Abschnittes war im April 1996 einschließlich der Erdarbeiten termingerecht abgeschlossen. Die Leitungen wurden aber erst im Dezember, nach Spülen und Desinfizieren, an das Netz an-

wurden die Baugruben für die Schachtbauwerke angesichts der Baugrubentiefe von bis zu 4,90 m mit Spundwanddielen gesichert. Die Aufnahme der horizontalen Erddruckkräfte erfolgte mit einer innenliegenden Kopfaussteifung mit entsprechend tiefer Einspannung der Spundwanddielen. Die Rohrbettung erfolgte nach Bodenaustausch auf Sand.

Im topographisch schwierigsten Teil des 2. Bauabschnittes, zwischen Wasserwerk und Sulzbach, mit maximaler Längsneigung von ca. 50 %, wurden Grabenbreiten bis zu 5,30 m zur Verlegung von sechs nebeneinanderliegenden Gußleitungen in den Dimensionen DN 200 bis DN 400 benötigt. Durch die freie Feldlage konnten durch Einsatz von schweren Maschinen hohe Verlegezeiten erzielt werden. Die 400er Falleitung in die Niederzone Lahr mußte in der K 5352/Werderstraße unter beengten Verhältnissen



Bild 7: Leitungseinführung vor dem Entleerungsbauwerk „Dammenmühle“

gebunden. Die Desinfektion erfolgte auf Wasserstoffperoxidbasis.

Im 2. Bauabschnitt, welcher von März bis Dezember 1996 durchgeführt wurde, konnten wiederum die Vorteile des Baugrundes vorteilhaft für Bauzeit und Baukosten genutzt werden. Nur im Straßenbereich (z. B. in der Kreisstraße K 5352) war ein Grabenverbau notwendig. Einzig im Bereich der Gewässerkreuzungen (Sulzbach und Scheerbach) bzw. der Entleerungsbauwerke gestaltete sich der Verbau schwierig. Dabei mußte auch ein Bodenaustausch vorgenommen werden, denn ein standhafter Baugrund wurde erst bei ca. 5,50 m Tiefe angetroffen.

Durch die hier vorhandenen fließenden Bodenarten (BKL 2) wie Auelehme mit organischen Bestandteilen in weicher, breiiger Konsistenz mit darüberliegenden wasserführenden rotbraunen Feinsanden (Fließsand)

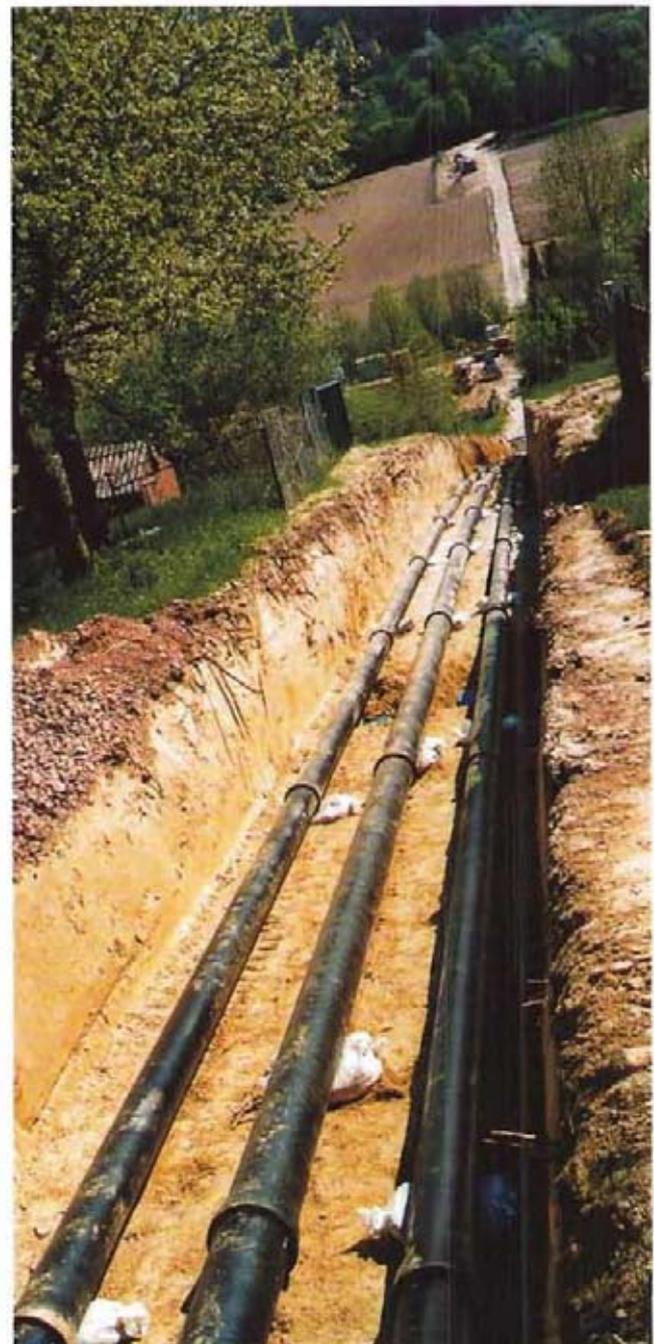


Bild 8: Einbau im Bereich von Wirtschaftswegen

mit mehreren Kabel- und Leitungskreuzungen verlegt werden. Doch auch dies konnte, dank der Kooperationsbereitschaft aller Projektbeteiligten, bewilligt werden.

Insgesamt ist festzuhalten, daß eine Baumaßnahme in dieser Größenordnung in einjähriger Bauzeit nur mit gemeinsamer Anstrengung zu realisieren war, angefangen von Bauherr und Betreiber, Planer, Bauleiter über Bauunternehmer und alle öffentlichen Stellen bis hin zum Rohrlieferanten. Die Stadtwerke Lahr konnten die gesetzten Ziele dieser Phase des Projektes „Wasser 2000“ mit der Fertigstellung des Wasserwerks Galgenberg und dem Bau der Zu- und Abgangsleitungen erreichen und somit die Trinkwasserversorgung der Stadt Lahr verbessern und bis weit über die Jahrtausendwende sicherstellen.

#### **Ausblick:**

Derzeit laufen die Planungsarbeiten für die nächste Projektphase im Rahmen der Wasserversorgung 2000 auf Hochtouren. Noch im 1. Halbjahr 1997 soll mit dem Bau des neuen Pumpwerks Eich-



Bild 9: Richtungsänderung im Bereich des Stadions

garten und der dazu notwendigen ca. 6 km langen Zubringerleitung DN 200 begonnen werden.

## Sanierung einer 1927 in der Ortslage Hofheim verlegten Stahlrohr-Wasserleitung DN 600 mit Rohren aus duktilem Gußeisen

Von Wolfgang Otto Jaeckel

**Neubau ist die beste Sanierung, und wenn man dann noch zementmörtelumhüllte Rohre einsetzt, kann man sicher sein, daß der nächste Sanierungsfall sehr lange auf sich warten lassen wird. Die einfache Verbindungs- und Einbautechnik der duktilen Rohre kam hinzu, so daß den Stadtwerken Worms die Entscheidung nicht schwerfiel.**

### 1. Allgemeines

An der 1927 zwischen dem Wasserwerk Bürstadt und dem Hochbehälter Rameyer mit Stahlrohren gebauten Hauptversorgungsleitung DN 600 (Bild 1) sind in der Ortslage von Hofheim Schäden aufgetreten, welche in den vergangenen Jahren eine abschnittsweise Sanierung erforderlich machten.

In den Jahren bis 1992 wurden bei den Stadtwerken in Worms für solche Sanierungsmaßnahmen Spann-

betonrohre eingesetzt. Weil vom Hersteller die Produktion dieser Rohre eingestellt wurde, mußte ein neues Rohrmaterial ausgewählt werden.

### 2. Trassenerkundung mit Bodenuntersuchung

Die Trasse der geplanten Auswechslung wird innerhalb der Ortschaft Hofheim mit Entwässerungssammellern, Ortsgas- (HGD), Ortswasser- (HW) und Hausanschlußleitungen für Elektrizität, Gas, Kanal, Telekom und Wasser gequert.

Die projektierte Hauptwasserleitung liegt innerhalb des Ortsgebietes unter einer bituminierten Straßenoberfläche, außerhalb der Ortschaft zwischen Bürstadt und Hofheim in einem bituminierten Landwirtschaftsweg und zwischen Hofheim und Rosengarten in der unbefestigten Böschung einer Landstraße.

Ein in Worms ortsansässiges Geotechnikunternehmen wurde beauftragt, entlang des geplanten Verlaufs

Bild 1: Lageplan der Hauptversorgungsleitung zwischen Wasserwerk Bürstadt und Hochbehälter Rameyer

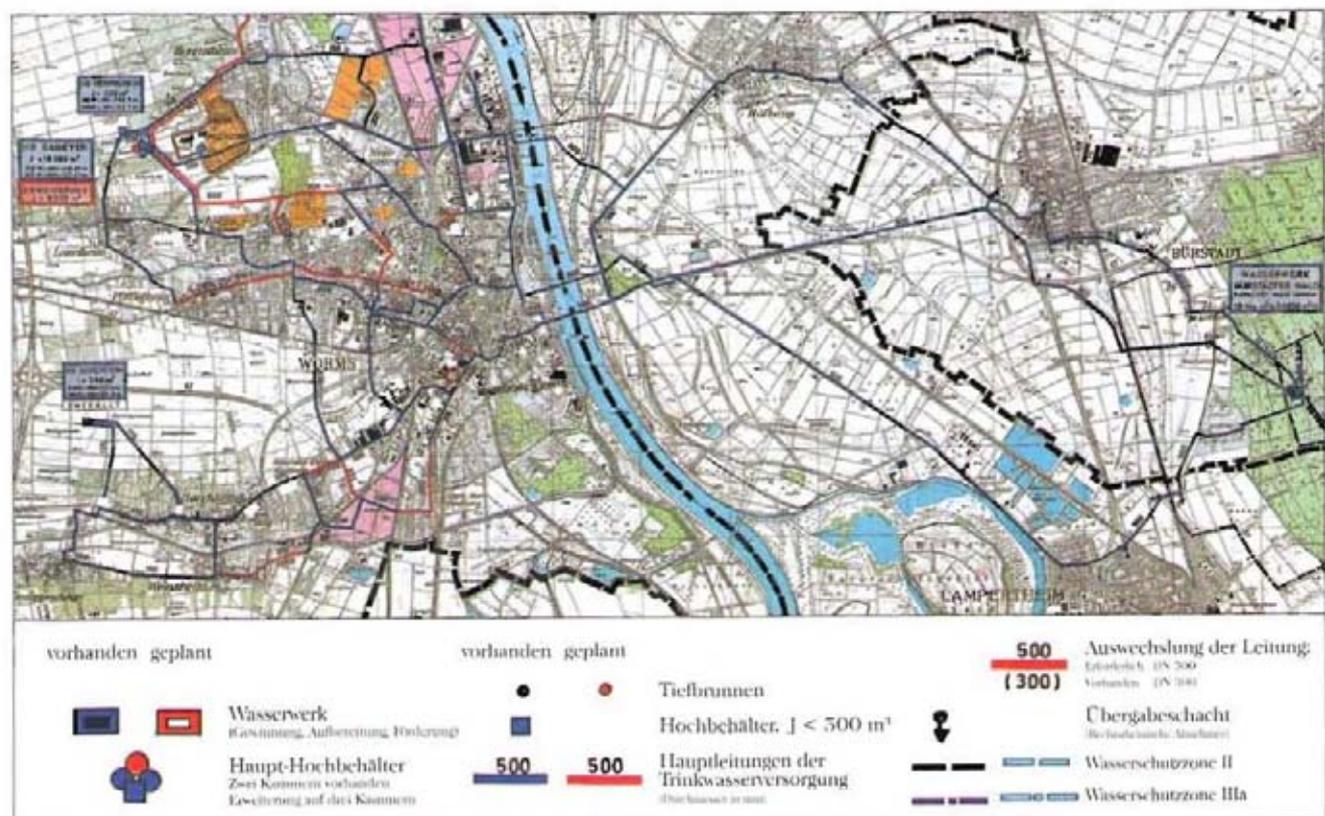




Bild 2: Steckmuffenverbindung TKF



Bild 4: Schrumpfschlauch über TYTON-TKF-Verbindung

der Wasserleitung durch Sondierbohrungen bzw. Grundwasserbeobachtungspegel Boden- und Grundwasserproben zu gewinnen, und diese, orientiert an das DVGW-Regelwerk und DIN 4030, DIN 50 929 Teil 3, auf ihre Aggressivität gegenüber Metall, Kunststoff und Beton chemisch zu untersuchen (Bild 3).

Es wurden zehn Sondierbohrungen niedergebracht, davon wurden zwei als Grundwasserbeobachtungspegel ausgebaut und 14 Proben analysiert (u. a. Wassergehalt-, Sulfat-, Sulfid- und Säuregrad).

Die Proben ergaben eine ca. 0,70 m dicke Mutterbodenschicht, künstliche Auffüllung, Betonguß, Sand bis zu einer Mächtigkeit von 2,60 m. Darunter folgen Schluff, Fein- und Mittelsande.

Die Bewertungen der Laborbefunde aus den entnommenen Boden- und Wasserproben ergaben nach DIN 50 929 Teil 3 eine geringe Aggressivität gegenüber

Eisenwerkstoffen, so daß eine Ummantelung der Rohrleitung mit Sand zweckmäßig erschien.

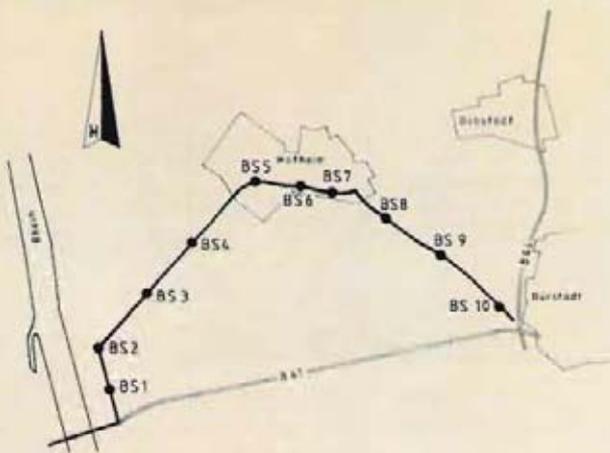
### 3. Auswahl des Rohrwerkstoffes

An den bisher bei der Verlegung von Spannbetonrohren eingesetzten Formstücken aus Stahl mit Zementmörtel-Umhüllung und -Auskleidung sind bereits Schäden aufgetreten, welche mit hohem Aufwand saniert werden mußten.

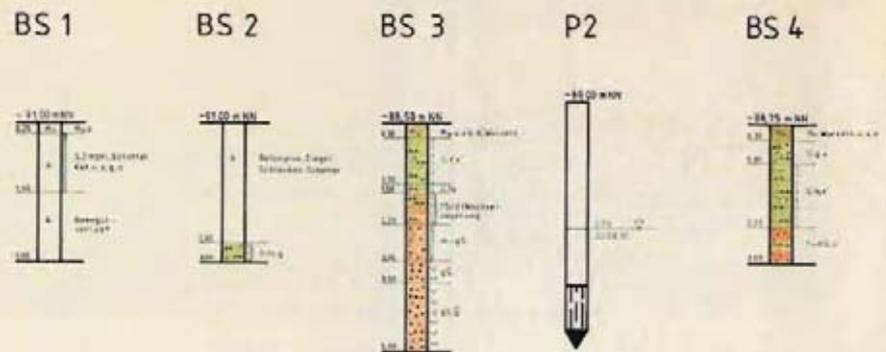
Hinzu kam die schon zuvor erwähnte Einstellung der Rohrproduktion bei dem bisherigen Hersteller. Bei den früher schon einmal eingesetzten Stahlrohren mit Zementmörtel-Auskleidung und Stumpfschweißverbindung erwies sich der Innenschutz im Schweißnahtbereich nach unseren Erfahrungen zu aufwendig. Die Erfahrungen, daß im Bereich der Schweißnähte der Spalt in der Zementmörtel-Auskleidung infolge

Bild 3: Lageplan und Resultate der Sondierbohrungen

### Lageplan



### Bohrsondierungen / Pegel



Korrosion zusintert, konnten wir bei Reparaturen nicht bestätigt finden. Vielmehr war starker Metallabtrag neben den Schweißnähten sichtbar.

Lediglich bei den auch schon eingesetzten duktilen Gußrohren mit Zementmörtel-Auskleidung konnten wir bei Aufgrabungen und Einbau von Formstücken keine Beeinträchtigung, z. B. Zementabplatzungen, feststellen. Daher fiel auch die Materialentscheidung zugunsten dieser Rohre.

Durch die Zementmörtel-Umhüllung ist das duktile Gußrohrmaterial außerdem geeignet, Boden- und Wasseraggressivität ohne Gefährdung zu überstehen.

#### 4. Durchführung der Baumaßnahme

Nach Abschluß der Vorarbeiten wurde die Baumaßnahme Hofheim in vier Bauabschnitten ausgeschrieben:

- 1993 I. Abschnitt Kirchstraße/Knodestraße:  
Fa. Müller 820 m 8 Monate
- 1994 II. Abschnitt Erzbergerstraße  
Fa. Müller 505 m 6 Monate
- 1995 III. Abschnitt Ortseingang  
Fa. Bohlen 280 m 3 Monate
- 1996 IV. Abschnitt Düker Kanal Lindenstr.  
Fa. Müller 30 m 10 Kalendertage

Die Vergabe erfolgte nach Genehmigung durch den Werksausschuß der Stadtwerke an die preiswertesten Firmen. Die Rohre wurden von den Stadtwerken eingekauft und beigelegt.

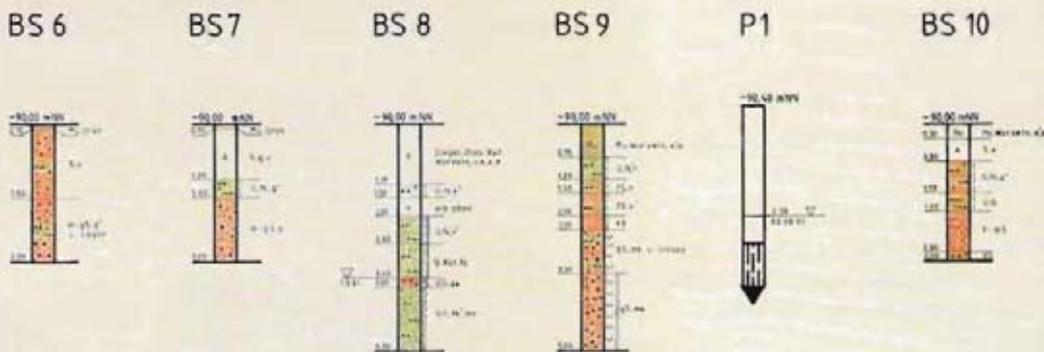
Die ortsansässigen Behörden, insbesondere die Straßenbauverwaltung, waren nach der Erneuerung des Gestattungsvertrages mit der Verlegung in der Landstraße und dem mit einer Bitumendecke ausgebauten Landwirtschaftsweg einverstanden. Sie forderten die sorgfältige Wiederherstellung der Straßenoberfläche und zeigten sich kooperativ bei der Verkehrsregelung und -abspernung.



Bild 5: Sichere Verbautechnik hatte Vorrang

Auf den Lagerplätzen wurde vor Verlegebeginn mit den ausführenden Firmen die Verlegetechnik, das Aufbringen der Schweißraupen für die TKF- (Bild 2) und TIS-Verbindungen und das Aufbringen der Schrumpfschläuche für die Muffenverbindungen geübt (Bild 4). Großen Wert legte der Auftraggeber auf die sichere Verbautechnik, da die im Straßenbereich liegenden Böden zu Ausbrüchen und späten Setzungen neigten (Bild 5).

## Legende



BS	Sonderbohrung
P	Grundwasserbeobachtungspegel
Δ	Auffüllung
■	Mutterboden
■	Schluff/Sand, stark kurzg.
■	Fein-Mittelsand, Feins.
Kontaktschicht:	
—	stark
—	mittel
—	stark
—	mittel
—	stark
—	mittel
□	Grundwasserstand an

Blatt	87 - 91	Blatt	3
Transportleitung Hofheim			
Lageplan Bohrsondierungen / Pegel			
Maßstab	1:2500, 1:50	Geplante Bohrung	Dr. Müller
Gezeichnet	Dr. Müller	Geplante Bohrung	Dr. Müller
Geprüft	Dr. Müller	Geplante Bohrung	Dr. Müller
Geplant	Dr. Müller	Geplante Bohrung	Dr. Müller



Bild 6: Sicherung der Rohrbogen durch die längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung TIS

Die Grabentiefe (Deckung der Leitung ca. 1,00 bis 1,20 m) betrug im Mittel 1,75 m, im Dükerbereich ca. 3,00 m. Hier mußte auch eine Wasserabsenkung durch die ausführende Firma vorgenommen werden.

Der Einbau der Rohre erfolgte nach den Richtlinien der DIN 19 630 und den Verlegeanleitungen des Herstellers.

Beeinträchtigungen des Straßenverkehrs wurden weitgehend vermieden. Es wurden Bauabschnitte von 15 m Länge gewählt, die lärmintensiveren Aufgrabungsarbeiten jeweils bis zur Mittagszeit fertiggestellt.

Der Bagger bewegte sich über dem verbauten Rohrgraben in dessen Längsachse und arbeitete teilweise über Kopf. Abschnittsweise wurde die Straße halbseitig gesperrt. Durch den Einsatz der längskraftschlüssigen Verbindungs-Systeme TKF und TIS (Bild 6) wurde der Bau von aufwendigen Betonwiderlagern vermieden.

Nach dem Aufbruch der Oberflächen wurde der Aushub auf Rohrleitungstiefe vorgenommen. Da die geplante Trasse der Hauptwasserleitung nahe und teils in der vorhandenen Trasse lag, konnte das Höhenprofil übernommen werden.

Der ausgehobene Boden wurde zum großen Teil abgefahren. Noch dem Einbau von 2-3 Rohren à 6 m Baulänge wurde steinfreies Material eingefüllt (Bild 7), verdichtet und der übrige Graben inkl. Bitumentragschicht geschlossen. Die Kopflöcher für die

Entleerung/Entlüftung und die Endstücke blieben bis zu den Einbindungsarbeiten offen.

Die Leitung wurde abschnittsweise gefüllt und entlüftet, dabei wurde mit einer Dosierpumpe Wasserstoffperoxid 1 l/10 m<sup>3</sup> zugemischt. Anschließend erfolgte die Dichtheitsprüfung mit 15 bar Prüfdruck. Nach 24 Stunden Einwirkzeit wurde die Leitung gespült und die Wasserprobe für die mikrobiologische Untersuchung entnommen. Die Freigabe zur Inbetriebnahme erhielten wir nach 72 Stunden.

In der Zwischenzeit ergab die Hauptdruckprobe gemäß DIN 4279 Teil 3 einen Druckabfall kleiner 0,1 bar nach 18 Stunden. Die Restarbeiten bestanden in der Leitungsverbindung, Schließen der Kopflöcher, Wiederherstellen der Feindecke und Straßenbankette.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Die eingesetzten duktilen Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung und Zementmörtel-Auskleidung haben sich, bezogen auf die günstige Einbautechnik, Korrosionsbeständigkeit und Kosten, bewährt. Aus den vorgenannten Gründen werden die Stadtwerke Worms in den Jahren 1997, 1998 und 1999 weiterhin Auswechslungen mit diesen Rohren durchführen, insbesondere einen Bauabschnitt, der sich aufgrund zahlreicher Düker nicht innensanieren läßt. Ab dem Jahr 1997 werden jährlich ca. 1000 m verlegt. Die Auswechslungen werden ca. zehn Jahre in Anspruch nehmen.

Bild 7: Einbau im Ortsbereich



## Längskraftschlüssige Verbindungen für Rohrleitungssysteme aus duktilem Gußeisen

Von Oskar Halter und Michael Mischo

**Der Beitrag gibt einen Überblick über die derzeit angebotenen Systeme bei zugfesten Verbindungen. Ihre technischen und anwendungsspezifischen Eigenschaften werden erläutert. Außerdem befassen sich die Autoren mit Schwerpunkten des z. Zt. überarbeiteten DVGW-Merkblatts GW 368 „Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen...“.**

### 1. Einleitung

Die Verbindungen für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen werden im allgemeinen in zwei Gruppen eingeteilt:

- Muffenverbindungen, vorwiegend für erdüberdeckte Rohrleitungen,
- Flanschverbindungen, vorwiegend für oberirdische Anlagen,

Während es sich bei Flanschverbindungen ausschließlich um starre, längskraftschlüssige Verbindungen handelt, sind Muffenverbindungen beweglich, abwinkelbar und zunächst nicht längskraftschlüssig.

Überwiegend innere Kräfte, die durch den Innendruck bei der Druckprüfung und im Betrieb der Rohrleitung hervorgerufen werden, aber auch äußere Kräfte durch Zerrungen bei Bodenbewegungen und an Steilhängen, sowie an Richtungs- und Visierbrüchen, an Endverschlüssen oder Absperrarmaturen müssen in den Boden eingeleitet werden. Das kann auf zwei Arten geschehen:

- über Betonwiderlager
- über längskraftschlüssige Verbindungen

Für die Bemessung der Betonwiderlager gibt das DVGW Merkblatt GW 310 [1] Hinweise. In [2] wird beispielhaft die Berechnung von Betonwiderlagern in unterschiedlichen Einbausituationen erläutert. In der Praxis gibt es aber Fälle, bei denen einerseits längskraftschlüssige Verbindungen notwendig sind, andererseits die Abwinkelbarkeit der Muffenverbindung

verlangt wird, z. B. in instabilen Böden, die kein Widerlager erlauben oder in innerstädtischen Bereichen mit wenig Platz für Widerlager. In solchen Fällen kommen längskraftschlüssige Muffenverbindungen zum Einsatz [3].

Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen nicht längskraftschlüssiger Verbindungen gibt das DVGW-Merkblatt GW 368 [4], das zur Zeit überarbeitet wird.

In diesem Beitrag wird ein Überblick über die in der Praxis eingesetzten längskraftschlüssigen Muffenverbindungen für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen gegeben. Neben den Gründen für die Überarbeitung des DVGW-Merkblattes GW 368 werden die Anforderungen gemäß den neuen europäischen Normen behandelt.

### 2. Bauarten längskraftschlüssiger Verbindungen

#### 2.1 Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen

Es gibt längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen mit und ohne umlaufenden Schweißwulst am Einsteckende. Darüber hinaus wird zwischen Systemen mit vorgesetzter Sicherungskammer und integrierter Sicherungskammer unterschieden (Tabelle 1).

##### a Steckmuffenverbindungen mit Schweißwulst am Einsteckende

Diese Art der Längskraftschlüssigen Verbindung existiert seit Ende der 60er Jahre. Der Schweißwulst übernimmt die Sicherung des Halteringes (Tabelle 2).

Bei der Verbindung TIS (mit TYTON-Dichtung bis DN 700) bzw. SIS (mit Standard-Dichtung ab DN 800) wird die vorgesetzte Sicherungskammer durch spezielle Schrauben gehalten (Bild 1). Die Ausführung der Verbindung ist für Rohre und Formstücke gleich.

Tabelle 1: Übersicht – Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen

	ohne Sicherungskammer	mit vorgesetzter Sicherungskammer	mit integrierter Sicherungskammer
mit Schweißwulst am Einsteckende	-	TIS	TIS-K TKF
ohne Schweißwulst am Einsteckende	TYTON-SIT	-	NOVO-SIT

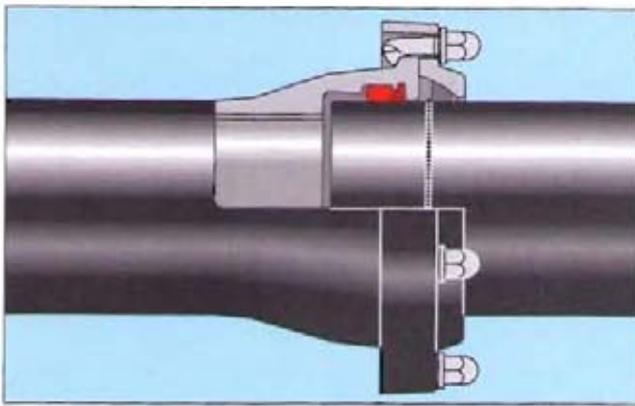


Bild 1: Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung TIS

Bei dem System TIS-K ist die Sicherungskammer angegossen (Bild 2). Die Konstruktionsmerkmale der TIS-K-Verbindung sind mit denen der TIS-Verbindung vergleichbar.

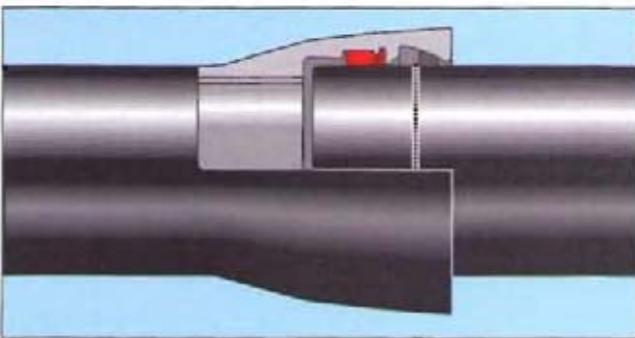


Bild 2: Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung TIS-K

Die TKF-Verbindung (Bild 3) hat eine ähnliche Funktionsweise wie die TIS-K-Verbindung. Anstelle des Halteringes werden allerdings mehrere Segmente verwendet, die bei der Montage durch ein Fenster in der Muffenstirn eingeführt werden.

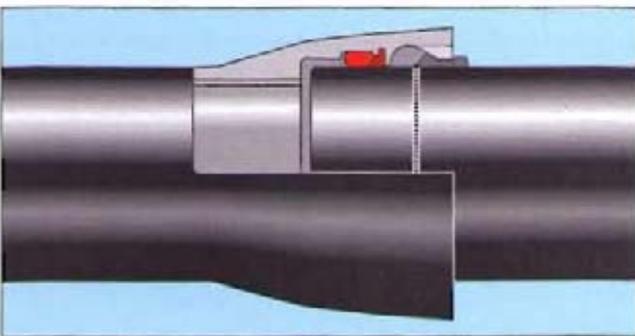


Bild 3: Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung TKF

## b Steckmuffenverbindungen ohne Schweißwulst am Einsteckende

Die am häufigsten eingesetzte längskraftschlüssige Verbindung ist die TYTON-SIT-Verbindung (Bild 4). Anstelle der üblichen TYTON-Dichtung wird eine Dichtung mit einvulkanisierten Edelstahlsegmenten verwendet.

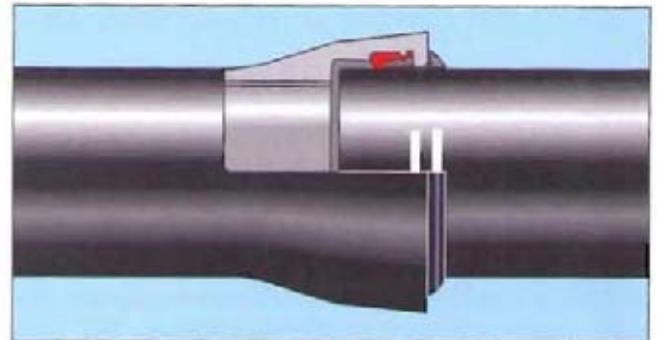


Bild 4: Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung TYTON-SIT

Die jüngste längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung für Rohre und Formstücke heißt NOVO-SIT (Bild 5). Die Ausführung der Muffen entspricht der des Systems TIS-K. Anstelle des Schweißwulstes wird ein Gummiring mit einvulkanisierten Edelstahlsegmenten verwendet.

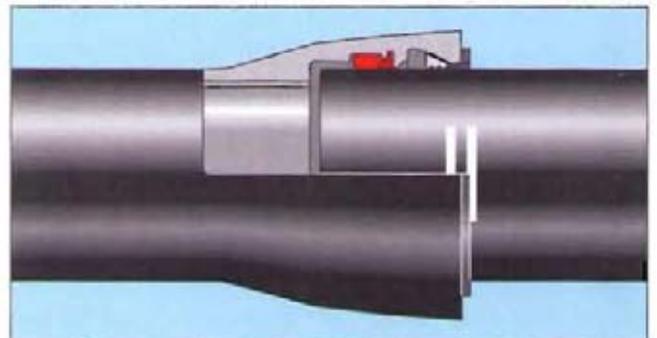


Bild 5: Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindung NOVO-SIT

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Anwendungsbereiche der längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen ohne Schweißwulst. In jedem Falle sind die Katalogangaben der Hersteller und die entsprechenden Einbauanleitungen zu beachten, da nicht jede Verbindung dazu geeignet ist, allen in der Praxis vorkommenden Beanspruchungen gerecht zu werden.

Tabelle 2: Übersicht - Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen mit Schweißwulst am Einsteckende

	Nennweitenbereich	zul. Betriebsdrücke (nennweitenabhängig)	zul. Abwinkelbarkeit (nennweitenabhängig)
TIS/SIS	DN 100 bis 1200	PEA 40 bis PEA 10	4° bis 1,5°
TIS-K	DN 100 bis 800	PEA 40 bis PEA 16	3° bis 2°
TKF	DN 300 bis 1200	PEA 40 bis PEA 20	4° bis 1,5°

	Nennweitenbereich	zul. Betriebsdrücke (nennweitenabhängig)	zul. Abwinkelbarkeit (nennweitenabhängig)
TYTON-SIT	DN 80 bis 400	PFA 16 bis PFA 10	3°
NOVO-SIT	DN 80 bis 700	PFA 40 bis PFA 10	bis 3°

Tabelle 3: Übersicht – Längskraftschlüssige Steckmuffenverbindungen ohne Schweißwulst am Einsteckende

### c Klemmschellen

Für das nachträgliche Sichern einer Steck- oder Schraubmuffenverbindung können Klemmschellen verwendet werden, die aus zwei gleichen Teilen bestehen und durch Schrauben miteinander verbunden werden.

Die Längskraftschlüssigkeit bewirkt der über die Muffe greifende Halteteil im Zusammenspiel mit den gezahnten Druckplatten in den Aussparungen der Schelle.

Diese Systeme, die grundsätzlich nur im erdverlegten Bereich eingesetzt werden dürfen, existieren z. B. als ARS-Rillenschelle für Schraubmuffen-Verbindungen im Nennweitenbereich DN 40 bis DN 300, für TYTON-Verbindungen in DN 80 bis DN 300. Die zulässigen Betriebsdrücke PFA betragen bei jeder Nennweite maximal 16 bar.

### 2.2 Längskraftschlüssige Schraubmuffenverbindungen

Im Bereich längskraftschlüssiger Schraubmuffenverbindungen kann heute zwischen den Systemen mit Verriegelungselementen und denen mit Klemmring unterschieden werden.

**Bild 6** zeigt eine längskraftschlüssige Schraubmuffenverbindung mit Verriegelungselementen. Hier hat der Schlüsselbund des Schraubringes entgegen der Ein-

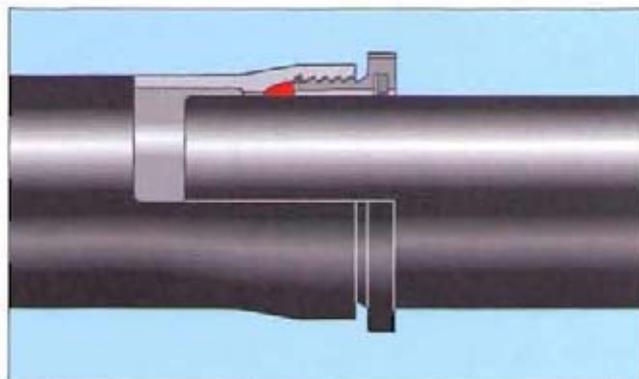


Bild 6: Längskraftschlüssige Schraubmuffenverbindung mit Verriegelungselementen

schraubdrehrichtung nach innen fallende Einschubkanäle mit rechteckigem Querschnitt. Durch das tangentiale Eintreiben von verzahnten Keilen, die sich in ein Rohr oder F-Stück einschneiden, wird eine längskraftschlüssige Verbindung erzeugt.

Für die Systeme mit Klemmring existieren zwei Arten von Verbindungen: mit einfachem Klemmring (**Bild 7**) und mit Klemmring spezial (**Bild 8**).

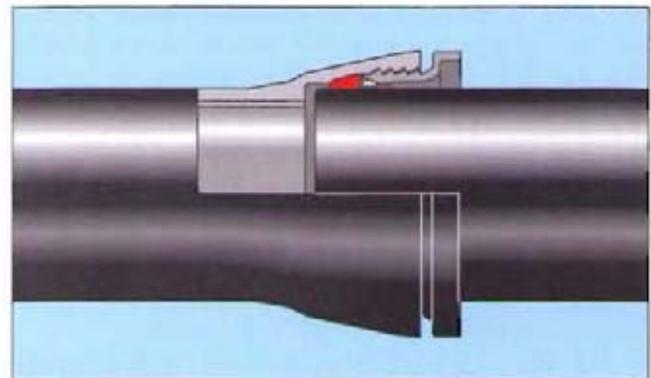


Bild 7: Längskraftschlüssige Schraubmuffenverbindung mit Klemmring

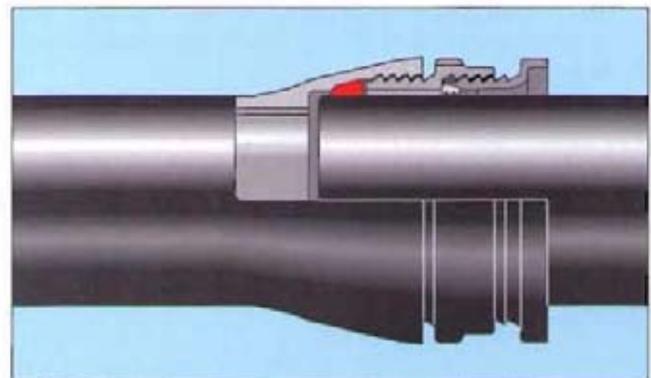


Bild 8: Längskraftschlüssige Schraubmuffenverbindung mit Klemmring spezial

**Tabelle 4** gibt einen Überblick über die Anwendungsbereiche und Einsatzgrenzen der längskraftschlüssigen Schraubmuffenverbindungen.

Tabelle 4: Übersicht – Längskraftschlüssige Schraubmuffenverbindungen

	Nennweitenbereich	zul. Betriebsdrücke (nennweitenabhängig)	zul. Abwinkelbarkeit (nennweitenabhängig)
mit Verriegelungselementen	DN 80 bis 400	PFA 16 bis PFA 10	2°
mit Klemmring	DN 80 bis 300	PFA 16	3° bis 2°
mit Klemmring spezial	DN 300, DN 400	PFA 16	3°

### 3. Typprüfungen nach DIN EN 545

Die europäischen Normen, die Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für den Transport von Trinkwasser, Abwasser oder Gas beschreiben, verpflichten den Hersteller dazu, alle Verbindungen einer sogenannten Typprüfung zu unterziehen, die entweder vom Hersteller selbst oder von einem anerkannten Prüfinstitut in seinem Namen durchgeführt werden muß.

Mit der erfolgreich durchgeführten Typprüfung erbringt der Hersteller den Nachweis der Funktionsstüchtigkeit einer Verbindung, die nur nach Änderung der Bauart wiederholt werden muß.

Dabei wird für jede in der **Tabelle 5** angegebenen Nennweitengruppe mindestens eine Nennweite (DN), die repräsentativ für die ganze Gruppe ist, nach bestimmten Kriterien geprüft. Wenn bei einem Hersteller eine Gruppe nur eine DN enthält, so kann diese DN als Teil der benachbarten Gruppe angesehen werden.

Bei den zu prüfenden Verbindungen handelt es sich sowohl um starre Verbindungen (Flansch-Verbindungen) als auch um bewegliche Steckmuffenverbindungen in längskraftschlüssiger und nicht längskraftschlüssiger Ausführung.

Es gelten generell folgende Prüfparameter:

- bei allen Verbindungen muß der größtmögliche Ringraum vorliegen, das heißt ein maximales Spiel zwischen dem Rohreinsteckende und dem Dichtungsberreich der Rohrmuffe, um so extreme Fertigungstoleranzen zu reproduzieren,
- die verwendeten Rohreinsteckenden müssen auf  $2 \times DN$  (mm) die zulässige Mindestwanddicke aufweisen.

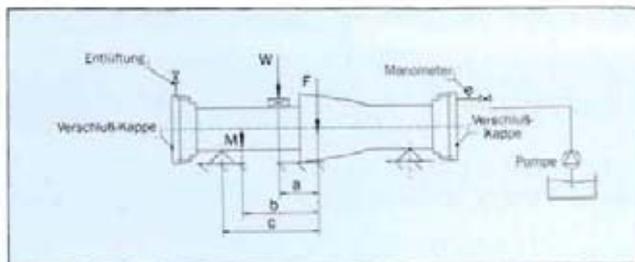


Bild 9: Versuchsaufbau - Dichtheit gegen Innendruck unter Scherlast

Die **Bilder 9 bis 12** zeigen den Versuchsaufbau für die unterschiedlichen Typprüfungen beweglicher Muffenverbindungen.

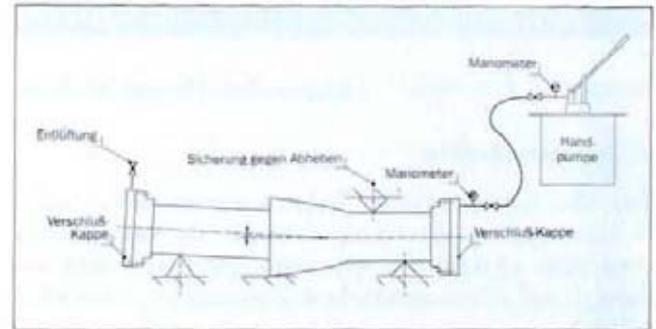


Bild 10: Versuchsaufbau - Dichtheit gegen Außendruck unter Abwinkelung

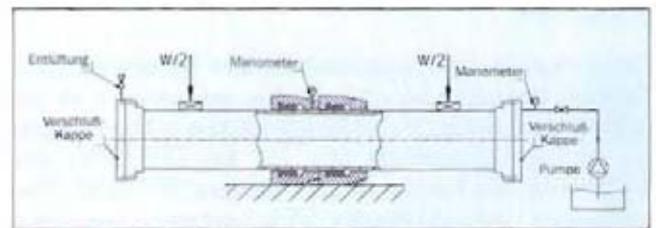


Bild 11: Versuchsaufbau - Dichtheit gegen Außendruck mit Biegemoment

Bei Rohren mit aufgeschraubten oder angeschweißten Flanschen muß lediglich eine Typprüfung durchgeführt werden (**Bild 12**). Unter kombinierter Belastung aus positivem Innendruck ( $2 \times P_N$ ) und einer definierten äußeren Belastung, die Biegemomente er-

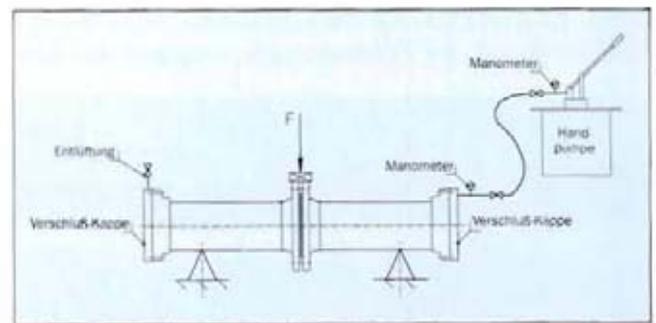


Bild 12: Versuchsaufbau - Dichtheit gegen Innendruck mit Biegemoment

Tabelle 5: Nennweitengruppierungen und Prüfungen nach DIN EN 545

Typ-Prüfungen	Nennweitengruppen			
Positiver Wasserinnendruck $p = 1,5 PFA + 5 \text{ bar}$				
Negativer Innendruck mit Luft $p = 0,9 \text{ bar}$				
Positiver hydrostatischer Außendruck $p = 2 \text{ bar}$	DN 40 bis DN 250	DN 300 bis DN 600	DN 700 bis DN 1100	DN 1100 bis DN 2000
Zyklischer hydrostatischer Innendruck $p = 0,5 PFA/PFA$ (24.000 Zyklen)				

zeugen, wird die Flanschverbindung unter Bedingungen, die deutlich höher liegen als die, die üblicherweise im Betrieb erreicht werden, geprüft.

Der Prüfumfang für längskraftschlüssige Verbindungen nach DIN EN 545 geht somit in seinen Anforderungen an die Verbindungen weit über die Anforderungen des DVGW-Merkblattes GW 368 vom April 1973 hinaus. Die Systemvielfalt und Änderungen in der Baustellenpraxis haben dazu geführt, daß der DVGW beschlossen hat, das Merkblatt zu überarbeiten. Die Anwendung europäischer Normen sowie die jahrzehntelangen praktischen Erfahrungen der Betreiber und Hersteller sollen dazu beitragen, daß das Merkblatt wieder dem neuesten Stand der Technik entspricht.

#### 4. Rohrleitungssysteme

Bei der Qualitätssicherung des Bauwerkes Rohrleitung ist es stets sinnvoll, eine ganzheitliche Betrachtungsweise vorzunehmen. Es reicht nicht aus, für die einzelnen Komponenten, Rohre, Formstücke und Armaturen isolierte Anforderungen und Prüfkriterien zu erarbeiten. Es muß die Kompatibilität der Verbindungen untereinander bedarfsbezogen bei Neubau sowie bei der Instandsetzung alter Rohrleitungssysteme sichergestellt sein.

So finden längskraftschlüssige Systeme mit Schweißwulst am Einsteckende ihre bevorzugte Anwendung bei Transportleitungen mit großem Nennweiten- und Druckbereich. Durch den Schweißwulst können hohe Schub- und Druckkräfte übertragen werden. Beim Bau von Transportleitungen fallen Schnitte und dadurch bedingte Baustellennähte selten an, so daß die bereits werkseitig aufgebrauchten Schweißraupen voll ausgenutzt werden können.

Beim Bau von Verteilungsleitungen mit einem Nennweitenbereich bis DN 300 und zulässigen Betriebsdrücken bis PFA 16 sind längskraftschlüssige Systeme mit glatten Einsteckenden die wirtschaftlichere Technik. Die zahlreich vorkommenden Visier- und Richtungsbrüche sowie die notwendigen Abzweige, Armaturen und Hydranten erzwingen viele Rohrschnitte, ohne daß nachträglich Schweißraupen auf der Baustelle aufgebracht werden müssen.

#### 5. DVGW-Arbeitsblatt GW 368

Der Geltungsbereich des Merkblattes GW 368 erstreckt sich auf die Herstellung und den Einbau zugfester Verbindungsteile zur (nachträglichen) Sicherung nicht längskraftschlüssiger Verbindungen. Es ergänzt das DVGW-Merkblatt GW 310, Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern.

Das überarbeitete GW 368 wird folgende Schwerpunkte enthalten:

- Bauarten von längskraftschlüssigen Muffenverbindungen:

Im Gegensatz zu der heutigen Fassung des Merkblattes soll künftig ein Überblick über die in der Praxis eingesetzten Möglichkeiten von längskraftschlüssigen Verbindungen für Steck- und Schraubmuffen gegeben werden. Dem Anwender wird die Bedeutung der Typprüfungen erläutert.

- Die Berechnung von längskraftschlüssigen Rohrleitungen nach neuesten Erkenntnissen:

Die Praxis zeigt, daß die Rohrleitung bei der Druckprüfung in den meisten Fällen bereits vollständig eingedeckt ist. Im heutigen Merkblatt geht man bei der Berechnung davon aus, daß die Rohre lediglich auf 2/3 ihrer Länge (4m) eingedeckt sind. Die Vorgabe einer Eindeckung von der gesamten Rohrlänge (6 m), vergrößert den Erdwiderstand und reduziert so die zu sichernde Rohrleitungslänge.

#### 6. Zusammenfassung

Im Laufe der letzten Jahrzehnte hat es die Industrie in enger Zusammenarbeit mit den Rohrleitungsbauern und -betreibern durch zielorientierte Produktentwicklung geschafft, den Qualitätsstandard der Rohre und deren Verbindungstechnik deutlich anzuheben und die Anwendungsbereiche zu vergrößern im Hinblick auf

- Wirtschaftlichkeit bei der Produktion,
- Investitionsaufwand beim Rohrleitungsbau,
- zu erwartenden Unterhaltungs- und Instandsetzungsaufwand bei bestehenden Rohrnetzen,
- baustellengerechte Anwendungsmöglichkeiten unter Nutzung vorhandener Werkzeuge, Einrichtungen und Arbeitsverfahren.

#### Literatur- und Normennachweis:

- [1] DVGW-Merkblatt GW 310: Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bögen und Abzweigen mit nicht längskraftschlüssigen Verbindungen
- [2] M. Jung: Beton-Widerlager für erdverlegte Druckrohrleitungen Sonderdruck aus bbr Heft 10/94
- [3] O. Halter, A. Kottmann: Rohrleitungsbau unter erschwerten Bedingungen 3R international, 33 (1994) Heft 9, S. 480-485
- [4] DVGW-Merkblatt GW 368: Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nicht längskraftschlüssiger Rohrverbindungen
- [5] DIN EN 545: Rohre, Formstücke und Zubehöerteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen

## Fernwasseranschluß Eisleben Verlegen einer duktilen Gußrohrleitung DN 800 im Bergsenkungsgebiet – 1. BA

Von Olaf Eidam, Gerd Suderlau und Wolfgang Rink

**Eine Leitung DN 600 mit Flanschverbindungen war durch Bergsenkungsbewegungen unbrauchbar geworden. Sie wurde nun durch eine Leitung DN 800 aus duktilem Gußrohr mit TYTON-Langmuffen ersetzt. Umfangreiche Berechnungen im Hinblick auf erneute Erdbewegungen führten zur Anwendung verschiedener Grabentechniken mit spezifischer Einbettung und vor allem zum Einsatz eines speziellen Sicherungssystems. Diese Technik sorgt für die Verteilung von Zerrungen und Pressungen auf den Strang bei gleichzeitiger Begrenzung der Axialbewegung in den einzelnen Muffen. Damit sind alle Voraussetzungen getroffen, daß die Dichtheit der Leitung bei Bergsenkungen erhalten bleibt.**

### 1. Einleitung

Das Mansfelder Land ist geprägt von den Folgen jahrhundertlang betriebenen Bergbaus und der damit verbundenen Wasserhaltung. Hinzu kommen unzu-

reichende und qualitativ schlechte natürliche Wasserressourcen. Diese Umstände erforderten bereits in der Vergangenheit die Versorgung dieses Gebietes mit brauchbarem Trinkwasser, in diesem Fall mit Fernwasser aus der Rappbode-Talsperre. Bisheriger Endpunkt dieses Versorgungsstranges war die Übergabestation auf dem Friedrichsberg bei Eisleben.

An der von dort aus zum Hochbehälter Wolferode weiterführenden Stahlrohrleitung DN 600, welche ein aktives Bergsenkungsgebiet durchquert, kam es im Frühjahr 1995 zu einer aus Untergrundbewegungen hervorgerufenen Havarie.

Mit dem geplanten Anschluß weiterer Territorien im Süden und Südwesten an das bestehende System wächst die Bedeutung des bisherigen Anschlusses. Damit verbunden ist u. a. eine Kapazitätserweiterung. Gerade unter Berücksichtigung der genannten geologischen und bergbauhistorischen Aspekte ist eine besonders hohe Betriebssicherheit des Versorgungssystems anzustreben.

Bild 1: Zerstörungen einer Hüttenanlage nach Gebirgsschlägen



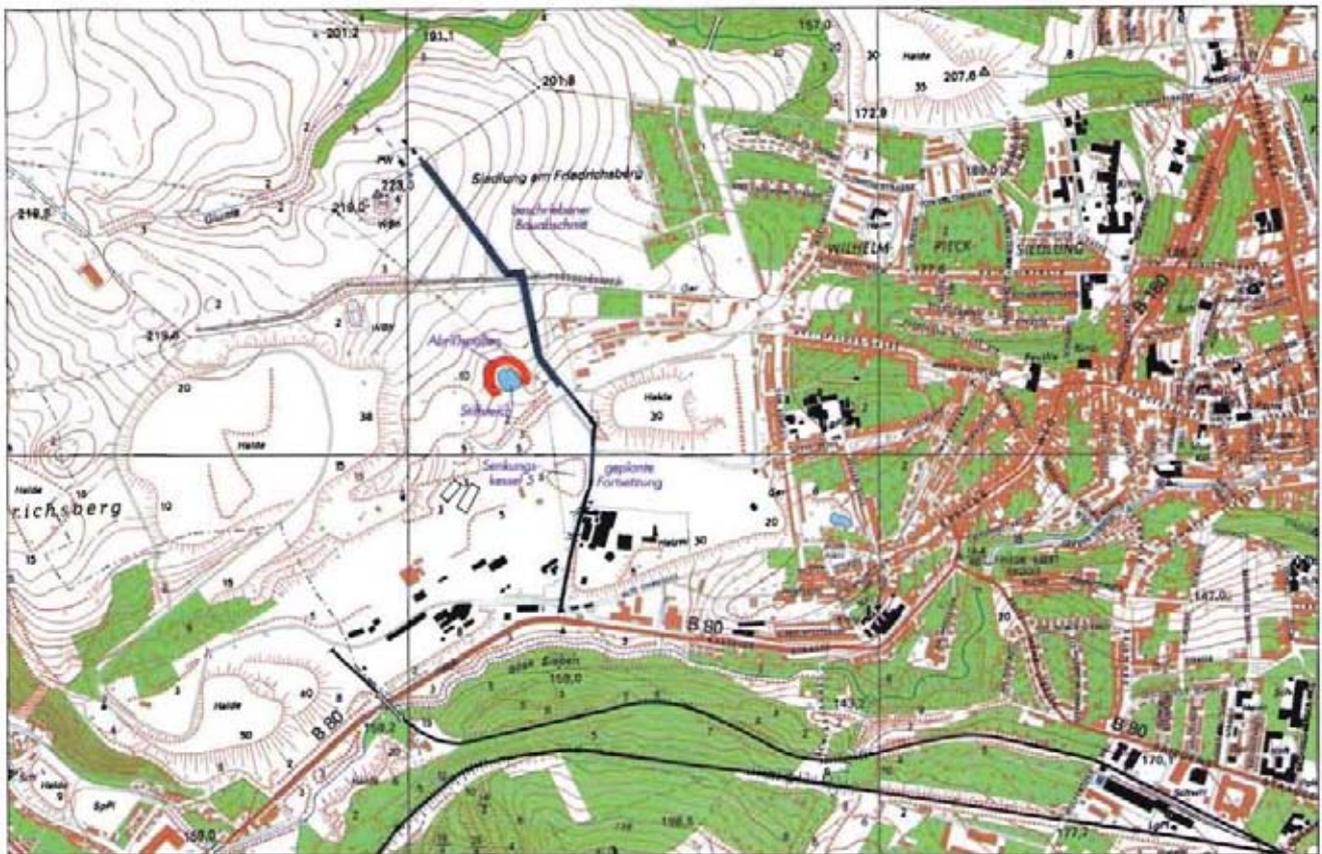


Bild 2: Der Westteil Eislebens mit der beschriebenen Leitung

## 2. Geologische Verhältnisse

### 2.1 Bergbaubedingte Subrosionsentwicklung

Leichte Rißschäden an Gebäuden des dicht bebauten Stadtteiles „Siebenhitze“ der Stadt Eisleben deuteten etwa ab 1973 auf Untergrundbewegungen, hervorgerufen durch Auslagerungsvorgänge in salinaren Gesteinen, hin. Die Oberflächensenkungen intensivierten sich ständig, und die Folgen für die baulichen Anlagen waren verheerend. Im Zentrum des Senkungskessels hatten die Vertikalbewegungen ein Maß von 1,50 m überschritten.

Im Jahre 1976 hatten extreme Absenkungen am Westrand der Stadt in kürzester Zeit zum Verlust eines ganzen Industriegebietes, der Karl-Liebknecht-Hütte, geführt. Innerhalb eines Tages senkte sich die Geländeoberfläche im Zentrum des sogenannten Senkungskessels 5 um mehr als 10 m ab. Die Zerstörungen ähnelten denen eines starken Erdbebens, und mit Erschütterungen dieser Art, im bergmännischen Sprachgebrauch „Gebirgsschlägen“, waren die Vorgänge in Eisleben auch verbunden. Einen Eindruck über das Ausmaß der Zerstörungen im Hüttengelände vermittelt **Bild 1**.

Eine durch das Gebiet führende Hauptwasserleitung der MIDEWA GmbH mußte in dieser Zeit erneuert werden, um die Versorgung aufrechtzuerhalten. 19 Jahre später brach diese Leitung an mehreren Stellen oberhalb des Senkungskessels 5 infolge erneuter Senkungsbewegungen im Bereich des sogenannten „Stiftsteiches“ (**Bild 2**).

## 3. Vorgeschichte/Aufgabenstellung

Die Mitte der 70er Jahre von der Übergabestation Eisleben-Friedrichsberg zum PW Wolferrode gebaute Leitung verläuft im Bereich Stiftsteich, Krughütte Eisleben (chem. Karl-Liebknecht-Hütte) durch ein Senkungsgebiet. Für den Bau der Leitung wurden 12 m lange Stahlrohre DN 600 mit Flanschverbindungen verwendet. Infolge der erwähnten Senkungsvorgänge im Bereich des Stiftsteiches oberhalb der Krughütte haben auf die Leitung Zerrungen (Zugkräfte in Richtung Leitungsachse) eingewirkt, die dazu führten, daß in diesem Bereich fast alle Flanschverbindungen undicht wurden. Bei Reparaturen wurde man damit konfrontiert, daß, nachdem die Schrauben der Verbindung mit der Trennscheibe gelöst wurden, durch die auf die Leitung einwirkenden Kräfte die Flanschen plötzlich bis zu 40 mm auseinanderklafften. Mit den undichten Flanschverbindungen waren erhebliche Wasserverluste verbunden. Um die Versorgungssicherheit kurzfristig wiederherzustellen, ist von oberhalb des ehemaligen Senkungskessels 5 bis zum Abzweig Friedrichsberg ein Bypass DN 400 als Provisorium verlegt worden. Es kam nun darauf an, die Versorgungssicherheit auch langfristig zu gewährleisten. Dies sollte durch eine grundlegende Sanierung der Leitung, d. h. eine Neuverlegung, erreicht werden.

## 4. Vorplanung und Vergleich der verschiedenen Möglichkeiten

Anstelle der havarierten Wasserleitung DN 600 wurde auf leicht veränderter Trasse, die so weit wie möglich vom Senkungszentrum entfernt lag, eine

neue Leitung geplant. Für die bestehende Trasse existiert Bestandsschutz. Da eine im oberen Trassenbereich befindliche Tonlagerstätte perspektivisch abgebaut werden soll, was bei einer Beibehaltung des derzeitigen Trassenverlaufes Schwierigkeiten bereiten würde, wurde die neue Trasse an den Rand des zukünftigen Abbaus verlegt.

Im unteren Bereich wurde eine Verlegung so weit wie möglich vom Senkungsgebiet entfernt angestrebt. Ein ca. 5 bis 10 m von der bisherigen Leitungstrasse entfernter Katasterweg schien daher geeigneter für die Verlegung. Dadurch wurde auch ein zusätzlicher Knickpunkt der Leitungstrasse im Senkungsgebiet beseitigt.

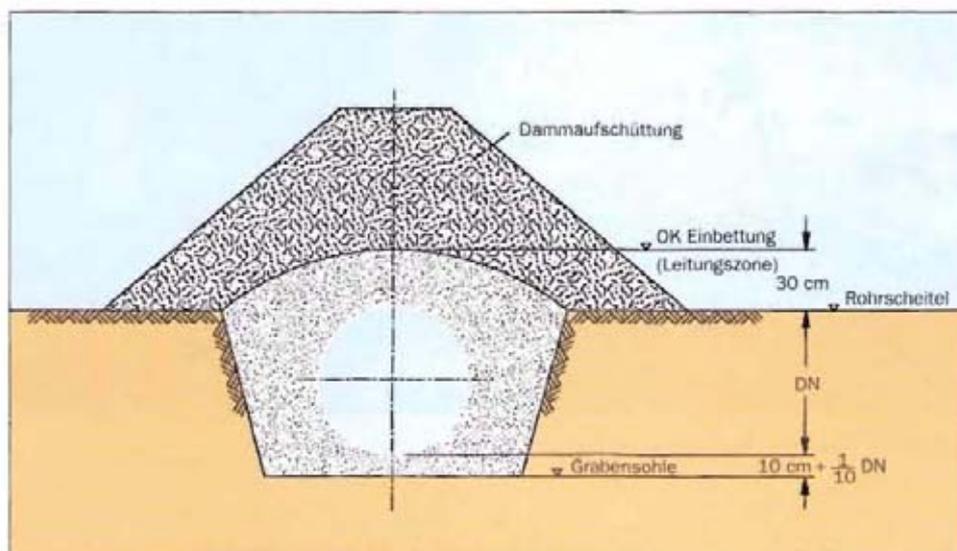


Bild 3: Modifizierter Flachgraben mit Aufschüttung im Bereich der Schadenshäufung

Der 1. Bauabschnitt ist 627 m lang. Er beginnt an der Übergabestation Eisleben und führt bis unterhalb des Bereiches, in dem die Schäden aufgetreten sind. Bei der Dimensionierung der neuen Leitung wurde von dem Bauherrn, der MIDEWA Eisleben, gefordert, die technischen Voraussetzungen dafür zu schaffen, künftig 1000 m<sup>3</sup>/h Wasser zu transportieren, um den geplanten Fernwasseranschluß Sachsen-Anhalt-Süd zu gewährleisten.

Aus diesem Grund wurde für die neue Leitung die Nennweite (DN) 800 festgelegt. Im oberen Bereich war die Leitung für die Druckstufe PN 10, im unteren Bereich für die Druckstufe PN 16 auszulegen. Um die Leitung und alle dazugehörigen Bauwerke auf einer gesicherten Basis planen zu können, wurde HPC, Harress Pickel Consult GmbH, mit Baugrunduntersuchungen beauftragt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in der Gutachterlichen Stellungnahme [1] niedergeschrieben.

Für die Rohrverlegung wurden drei Varianten – normaler Rohrgraben (1,5 m Aushubtiefe), Überflurverlegung, Flachgraben – untersucht.

Weiterhin wurden Aussagen zu aktuellen und prognostischen subsosionsbedingten Oberflächendeformationen gemacht. Trotz fehlender Meßergebnisse

erstellte man eine Senkungsprognose im Sinne einer Worst-case-Betrachtung. Danach muß die neue Leitung in der Lage sein, Horizontalbewegungen in der Größenordnung von 0,13 mm/m/a oder 7,9 mm/m/60 a aufzunehmen.

In bezug auf die in Frage kommenden Rohrwerkstoffe wurden zwei Varianten untersucht:

1. Rohre aus duktilem Gußeisen nach DIN 28 600 (DIN EN 545) mit TYTON-Steckmuffenverbindungen Form B (Langmuffe) nach DIN 28 603.
2. Stahlrohre mit verstärkter Wanddicke und Stumpfschweißverbindung.

## 5. Planung

Von Station 0,0 + 0,00 (Übergabestation) bis zur Station 0,4 + 06,5 und von Station 0,5 + 75,0 bis Station 0,6 + 27,0 wurde die Verlegung im normalen Rohrgraben (ca. 2,0 m Aushubtiefe) gewählt. Für den Bereich, in dem die Häufung der Schäden aufgetreten war, Station 0,4 + 06,5 bis Station 0,5 + 75,0, fiel die Entscheidung für die Verlegung in einem modifizierten Flachgraben mit Aufschüttung (Bild 3).

Wichtig war hierbei die Einbettung der Rohrleitung in ein Kiessandbett (rolliges Material), wodurch

sich eine minimale Reibungszahl  $\mu$  erreichen läßt. Verwendet wurde ein sandiger Kies, Größtkorn 20 mm, Sandanteil > 15%.

Des Weiteren war die Aufschüttung so niedrig wie möglich zu halten, damit die Auflast für die Rohrleitung ebenfalls so niedrig wie möglich blieb (kleinstmögliche Bodenpressung ( $\sigma_v$ )). Mit dieser Verlegeart sind Relativbewegungen zwischen Bauuntergrund und Rohrleitung möglich, um unzulässige Beanspruchungen zu beherrschen.

Bei dem einzusetzenden Rohrmaterial fiel die Entscheidung für Rohre aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Steckmuffenverbindungen Form B. Ausschlaggebend waren hierbei das hohe Arbeitsvermögen des Werkstoffes duktilen Gußeisen und die Eigenschaften der TYTON-Steckmuffenverbindungen Form B. Diese Verbindung ist bis 3° abwinkelbar. Bei 6 m Baulänge ergibt 1° Abwinkelung 10 cm Abweichung von der Leitungsachse. Bei einer möglichen Abwinkelbarkeit von 3° wären dies 30 cm pro Verbindung. Die Verbindung ist darüber hinaus in der Lage, Längsänderungen aufzunehmen. Der Außenschutz der Rohre besteht aus einem Zink-Überzug mit einer bituminösen Deckbeschichtung nach DIN 30 674 Teil 3. Innen haben die Rohre eine Zementmörtel(ZM)-Auskleidung nach DIN 2614.

## 6. Ausführung

Von Station 0,0 + 00,0 bis Station 0,3 + 68,0 wurde die Rohrleitung im normalen Rohrgraben, ohne zusätzliche Sicherungsmaßnahmen, verlegt. Zwischen Station 0,3 + 68,0 und Station 0,3 + 89,0 kreuzte die Trasse einen Weg. Hier wurden duktile Gußrohre mit TKF-Schubsicherung mittels Transportschellen „System Huckenbeck“ in einem Mantelrohr eingebaut.

Wenn Horizontalbewegungen in Richtung der Leitungssachse ablaufen, können in einzelnen Bereichen Zerrungen, Pressungen oder im zeitlichen Ablauf sowohl Zerrungen als auch Pressungen auftreten. Im restlichen Trassenverlauf von Station 0,3 + 89,0 bis Station 0,6 + 27,0 sind laut „Baugrundgutachterlicher Stellungnahme“ infolge von Senkungsvorgängen nur Zerrungen zu erwarten. Der Übergangsbereich Zerrungen/Pressungen wurde ca. 100 m südlich des Trassenendes (I. Bauabschnitt) ermittelt.

Zur Erinnerung an dieser Stelle nochmals die Größenordnung zu erwartender Zerrungen:

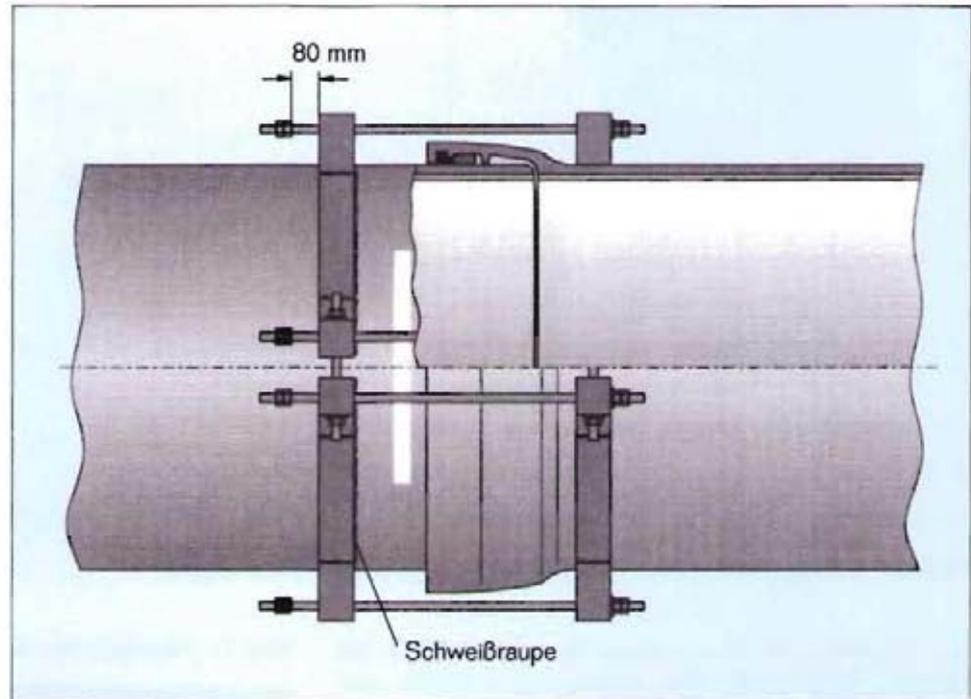
- 7,9 mm/m/60 a
- Baulänge duktile Gußrohre: 6 m
- alle 6 m eine TYTON-Steckmuffenverbindung Form B.

Unter Zugrundelegung der zuvor genannten Werte müßte jede TYTON-Steckmuffenverbindung in 60 Jahren 47,4 mm Auszugsbewegung aufnehmen. Bis auf die letzten fünf Verbindungen vor dem südlichen Trassenende wurden die Verbindungen voll montiert, das heißt, das Einsteckende wurde bis gegen den Muffengrund eingeschoben.

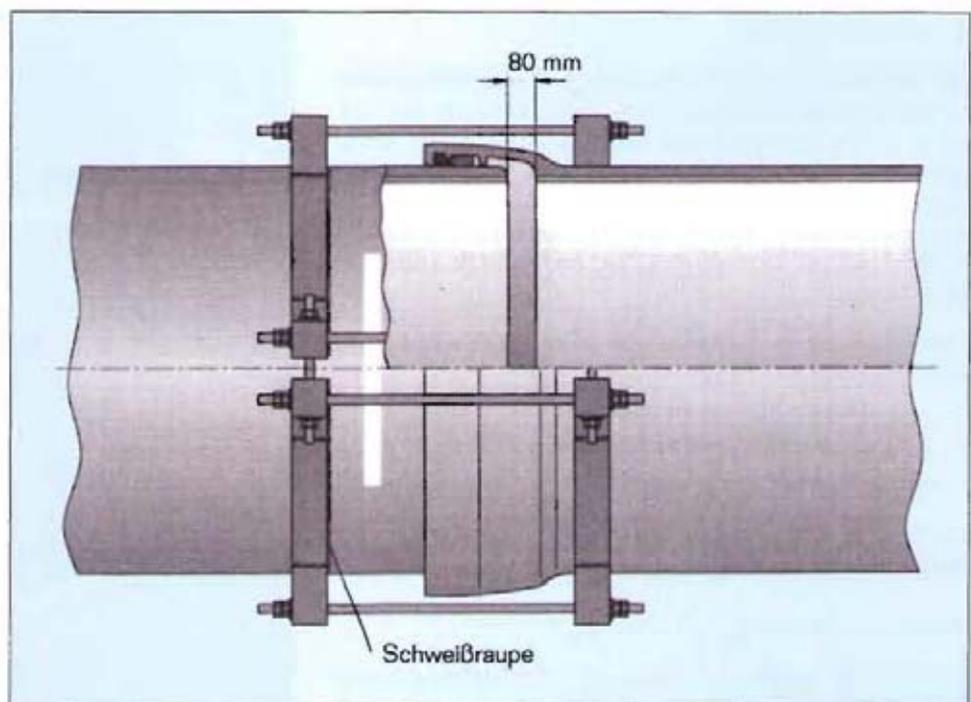
Durch die Horizontalbewegung kann das Einsteckende jetzt bis 80 mm aus der Muffe gezogen werden, ohne daß die Verbindung undicht wird. Die Auszugsbewegungen werden durch Auszugssicherungen (Spezienschellen „System Huckenbeck“) auf 80 mm begrenzt (Bild 4 und Bild 5).

Entsprechende Sicherheiten sind dabei berücksichtigt. Sobald ein Auszug von 80 mm erreicht ist, greift die Auszugssicherung, weitere Zerrkräfte werden auf die nächsten Verbindungen übertragen. Setzt man voraus, daß die Horizontalbewegungen gleichmäßig ablaufen, wären nach frühestens 102 Jahren 80 mm Auszug erreicht. Die am Einsteckende montierte Schelle der Auszugssicherung wird durch eine Schweißbraupe gegen Verrutschen gesichert.

Da das südliche Trassenende des I. Bauabschnittes sich dem Übergangsbereich Zerrungen/Pressungen nähert, wurden die letzten fünf Verbindungen auf Empfehlung des Baugrundgutachtens so montiert, daß zwischen Einsteckende und Muffengrund ein



Bilder 4 und 5: Ausgangssituation (oben), Begrenzung auf 80 mm (unten)



Spalt von 15 mm verblieb. Von dieser Stellung ausgehend, sind sowohl 65 mm Auszug als auch 15 mm Einschub möglich. Der Auszug wurde wiederum durch Auszugssicherungen begrenzt (Bild 6).

Horizontalbewegungen, die in einem Winkel zur Leitungsaachse wirken, werden durch die bis 3° abwinkelbare Muffenverbindung aufgenommen. Die Auszugssicherungen sind **keine** längskraftschlüssigen Verbindungen im Sinne einer Schubsicherung. An

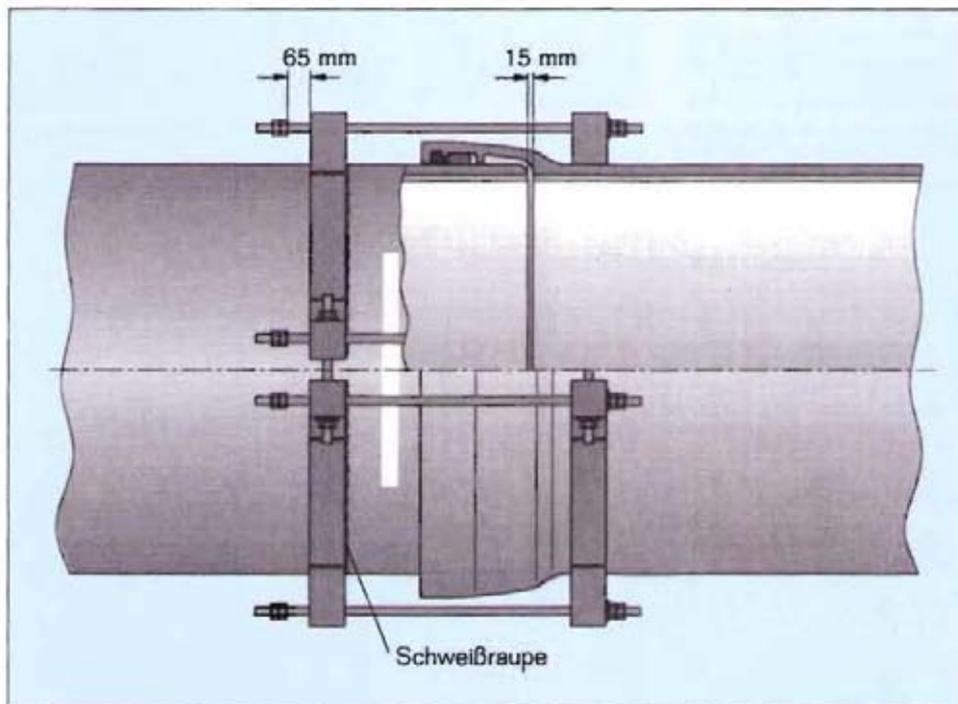


Bild 6: Montage für den Übergangsbereich Zerrungen/Pressungen

den Punkten, an denen durch den Innendruck der Leitung Schubkräfte bzw. resultierende Kräfte entstehen (Krümmer, Abzweige, Leitungsenden), wurden Betonwiderlager gebaut. Diese wurden so bemessen und konzipiert, daß sie den örtlichen Randbedingungen gerecht werden.

Die Wirksamkeit der bautechnischen Sicherungsmaßnahmen ist bereits kurz nach Fertigstellung der Leitung I. BA nachgewiesen worden. Am 18. 6. 1996 führten starke Gebirgsbewegungen mit Gebirgsschlägen zu einer plötzlichen Ausweitung des Senkungskessels „Stiftsteich“. An der Oberfläche waren zahlreiche Rißbildungen (Zerspalten) zu beobachten, die kartiert wurden.

Daraus konnte folgende Dehnungsbeanspruchung des Geländes abgeleitet werden:

- Summe der Spaltenweiten = 190 mm
- betroffener Trassenabschnitt = 88 m
- mittlerer Dehnungsbetrag = 2,2 mm/m.

Die neuerlegte Leitung hat diesen Kraftangriff problemlos überstanden.

#### Zusammenfassung

In Eisleben wurde eine Mitte der 70er Jahre gebaute Stahlleitung DN 600 saniert. Die Sanierung wurde

erforderlich, weil in einem Bergsenkungsgebiet infolge von Bodenbewegungen Schäden aufgetreten waren. Für die Neuverlegung fiel die Entscheidung zugunsten von Rohren aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Steckmuffenverbindungen und einem zusätzlichen speziellen Sicherungssystem. In enger Zusammenarbeit von Auftraggeber, Planer, Baugrundgutachter, bauausführender Firma und Technischem Dienst des Rohrherstellers wurde ein anspruchsvolles Bauwerk geplant und realisiert, welches, legt man das be-

kannte Anforderungsprofil zugrunde, über viele Jahrzehnte Betriebssicherheit gewährleistet.

Der festgelegte Bauzeitenplan wurde voll eingehalten, obwohl die Fa. Pfeiffer, Halle, einen Teil der Arbeiten bei ungünstigen Witterungsbedingungen im Winter durchführen mußte.

#### Literaturnachweis:

- [1] Harress Pickel Consult Gutachterliche Stellungnahme zum Bau einer neuen Wasserleitung im senkungsgefährdeten Trassenabschnitt Projekt-Nr. 13/952694 vom 7. 7. 1995

Bild 7: Montage der Auszugssicherungen



## Planung und Bau zweier parallel verlaufender Trinkwassertransportleitungen DN 800 aus duktilem Gußeisen im „Rahmenplangebiet der Alten Messe Leipzig“

Von Petra Simon und Wolfgang Rink

Die „Neue Messe“ Leipzig ist fertiggestellt und hat auch schon ihre ersten Bewährungsproben hinter sich. Nun wird das immerhin 95 ha große Gebiet der „Alten Messe“ zu einem neuen Stadtteil umgestaltet. Dabei sind umfangreiche Um- und Neubauten von Leitungen erforderlich.

Über zwei Teilstrecken einer solchen Umverlegung wird hier berichtet. Die erste Teilstrecke von 250 m mit zwei parallelen TWL DN 800 mußte in knapp 4 Monaten geplant, ausgeschrieben und ausgeführt werden. Obwohl die Trassenführung einige Sonderlösungen erforderlich machte, und obwohl die Rohre bei Temperaturen bis zu  $-15^{\circ}\text{C}$  eingebaut werden mußten, konnte – nicht zuletzt dank der Robustheit der duktilen Gußrohre – die Leitung termingerecht fertiggestellt werden.

Die zweite Teilstrecke ist gekennzeichnet durch zwei Brücken. In einer dieser Brücken wurden für die Leitungen wärmegeämmte kompensierende

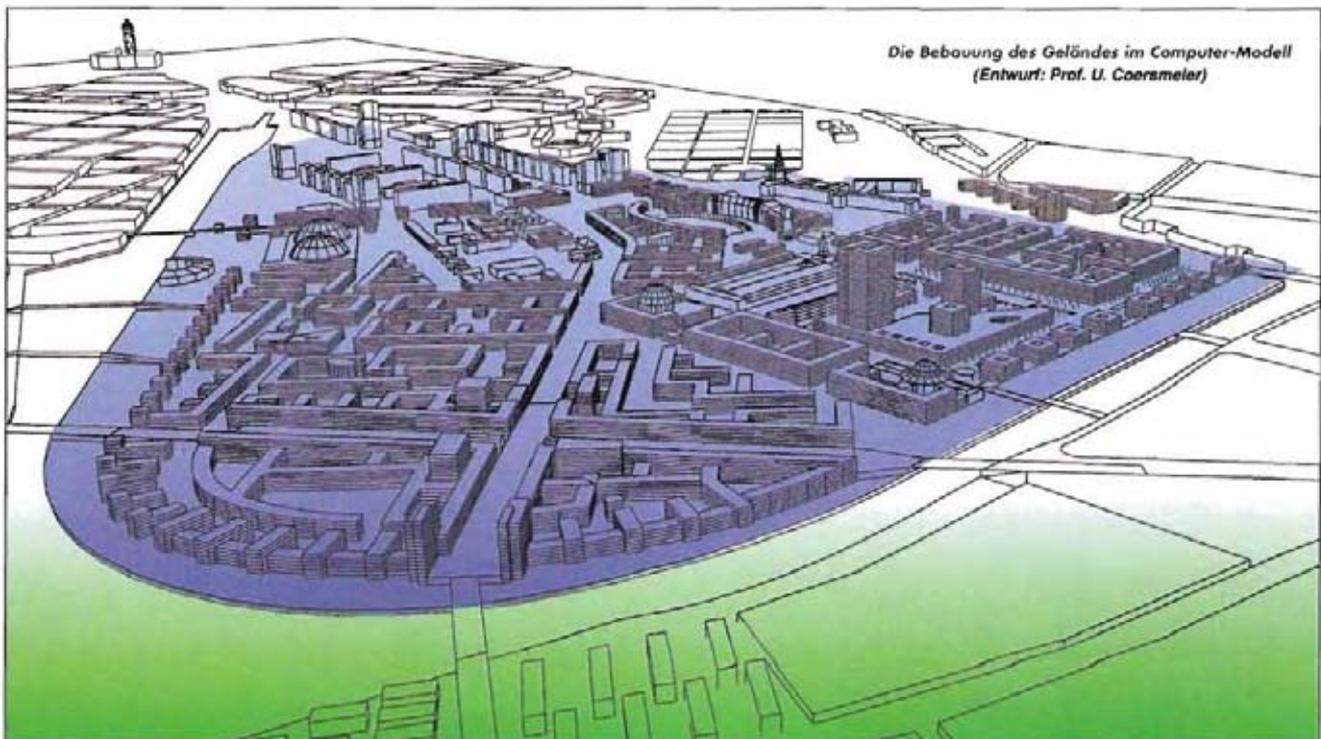
Gußrohre verwendet. Mit einer speziellen Technik wurden diese Rohre so eingebaut, daß Rohrleitung und Brücke sich unabhängig voneinander bewegen können.

Gemeinsam mit der Stadt Leipzig ist es die Aufgabe der Kommunalen Wasserwerke, die Erschließung und Vermarktung des Rahmenplangebietes der Alten Messe als Beitrag zur Lösung „Leipzig kommt“ in die Wirklichkeit umzusetzen. Diese sowohl komplizierte als auch anspruchsvolle Aufgabe verlangt das ganze Können von Planern und Ausführenden. Die Auswahl von geeigneten Materialien und ausgefeilten Techniken steht dabei im Vordergrund.

### 1. Einleitung

Mit Fertigstellung des Neuen Messegeländes soll nach Beschluß der Stadtverordneten die „Alte Messe“ zu einem neuen Stadtteil umgestaltet werden (Bild 1).

Bild 1: Vorgesehene Bebauung des Plangebiets „Alte Messe“



Das ca. 95 ha große Plangebiet umfaßt neben dem Gelände der Alten Messe den sogenannten Messergrund, die Großmarkthallen, das Veterinärmedizinische Institut und den Deutschen Platz.

Durch den innerstädtischen Charakter des Plangebietes wird deutlich, daß im Bereich der Erschließung zu den vorhandenen Trink- und Abwassernetzen umfangreiche Verknüpfungen und Abhängigkeiten bestehen.

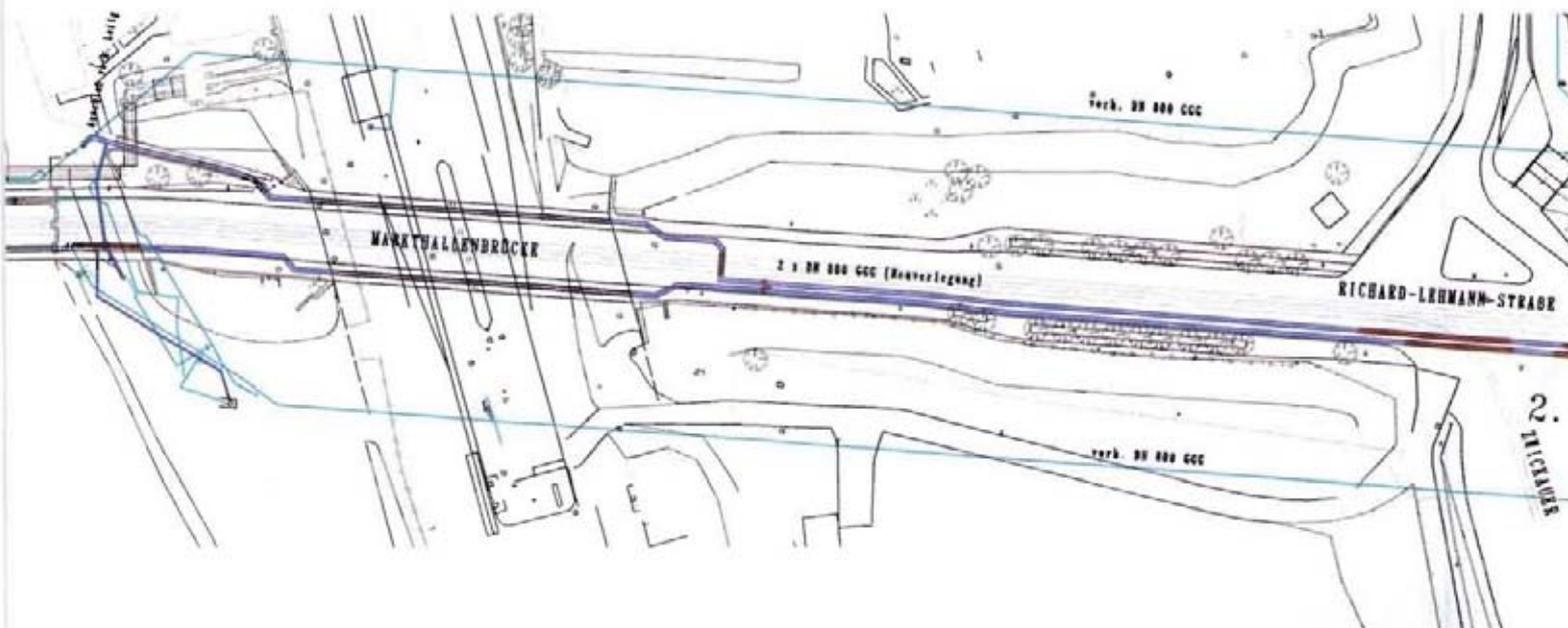
Da die Rahmenplanung keine Rücksicht auf bestehende Straßenzüge, vorhandene Transportleitungen von großen Nennweiten sowie mannsgroße Hauptsammlersysteme nehmen kann, entsteht die Notwendigkeit, neben den Investitionen zur eigentlichen Erschließung auch Maßnahmen zur Umverlegung von Leitungen vorzunehmen.

## 2. Aufgabenstellung

Der ersten großen Herausforderung sahen sich die Kommunalen Wasserwerke im November 1995 gegenübergestellt: Es bestand die Aufgabe, zwei Transportleitungen DN 800, PN 10 (Grauguß, Verlegejahr 1930), welche die Bebauung in den Baufeldern beeinträchtigt hätten, umzuverlegen.

Durch die Rahmenplanung war vorgegeben, beide Leitungen in den öffentlichen Verkehrsraum umzugliedern (Bild 2).

Bild 2: Lageplan der Bauvorhaben



Dies bedeutete:

- Gesamtlänge der Umverlegung 2 x 700 m
- Parallelführung beider Rohrleitungen in einem Graben unter Aufrechterhaltung des fließenden Verkehrs einschließlich Straßenbahn
- Queren der Markthallenbrücke auf einer Spannweite von 80 m
- Überwinden der Schlachthofbrücke auf einer Spannweite von 15 m
- Höhendifferenz von 11 m zwischen alter und neuer Trasse



Bild 3: Bögen mit TIS-Verbindungen

Da es sich um zwei parallel verlaufende Leitungen handelte, an deren Einbindungspunkten bzw. Bauenden unterschiedliche Installationen erforderlich waren, wird im folgenden zwischen der nördlichen und der südlichen Leitung unterschieden.

## 3. Planung und Ausführung

### 3.1 Erster Bauabschnitt

Im November 1995 bekundete die Mercedes-Benz AG ihr Interesse am Aufbau einer Niederlassung im Rahmenplangebiet der Alten Messe mit dem Ziel, bereits im März 1996 mit den Bauarbeiten beginnen zu wollen. Es erschien zu diesem Zeitpunkt fast nicht denkbar, in dieser kurzen Terminstellung auf einer Länge von 250 m zwei parallel laufende TWL DN 800 mit einem lichten Abstand von 1,5 m zu planen, auszuschreiben und zu verlegen.

Die Herausforderung wurde dennoch von den Kommunalen Wasserwerken angenommen. Das Ingenieurbüro erarbeitete kurzfristig die Planung. Um allen spezifischen Anforderungen Rechnung zu tragen, entschied man sich für den Einsatz von duktilen Gußrohren nach DIN EN 545.

Aufgrund der im Trassenbereich zu erwartenden Bodenverhältnisse sollten Rohre verwendet werden, deren Außenschutz aus einem Zink-Überzug mit einer bituminösen Deckbeschichtung nach DIN 30 674 Teil 3 besteht. Weiterhin galt es, den unterirdischen Bauraum minimal durch Widerlager in Anspruch zu nehmen, so daß im Bereich von Krümmungen und Abzweigen die längskraftschlüssigen TIS-Verbindungen (Bild 3) und in den Vor- und Nachlaufstrecken TKF-Verbindungen vorgesehen wurden. Die Festlegung der zu sichernden Leitungslängen erfolgte nach DVGW-Arbeitsblatt GW 368.

Was während der Planungsphase niemand vorhersehen konnte, war der langanhaltende, mit starken Dauerfrösten durchsetzte Winter. Die Rohrverlegung mußte teilweise bei extremen Temperaturen (um  $-15^{\circ}\text{C}$ ) vonstatten gehen (Bild 4). Einer der Vorteile des Werkstoffes duktiles Gußeisen ist es, daß sich auch bei großer Kälte, im Gegensatz zu anderen Werkstoffen, seine Festigkeitseigenschaften nicht ändern. Nur die TYTON-Dichtringe wurden bei  $+12^{\circ}\text{C}$  bis  $+15^{\circ}\text{C}$  in einem temperierten Raum bzw. Behälter (Bauwagen, Bagger) gelagert und erst unmittelbar vor der Montage der Verbindung in die Muffenkammer eingelegt. Hatte sich während der Lagerung der Rohre auf der Baustelle in der Muffenkammer Eis gebildet, wurde es mit einem Gasbrenner entfernt. Auch die Montage der längskraftschlüssigen TIS- und TKF-Verbindungen war bei den zuvor geschilderten Witterungsverhältnissen ohne Probleme durchzuführen.

Die Trasse des I. Bauabschnittes verläuft am südlichen Rand der Richard-Lehmann-Straße, zwischen Messegrundbrücke und Hofer Brücke. Am östlichen Bauende knickt die südliche Leitung um  $30^{\circ}$  ab und wird dann an die Absperrklappe einer vorhandenen Leitung DN 800 angebunden. Um die Streckung der Rohrleitung, welche sich an längskraftschlüssigen Verbindungen bei der Druckprüfung einstellt, zu kompensieren und spannungsfrei an die Absperrklappe anbinden zu können, war vor der Absperrklappe der Einbau eines feststellbaren Paß- und Ausbaustückes erforderlich.



Bild 4: Im Winter zeigten sich die Vorzüge duktiler Gußrohre

Die nördliche Leitung kreuzt am östlichen Bauende die Richard-Lehmann-Straße und verläuft dann an deren nördlichem Rand. Im Kreuzungsbereich wurden die duktilen Gußrohre in einem Mantelrohr verlegt. Die Anbindung der Leitung an eine vorhandene Leitung DN 800 erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

Zwischen der zuvor beschriebenen Installation am östlichen Bauende und dem westlichen Bauende ver-

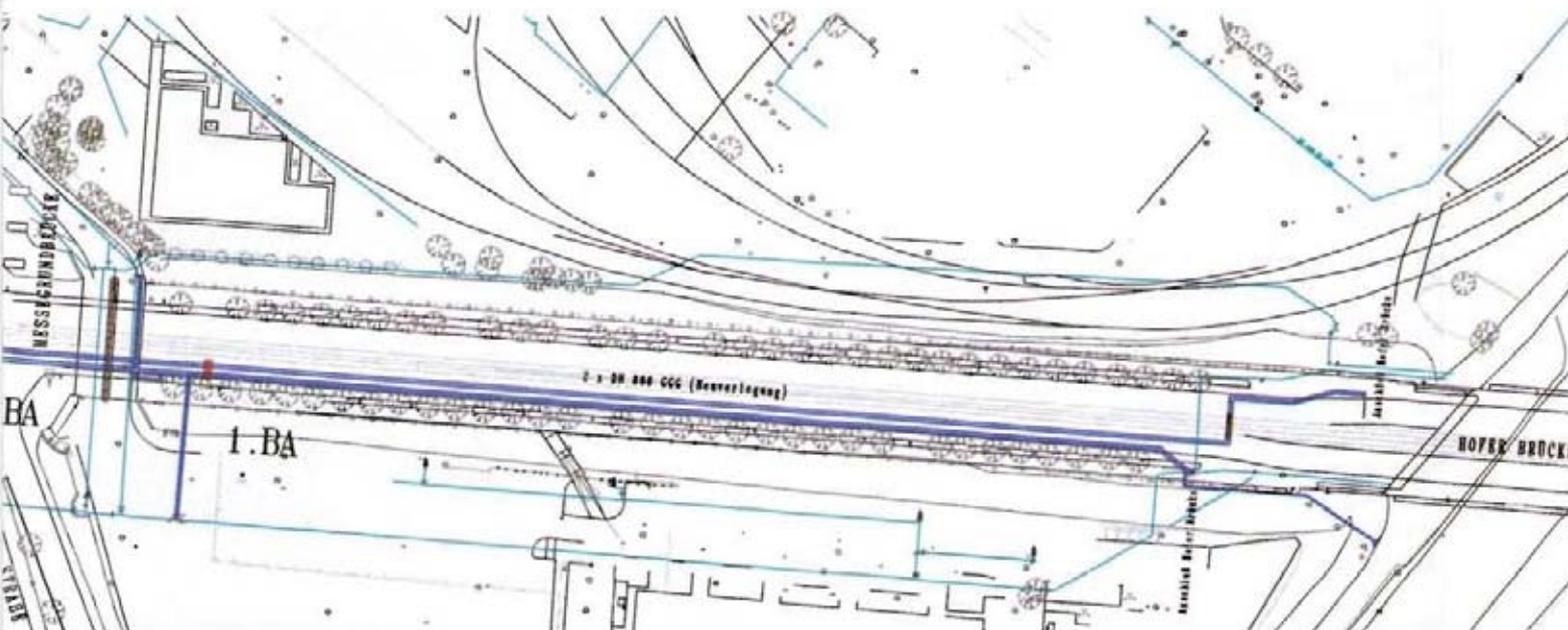




Bild 5: Einbau im geraden Teil der Trasse

läuft die Trasse der Leitungen gerade, ohne weitere Knickpunkte. Die Rohre wurden mit einer korrosionsschutzgerechten Bettung nach DIN 30 675 Teil 2 (Ausführung von Auflager und Einbettung mit Sand gemäß DIN 19 630) eingebaut (Bild 5).

Zur Sicherung beider Leitungen am westlichen Bauende war die Ausführung eines Betonwiderlagers (Längswiderlager) erforderlich (Bild 6). Die Kraftübertragung zwischen Rohrleitung und Betonwiderlager erfolgte über Mauerflansche, welche auf zwei Muffenrohre mit TKF-Verbindungen aufgeschweißt wurden. Das Widerlager muß die axiale Schubkraft  $P$  aus dem Prüfdruck von 15 bar aufnehmen, sie beträgt pro Leitung 835,23 kN. Die Druckprüfung fand jeweils nur für eine Leitung statt. Durch diese Beanspruchung wurde das Widerlager exzentrisch in seiner horizontalen Achse belastet. Um die Dimensionierung des Widerlagers möglichst wirtschaftlich zu gestalten und wegen des zur Verfügung stehenden geringen Platzes wurde die

Bild 6: Betonwiderlager zur Sicherung beider Leitungen



Einspannung des Widerlagers in die aus gerammten Kanaldielen bestehenden Seitenwände des Rohrgrabens eingerechnet. Die Kanaldielen verbleiben in diesem Bereich als verlorene Spundung in der Erde.

Zur Baufeldfreimachung für die Mercedes-Benz AG wurde am Ende des 1. Bauabschnittes zunächst nur die südliche Leitung in Betrieb genommen. Die alte vorhandene GG-Leitung wurde getrennt und provisorisch mittels einer Stahlleitung DN 600 mit dem Ende der südlichen Leitung verbunden.

Die axiale Schubkraft aus der Reduzierung und die resultierenden Kräfte der anschließenden beiden 45°-Bogen mußten während der Zeit des Provisoriums ebenfalls von dem Widerlager aufgenommen werden.

### 3.2 Zweiter Bauabschnitt

In diesem Abschnitt ist die Trassenführung gekennzeichnet von zwei Brücken mit einer Spannweite von 80 m und 15 m, welche dem Planer Engagement und spezielles Fachwissen abforderten.

Kurz vor der Markthallenbrücke trennt sich der parallel geführte Verlauf beider Trinkwasserleitungen.

Auch im 2. Bauabschnitt kamen, aus den Gründen, wie schon für den 1. Bauabschnitt beschrieben, Bögen und Abzweige mit TIS-Verbindungen und in den Vor- und Nachlaufstrecken Rohre mit TKF-Verbindungen zum Einsatz.

In die Brückenkonstruktion eingepaßt liegen einmal nördlich und einmal südlich die Trinkwasserleitungen auf Traversen.

Trotz der großen Dimension der Rohrleitung und eines ständigen Durchflusses wollte man hinsichtlich der Wärmedämmung keine Abstriche hinnehmen.

Deshalb wurden, übrigens erstmals in Leipzig, in der Markthallenbrücke wärme gedämmte kompensierende Gußrohre (WKG) der DN 800 mit der längskraftschlüssigen TKF-Verbindung eingebaut.

Das wärmeisolierte Rohr schützt bei Stillstandszeiten im Winter vor dem Einfrieren, und im Sommer werden Qualitätsverluste des Wassers vermieden.

Zum Einsatz kamen WKG-Rohre mit einem Wickel-falz-Mantelrohr aus verzinktem Stahlblech, Außendurchmesser 1000 mm (Bild 7). Die Isolierung der Rohre ist 80 mm dick. Die Länge der Brückenleitungen beträgt jeweils 80 m. An den Enden beider Brückenleitungen, also an den Übergängen von der Brücke zur Erdverlegung, wurden WKG-SB-Rohre mit einem PE-Mantelrohr von ebenfalls 1000 mm Außendurchmesser eingesetzt. Der Einbau der Leitungen in die Brücke wurde wie nachstehend beschrieben durchgeführt:

- Einbau von Quertraversen im Abstand von 3 m zwischen den Hauptträgern 1 und 2 (südliche Leitung) und den Hauptträgern 2 und 3 (nördliche Leitung)

Bild 8: Anheben auf Leitungshöhe



Bild 10: Montage und Befestigung



Bild 7: Wärmegedämmtes WKG-Rohr

- Montage der Gleitlager mit Abhebesicherung und Gleitflächen aus PTFE-Kompositwerkstoffen auf den Quertraversen
- Einbau der WKG-Rohre mit TKF-Verbindung
- Einbau von zwei feststellbaren Paß- und Einbaustücken vor dem Widerlager West.

Die ganze Konstruktion ist so konzipiert, daß sich Rohrleitung und Brücke unabhängig voneinander bewegen können. Beide Leitungen verlaufen innerhalb der Brücke mit gleichbleibendem Gefälle ohne vertikale oder horizontale Versprünge.

Die Rohrmontage ging nach einigen Anlaufschwierigkeiten reibungslos vonstatten.

Die Rohre wurden mit einer Winde auf Leitungshöhe gebracht (Bild 8), dann mit einer Drehvorrichtung an der Baggerschaufel - eine gute Idee der bauausführenden Firma - um 90° in die Leitungsachse

Bild 9: Drehen und Absetzen



Bild 11: Montierte Leitung im Bildraffer

geschwenkt und abgesetzt (Bild 9). Anschließend erfolgte die Montage der TKF-Verbindungen und die Befestigung der Rohre auf den Gleitlagern mittels Rohrschellen (Bild 10 und 11).

Über die an den TKF-Verbindungen verbliebenen Spalten wurden nach der Druckprüfung verzinkte Blechmuffen montiert und die Spalten vor Ort ausgeschäumt.

Unmittelbar vor und hinter der Brücke sind bei beiden Leitungen im erdverlegten Bereich Krümmern mit TIS-Verbindungen angeordnet. Die kurze bis zur Brücke verbliebene Leitungslänge reicht nicht aus, um die an den Krümmern wirksam werdenden resultierenden Kräfte über Reibung abzubauen. Auch über die Gleitlager in der Brücke werden diese Kräfte nur geringfügig vermindert. Dies bedeutet, daß beide Leitungen im späteren Betrieb permanent unter Zugspannung stehen. Dies ist jedoch für die längskraftschlüssigen TKF-Verbindungen keinesfalls ein Problem. Die Generalprobe wurde bei der Druckprüfung mit 15 bar Prüfdruck bestanden.

Im letzten Teil des 2. Bauabschnittes, zwischen Markthallenbrücke und der Anbindung beider Leitungen

an vorhandene Leitungen im Bereich der Schlachthofbrücke, wurden an Planer und bauausführende Firma nochmals erhöhte Anforderungen gestellt. Die Platzverhältnisse auf der Trasse waren sehr eng, ein Leitungsmast der Straßenbahn mußte gesichert werden, auf engstem Raum waren Richtungsänderungen und Höhenunterschiede zu überwinden.

Bild 12: Über der Baustelle das Wahrzeichen der Leipziger Messe



### Zusammenfassung:

Trotz teilweise widriger Witterungsverhältnisse mit extremer Kälte und weiterer schwieriger Randbedingungen wurde ein abschnittsweise technisch anspruchsvolles Bauwerk in einer relativ kurzen Bauzeit realisiert.

Dies war nur möglich, weil alle Beteiligten,

- die Bauleitung sowie alle beteiligten Abteilungen der Kom. Wasserwerke Leipzig GmbH,
- das planende Ingenieurbüro, Ingenieur Consult Leipzig,
- die bauausführenden Firmen,
  1. BA Firma Brochier, Leipzig
  2. BA Firma Aumüller, Biescu, und
- der Rohrlieferant, während der gesamten Bauzeit eng zusammengearbeitet haben.

## Beregnungsleitungen in der Vorderpfalz

Von Manfred Fuchs

**Die Vorderpfalz ist von Klima und Boden ein landwirtschaftlich besonders begünstigter Bereich. Bis zu drei Ernten pro Jahr sind möglich. Allerdings muß dazu die natürliche Bewässerung durch Regen mit Hilfe von Bewässerungsmaßnahmen verbessert werden. Eine erste Hauptversorgungsleitung DN 1600 von 1973 reicht dazu jetzt nicht mehr aus, so daß 1996 eine zweite Hauptleitung aus duktilen Gußrohren DN 1600 parallel dazu eingebaut wurde. Sie ist mit der „alten“ Leitung über mehrere Knotenbauwerke verbunden und sichert die Versorgung des bisherigen Bewässerungsgebietes und darüber die Ausweitung auf weitere landwirtschaftliche Flächen.**

### I. Die Situation

Der Oberrheingraben gehört zu den klimatisch begünstigten Landschaften Deutschlands. Der Frühling zieht besonders früh ein, und selbst im Winter sind

die Temperaturen höher als in den meisten Gegenden Deutschlands.

Hier liegt, begrenzt von Rhein und Pfälzer Wald, die Vorderpfalz. Bekannt sind die Weine, die entlang der Pfälzer Weinstraße gedeihen. Weniger bekannt ist vielleicht, daß es sich hier um eines der ertragreichsten deutschen Agrar-Anbaugebiete handelt, denn zur klimatischen Gunst kommen gute Böden. So gelingt es hier, bis zu drei Ernten pro Saison einzufahren, vorausgesetzt, es ist genug Wasser da. Denn die Niederschlagsmenge reicht für einen solchen Intensivanbau nicht aus.

In früheren Jahren konnten die Felder zunächst aus Brunnen bewässert werden; mit zunehmender Ausdehnung der landwirtschaftlichen Flächen und Steigerung des Anbaus kam es zu Grundwasserabsenkungen, so daß die Trinkwasserversorgung gefährdet erschien.

Bild 1: Trassenverlauf der neuen Hauptleitung („TK25, Ausschnitt 7021, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg“)



## 2. Das Vorhaben

So entstand Anfang der 60er Jahre der Plan, das Anbaugesbiet südwestlich von Ludwigshafen mit Wasser aus dem Altrhein zu versorgen. 1965 wurde der „Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der Nördlichen Vorderpfalz“ gegründet. Er ist der Zusammenschluß der betroffenen Behörden mit den Abnehmerverbänden der Landwirte aus dem Plangebiet zwischen Speyer und Frankenthal, das eine Anbaufläche von 24.000 ha umfaßt.

1969 begannen die ersten Baumaßnahmen; 1973 waren 14 km Hauptzubringer mit den dazugehörigen Pumpwerken, Abzweigen, Nebensträngen, Verteilernetzen und Anschlußstellen fertig.

## 3. Objektbeschreibung – bisherige Situation

Das Wasser wird aus einem Arm des Altrheins bei Otterstadt entnommen und durchläuft zuerst eine Rechen- und Siebanlage, welche alle Schwemmstoffe zurückhält. Das Hauptpumpwerk ( $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) befördert dann das Wasser auf einen Wasserturm, von wo es über die Hauptzubringer den Druckerhöhungspumpwerken der einzelnen Abwasserverbände zugeleitet wird.

Die Druckerhöhungspumpwerke bringen das Wasser auf ca. 6 bar, womit es an den Regnern mit mindestens 3,5 bar zur Verfügung steht. In den Beregnungsgebieten befinden sich Hydranten in Abständen von 70 bis 80 m.

Der 1973 gebaute Hauptzubringer hat einen Nenn-durchmesser DN 1600 bei einer Gesamtlänge von ca. 14 km, er versorgt etwa 12.500 ha landwirtschaftliche Fläche. Dabei zeigen sich an Tagen mit Spitzenförderung schon die Grenzen der Dimensionierung von

Pumpen und Leitung. Eine zusätzliche Erweiterung des Beregnungsgebietes erschien mit dieser Leitung nicht mehr sinnvoll.

## 4. Objektbeschreibung – zukünftige Situation

Der Verband beschloß, einen zweiten Hauptzubringer DN 1600 zur Entlastung und Ergänzung anzulegen. Er beginnt ebenfalls am Hauptpumpwerk bei Otterstadt und führt über 6,4 km zum Limburgerhof nordwestlich von Schifferstadt. Er verläuft etwa 4 m nördlich des bestehenden Hauptzubringers und ist mit diesem an drei Stellen (Knoten) verbunden (**Bild 1, Seite 43**).

Zusammen mit einer Kapazitätserweiterung des Hauptpumpwerks von  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  auf  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  und einem zweiten Zwischenpumpwerk ermöglicht diese zusätzliche Leitung die geplante Ausweitung des Versorgungsgebietes bis Bobenheim über den Zwischenspeicher Assenheim.

## 5. Bau der Entlastungsleitung

### 5.1 Die Rohre

Während der erste Strang von 1973 nur zum Teil aus duktilen Gußrohren besteht, wählten die Betreiber für die neue Leitung ausschließlich duktile Gußrohre DN 1600, Wanddickenklasse K 9, außen verzinkt und bitumiert und innen mit einer Zementmörtelauskleidung versehen. Ausschlaggebend dafür waren u. a. das geringere Gewicht (6,7 t) gegenüber den zuvor verwendeten Stahlbetonrohren (11 t), die große Robustheit des Materials, der schnelle Einbau der Rohre mit 8,15 m Länge und die zu erwartende zuverlässige Dichtheit duktiler Gußrohre mit der Steckmuffen-Verbindung „Standard“.

Bild 2: Leitungstrasse vor dem Verfüllen



Diese Muffenverbindung, welche bei duktilen Gußrohren großer Nennweiten verwendet werden kann, ähnelt der TYTON-Verbindung, sie ist in DIN 28603 in den Nennweiten DN 1000 bis DN 2000 genormt. Wie die TYTON-Verbindung ist sie abwinkelbar und wirkt wie ein längsverschiebbares Gelenk. Biegemomente und Längskräfte übertragen sich deshalb nicht von Rohr zu Rohr bzw. von Rohr zu Formstück. Durch die axiale Beweglichkeit und Auswinkelbarkeit können die Rohre auch Bodenbewegungen folgen und bleiben dabei dicht.



Bild 3: Duktile Gußrohre DN 1600, 8,15 mm lang, mit Standard-Muffe

Hinzu kommt, daß der anstehende Druck von 6 bar weit unter dem zulässigen Betriebsdruck der duktilen Gußrohre liegt.

## 5.2 Die Verbindungsbauwerke

Die Verbindungsbauwerke (Knoten 1, 2 und 3) ermöglichen die optimale Steuerung von Druck- und Durchflußmenge in den beiden Hauptzubringerleitungen und in den abzweigenden Versorgungsleitungen zu den Beregnungsgebieten.

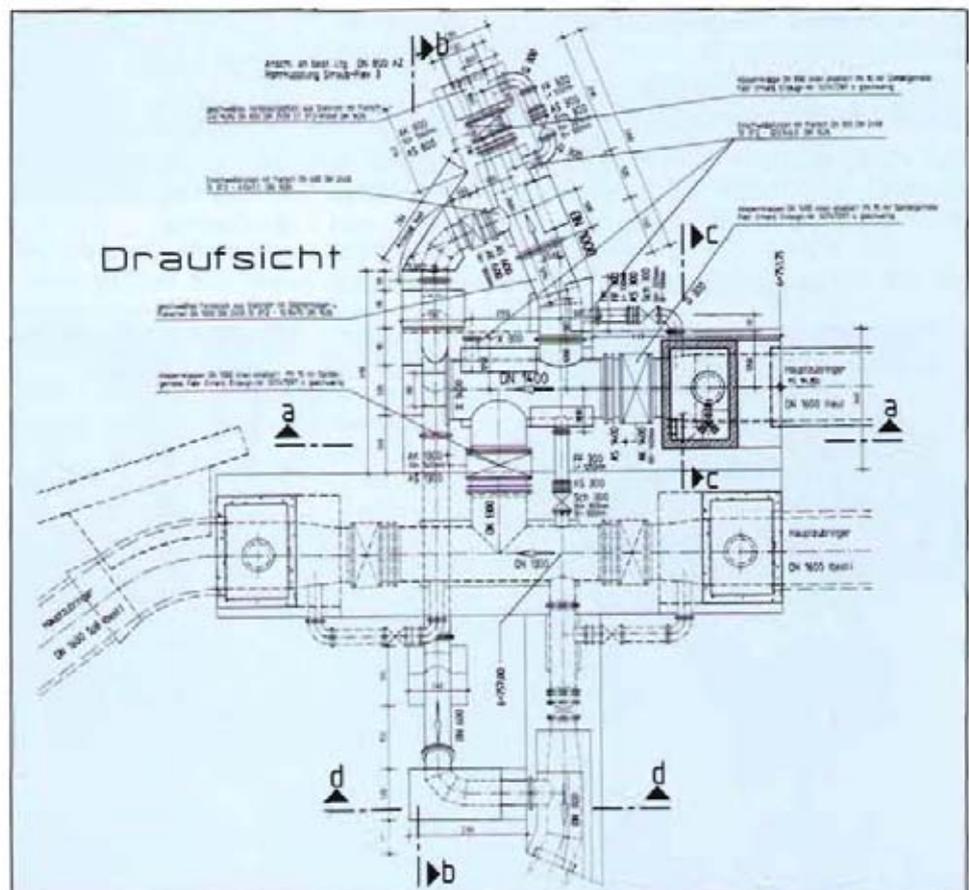
Die Querverbindung der Hauptzubringer ist in DN 1400 ausgeführt. Vor und hinter der Querverbindung befindet sich in den Hauptleitungen je eine Absperrklappe. Die Querverbindung selbst kann ebenfalls mit einer Absperrklappe geschlossen werden. In Knoten 1 erfolgt die Abzweigung über je eine Leitung DN 900 von den beiden Hauptzubringerleitungen. Beide sind ebenfalls mit Absperrklappen versehen.

In Knoten 2 zweigt eine der Versorgungsleitungen als Fortsetzung der Querverbindung mit einer Nennweite DN 1600 ab. Die zweite Versorgungsleitung ist mit dem „alten“ Hauptzubringer verbunden. Dieser Knoten ist so konzipiert, daß durch den Einbau einer Rückschlagklappe DN 1400 und eines C-Stückes 1600/1400 eine spätere Druckerhö-

hung der alten Hauptleitung DN 1600 über das umzubauende Pumpwerk möglich ist.

Knoten 3 (Bild 4) stellt das Ende der neuen Hauptleitung dar. Neben der Fortsetzung des bisherigen Hauptzubringers zweigt hier eine Versorgungsleitung DN 800 vom bisherigen Hauptzubringer in südlicher und eine Versorgungsleitung DN 1000 in nördlicher Richtung vom „neuen“ Hauptzubringer ab. Beide sind miteinander über eine Querleitung DN 600 verbunden.

Bild 4: Das Verbindungsbauwerk Knoten 3 am Ende der neuen Hauptleitung



Außerdem verknüpft eine kurze Leitung DN 1300 die beiden Hauptzubringerleitungen. Alle genannten Leitungen sind mit Absperrklappen bzw. -schiebern versehen. Der Knoten 3 erlaubt durch den Einbau der verschiedenen Absperrklappen DN 600/800/1300 und 1400 bei evtl. Betriebsstörungen in der alten bzw. neuen Leitung DN 1600 ein problemloses Umschließen auf die einzelnen Hauptzubringer DN 1600.

Alle Absperrklappen sind mit Bypässen überbrückt, die vor allem zum Erzeugen eines Druckausgleichs im Falle einseitiger Druckbeaufschlagung der Absperrklappen notwendig sind.



Bild 5: Einleiten der Bogenkräfte mit bewehrten Flügellagerplatten

### 5.3 Die Baudurchführung

Der Einbau der Leitung erfolgte in den drei Losen gleichzeitig, und zwar in „Vorkopf“-Technik. Die Grabentiefe beträgt zwischen 3 m und 6 m. Während der anstehende Boden (Sand bzw. leicht schluffiger Sand) selbst keine Probleme bereitete, waren mit der Trassenführung doch einige Schwierigkeiten verbunden.

Die Baumaßnahme stand unter erheblichem Zeitdruck, da der Bau abgeschlossen sein mußte, bevor die Arbeiten an einer neuen Schnellbahntrasse und

einem Golfplatz begannen, andernfalls war eine erhebliche Kostensteigerung für die Wasserleitung zu befürchten.

Die Planung und Durchführung der Erdarbeiten erforderte besondere Sorgfalt, da die obere Bodenschicht nur so stark verdichtet werden durfte, daß das spätere Wachstum der Pflanzen nicht beeinträchtigt wird. So war auch der Mutterboden sorgfältig getrennt zu lagern, um ihn zum Schluß wieder aufzubringen.

Die Breite der Trasse (16,0 m) war ein Kompromiß zwischen den technischen und finanziellen Notwendigkeiten und dem Wunsch der Landwirte nach möglichst wenig Ernteausschlag. Bei der Baumaßnahme wurden ca. 80.000 m<sup>3</sup> Erdreich bewegt.

Die ganze Leitung liegt bis zu 2,5 m über Rohrscheitel im Grundwasser, so daß umfangreiche Entwässerungsmaßnahmen erforderlich waren. Die Grundwasserabsenkung erfolgte über Brunnen bzw. im Vacuumverfahren.

Im Verlauf der Trasse mußten fünf Straßen und eine Bahnlinie unterquert werden. Dazu wurden Stahlbetonrohre DN 2400 bzw. DN 2800 durchgepreßt, in denen die Gußrohre auf Stützlager eingebaut wurden (Bild 6).

Die in Bögen auftretenden Kräfte wurden mit bewehrten Flügellagerplatten (Bild 5) in den Baugrund eingeleitet (Sondervorschlag der Baufirma). Die Druckprüfung der Leitung mit 9 bar verlief ohne Probleme.

### 6. Zusammenfassung

Zur Kapazitätserweiterung der Beregnungsanlagen in der Vorderpfalz mußte ein zweiter Hauptzubringer vom Altrhein über 6,4 km ins Beregnungsgebiet gebaut werden. Wegen diverser Vorteile wurden dafür duktile Gußrohre ausgewählt. Zusammen mit den Verbindungsbauteilen zum bestehenden ersten Hauptzubringer ist damit die Voraussetzung für eine Versorgung auch in Spitzenverbrauchszeiten sowie für eine Erweiterung des Beregnungsgebiets nach Norden geschaffen.

Bild 6: Unterquerung durch vorgepreßte Stahlbetonrohre



## Das Anbohren duktiler Gußrohre

Von Oskar Halter und Michael Mischo

**Bei duktilen Gußrohren werden, je nach Bodenbeschaffenheit, verschiedene Außenschutzarten eingesetzt. Dabei hat sich in den letzten Jahren die Zementmörtelumhüllung durch ihre Vielseitigkeit und Robustheit einen besonderen Platz geschaffen. Der Beitrag behandelt die Technik des Anbohrens von Gußrohren unter besonderer Berücksichtigung zementmörtelumhüllter Rohre.**

### 1. Einleitung

Das Bauwerk Rohrleitung besteht nicht nur aus Rohren, sondern auch aus Formstücken und Armaturen mit ihren Verbindungen. Anbohrarmaturen gehören zu den am häufigsten verwendeten Rohrleitungsteilen in Wasserversorgungsnetzen. Sie dienen vorwiegend für Hausanschlußabgänge.

Das in Kürze erscheinende DVGW-Merkblatt W 333 „Anbohrarmaturen und Anbohrvorgang in der Wasserversorgung“ [1] soll den Rohrnetzbetreiber und -bauer bei der praxisgerechten Auswahl von Anbohrarmaturen unterstützen bzw. Richtlinien für ihren fachgerechten Einbau geben.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit dem Anbohren duktiler Gußrohre in Abhängigkeit von den möglichen genormten Außenschutzarten. Dabei wird besonders ausführlich auf die Zementmörtelumhüllung eingegangen.

### 2. Außenkorrosionsschutz duktiler Gußrohre

Die Dauerhaftigkeit duktiler Gußrohre im erdverlegten Bereich wird durch drei werkseitige Außenschutzarten sichergestellt, die in DIN-Normen beschrieben sind:

- Polyethylen-Umhüllung nach DIN 30 674 Teil 1 [2]:

In Abhängigkeit von der Nennweite wird im Schlauchextrusions- oder Wickelverfahren eine bis zu 3 mm dicke PE-Umhüllung auf die Glühhaut der Gußrohre aufgebracht. Die Haftung wird durch einen Weichkleber sichergestellt. Darüber hinaus ist die Möglichkeit einer verstärkten PE-Umhüllung (PE-V) mit Beschichtungsdicken je nach Nennweite bis 3,5 mm nach Norm möglich.

- Zementmörtelumhüllung nach DIN 30 674 Teil 2 [3]:

Die ZM-Umhüllung ist eine mehrschichtige Rohrumhüllung von mindestens 5 mm Dicke, die aus einem Zinküberzug, einer Zwischenschicht und einer faserverstärkten Zementmörtelschicht besteht. Nach Vereinbarung kann die Zwischenschicht entfallen, wenn ein kunststoffmodifizierter Zementmörtel verwendet wird.

- Zinküberzug mit Deckbeschichtung nach DIN 30 674 Teil 3 [4]:

Sie ist die Standardbeschichtungsart für duktile Gußrohre und besteht aus Spritzverzinkung von mindestens 130 g/m<sup>2</sup> mit nachfolgender Deckbeschichtung (bei Trinkwasserrohren auf bituminöser Basis) von mindestens 70 µm. Baustellenseitig können diese Gußrohre zusätzlich mit einer Polyethylen-Folienumhüllung geschützt werden, wie sie in DIN 30 674 Teil 5 [5] beschrieben ist.

Die Auswahl der Beschichtungsart hängt im wesentlichen von der Aggressivität des umgebenden Bodens ab, die nach DVGW-

Arbeitsblatt GW 9 [6] bestimmt werden kann. Mit Hilfe der Norm DIN 30 675-2 [7] wird entsprechend der festgestellten Bodenklasse die Außenschutzart gewählt.

Neben dem Kriterium „Dauerhaftigkeit“ sind in den letzten Jahren auch wirtschaftliche Aspekte bei der Festlegung der Außenbeschichtung duktiler Gußrohre in den Vordergrund getreten [8]. Im Vergleich zu allen existierenden Außenschutzarten duktiler Gußrohre weist die Zementmörtelumhüllung einen besonders hohen mechanischen Schutz auf, womit sich der Einbau in steinigem Böden aller Bodenklassen nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 ohne Sandbettung realisieren läßt. Damit geben ZM-umhüllte Gußrohre Antwort auf ökologische Anforderungen wie Schonung der Ressourcen und Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials. Durch den Einsatz von kunststoffmodifiziertem Zementmörtel (ZM-K), wie er seit 1994 bei duktilen Gußrohren verwendet wird, wurden sowohl die mechanischen Eigenschaften als auch die Korrosionsbeständigkeit signifikant verbessert [9].

**Zunehmend bestimmen  
auch wirtschaftliche  
Aspekte die Wahl  
der Außenbeschichtung**



Bild 1: Aufsetzen einer Anbohrarmatur direkt auf den Zementmörtel

Durch die Kunststoffmodifizierung nimmt die Porosität des Mörtels ab. Der Zementmörtel wird somit penetrationsdichter. Eine Restporosität wird jedoch immer vorhanden bleiben und ist im Sinne eines „intelligenten“ Korrosionsschutzsystems, bei dem auch Fehlstellen geschützt werden, wichtig. ZM-umhüllte Gußrohre können auch im Meer eingebaut werden.

### 3. Anbohren von Trinkwasserleitungen

Beim Anbohren von Trinkwasserleitungen sind zwei wichtige Forderungen besonders zu berücksichtigen, wobei die erste werkstoffunabhängig ist und die zweite speziell für metallische Rohre mit einem äußeren Korrosionsschutz gilt.

#### 3.1 Bohrspäne und Anbohrgut

Beim Anbohren von in Betrieb befindlichen Wasserleitungen ist sicherzustellen, daß das Bohrgut während des Anbohrvorganges durch laufendes Spülen herausgeschwemmt werden kann. Zusätzlich können bohrspanarme Bohrwerkzeuge zur Anwendung kommen, die auf das jeweils anzubohrende Rohrsystem abgestimmt sind. Besonders geeignet sind Sägezahnfräser. Ein Vorbohrer oder ein im Bohrwerkzeug integriertes Rückhalteelement verhindern das Hineinfallen der ausgesägten Kreisplatte. Lochbohrer sollten keine Anwendung finden. Sie werden rasch stumpf und erzeugen lange Bohrspäne.

#### 3.2 Korrosionsschutz an der Anbohrstelle

In Betrieb befindliche Trinkwasserleitungen mit einer Wassertemperatur von etwa 10° C sind außerordentlich schwer auf der Baustelle nachzuumhüllen. Es ist nahezu unmöglich, die Rohroberfläche völlig trocken zu bekommen, weil das Rohr immer schwitzen wird. Deshalb besteht seitens der Rohrleitungsbauer die berechnete Forderung, das Rohr durch die intakte Rohrumhüllung anbohren zu können. Ein Abnehmen der Umhüllung im Bereich einer Anbohrarmatur

und anschließendes Nachumhüllen kann nur Flickwerk sein.

### 3.3 Anbohren von zementmörtelumhüllten Gußrohren

Schon bei der Markteinführung ZM-umhüllter Gußrohre sind seitens der Anwender hohe Anforderungen hinsichtlich der Haftung, der Porosität und der Oberflächenglätte gestellt worden, um ein Anbohren durch die ZM-Umhüllung möglich werden zu lassen. Außerdem waren die Hersteller von Anbohrarmaturen gefordert, die Profilierung des Dichtsystems ihrer Anbohrschelle an eine ZM-Umhüllung anzupassen.

Bereits 1979 wies Kottmann [10] im Zusammenhang mit dem Anbohren von zementmörtelumhüllten Gußrohren darauf hin, daß sich feuchte und sogar schwach tropfende Mörtelbereiche durch Zusintern der Poren selbst abdichten. Darüber hinaus wurde festgestellt, daß die Durchfeuchtung von der Rauigkeit der Zementmörteloberfläche abhängt. Durch Glätten der Oberfläche im Bereich der Anbohrdichtung mit Hilfe einer Schruppfeile kann somit die Dauer der Rücktrocknung verringert werden.

Bei der kunststoffmodifizierten ZM-Umhüllung mit ihrer geringen Porosität und guten Haftung ist eine weitere Verbesserung hinsichtlich des Eindringens von Wasser in feinste Poren des Zementmörtels im unmittelbaren Anbohrbereich erreicht worden. Die dunkel werdenden feinen Adern sintern innerhalb weniger Stunden zu und hellen sich wieder auf.

Auch seitens der Hersteller von Anbohrarmaturen wurde reagiert. Eine an die zylindrische Lochleibung angepreßte Dichthülse verhindert, daß das Wasser an die ZM-Oberfläche gelangen kann. Das Herstellen einer glatten Bohrwandung ist Voraussetzung. Diese Dichthülse hat auch ihren Einsatzbereich bei PE-umhüllten Rohren [11]. Außerdem gibt das DVGW-Merkblatt W 333 diesbezüglich Hinweise.

Anbohrarmaturen für PE-U-Gußrohre haben folgende Merkmale:

- breite Haltebügel (30 mm, geringe Flächenpressung)
- Schmäler Dichttring mit min. 65 Shore (hohe Flächenpressung)

#### 3.4 Physiologische Unbedenklichkeit

Wird vor dem Anbohrvorgang die ZM-Umhüllung nicht entfernt, so steht im unmittelbaren Bereich der Anbohrung die ZM-Umhüllung in Kontakt mit Trink-



Bild 2: Aufsetzen einer Anbohrarmatur direkt auf die PE-Umhüllung

#### Literatur- und Normennachweis

- [1] Entwurf DVGW-Merkblatt W 333:  
Anbohrarmaturen und Anbohrvorgang in der Wasserversorgung
- [2] DIN 30 674-1  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen;  
Polyethylenumhüllung
- [3] DIN 30 674-2:  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen;  
Zementmörtel-Umhüllung
- [4] DIN 30 674-3:  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen;  
Zinküberzug mit Deckbeschichtung
- [5] DIN 30 674-5:  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen;  
Polyethylen-Folienumhüllung
- [6] DVGW-Arbeitsblatt GW 9:  
Beurteilung von Böden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen und Behälter aus unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen
- [7] DIN 30 675, Teil 2  
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen  
Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei duktilen Gußrohren
- [8] Halter, O., Kottmann, A.:  
Rohrleitungsbau unter erschwerten Bedingungen  
3R international 33 (1994) Heft 9, S. 480-485
- [9] Mischo, M.:  
Entwicklungen bei der Zementmörtel-Umhüllung für Gußrohre  
Gußrohrtechnik 30 (Mai 1995)
- [10] Kottmann, A.:  
Erfahrungen bei der Herstellung von 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
- [11] Brand, S.:  
Armaturen für das Anbohren von Trinkwasserleitungen unter Druck  
Sonderdruck aus „Industriearmaturen“, 3. Jahrgang, Heft 1/1995, S. 51-53
- [12] DVGW-Arbeitsblatt W 270:  
Vermehrung von Mikroorganismen auf Materialien für den Trinkwasserbereich; Prüfung und Bewertung

wasser. Durch Untersuchungen wurde nachgewiesen, daß der für duktile Gußrohre verwendete kunststoff-modifizierte Zementmörtel in mikrobiologischer Hinsicht zum Einsatz im Trinkwasserbereich geeignet ist. Das entsprechende Prüfzeugnis nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 [12] liegt vor.

#### 4. Zusammenfassung

Bei der Problematik des Anbohrens von Wasserleitungen hat sich in beispielhafter Weise gezeigt, daß die Bedürfnisse und Anforderungen der Anwender von den Herstellern ernst genommen werden. Durch eine systematische Weiterentwicklung der Qualität der Zementmörtelumhüllung duktiler Gußrohre und einer spezifischen Ausbildung von Anbohrarmaturen ist es ohne Bedenken möglich, durch das Rohrumhüllungssystem sicher anbohren zu können.

## Bau einer Abwasserdruckleitung DN 400 durch den Lankower See in Schwerin

Von Hartmut Wecke und Jürgen Rammelsberg

**Eine Abwasser-Druckleitung DN 400 von 1,3 km Länge durch einen See im Stadtbereich von Schwerin stellte ganz besondere Ansprüche an Planer und Bauausführende, vor allem aber an das Material. Die Lösung hieß: Zwei Teilstränge aus duktilen Gußrohren mit längskraftschlüssiger Steckmuffenverbindung TYTON-TKF wurden montiert, schwimmend auf den See gezogen, dort zusammenmontiert und dann versenkt. So einfach ist das – mit ingenieurtechnischer Phantasie und mit duktilen Gußrohren.**

### 1. Aufgabenstellung

Die Schweriner Abwasserentsorgung, Eigenbetrieb der Stadt Schwerin, beauftragte das Planungsbüro Prowa, Schwerin, mit der Erarbeitung eines Konzepts zur Entlastung des Kanalnetzes des nordöstlichen Teils von Schwerin. Hierbei sollte das Abwasser des Ortsteils Lankow nach Neumühlen und von dort

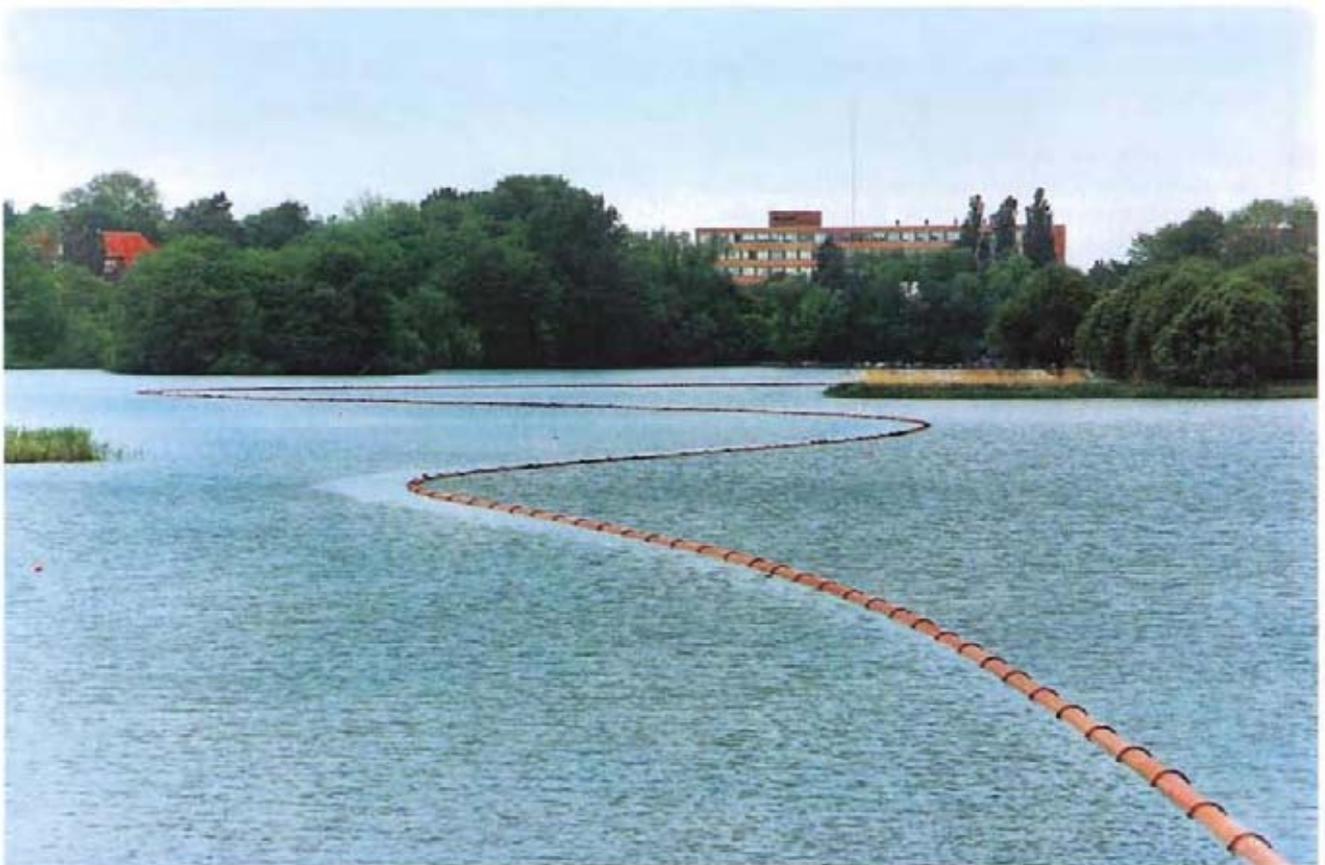
zur Kläranlage Schwerin-Süd übergeleitet werden.

Es standen schließlich zwei Planungsvarianten für eine Druckrohrleitung DN 400 PN 10 zur Entscheidung an:

- Einbau einer konventionellen, etwa 2,5 km langen Druckrohrleitung in der Nähe des Ostufers des Lankower Sees
- Durchquerung des Lankower Sees mit einer Länge von rund 1,3 km

Mit der Bauweise einer konventionellen, erdüberdeckten Druckrohrleitung wurde sehr schnell die teurere von beiden Varianten sichtbar. Außerdem erwies sich der Aspekt des Landschaftsschutzes bei der reizvollen Seenlandschaft mit ihrem hohen Freizeitwert als äußerst bedeutungsvoll für die Entscheidung. Zudem wären zahlreiche Kleingartenanlagen von der Leitungsverlegung betroffen gewesen.

Bild 1: Teilstrang von ca. 650 m Länge nach dem Einschwimmen



Die Secdükervariante war allein schon wegen ihrer geringeren Länge die kostengünstigere Lösung, stellte andererseits hohe Anforderungen an das zu verwendende Rohrmaterial und an die Bauverfahrenstechnik.

## 2. Anforderungen an das Rohrmaterial

Für die Bauverfahrenstechnik kristallisierte sich recht bald von mehreren Möglichkeiten eine Variante heraus, die bei sehr geringem Platzbedarf eine hohe Einbaugeschwindigkeit und damit niedrige Baukosten versprach:

Auf einem kurzen Einschnitt in die südliche Uferböschung, in direkter Linie zum vorhandenen Übergabeschacht, werden Leitungsabschnitte von etwa 25 m Länge vormontiert und anschließend mit einem Motorboot auf die Wasseroberfläche gezogen. Dadurch wird der Platz für die Montage des nächsten Abschnitts frei. Der Kopf des Leitungsstranges wird zu dem am Nordostufer gelegenen Pumpwerk gezogen und anschließend durch Fluten versenkt.

Aus diesem skizzierten Verfahrensablauf ergeben sich für das Rohrmaterial folgende Anforderungen:

1. einfache, sichere und schnelle Montage der Rohrverbindungen an Land bei geringem Platzbedarf,
2. längskraftsichere Rohrverbindung, die wegen der Trassenführung während des Einziehvorganges in allen Richtungen gelenkig abwinkelbar sein muß,
3. die Längskraftsicherung muß allen Kräften während des Bauablaufs und beim späteren Betrieb (Nenndruck PN 10) sicher standhalten,
4. Rohre und Verbindungen müssen luft- und wasserdicht sein, damit die Leitung ohne Auftriebshilfen manövrierfähig auf dem Wasser schwimmen kann,
5. beim Absenkvorgang muß jede Verbindung unter sicherer Beibehaltung ihrer Längskraftschlüssigkeit kurzzeitig Momente übertragen, damit der Auftrieb des noch schwimmenden Rohres überwunden werden kann,
6. nach dem Einschwimmen muß die gesamte Rohrleitung ohne Zusatzgewichte, allein durch die Wasserfüllung, abgesenkt werden können,
7. die Rohrleitung muß im Betrieb ohne Auftriebsicherung auf dem Seegrund liegenbleiben,
8. der äußere und innere Korrosionsschutz muß den Umgebungs- und Betriebsbedingungen angepaßt sein.

Das duktile Gußrohr für den Abwassertransport nach DIN EN 598 mit längskraftschlüssiger Verbindung TYTON-TKF erfüllt alle Positionen dieses Anforderungsprofils:

### Zu 1.

Die Steckmuffenverbindung TYTON nach DIN 28 603 ist einfach, schnell und sicher zu montieren; der für das nachträgliche Einschieben und Sichern der TKF-Verriegelungssegmente erforderliche Zeitaufwand fällt kaum ins Gewicht. Unter günstigen Bedingungen sind mit sechs Meter langen Rohren Einbaugeschwindigkeiten von mehreren 100 m pro Tag erzielbar.

### Zu 2. und 3.

Die Zugsicherung TKF wurde für Zugkräfte aus besonders hohem Wasserinnendruck entwickelt; dabei wurde auf die sichere Übertragung der Längskräfte auch unter extremer Abwinkelung Wert gelegt. Zudem bestand eine weitere wichtige Aufgabe des Entwicklungslastenhefts darin, daß sich die Verriegelung auch

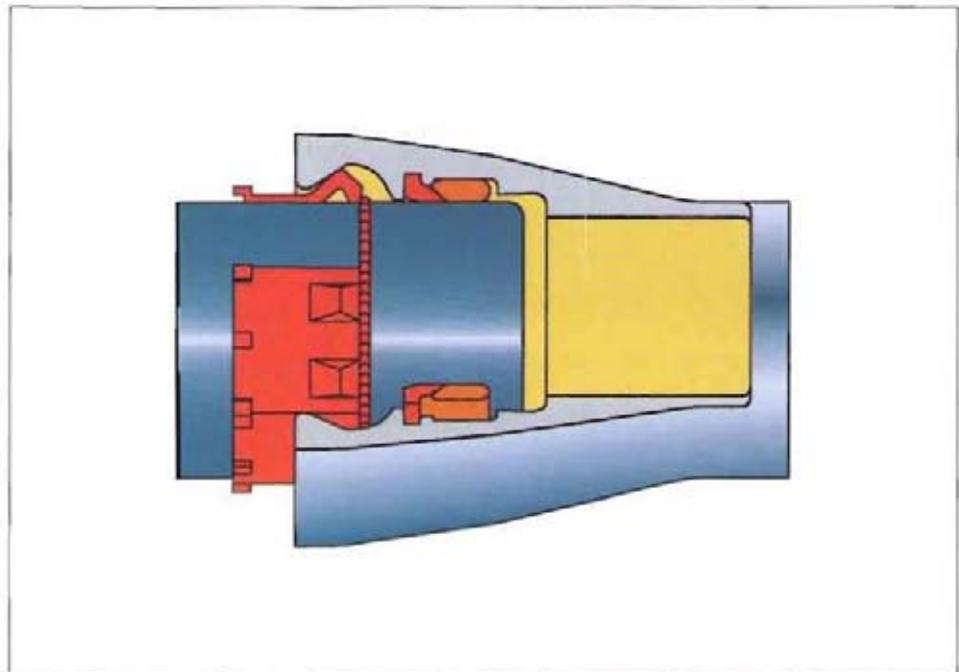


Bild 2: Querschnitt durch die TYTON-Verbindung mit TKF-Schubsicherung

bei mehrfach gegenläufigen Abwinkelungsbewegungen unter Zug selbständig und unbeabsichtigt nicht lösen kann. Diese letztgenannte Eigenschaft hatte die Verbindung bei einem ähnlichen Projekt mit der Nennweite 1000 nachgewiesen [1].

Bild 2 zeigt einen Querschnitt durch die TYTON-Verbindung mit TKF-Zugsicherung. Die Dichtung aus abwasserbeständigem NBR-Elastomer nach DIN 4060 ist in einer im Bild rechts angeordneten Dichtkammer untergebracht. Es handelt sich um eine gekammerte Kompressionsdichtung, welche auch nach Alterung von mehr als 50 Jahren unter allen denkbaren Lageverhältnissen (abgewinkelt, dezentriert, nach Alterung gegen-dezentriert, in Minimal- und Maximal-Verbindungsspaltverhältnissen) druckdicht gegenüber Gasen und Flüssigkeiten, sowohl von innen als von außen, bleibt.

Links im Bild ist eine einstückig angegossene Rückhaltekommer angeordnet, die mit der Methode der Finiten Elemente unter dem Gesichtspunkt der Kerbspannungsoptimierung dimensioniert wurde. Die Innenkontur entspricht einem Kegelabschnitt. Über die in den Verriegelungselementen enthaltenen Torus-



Bild 3: Arbeitsfläche für die Montage der Rohrverbindungen

Teilflächen werden die Längskräfte auf das Muffenprofil übertragen, während sich die Verriegelungselemente auf der Oberfläche des Einsteckendes gegen einen Schweißwulst abstützen. Durch die Auftrennung der Verriegelung in einzelne Segmente werden die Längskräfte bei allen Verbindungspaltverhältnissen (minimal oder maximal) und allen Winkellagen (gerade oder abgewinkelt) gleichmäßig verteilt.

Die Konstruktion kann Längskräfte aus Wasserinnendruck bis zum Bersten des Rohrschaftes versagensfrei aufnehmen [2].

Bild 4: Strang II auf dem Lankower See



#### Zu 4.

Die Steckmuffenverbindung TYTON nach DIN 28 603 ist druckdicht für Gase und Flüssigkeiten; sie ist für Gasleitungen mit einem Betriebsüberdruck bis 16 bar genormt und hält bei Wasserleitungen dem Berstdruck der Rohre stand. Der Typ-Test der DIN EN 598 weist eine Dichtheit auch gegen äußeren Wasserüberdruck aus.

#### Zu 5.

Ein wichtiges konstruktives Merkmal der TYTON-TKF-Verbindung besteht in der mechanischen Abwinkelungsbegrenzung am Muffeneingang. An dieser Stelle wird die Punktbelastung bei extremer Abwinkelung über die Einschub-Platten der Verriegelungselemente großflächig auf die Rohrwand des Einsteckendes verteilt, so daß die Rohrverbindung nach Überschreitung der möglichen Abwinkelung Momente übertragen kann, ohne das Rohr zu beschädigen.

#### Zu 6. und 7.

Ein Rohr DN 400 wiegt leer rund 467 kg, das von ihm verdrängte Wasser erzeugt eine Auftriebskraft von rund 158 kp. Die Sicherheit gegen Auftrieb beträgt somit 3,0; Ballastgewichte sind nicht erforderlich.

#### Zu 8.

Für die Lagerung der Rohre im mit Süßwasser gesättigten Sediment des Seegrundes ist ein Korrosionsschutz nach DIN EN 598 (130 g/m<sup>2</sup> Zinkauflage mit Bitumendeckbeschichtung) geeignet; die in der gleichen Norm für den Abwassertransport vorgeschriebene Auskleidung besteht aus Tonerdezementmörtel mit einer Schichtdicke von 6 mm.

### 3. Beschreibung des Bauablaufs

Mit der Bauausführung wurde die Firma Lafrentz Bau Rostock GmbH & Co. beauftragt; die Baltic Taucher- und Bergungsbetrieb Rostock GmbH übernahm



Bild 5: Aufsteigender Dükerast zum Pumpwerk

die mit dem Wasserbau zusammenhängenden Arbeiten.

Zunächst wurde am Südufer zwischen dem befestigten Uferweg und der Wasserlinie eine ca. 50 m lange und 4 m breite Arbeitsfläche planiert und mit Stahlblechen belegt. Auf dieser Blechbahn wurden die Rohrverbindungen mit dem Einsteckende in Zugrichtung montiert (Bild 3). Ein Arbeitsboot zog den am vorderen Ende mit einem EU- und X-Stück verschlossenen Rohrstrang auf die Wasseroberfläche. Zur Minimierung der Zugkräfte wurden jeweils nur vier Rohre zusammengebaut und intermittierend weitergezogen.

Nach drei Tagen war der schwimmende Rohrstrang bereits 650 m lang. Bei der herrschenden steifen Brise aus Nordost war er nur mit Mühe in Position und Richtung zu halten, so daß man sich entschloß, diesen ersten Teilstrang am hinteren Ende zu verschließen und in die Nordwest-Bucht des Lankower Sees zu schleppen, um ihn dort mit Hilfe mehrerer Anker vorläufig zu „parken“. Mittels eines Luftnendruckes von 2 bar wurden die Zugsicherungen unter Reckspannung gehalten.

An der Biegung der Trasse in der Mitte und zum Nordende des Sees mußten einige Hilfspfähle gerammt werden, um die gesamte Leitung vor dem Absinken

genau über der vorgegebenen Trassenlinie zu halten. Während dieser Arbeiten konnte in wenigen Tagen die zweite Hälfte des Rohrstranges fertig montiert, auf das Wasser gezogen und an den Pfählen fixiert werden (Bild 4).

Strang I wurde nun aus seiner Warteposition zurückgeschleppt und mit seinem vorderen Ende zum Zielpunkt in die Nordostbucht gebracht, wo mittels Flanschformstücken ein aufsteigender Dükerast für die Verbindung mit den Absperschiebern des Pumpwerks hergestellt wurde (Bild 5).

An der Verbindungsstelle beider Stränge in Seemitte hob ein auf einem Ponton stationierter Bagger die beiden Enden aus dem Wasser, worauf die Verschluß-

Bild 6: Fluten der fertigen Leitung



Formstücke entfernt wurden. Danach konnte die letzte TYTON-TKF-Verbindung zusammengebaut und dieser Teilbereich wieder auf die Wasseroberfläche zurückgelegt werden.

Die schwimmende Leitung wurde nun vom Nordufer aus mittels einer Tauchpumpe mit Seewasser geflutet (**Bild 6**). Während dieses Vorganges begleitete ein Taucher die absinkenden Rohre und konnte so das Begleitboot zu erforderlichen Lagekorrekturen dirigieren. Der Flutvorgang dauerte ca. zwei Stunden.

Nach Herstellung des letzten, ca. 200 m langen Verbindungsstückes zum Übergabeschacht am Südufer wurde nochmals die Lage der Leitung im Sediment des Seegrundes kontrolliert und, wo erforderlich, korrigiert. Die Druckprobe mit 15 bar bildete den Abschluß dieses nicht alltäglichen Bauwerks.

#### 4. Schlußbetrachtung

Beim klassischen Bau von Abwasserkanälen und -Leitungen (offene und geschlossene Bauweise) haben Kanalrohre aus duktilem Gußeisen ihre Bewährungsprobe bestanden und einen beachtlichen Marktanteil erreicht. Durch die Weiterentwicklung der Verbindungstechnik konnte diesem Rohrmaterial ein neues Feld anspruchsvoller Sonderbauverfahren erschlossen werden. So hatte ein vergleichbar spektakuläres und ein halbes Jahr zuvor problemlos abgewickelter Projekt eines Einziehdukens DN 1000 mit TKF-Schubsicherung den Auftraggeber zur Wahl des beschriebenen

Verfahrens bewegen. Ein weiteres Projekt (TKF DN 500) mit ähnlich hohen Anforderungen, wie sie das Horizontal-Spülbohr-Verfahren an Rohrmaterial und Verbindungen stellt, wird ebenfalls im vorliegenden Heft geschildert [3].

So kann für viele Ausführungen von langen Rohrleitungssträngen im See- bzw. Wasserbereich die Anwendung von duktilen Gußrohren mit TKF-Zugsicherung als schnelle, kostengünstige und sichere Lösung empfohlen werden.

#### 5. Literatur

- [1] Opfermann, B.; Rammelsberg, J.:  
Planung und Bau einer Regenwasserauslaßleitung in die Ostsee mit Rohren aus duktilem Gußeisen DN 1000 TKF, Gußrohr-Technik 31 (1996), S. 5-10
- [2] Rammelsberg, J.; Schmax, F.:  
Entwicklung und Baustellenerprobung einer neuen längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindung für duktile Gußrohre Gußrohr-Technik 29 (1994), S. 47-53
- [3] Langner, T.:  
Einziehen eines 432 m langen Rohrstrangs DN 500 mit gesteuerter Horizontalbohrtechnik, ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz in Oranienburg an der Havel Gußrohrtechnik 32 (1997), S. 5 - 11

## Anschluß von duktilen Gußrohren an Schächte und Bauwerke

Von Peter Brune

Die Entwicklung hatte zwecks Verminderung von Scher- und Biegekräften zum doppelgelenkigen Anschluß von Abwasserleitungen an Schächte und Bauwerke geführt. Bei duktilen Gußrohren ermöglichen es die Eigenschaften des Gußeisens zusammen mit der Abwinkelbarkeit im TYTON-gleichen Schachtanschlußstück des Bauwerks, die statische Belastung bei Setzungen auch mit eingelenkigem Anschluß ausreichend niedrig zu halten, so daß Schäden auszuschließen sind.

Abwasserrohre können heute auf vielfältige Art und Weise an Schächte und Bauwerke angeschlossen werden, so daß der Planer entscheiden muß, welche Technik im jeweiligen Fall anzuwenden ist.

In den technischen Regelwerken werden hierzu Hinweise und Forderungen formuliert, um die Stand- und Betriebssicherheit der Rohrleitungssysteme und Bauwerke sicherzustellen. Stellvertretend seien folgende drei Auszüge zitiert:

„Anschlüsse an Schächte müssen dicht und gelenkig gegenüber allen ankommenden und abgehenden Abwasserkanälen und -leitungen hergestellt werden. In der Regel sind die Anschlüsse mit Kurzrohren ( $l \leq 1000$  mm) beidseitig doppelgelenkig herzustellen. Diese Anforderung gilt auch für nachträgliche Anschlüsse.“ [1]

„Die Rohranschlüsse an Schacht- und Bauwerkswänden müssen doppelgelenkig ausgebildet werden, um Bruchschäden durch Scherbeanspruchung auszuschließen. Die Anschluß- und Gelenkstücke richten sich nach den entsprechenden Rohrformen.“ [2]

„Das Gelenk soll möglichst in die Bauwerkswand eingebaut werden. Wenn es die Gegebenheiten zulassen, kann das Gelenk außerhalb der Bauwerkswand angeordnet werden, wobei der Abstand je nach Nennweite, Werkstoff und Baulänge zweckentsprechend zu wählen ist. Bei Rohren größerer Baulänge ist es empfehlenswert, einen Doppelgelenkanschluß auszuführen.“

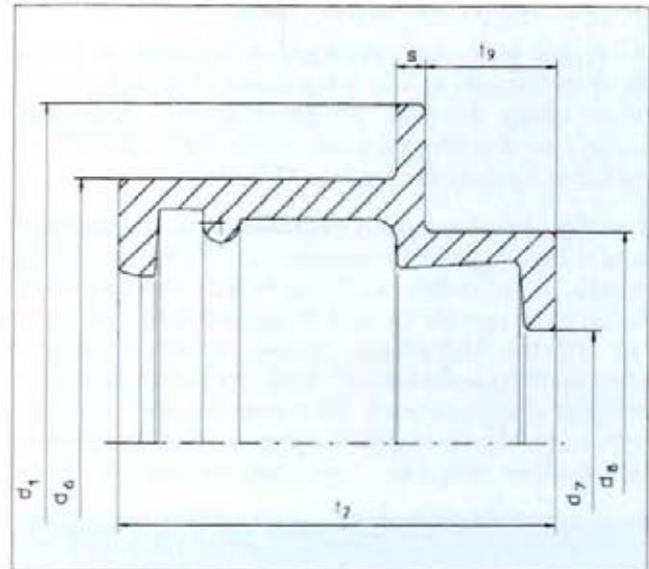


Bild 1: Profil des Schachtanschlußstückes aus duktilen Gußeisen

Bei Anschlüssen von Rohrleitungen aus Kunststoffen an Bauwerke aus anderen Baustoffen sind Schachtfutter zu verwenden.“ [3]

Der Doppelgelenkigkeit wird also eine besondere Bedeutung beigemessen.

In den Bemühungen um Kosten-Einsparungen beim Bau abwassertechnischer Anlagen werden duktile

Tabelle 1: Abmessungen des Schachtanschlußstückes

DN	$d_1$	$d_6$	$d_7$	$d_8$	$t_7$	$t_9$	s	Masse (Gewicht) kg
150	250	210	148	196	100	40	8	6
200	306	266	198	248	100	36	8	8
250	357,5	317,5	247	300	110	44	8	10
300	412,5	372,5	299	353	110	41	8	12,5
350	464	424	349	404	110	41	8	14,5
400	518	478	397	456	110	36	8	16,5
450	569	529	448	508	115	41	8	19
500	624	584	498	560	110	34	8	20
600	729,4	689,4	598	662	120	36	8	26,5
700	844	804	701	767	160	60	8	43
800	950	910	803	872	160	54,5	8	49
900	1056	1016	913,4	976	175	64	8	61
1000	1161	1121	1015	1080	185	68,5	8	71,5
1200	1373	1333	1220	1288	190	63	8	91
1400	1585	1545	1418	1495	190	46	8	112

Gußrohre seit einiger Zeit einfachgelenkig mit Baulängen bis zu 6 m ohne Verwendung von speziellen Kurzrohren an Schächte angeschlossen. Für die Baustelle resultiert aus dieser Bauweise ein entscheidender Vorteil: Beim Schneiden von Rohren vor Schächten fällt praktisch kein Abfall an, da die Reststücke auf der anderen Seite der Schächte verwendet werden können. Diese Vorgehensweise wird unterstützt durch die Tatsache, daß bei Rohren aus duktilem Gußeisen die Fließrichtung des Mediums (in die Muffe oder aus der Muffe) nicht berücksichtigt werden muß.

Der Anschluß an Bauwerke erfolgt über das Verbindungssystem Steckmuffe TYTON, dessen Einsatz im Bereich von DN 150 bis DN 1400 liegt.

Beim Anschluß von Gußrohren an Schächte ist dieses Steckmuffensystem als Schachtanschlußstück ausgebildet (Bild 1). Das Muffenprofil des Anschlußstückes ist also identisch mit der in DIN 28 603 genormten Steckmuffe, System TYTON®.

Um die Aufnahme von Querkraften aus unterschiedlichen Setzungen von Schacht und Rohr zu ermöglichen, ist es wichtig, daß das Schachtanschlußstück fachgerecht sowohl beim Fertigteilhersteller als auch bei örtlicher Herstellung in den Schacht eingebaut wird. Zu diesem Zweck ist es auf der Seite, die in den Schacht eingebaut wird, mit einem Mauerkragen versehen, der eine feste Einbindung in die Schachtwand sicherstellen soll [4]. Außerdem verhindert dieser

DN	Abwinkelung
≤ 300	5°
> 300	4°
> 400	3°
> 1000	2°
> 1200	1°

Tabelle 2: Zulässige Abwinkelbarkeit der TYTON-Verbindung

Mauerkragen eine „Umläufigkeit“ im Bereich der Bauwerkseinbindung.

Bei unterschiedlichen Setzungen von Anschlußbauwerk und Rohr muß die Dichtheit der Verbindung sichergestellt sein und bleiben!

Systemtests haben bewiesen, daß auch bei der Abwinkelung von zwei Rohren zueinander von 3° bei einem Wasserinnendruck von 10 bar keine Undichtheiten auftreten.

Die TYTON-Verbindung erlaubt z. B. für DN 600 eine Abwinkelung von zwei Rohren in allen Richtungen zueinander von 3° (s. vor-

stehende Tabelle 2). Dies gilt auch, wenn ein Rohr an ein unbewegliches Bauwerk angeschlossen ist. Bei 6 m langen Rohren bedeutet dies eine Abweichung des freien Endes von der horizontalen Rohrachse um ca. 30 cm oder ein Gefälle von 50 ‰. Treten durch Setzungen solche Abwinkelungen an einem Freispiegelkanal auf, kann die Gebrauchsfähigkeit des Bauwerkes in Frage gestellt sein. Wenn z. B. eine Abwinkelung von 50 ‰ einem Gefälle von 5 ‰ entgegenwirkt, ist im Kanal kein planmäßiger Abfluß mehr möglich (Bild 2). Deshalb wird bei Freispiegelkanälen aus duktilem Gußeisen die Funktionsfähigkeit des Bauwerkes nicht unbedingt durch die mögliche Bewegung zwischen Schacht und Rohr bestimmt, sondern durch Randbedingungen, die durch Art und Funktion des Bauwerkes festgelegt sind.

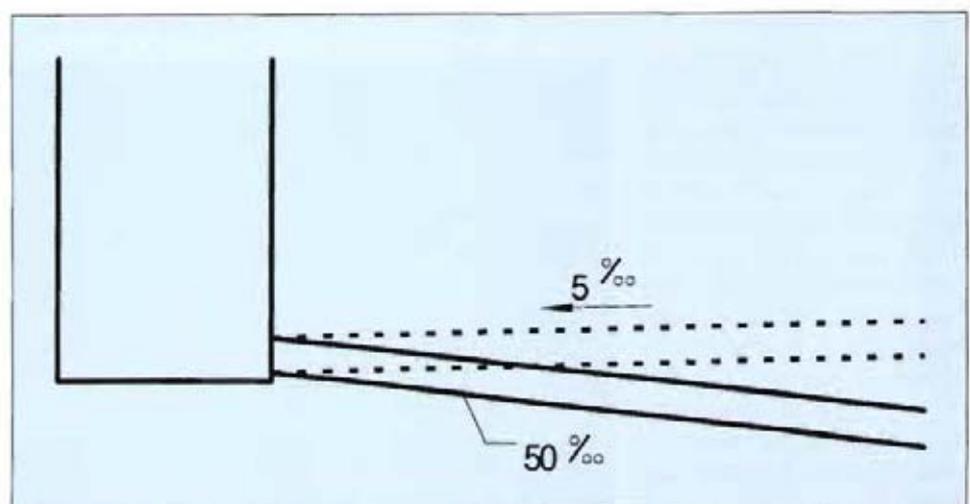
Wie schon weiter oben erwähnt, wird beim Anschluß von Rohren aus duktilem Gußeisen immer häufiger auf einen doppelgelenkigen Anschluß (Bild 3) verzichtet.

Wegen des guten Verformungsvermögens von duktilem Gußeisen und der hohen Festigkeit des Materials wird eine hohe Scherbruchsicherheit erreicht. Dies wurde ebenfalls bei Scherversuchen an dem Steckmuffensystem TYTON festgestellt. Bei diesen Versuchen betragen die eingeleiteten Scherkräfte beim Durchmesser DN 300 6,5 kN und beim DN 600 42 kN [5]. Die Versuche erfolgten unter konstantem Wasserinnendruck von 10 bar. Undichtheiten der Muffen oder Druckabfall während der Versuche konnten nicht festgestellt werden.

Zur Überprüfung der bei einem solchen eingelenkigen Anschlußsystem auftretenden Belastungen/Spannungen werden im folgenden beispielhaft für die gesamte Nennweitenpalette von DN 150 bis DN 1400 Musterrechnungen an den Nennweiten DN 300 und DN 600 durchgeführt.

Für die Eingangsgröße „Setzungsdifferenz“ zwischen Schacht und Rohrleitung, bezogen auf die Höhe der Rohrsohle, wird bei allen Untersuchungen ein konstanter Wert von 25 mm angenommen, der nach Aussagen aus der Praxis eher hoch angesetzt ist [6].

Bild 2: Mögliche Abwinkelung eines 6 m langen Gußrohres (Darstellung 5fach überhöht)



Nennweite	$d_a$	s	$d_i$	$S_{Zst}$
	mm	mm	mm	mm
DN 300	326	4,0	318,0	3
DN 600	635	5,8	623,4	5

Tabelle 3: Rohrdurchmesser und -wanddicken

Die folgenden Daten wurden zugrunde gelegt:

Werkstoffkennwerte (nach ATV A 127)	
Elastizitätsmodul:	$E = 1,7 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
Biegezugfestigkeit:	$\sigma_R = 550 \text{ N/mm}^2$
Querkontraktionszahl:	$\mu = 0,3$
Berechnungsparameter	
•	Dammbedingung
•	Verformungsmoduln des Bodens $E_B = 3 \text{ N/mm}^2$ bei DN 300 bzw. $E_B = 4 \text{ N/mm}^2$ bei DN 600
•	Überdeckung $h = 2,5 \text{ m}$
•	Grundwasser max $h_w = 2 \text{ m}$ über Rohrscheitel
•	Verkehrsbelastung durch SIM 60 am Schachtrand
•	Auflagerwinkel des Rohres für den Spannungsnachweis $2\alpha = 90^\circ$ [6].

Die Rechnung ergibt, daß sich bei einem einfachgelenkigen Anschluß (6-m-Rohr) die Auflagerkräfte deutlich erhöhen. Bei DN 300 von 16,7 kN (doppelgelenkig) auf 61,0 kN.

Bei DN 600 von 29,6 kN (doppelgelenkig) auf 147,1 kN. Ebenso nehmen die Biegemomente und die Querkräfte deutlich zu.

Ausgehend von den Kräften/Momenten ergeben sich in der Rohrleitung Spannungen in Umfangsrichtung und Längsrichtung. Die daraus errechneten Vergleichsspannungen sind so niedrig, daß die geforderten Sicherheitsbeiwerte teilweise erheblich überschritten werden.

Die Betonspannung im Bereich der Auflagefläche (DN 600) wurde mit  $12,5 \text{ N/mm}^2$  unter einer Lastverteilung von  $45^\circ$  ermittelt. Die zulässige Flächenpressung bei einer Betongüte B45 beträgt  $12,9 \text{ N/mm}^2$ .

### Zusammenfassung und Ausblick

Die konstruktiven Hinweise und rechnerischen Nachweise für DN 300 und DN 600 zeigen, daß ein ein-

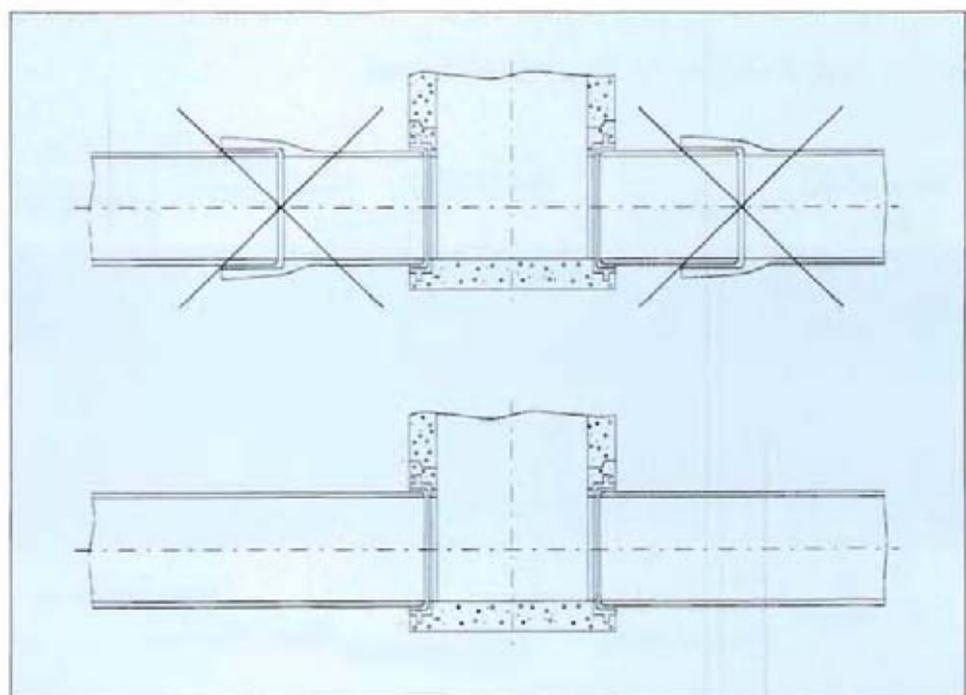
fachgelenkiger Anschluß von duktilen Gußrohren an Schächte vorteilhaft und ohne statische Überbeanspruchungen für das System möglich ist [6].

Der eingelenkige Anschluß von duktilen Rohren an Schächte und Bauwerke hat sich in vielen Objekten bewährt und zeigt stark steigende Tendenz in der Anwendung.

### Quellen-Nachweis

- [1] DIN 19549 (2/89): Schächte für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen, Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
- [2] ATV-A 241 (3/94): Bauwerke in Entwässerungsanlagen
- [3] DIN 4033 (11/79): Entwässerungskanäle und -leitungen Richtlinien für die Ausführung
- [4] Hein, H.: Das Abwasserrohrsystem aus duktilem Gußeisen - Komponenten, Verlegung, Dichtheitsprüfung 3R-International 30 (1991, Heft 4, S. 177 - 181)
- [5] Stein, D., Brune, P., Bockermann, K.: Gutachterliche Stellungnahme: Das duktile Gußrohrsystem für den Abwassertransport in der Trinkwasserschutzzone II, FGR 25 - Gußrohr-Technik
- [6] Falter, B., Lenz, J.: Schachtanschlüsse bei Gußrohren (unveröffentlichter Bericht 9/96)

Bild 3: Anschluß an Schächte ohne Gelenkstück



## Planung und Bau einer Turbinenrohrleitung aus duktilen Gußrohren unter Berücksichtigung bruchmechanischer Bemessungsverfahren

Von Franz Fussenegger, Reinhard Mathis, Ewald Titze, Jürgen Rammelsberg, Markus Schütz

Beim Bau eines 16 MW-Laufkraftwerkes in Vorarlberg führten besonders hohe Sicherheitsanforderungen und schwierige Einbaubedingungen in alpinem Gelände zur Entscheidung, die Turbinenzuleitung im Nennweitenbereich bis DN 1600 bei Betriebsdrücken über 30 bar mit duktilen Gußrohren zu bauen. Hierbei wurden duktile Schleudergußrohre erstmals mit Hilfe von Ergebnissen bruchmechanischer Untersuchungen ausgelegt.

### Einleitung

Bereits zu Beginn der Elektrifizierung wurden Gußrohre für Wasserkraftanlagen eingesetzt. Während man vor der Jahrhundertwende bis in die 60er Jahre hinein Graugußrohre verwendete, haben seit Ende der 60er Jahre duktile Gußrohre den Einzug auch in den Kraftwerksbau gefunden.

ZIMMERMANN [1] nennt in einem Bericht von 1974 Beispiele für Turbinenleitungen im Nennweitenbereich DN 200 bis DN 600 aus duktilem Gußeisen. Die wichtigsten Kriterien für die Wahl des duktilen Gußrohres waren damals:

- hohe Festigkeit,
- hohe Dehnung und Zähigkeit,

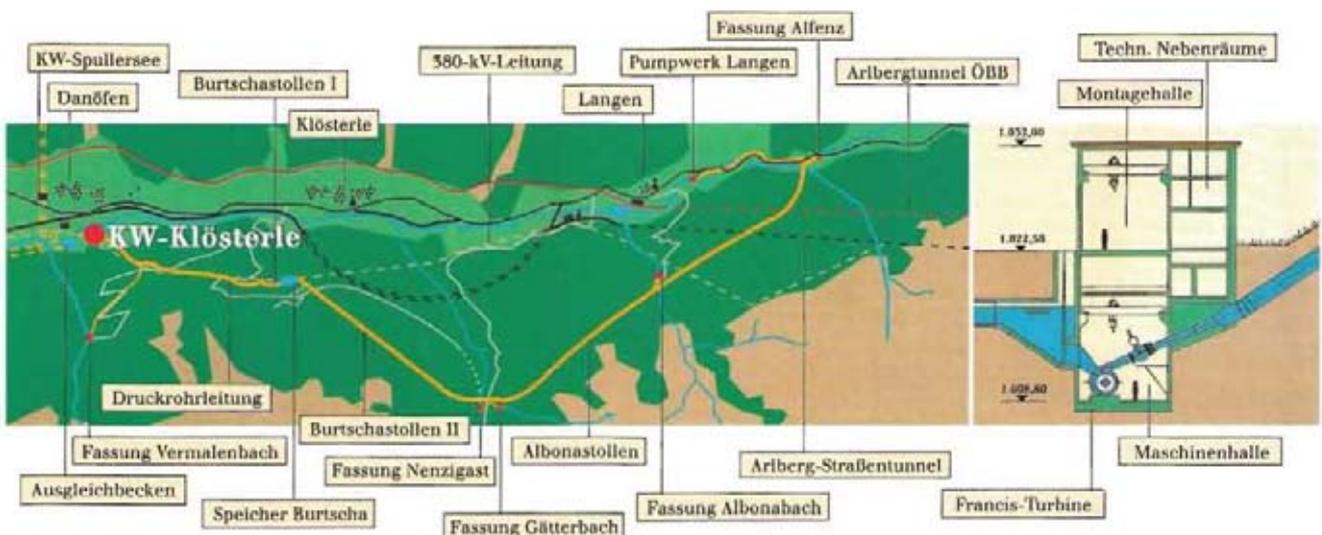
- positives Korrosionsverhalten,
- Immunität gegenüber Streuströmen,
- hohe Verschleißbeständigkeit der Zementmörtelauskleidung,
- einfache Montierbarkeit der Verbindung.

### Kraftwerk Klösterle

Das Kraftwerk Klösterle in Vorarlberg wird als Laufkraftwerk betrieben, wobei in Zeiten geringer Wasserführung der Speicher Burtscha (8000 m<sup>3</sup>) zur Verbesserung des Turbinenwirkungsgrades zur Verfügung steht. Zur Nutzung der Wasserkraft wird die Alfenz auf einer Höhe 1343 ü. NN gefaßt und über 5 km lange Stollen zum Speicher geführt. Von diesem Speicher aus wird das Wasser über die ca. 1,7 km lange Gußrohrleitung DN 1600 und DN 1400 zum Kraftwerk geleitet. Bei einer maximalen Fallhöhe von 323,5 m ergibt sich eine Engpaßleistung von 16 Megawatt und ein Regelarbeitsvermögen von 55 Mio. kWh.

Die Eigenerzeugung der Vorarlberger Kraftwerke steigt mit diesem Wasserkraftwerk um ca. 10 %. Um die im Kraftwerk Klösterle in den nächsten 50 Jahren erwartete Strommenge zu erzeugen, müßten vergleichsweise 500 000 Tonnen Heizöl verbrannt werden.

Bild 1: Lage des Kraftwerks Klösterle im Allentz



## Wahl des Rohrleitungssystems

Aufgrund der bei den Kraftwerken Oberstufe Gampfels sowie Ebensand gewonnenen Erfahrungen wurde als Basis für die Projektierung der Druckrohrleitung des Kraftwerkes Klösterle das System der flexiblen, möglichst festpunktfreien Verlegung von duktilen Gußrohren angewandt. Alternativ dazu wurde die Ausführung einer geschweißten Stahlrohrleitung untersucht. Diese Variante wurde jedoch aus folgenden Gründen schon im Projektstadium wieder verlassen:

1. Für die Errichtung einer geschweißten Stahlrohrleitung wird eine wesentlich längere Montagezeit benötigt. Aufgrund der Höhenlage der Baustelle standen nur 6 Monate für die Rohrverlegung zur Verfügung.
2. Duktile Gußrohre sind aufgrund ihrer robusten Ausführung für alpines Gelände prädestiniert. In kleinen Nennweitenbereichen überwiegen die Einbaukosten gegenüber den Materialkosten, wohingegen in großen Nennweitenbereichen (über DN 1000) die Materialkosten über den jeweiligen Verlegekosten liegen. Der Verlegekostenanteil liegt jedoch immer über 35 % der Gesamtkosten.
3. Hangbewegungen, wie sie in alpinem Gelände auftreten können, werden bei einer Gußrohrleitung von den Muffenverbindungen aufgenommen. Eingegrabene, geschweißte Stahlrohrleitungen können in einem solchen Gelände nicht verwendet werden.
4. Bei oberirdisch liegenden Stahlrohrleitungen ist während der Betriebsdauer der Korrosionsschutz regelmäßig zu erneuern.
5. Die Druckrohrleitung verläuft entlang einer Hochspannungsleitung. Die Steckmuffenverbindungen der Gußrohrleitung stellen elektrische Trennstellen dar, wodurch im Gegensatz zur Stahlrohrleitung keine Erdungsmaßnahmen zu treffen sind.

Tabelle 1: Nennweiten, Wanddicken und Prüfdrücke

DN	Rohrklasse	Ist PEA in bar	max. PEA (EN 545)
400	K9	24,1	56
500	K9	9,4	51
1400	K10	27,3	42
1400	K11	30,2	54
1400	K12	33,1	58
1400	K13	37,5	63
1600	K9	24,1	37

Neben den Rohren DN 1400 und 1600 (Bild 2) wurden bei diesem Projekt für die Beileitung Vermaalenbach auch DN 400 und 500 eingesetzt. Tabelle 1 stellt für die jeweiligen Nennweiten und Wanddickenklassen den tatsächlich ertragenen und dem EN 545 größtmöglichen Prüfdruck gegenüber.

## Sicherheitsbetrachtungen

Da es sich beim Kraftwerk Klösterle um ein Laufkraftwerk handelt, unterliegen die Rohre primär einer statischen Beanspruchung aus Betriebsdruck und Erdlasten, überlagert ist ein „quasi“-dynamischer Last-

Bild 2: Duktile Gußrohre DN 1600 neben der Trasse



anteil resultierend aus den Druckstößen von max. 20 % des Betriebsdruckes. Die Lastwechselzahlen und Belastungskollektive im vorgesehenen Betriebszeitraum der Leitung lassen zu, daß die Leitung rein nach den mechanisch-statischen Kennwerten des Werkstoffes ausgelegt wird.

Druckrohrleitungen für Wasserkraftwerke stellen ein für die Sicherheit erhebliches Gefährdungspotential dar. Zu der Bemessung und Ausführung von Stahldruckrohrleitungen für Wasserkraftwerke liegen weltweit große Erfahrungen vor. In Österreich erfolgt die Auslegung derzeit nach der ÖNORM B 5012 (Spannungs- und Verformungsnachweis), wobei projektbezogene Besonderheiten zusätzlich berücksichtigt werden. Gerade die Berücksichtigung von bruchmechanisch relevanten Erkenntnissen im Bemessungsverfahren haben sich dabei in den letzten Jahren immer mehr durchgesetzt.

Diese Entwicklung im Bemessungsverfahren von Stahldruckrohrleitungen mußte im vorliegenden Fall für die duktilen Schleudergußrohre berücksichtigt werden. Nachzuweisen war vor allem auch, daß die eingesetzten Gußrohre über eine sicherheitstechnisch ausreichende Duktilitätsreserve verfügen.

Die duktilen Gußrohre wurden entsprechend den Anforderungen der EN 545 und den zusätzlichen Anforderungen der Vorarlberger Kraftwerke gefertigt. Die

festgelegten Werkstoffkennwerte nach EN 545, wie Festigkeit und Dehnung sowie Wanddicke und Außendurchmesser, wurden vom Hersteller dokumentiert.

Darüber hinaus wurden auf Anforderung der Vorarlberger Kraftwerke die chemische Zusammensetzung und das metallurgische Grundgefüge vom Hersteller bestätigt und attestiert.

Die Rohre wurden gegen Innendruck in Anlehnung an die ÖNORM EN 545 bei einer zulässigen Rohrspannung von  $145 \text{ N/mm}^2$  (entspricht einer Sicherheit von 3,0) in Verbindung mit einer zu garantierenden Mindestwanddicke als Funktion des Durchmessers berechnet.

Die größte Belastung tritt in den bis zum Krafthaus hin verlegten Gußrohren der Nennweite DN 1400 (Bild 3) auf. Der Betriebsdruck einschließlich Druckstoß (PMA) liegt bei 32,5 bar, und der Abnahme- druck (PEA) betrug 37,5 bar. Aus sicherheitstechnischen Erwägungen sollte mittels bruchmechanischer Betrachtungen eine ausreichende Duktilitätsreserve nachgewiesen werden. Deshalb wurde neben den bisher üblichen Materialkennwerten Festigkeit, Dehnung und Kerbschlagzähigkeit erstmals der Nachweis einer Mindestbruchzähigkeit gefordert. Die Bruchzähigkeit sollte dabei so hoch sein, daß ein sich unter der Belastung öffnender Riß zunächst in Form eines Lecks sichtbar wird, bevor die Rißlänge so groß ist, daß ein spontanes Versagen durch instabiles Rißwachstum

Bild 3: Übergang von DN 1600 auf DN 1400



einsetzt. Diese Forderung wird das Leck-vor-Bruch-Kriterium genannt. Das Öffnen des Risses bis zum spontanen Versagen stellt den Bereich des stabilen Rißwachstums dar. In diesem Bereich muß der üblicherweise von innen ausgehende Riß die Außenoberfläche erreichen und damit als Leck bei wiederkehrenden Prüfungen während des Betriebes zu detektieren sein.

Bei Druckrohrleitungen bietet das Leck-vor-Bruch-Verhalten die Möglichkeit, einen Versagensprozeß zu verzögern und damit beherrschbar zu machen. Für die Leck-vor-Bruch-Analyse wurden neben dem Werkstoffzustand die Betriebs- und Störfallbelastungen herangezogen. Zudem wurde eine kritische Rißlänge angenommen, ab welcher ein durch den Riß entstandenes Leck detektierbar ist. Es wurde davon ausgegangen, daß dies zweifelsfrei möglich ist, wenn die Rißlänge das 6fache der Wanddicke erreicht.

Für die bruchmechanische Berechnung des Bauteilversagens ist es nötig, neben der Annahme eines Fehlers (hier Riß mit  $6 \times$  Wanddicke) auch das Werkstoffverhalten zu beschreiben. Aus Sicherheitsgründen wurde bei dieser Betrachtung zunächst ein linear-elastisches Bruchverhalten zugrunde gelegt.

### Rohrwerkstoff

Diese Sicherheitsbetrachtungen führten für die höchstbelasteten Rohre zu den in Tabelle 2 angegebenen Anforderungen an den Werkstoff.

Im Rahmen der Werkstoffuntersuchungen mußte festgestellt werden, daß mit dem Probematerial aus Rohren bis DN 500 keine nach ASTM E 399 gültigen  $K_{Ic}$ -Werte bestimmt werden konnten [5]. Dies hängt mit der wegen des ferritischen Grundgefüges großen Zähigkeit des duktilen Gußwerkstoffes zusammen. Anstelle des  $K_{Ic}$ -Wertes wurde für diesen Fall die Bruchzähigkeit mit  $K_{CJ}$  angegeben.

Im folgenden wurde speziell für die höchstbeanspruchten Rohre mit zwei unterschiedlichen Verfahrensschritten versucht, die sicherheitstechnisch erforderlichen bruchmechanischen Kennwerte nachzuweisen:

1. Durch Werkstoff- und Wärmebehandlungsmodifikationen sollte der Nachweis einer gegenüber dem Standardwerkstoff erhöhten und damit ausreichenden Bruchzähigkeit erfolgen.

Dazu wurden mit speziellen Roheisen- und Stahl-sorten sowie einer optimierten Wärmebehandlung einige Versuchsrohre DN 1400 mit mehr als 24 mm Wanddicke und ca. 5 t Gußgewicht hergestellt. Nach Abschluß der metallurgischen und fertigungstechnischen Entwicklungsarbeiten konnten deutlich verbesserte Werkstoffkennwerte festgestellt werden (Tabelle 2) [2], [3].

Die Fertigung und Qualitätssicherung der Rohre, speziell im höchsten Beanspruchungsbereich, erfolgten mit diesen optimierten Werkstoffzuständen.

2. Bei Rohren aus duktilem Gußeisen war zu erwarten, daß der Riß – bedingt durch die werkstoff-

Werkstoffkennwerte		Standardfertigung	Anforderungen	nach Werkstoffentwicklung
$R_p$	MPa	>270	>270	>275
$R_m$	MPa	>400	>400	>400
$A_5$	%	>10	>15	>22
$A_v$	J	n.b.	>9,49	>9,49
$K_{IC}$	$N/mm^{3/2}$	1100	>2200	2250-2400
$K_{IQ}$	$N/mm^{3/2}$	1550	-	-

Tabelle 1: Nennweiten, Wanddicken und Prüfdrücke

spezifisch hohen Duktilitätsreserven – nicht mehr allein durch seine Spannungskonzentration wirkt (linear-elastische Bruchmechanik), sondern auch durch Querschnittsverminderung. Die kritische Rißlänge folgt dann zumindest teilweise den Gesetzmäßigkeiten der plastischen Instabilität. Eine Betrachtung nach der linear-elastischen Bruchmechanik führt für diesen Bereich der Fließbruchmechanik zu einer sehr konservativen Verhaltensprognose für das betrachtete Bauteil.

An der Technischen Versuchs- und Forschungsanstalt der TU Wien wurden mit Rohren DN 400 aus der Serienproduktion Berstversuche unternommen und gleichzeitig mit daraus entnommenem Probenmaterial die mechanischen Kennwerte bestimmt [5]. Dabei wurden Ergebnisse entsprechend Tabelle 2 erzielt.

Gleichzeitig wurden an diesem Institut instrumentierte Berstversuche am Bauteil durchgeführt [4] (Bilder 4 bis 6). Dazu wurden die Prüflinge mit einem definierten Längsriß versehen, wieder abgedichtet und die Rißaufweitung in Abhängigkeit vom angelegten Innendruck aufgezeichnet. Dabei zeigte sich, daß das Bruchverhalten der Rohre im Berstversuch besser mit dem Traglastkonzept (plastische Instabilität) als mit dem Konzept der linear-elastischen Bruchmechanik zu beschreiben ist. Die Versuchswerte lagen durchweg in jenem Bereich, von dem angenommen werden kann, daß ein Rißfortschritt erst nach weitläufigem Plastizieren um die Rißspitze stattfindet (Bilder 7 und 8, Seite 62).

Die Versuchsergebnisse an den Prüfrohren DN 400 lassen sich folgendermaßen auf die im vorliegenden Fall eingesetzten Rohre DN 1400 bzw. DN 1600 übertragen, da folgende Punkte sichergestellt sind:

Bild 4: Applikation des Rißweitemaufnehmers

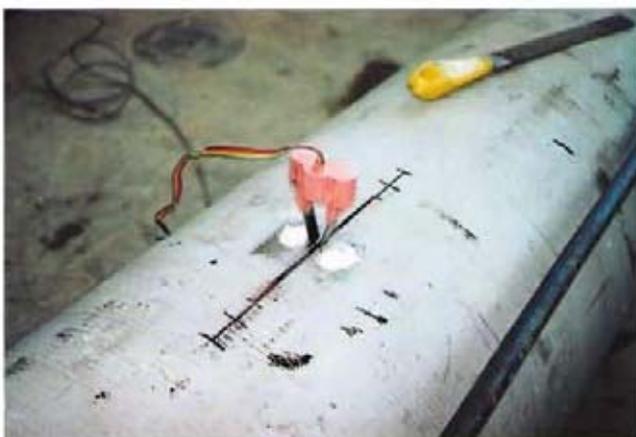


Bild 5: Rißverlauf rohraußenseitig

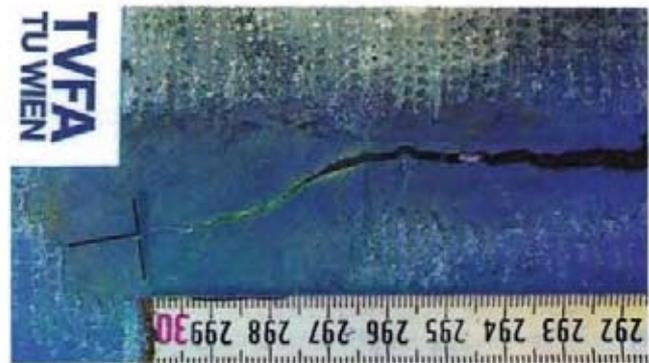


Bild 6: Rißspitze links

- Der Werkstoffzustand, vor allem der Gefügezustand, die Bruchdehnung und die bruchmechanischen Kennwerte sind bei DN 1400 und DN 1600 mindestens gleichwertig oder besser als die untersuchten Prüfrohre DN 400; dies wurde durch eine 100%ige Qualitätsüberwachung und Dokumentation nachgewiesen.
- Für das vorliegende Verhältnis von Rohrdurchmesser zu Wanddicke kann für die hier eingesetzten Rohre ein ebener Spannungszustand angenommen werden.

Unter diesen Umständen ist davon auszugehen, daß z. B. Rohre DN 1600 bei einer Durchrißlänge von z. B. 300 mm durch plastische Instabilität erst bei einer Umfangsspannung größer  $130 N/mm^2$  gefährdet sind. Die Sicherheitsanforderungen des Betriebes sind damit voll erfüllt, ein instabiles Bauteilverhalten vor Eintreten eines detektierbaren Risses kann ausgeschlossen werden.

#### Montage der Leitung am Hang

PLATZER [6] beschreibt schon 1973 einige der Hauptschwierigkeiten bei der Errichtung von Rohrleitungen in gebirgigen Gebieten. Anlagenteile müs-

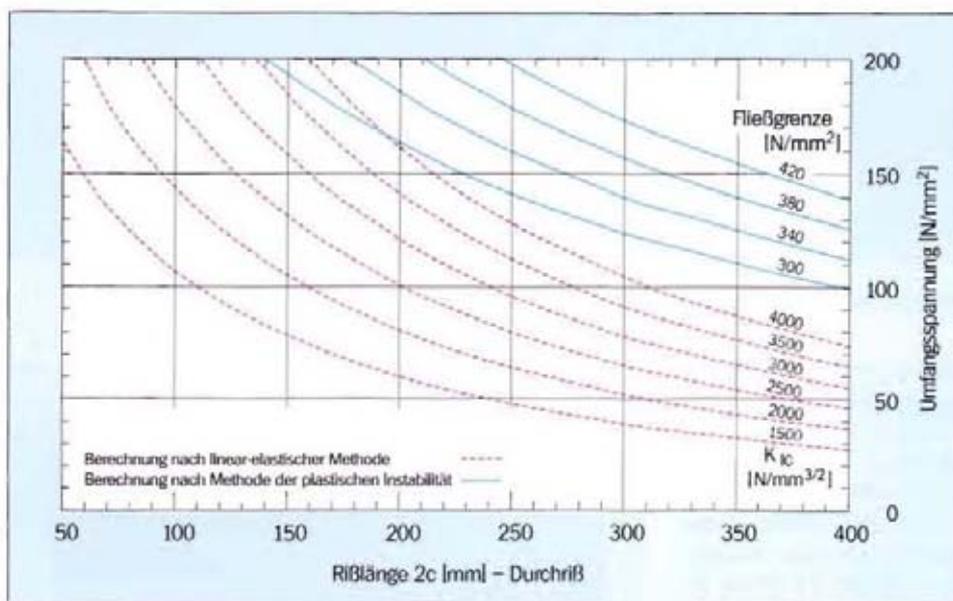


Bild 7: Rohr DN 1600 – Durchriß. Linear-elastische Bruchmechanik und plastische Instabilität

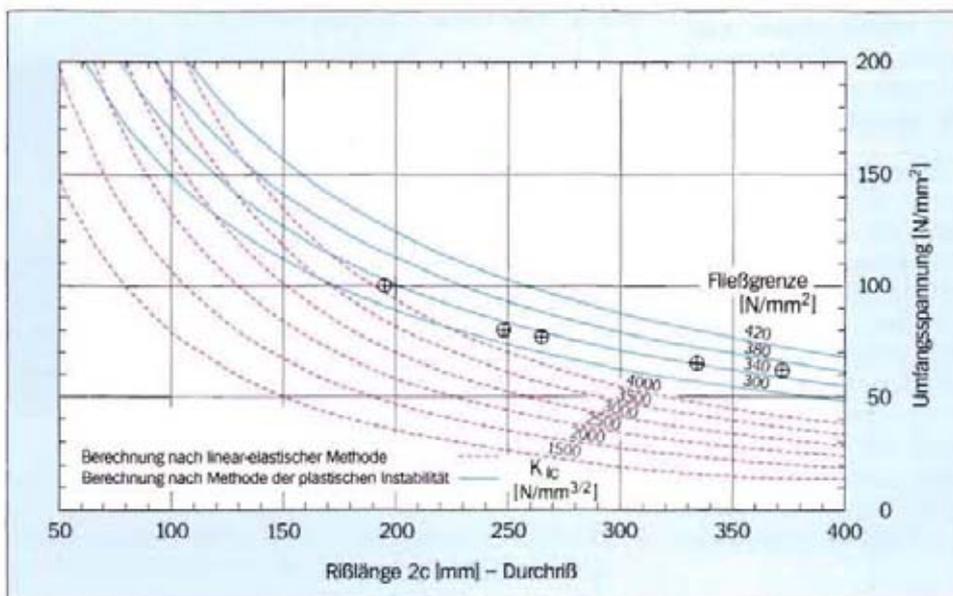


Bild 8: Rohr DN 400 – Durchriß. Linear-elastische Bruchmechanik und plastische Instabilität

sen in schwer zugänglichem, felsigem und steilem Gelände errichtet werden (Bild 9). Zum zweiten muß das Bettungsmaterial entweder durch zeitraubendes Absieben gewonnen oder kostspielig herbeigeschafft werden.

Für den Einbau der Druckrohrleitung mußte vorweg entlang der Rohrleitungstrasse eine Arbeitsfläche erstellt werden, wobei entsprechend den behördlichen Vorschriften ein maximal 15 m breiter Arbeitsstreifen zur Verfügung stand. Um den Transport der bis zu 8 t schweren Gußrohre mittels Kettenbagger zu ermöglichen, mußte die Arbeitsfläche entsprechend verdichtet werden.

Nach Fertigstellung der Arbeitsfläche im Herbst 1995 wurden Anfang Mai 1996 die angelieferten Rohre DN 1400 mm entlang der Arbeitsfläche im Bereich des späteren Einbauortes ausgelegt. Am 29. Mai

1996 wurde das erste Rohr eingebaut. Dabei wurde beginnend beim Krafthaus nach dem sogenannten „Auf-Zu“-Verfahren gearbeitet. Es wurde jeweils der Graben für ein Rohr ausgehoben und anschließend das Rohr hingehängt. Nach dem Ausrichten und der Innenkontrolle des Rohres wurde dieses, bevor der Graben für das nächste Rohr ausgehoben wurde, eingebettet. Das Bettungsmaterial wurde bei diesem Projekt durch Absieben mit einem am Ausleger des Baggers montierten Drehsieblöffel aus dem Aushubmaterial gewonnen (Bild 10). Aufgrund der extremen Geländeverhältnisse mußte beim Einbau auf eine gute Verdichtung geachtet werden.

Im steilsten Abschnitt der Trasse mit einer Neigung von 30° war es für einen einzelnen Bagger nicht möglich, die über 5 Tonnen schweren Gußrohre zu versetzen, weshalb ein zweiter zur Unterstützung eingesetzt wurde (s. Bild 3, Seite 60).

Im obersten Abschnitt der Druckrohrleitung mußten die Rohre aufgrund der geologischen Verhältnisse in einem Stollen verlegt werden. Zu diesem Zweck wurde ein eigens dafür angefertigtes Transportgerät eingesetzt.

Nach einer Bauzeit von rund 6 Monaten wurde die

Bild 9: Rohrleitungsbau im alpinen Gelände



gesamte 1,7 km lange Rohrleitung, bestehend aus Gußrohren der Nennweiten DN 1400 bzw. DN 1600, fertiggestellt. Am 11. November 1996 wurde die Rohrleitung nach erfolgreicher Druckprüfung abgenommen. Die Inbetriebnahme steht kurzfristig bevor.

### Zusammenfassung

Die Vorarlberger Kraftwerke entschlossen sich beim Bau des Wasserkraftwerks Klösterle zum Einsatz duktiler Gußrohre aus folgenden Gründen:

- In dem vorliegenden Projekt wurden erstmals bruchmechanisch orientierte Bemessungsverfahren auf duktile Schleudergußrohre angewendet, was für den Bereich der mit dem höchsten Innendruck beanspruchten Rohre zu einer erfolgreichen Weiterentwicklung des Werkstoffes duktiles Gußeisen führte. Damit wurde dem überragenden **Sicherheitsaspekt** der Druckleitungen in Wasserkraftanlagen Rechnung getragen.
- Selbst unter schwierigsten Randbedingungen von Steilstrecken im alpinen Gelände ist der Aufwand für den Einbau dieser Rohre vergleichsweise gering. Im Vergleich zu den bisher üblichen oberirdisch liegenden Stahlrohrdruckleitungen sind bei erdüberdeckten Gußrohrdruckleitungen der **Wartungsaufwand** und die **Umweltbeeinträchtigung gering**.
- Der hohe Korrosionswiderstand und die Verschleißbeständigkeit tragen zu einer langen Nutzungsdauer und damit zu hoher **Wirtschaftlichkeit** bei.



Bild 10: Gewinnung von Bettungsmaterial mit einem Drehsieblöffel

Die Rohrleitung konnte in kurzer Bauzeit erstellt und die geforderte Druckprobe erfolgreich durchgeführt werden.

### Danksagung

Den Herren O. Schüller und H. Gessmann danken wir für ihre Mitarbeit im Rahmen des Ausschusses Werkstofftechnik des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs.

### Literaturhinweis:

- |  |  |
|--|--|
| <p>[1] Zimmermann, Werner:<br/>„Duktile Gußrohre im Kraftwerksbau“;<br/>FGR-Information<br/>1974, Heft 9, S. 34 ff.</p> <p>[2] Prof. Dr. Ing. M. Pohl:<br/>Bericht Ruhr-Universität Bochum 5/95<br/>Bestimmung der Bruchzähigkeit am Gußeisen<br/>des Typs GGG 40.3.</p> | <p>[3] Prof. Dr.-Ing. G. Pusch, Bergakademie Freiberg:<br/>6/95 Bruchmechanische<br/>Untersuchung an duktilem Gußeisen GGG 40.</p> <p>[4] TVFA TU Wien Univ. Prof. DI Dr. techn. T. Varga:<br/>Bericht über instrumentierte<br/>Berstversuche an Rohren aus duktilem Gußeisen<br/>und begleitende bruchmechanische<br/>Berechnungen 4/96.</p> <p>[5] R. Huber – TVFA TU Wien:<br/>Bruchmechanische Kennfelder für duktile<br/>Gußrohre in den Nennweiten 200, 300, 400<br/>und 500.</p> <p>[6] Platzer, Günther:<br/>„Verlegung duktiler Gußrohre in Steilhängen<br/>alpiner Täler“; FGR-Information<br/>1973, Heft 8, S. 36 ff.</p> |
|--|--|

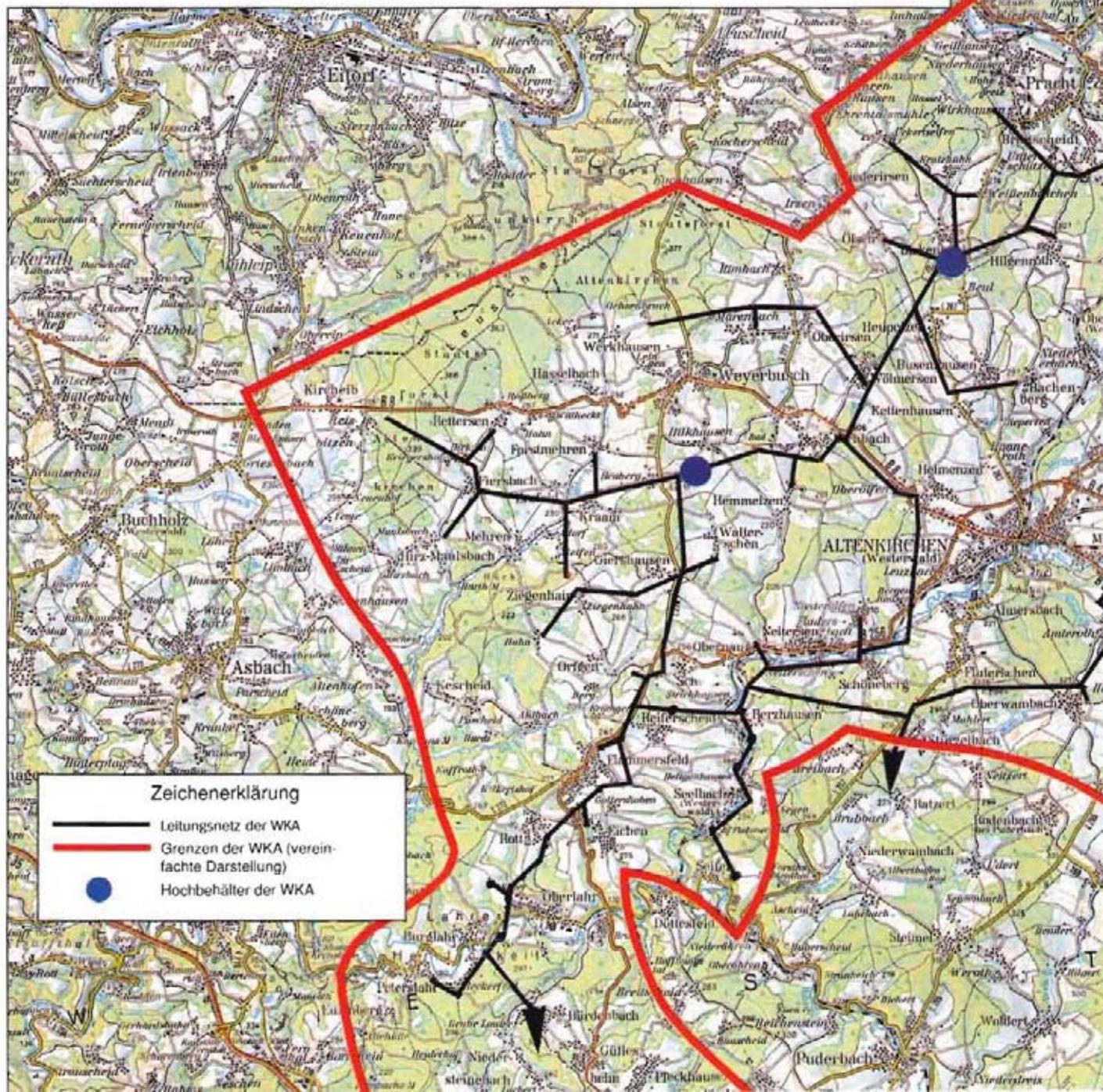
## Innovative Gedanken zur Wasserversorgung über ein Hochdrucknetz (40 bar) aus GGG DN 100 – 600 im ländlichen Raum

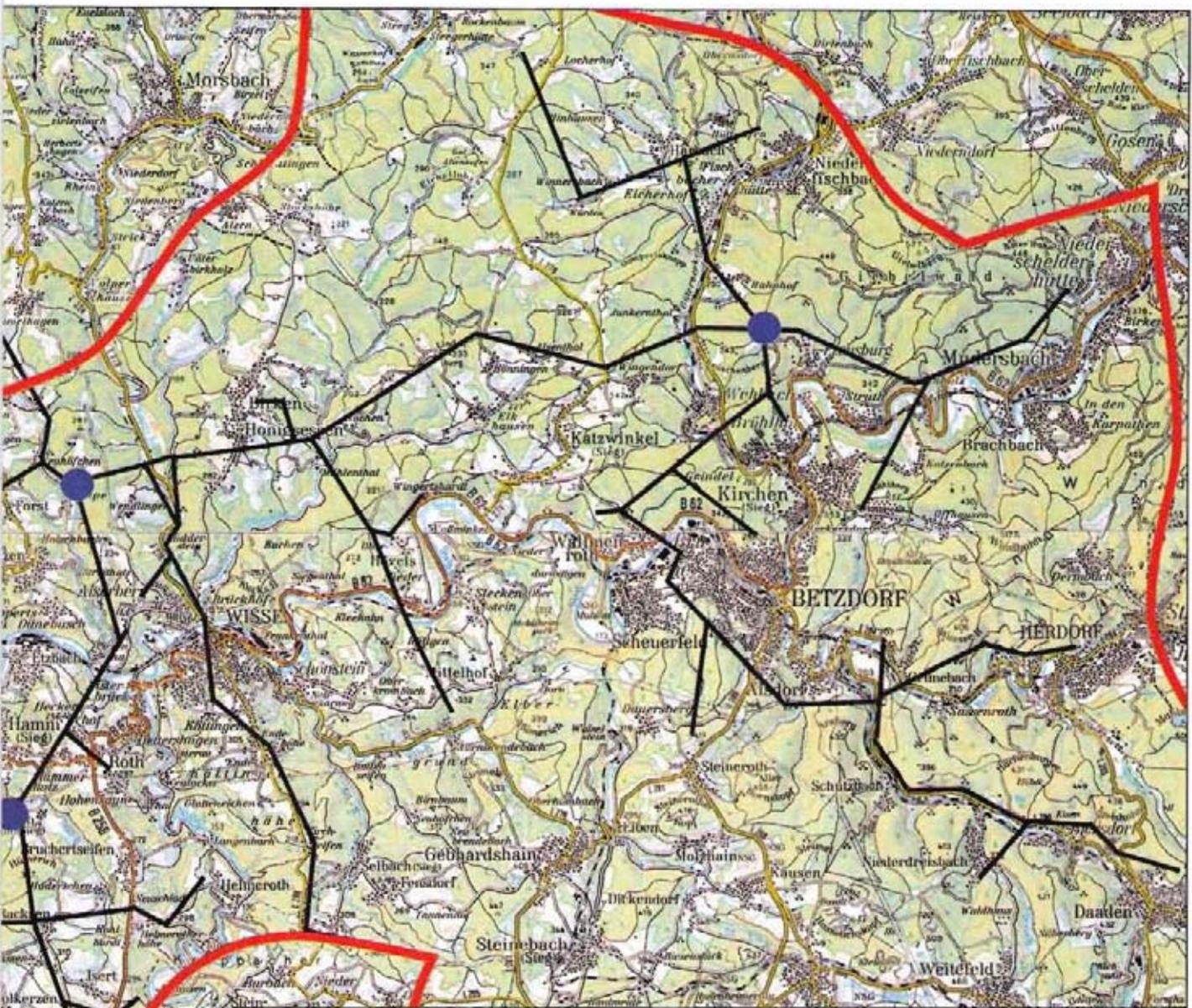
Dargestellt am Beispiel des Zweckverbandes „Wasserversorgung Kreis Altenkirchen“ (WKA) im Norden von Rheinland-Pfalz

Von Heinz-Dieter Scharenberg

230 km Hochdrucknetz mit über 30 bar hat die WKA zu verwalten. Viele technische Anlagen, zum großen Teil im eigenen Hause erdacht und umgesetzt, gewährleisten ein Mehr an Sicherheit und

Zuverlässigkeit dieses weitverzweigten Netzes. Der Autor beschreibt die Techniken, aber auch die Philosophie, die dieses System tragen.





## I. Der Zweckverband WKA

1970 baute der Aggerverband die Wiehltalsperre mit ausreichenden Reservekapazitäten, und so wurden Überlegungen zwischen dem Kreis Altenkirchen und der Aggerverbandsgeschäftsführung zur Trinkwasserversorgung des Kreises Altenkirchen abgesichert durch einen Staatsvertrag der Länder Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz und damit planungsreif.

Am 18.4.1972 wurde der Zweckverband Wasserversorgung Kreis Altenkirchen - WKA - gegründet auf der Basis einer ersten generellen Planung aus den Jahren 1970/71. Das Verbandsgebiet des WKA erfaßt den Großteil der Kreisgemeinden ausschließlich der gesamten Verbandsgemeinde Gebhardshain und einiger anderer kleinerer Teilbereiche. Der Verband hat die Aufgabe, das vom Aggerverband gelieferte

Wasser im Verbandsgebiet zu verteilen und in die gemeindlichen Anlagen einzuspeisen. Im Endausbau sollen rd. 104.000 Einwohner aus dem überörtlichen Versorgungsnetz einschließlich verschiedener Randgebiete benachbarter Kreise versorgt werden. Das Wasser wird vom Hochbehälter „Freiheit“ bei Waldbröl (Nordrhein-Westfalen) übernommen und mittels einer Transportleitung DN 600 in GGG dem Versorgungsgebiet zugeführt. Unmittelbar hinter der Landesgrenze teilt sich das Versorgungsgebiet in die Ostgruppe (Wissen, Betzdorf, Kirchen, Herdorf und Daaden) und in die Südwestgruppe (Hamm, Altenkirchen und Flammersfeld) mit einer Verbundleitung zur Kreiswasserversorgung Neuwied.

Der Hochbehälter „Freiheit“ mit 10.000 m<sup>3</sup> Inhalt liegt mit dem Wasserspiegel bei 402 m ü. NN. Diese Druckhöhe deckt fast den gesamten Versorgungsbereich des Kreises Altenkirchen ab. Die Bebauung in den Tälern geht auf 100 m ü. NN runter und auf ca. 400 m ü. NN in den Höhegebieten rauf. In den 60er Jahren hat sich die Gußrohrtechnik von Grauguß zu duktilem Guß gewandelt. Gerade in die Zeit der beginnenden überörtlichen Versorgung im Kreis Altenkirchen fällt die Verfügbarkeit der GGG-Rohre, damals noch bis max. DN 600 mm. Druckstufen bis



Bild 2: Schaltschrank in 24 V = Technik, Eigenbau

40 bar waren kein Problem. Anfangs war die Innenauskleidung in Zementmörtel noch nicht verfügbar. Mitte der 70er Jahre war auch hier der heute nicht mehr wegzudenkende Innenschutz Standard.

Die Berechnungsmengen von über 11,5 Mio. m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr für das Versorgungsgebiet des WKA konnte durch NW 600 (damals größte verfügbare Dimension in GGG) mit den Spitzenwerten nicht gefördert werden.

Mittlerweile steigt allerdings der Prokopfverbrauch nicht mehr und ist nach einer Stabilisierungszeit langsam auf einen Abwärtstrend eingestellt. Der WKA wird nach sorgsamer Berechnung die Grenze von 6 Mio. m<sup>3</sup>/a bei heutiger Bevölkerungsdichte und Industriestruktur nicht oder nur unwesentlich nach Vollausbau aller Netze erreichen können.

Das ist nur fast die Hälfte der damaligen Berechnung ... oder hat man das beim Landwirtschaftsministerium des Landes Rheinland-Pfalz 1972 schon voraussehen können und im Hinblick auf Kostendämpfung in den 90er Jahren so verfügt? Heute ist es im Blick auf die Investitionskosten ein Glückstreffer.

Die nicht mehr für die Spitzenversorgung im Endausbau benötigten und dafür betriebsbereit zu haltenden Aufbereitungsanlagen konnten sehr früh „trocken gestellt“ werden, wobei die Wassergewinnungsanlagen, aus tiefen Grund- und Stollenwässern genährt, zur Notversorgung der Bürger des Kreises Altenkirchen herangezogen werden können und müssen. Zu dieser Regelung wird im weiteren Bericht im Blick auf die

Hochdruckversorgung im Netz noch eingegangen (Abschnitt 9).

## 2. Vorteile eines Hochdrucknetzes über 30 bar Betriebsdruck und Druckstoßbewältigung

Die Kartenübersicht des Versorgungssystems läßt erkennen, wie der Verband in Abstimmung mit der rheinland-pfälzischen Wasserwirtschaftsverwaltung seit 1976 alle Hauptversorgungsleitungen (ca. 230 km Rohrlänge) als ein geschlossenes Drucksystem über die Berghöhen und unter den Gewässern (z. B. der Sieg) in allen vorkommenden Westerwälder Bodenarten mit rd. 1,8 m Überdeckung verlegt hat. Parallel ist jeweils in Fließrichtung rechts ein verbandseigenes Steuerkabel unterschiedlicher Adernzahlen, kleinstes Kabel 10 x 2 Adern bis 100 x 2, in halber Rohrhöhe mit verlegt worden. Die Kabel dienen damit gleichzeitig zur jederzeitigen exakten Rohrtrassenortung in Lage und Tiefe. Über die üblichen Schildermarkierungen, anfangs am Pfosten, später an ca. 1,1 m hohen Betonpalisaden hinaus, sind so auf die gesamte Betriebszeit der Anlagen dezimetergenaue Ortungen bei Baumaßnahmen Dritter durch Gerätemessung vor Ort möglich. Bei der Auslegung des Hochdrucknetzes war die zugfeste Muffenverbindung der GGG-Rohre in allen Dimensionen ein unbeschreiblicher Vorteil, da auf teure und über Jahre unzuverlässige Widerlager, gerade in Hanglagen, endgültig verzichtet werden konnte. Anfänglich noch ausgeführte Krümmersicherungen als Auflast oder angehängen hatten Kräfte von 20–30 t und mehr aufzunehmen.

### 2.1 Schächte

Alle Abgänge, Verzweigungen, Streckenschieber, etc. sind in Betonbauwerken mit allseitig zug- und druckfester Rohreinbindung bezüglich Montagen im Schacht bei geschlossenem Schieber mit unfallfreiem Zugang 0,75 m über Gelände untergebracht (WKA-System).

Bild 3: Spülung einer Hauptversorgungsleitung im Siegtal



Die Schachtbauwerke ähneln den Übergabestellen ins Netz der Verbandsgemeinden, sind alle mit Leicht-LKW erreichbar und selbst in Sommerweiden so platziert, daß vom Zaun her, geschützt vor Jungbullenattacken, das Personal ein- und aussteigen sowie Arbeiten verrichten kann.

## 2.2 Kabel

In allen diesen Schächten wie auch Luftventilschächten werden die werksseitigen Steuerkabel wasserdicht eingeführt, auf wasserdichten eigenen Verteilerkästen aufgelegt und trennbar gesteckt.

Mittels Polstecker kann gezielt die Erdungseinrichtung angeschlossen werden und die im Schacht überwachungspflichtigen Kontakte für Prüfzwecke trennfähig aufgeschaltet werden.

Im Kabelnetz läuft ein Adernpaar auf Kreisebene in jeden Verbindungskasten (Bauwerk) auf 2 Kontakte, die mit dem Mitarbeiter-Prüftelefon verbunden werden können, ohne die Kästen zu öffnen.

Weitere Adernpaare dienen neben der Datenfernübertragung und Fernsteuerung von der Zentrale aus als ständig spannungsführende Ringleitungen mit unterschiedlichen Aufgaben. In der Zentrale wird eine Spannung im Bereich 24 V Gleichstrom aufgegeben und z. B. gruppenweise die Überflutung, d. h. Wasseransammlung durch tropfende Flansche, Schieber, Sicherheitseinrichtungen, Luftventile, undichte Abdeckungen, etc. ab ca. 20–30 cm Höhe durch Schaltbirnen als „Öffner“ geschaltet (d. h. wenn die Birne aufschwimmt und schaltet, trennt sie den Stromkreislauf). Die Zentrale erhält einen Alarm durch nicht rückfließenden Strom, und das Bereitschaftspersonal kann die jeweilige Gruppe anfahren.

Sollte eine Fremdfirma durch Baggerarbeiten irgendwo ein Kabel zerstören, so entsteht auch dieser Alarm, der Leitungsabschnitt ist erkannt und wird gemeldet.

Den gleichen Effekt der Flutbirne kann jeder Mitarbeiter nutzen, sollte er in einem Notfall in einem Bauwerk auf sich aufmerksam machen müssen.

## 2.3 Entleerungseinrichtungen/Entlüftungen

Die Hauptversorgungsleitungen können in allen Bauwerken, Schieberschächten, Abgängen, Übergaben etc. entleert bzw. mit Schlauch nach außen gespült werden. Wir wissen, eine DN 300 Leitung bei PN 20 bar, erzielt keine Spülwirkung durch Fließgeschehen über einen Feuerwehrschauch, aber auch nicht über die sonst üblichen DN 100 oder 125er Vorflutauslässe.

Tiefpunktentleerungen in z. B. Kreuzungsbereichen der Gewässer wurden seit 1978 nicht mehr gebaut. Diese Einrichtungen sind nicht nur teuer beim Ausbau, sondern während der Betriebszeit über 30/50/80 Jahre völlig unkontrollierbar bezüglich der Dichtigkeit.

Es stellt sich ohnehin die Frage der Zweckmäßigkeit. Platzt ein Rohr unter einem Gewässer bzw. im Gewäs-

serrandgebiet, so sind Bagger und größere Erdarbeiten erforderlich. Ist die Leitung defekt und frei, ist das Leerpumpen die geringste Aufgabe. Für die „regelmäßigen“ Reinigungsspülungen der Leitungen, sofern bei gutem Trinkwasser in schnell durchflossenen Leitungen noch notwendig, baute der Verband Spüleinrichtungen, aus denen das Wasser als Riesenfontäne aus einer Bauwerkswand über dem Gewässer versprüht wird und als regenähnlicher Niederschlag ohne Uferschäden oder schädlicher Spülwirkung in feinen Tropfen auf die Gewässeroberfläche niedergeht. Die evtl. Wassertrübung (Spülzweck) ist bei der hohen Spülgeschwindigkeit im Rohr erkennbar und kann in wenigen Minuten nach Klarwerden wieder abgestellt werden. Damit ist die Aufgabe mit relativ wenig Wasserverbrauch erfüllt.

An netzüblichen und versorgungstechnisch notwendigen Be- und Entlüftungsventilen wurde nicht gespart. Die Ventile wurden generell klein ausgelegt, dafür aber auch in langen Haltungen in jedem Schachtbauwerk bei Schiebern und Übergaben montiert. Das bringt „Ruhe“ in den Betrieb und sichert gleichmäßiges Fließgeschehen.

Zusätzliche Luftventile im Nebenschluß, durch Straßen, Wege, Plätze oder Wald bedingt, sind spülbar und gegen Frost in zweiteiligen GFK-Hauben nach WKA-Idee montiert, die die Erdwärme unter 1,50 m Tiefe im Schacht nach innen ableiten und so ein frostfreies Luftsystem garantieren.

## 2.4 Übergabe in Netze zur Direktversorgung

Der Druck in der Hauptversorgungsleitung muß bei jeder Übergabe erhalten bleiben, d. h. nur über elektrische Ringkolbenschieber (fernbedienbar von der Zentrale und vorrangig gesteuert vor Ort) kann Wasser der benötigten Menge entnommen werden. Lochblenden sorgen statisch für einen maximalen Durchfluß zur Entnahmeeinrichtung bei denkbarer Störung der

Bild 4: Installation eines Verteilerbauwerkes GGG DN 600 mit Übergabe-Einrichtung





Bild 5: Installation eines Übergabeschachtes GGG DN 600 mit 3 Meßstrecken

Elektrik. Bei den Direkteinspeisungen ins Netz der Höhengemeinden, die nicht über einen eigenen Hochbehälter versorgt werden können, werden Druck und Menge gemessen und fernübertragen, hier wird der Verbrauchsdruck über Druckminderventile mit der Absicherung über jeweils ein Sicherheitsventil ca. 0,5–0,8 bar höher im Ansprechdruck eingestellt reguliert. Bild 6 zeigt eine von mehreren Übergaben, die seit 1980/81 betrieben werden mit einer WKA-eigenen mechanischen Sicherheitskontrolle mit Störfallmeldung bei unregelmäßiger Weiterversorgung (z. B. für die Wasserbelieferung in Gemeinden mit Dialyse-Patienten).

Diese Übergaben mindern bei über 30 bar den Druck auf 4–6 bar Ortsnetzdruck.

Eine Studienarbeit des Verfassers von 1961 fand hier ihre Renaissance und läuft in mehrfacher Anwendung über 17 Jahre, seit einigen Jahren auch im Großmaßstab für eine Behälterüberlaufkontrolle nach Ausfall elektrischer Schaltungen.

Das Bild zeigt die Funktionseinrichtung: Ein Druckminderventil-Schaden (nicht völliges Schließen des Ventiltellers) erzeugt einen höheren Sekundärdruck, das Sicherheitsventil öffnet und reguliert durch Abfluß den Druck im Netz hydraulisch.

Soweit ist die Technik nichts Neues, aber dieses teure Wasser läuft nicht endlos lange in die Vorflut bei noch teurerem Bau solcher Ablaufleitungen mit Gewässer-einbindung, sondern fällt ab dem ersten Tropfen in einen Behälter, der zum Gegengewicht aktiviert wird. Füllt er sich nur durch Druckstoßwasser (normal bei Feuerwehrrübungen etc.), so läuft das Wasser langsam aus dem Behälter ab, ohne eine Schaltfunktion.

Füllt sich der Behälter schneller als der eingestellte Ablauf das Wasser abgibt, bewirkt er eine Kraft und schließt über den Hebel eines ins Netz eingebauten,

umfunktionierten „Schwimmerventils“ den Durchfluß. Der erste Hub des Ventils setzt durch einen Schalter eine Störmeldung zur Zentrale ab.

Im Netz wird der Druck geringer, das Sicherheitsventil schließt, der Behälter entleert sich langsam, das Gegengewicht hebt den nur noch wenig gefüllten Behälter, und das Druckminderventil wird wieder gefordert. Wenn es an den Dichtlippen defekt ist, wird sich dieser Vorgang unendlich oft wiederholen bis Hilfe kommt, während bei einer Verlegung durch ein z. B. kleinstes Sandkörnchen der Schaden evtl. behoben ist. Die Zentrale quittiert die Störung und würde bei jedem neuen Behälterfüllvorgang eine neue Meldung bekommen, und das heißt: hinfahren.

Der Ort bleibt mit Wasser bei Druck- und Mengenstörungen „not“-versorgt.

## 2.5 Übergabe in Behälter

Durch ein immer gleiches WKA-Bausystem wird im Hochbehälter der Mitglieder eingespeist. Die Größe der Leitungsdimensionen für prognostizierte große Mengen früherer Berechnungen im internen Verteilernetz gestattet dem Verband heute eine Tagesversorgung in bestimmten Behältergruppen im 8-Stunden-Turnus, also täglich 3 Zielgruppen.

Der Vorteil liegt bei einer höheren Fließgeschwindigkeit der so gewählten Leitungsabschnitte. Bei Störfällen (Rohrbruch im Ortsnetz) sind genügend Sicherheitszeiten, um zwischen einzelnen Behältern auch verschiedener Gruppen zu managen.

In den Behältern wird der anstehende Druck der überörtlichen Versorgung zur Überwachung des Hochdrucknetzes gemessen.

Erkennbare Änderungen unterschiedlicher Abhängigkeiten deuten auf Störfälle hin. Über Ringkolbenschieber wird die Zulaufmenge über 8 h pro Tag ge-

Bild 6: Automatische Druckregulierung bei Defekt des Druckminderventils mit Fernschalter



drosselt. Mit dieser Maßnahme ist gleichzeitig der Luftaustausch im Behälter garantiert. Die moderne Behältergeneration der WKA „atmet“ über ein Einrohrsystem – siehe hierzu die Behälterbeschreibung im Abschnitt 8.

In den maximal 8 Stunden des Tages wird generell trotz Verbrauch eine zügige Luftverdrängung erzielt. In den restlichen 16 Stunden während des Entnahmebetriebes wird gleichmäßig Luft über die Kontrolleinrichtung angezogen, die Behälterentnahme schließt bei Störfallmessung im Luftansaugsystem mit Fernmeldung zur Zentrale.

Die Be- und Entlüftung der älteren Behälter ist teilweise ergänzt, geändert und verbessert gegenüber den a.a.R.d.T., aber erreicht nie den Standard der neuen Generation.

### 3. Eigenstromgewinnung

Je nach Lage der Behälter und verfügbarem Vordruck bietet sich die Möglichkeit der Energierückgewinnung durch die WKA-Mini-Turbinen. Diese Einrichtungen wurden 1978 entwickelt. Aus einer Schnellläufergeneration entstand ein fast verschleißfreier Langsamläufer mit ca. 250-400 Umdrehungen der Turbine.

Erzeugt wird Gleichstrom mit 24 Volt, der durch Anschluß an herkömmliche Bleibatterieblöcke spannungsregelt und gespeichert wird.

Dieser Strom dient der gesamten Steuerung vor Ort, der Schiebermotorbetätigung, der Fernübertragung und der Behälterbeleuchtung mit üblichen Leuchtstoffröhren mit besonderen Netzteilen. Die Einbruchsicherung der Behälter wird ebenfalls über die Eigenstromversorgung betrieben. Bei Gewittern ist in diesen Stationen eine Netzüberspannung unschädlich, es sei denn, die Überspannung kommt über das Erdreich, die Steuerkabel oder den Potentialausgleich in den Schrank.

Bild 7: Kleinstturbine in einem alten Hochbehälter

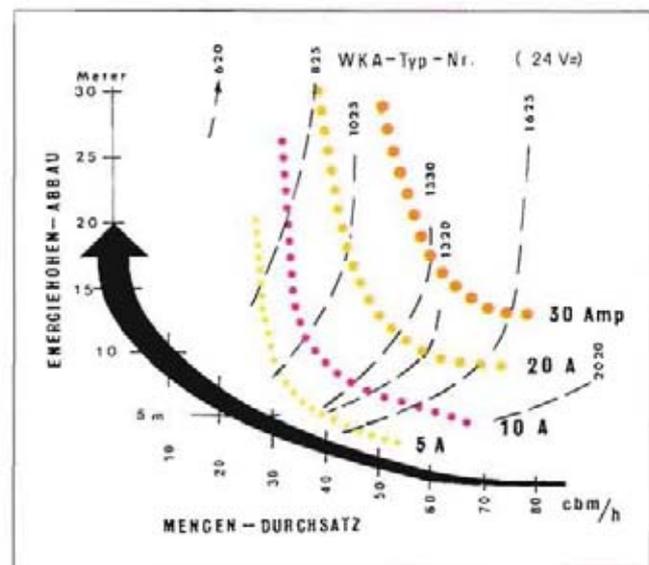


Bild 8: Leistungskurven der WKA-Kleinsturbinen

Die gesamte Elektrik ist auch von seiten der VDE-Sicherheit mit 24 V = für jeden Mitarbeiter bearbeitbar. Das Diagramm der Stromerzeugung nach Wassermenge und Druck zeigt die sonst durch Auslaufschikanen, Drosselschieber, etc. zusätzlich in Reibung, Wärme oder Turbulenz umzusetzende Energie. Für bekannte Dreh-/Wechselstromturbinen reichen Mengen und Druck nicht aus.

Der WKA hat Lufttrockner mit 24-V-Gleichstrommotor aus der Strom-Eigenerzeugung heraus in älteren Wasserspeichern betrieben. Die Kosten der Rückgewinnung lagen anfangs bei ca. 5.000,- DM und sind heute mit Schaltung und Batterieladung bei ca. 7.000,- DM angesiedelt. Auch in Kleinversorgungen mit Pumpstation (stromversorgt) und einem Hochbehälter im Wald läßt sich so der Strom für Steuerung und Fernüberwachung z. B. über Postmodem mit Funktelefon durch die Pumpleitung in den Behälter „transportieren“. Welche Kraft das ausfließende Wasser noch hat, zeigt das Leistungsdiagramm der Kleinstturbinen.

### 4. Steuerung des Netzsystems

In einer zentralen Leitwarte in der Hauptverwaltung des WKA laufen alle Fäden auf dem Bildschirm zusammen, von hier werden alle überörtlichen Steuerbefehle erteilt. Über gebündelte Meldungen zu Unterzentralen in größeren Betriebspunkten (Hochbehältern) kommen die Informationen von Übergabezähler, den herrschenden Druckverhältnissen sowie eventuellen Schachtundichtigkeiten zur Zentrale. Die Öffnungswege der Schieber werden ebenfalls über Potentiometer überwacht, wie Hochbehältereinbruchversuche und Spannungsstabilität der elektrischen Versorgung.

Auch dort, wo keine Eigenstromnutzung anliegt, wird die Steuerung über Batterien gespeist. Über Batterieladegeräte vom Netzstrom ist die Trennung nach VDE erreicht, und jeder Wasserwerker kann im Kleinspannungsbereich Arbeiten ausführen. Die 24-V-Spannungsüberwachung zeigt auch Schäden der EVU-Versorgung (FI-Schalter bei Gewitter etc.), denn bei

intaktem System hat der Batterieblock ca. 27 Volt Ruhestrom. Bei Ladegeräteausfall läuft noch bis zur Drittelentladung der Batterien mit 22 Volt für die angeschlossenen Verbraucher der Normalbetrieb weiter, zeigt den Zustand aber online über Kabel in der Zentrale an.

Ein Wort zur **Dichtheit des Netzes** muß in diesem Kapitel der Netzsteuerung erwähnt werden. Sollte ein Verdacht (durch Veränderungen in den Protokollnotizen über Druck und Menge) auf Systemundichtigkeit gegeben sein, ist einfach eine **Druckprobe** der Rohrstränge in Längen von 500–2.000 m (Bauwerksabstände) möglich. Zwei Mitarbeiter gehen in die Haltung, schließen vom Zulauf her langsam den eingehenden Schieber am Ende der Prüfstrecke, ein Luftventil im Schacht belüftet die Wassersäule der Weiterführung in den nächsten Minuten. Eine weitere Truppe schließt um Minuten verspätet (Kommunikation über Schachttelefon) den Abgangsschieber im Bauwerk davor (zulaufseitig). Sobald der Schließvorgang beendet ist, wird das Druckmanometer, über Kugelhahn in jedem Bauwerke eingebaut, überwacht. Bleibt der Druck in etwa stehen, d.h. fällt er nicht gleichmäßig ..., so ist die duktile Gußleitung dicht. Der Vorgang wird durch langsames Öffnen der Schieber in beiden Schächten beendet. Im System muß die Entlüftung noch ca. 15–30 Min. kontrolliert werden, dann geht es weiter. In der Regel merkt ein Verbraucher von diesem Eingriff nichts.

Zur Zeit wird an der Fernablesung **aller** Übergabezähler, vor allem auch der aus nicht stromversorgten Schächten, gearbeitet. Die Industrie liefert inzwischen Aufnahmewerke auf dem Zähler, die über mehr als 6 km ohne Verstärker Impulse aus Unterzentralen oder energieversorgten Schachtbauwerken ständig abfragen läßt. Die Wartung der Netze und die Zwischenablesungen der Abgabemengen wird damit wesentlich erleichtert, verbessert und der Betrieb erkennbar sicherer.

## 5. Druckstoßprobleme

Der WKA hat sein Hochdrucknetz durch geeignete Maßnahmen weitgehend druckstoßfrei gemacht. Bei gleichmäßigen Geschwindigkeiten in einem 230 km langen verzweigten Netz bei größter Einzellänge von 70 km ist beim Öffnen und Schließen der Entnahmeeinrichtungen auf Druckstoßbegrenzung zu achten. Alle Getriebemotoren der Drehkolbenschieber machen sehr langsam zu, in etwa 2 bis 5 min, je nach Nennweite und Durchflußmenge.

Die Schlitzkolben sind in den ersten Jahren mit den Herstellern getestet worden. Hier liegt ein großer Erfolg in Richtung Druckstoßvermeidung. Das zweitgrößte Problem waren die über 100 Großdruckminderer im Abgang des Hochdrucknetzes des Verbandes.

Einige Druckminder-Ventile haben ab 1981 Membrandruckbehälter zwischen 200 und 500 l Inhalt im Nebenanschluß bekommen.

Ein Druckminder-Ventil sogar im Hochdruck- und Niederdrucknetz. Ungünstige Geländebedingungen der

Ortsnetzleitung und Häufung von Industrie- und Bäderanschluß zwingen zu dieser Maßnahme. Wurden anfangs Druckstöße von über 25 bar in Höhegebieten über viele Stunden registriert, so ist dies heute mit dieser Maßnahme „Schnee von gestern“.

Das kernige Kommando der Feuerwehr bei Sams-tagsübungen „Wasser marsch“, das den gesamten Druck im Niederdruck des Druckminder-Ventiles durch mehrere Strahlrohre ableitet, wird durch die schon beschriebenen statischen Lochblenden in den Übergabeschächten und notfalls je nach Versorgungsgebiet durch kleine Membrandruckkessel abgefangen. Die Reaktionszeit der Druckminder-Ventilteller und die Wassersäulenbremsung bzw. -beschleunigung sind nur über Sekunden zu unterstützen.

## 6. Pumpwerke

Auch ein Hochdrucknetz mit über 30 bar benötigt Pumpwerke zur Bedarfsdeckung. Sehr lange konnte über 24 h pro Tag die Versorgung während des Ausbaues der Hauptversorgungsleitung aufrechterhalten werden. Zwischenbehälter wurden noch nicht gebaut, sie vernichten nur den kostbaren Netzdruck. Zwischenbehälter auf Berghöhen allerdings sind gebaut. Sie binden in die Druckverhältnisse ein, ohne im Zulauf viel Druck zu entspannen. Dennoch können diese Behälter in Störfällen und natürlich bei Reinigung mit dem Vordruck umfahren werden.

Für die Spitzenmengen sind zwei große Pumpwerke, je eines in jeder Hauptsteuerung der Ostgruppe und der Südwestgruppe erforderlich. Das Pumpwerk „Seelbach“ der Südwestgruppe ist seit einigen Jahren mit 2 Fördersträngen in Betrieb. Je 2 Pumpen von Typ Omega der Firma KSB übernehmen die Arbeit.

Schwierig bei dem System ist es, daß bei fehlendem Druck die Pumpen erst stufenweise zuschalten müssen. Aber der Normaldruck durch die Pumpstation ohne Pumpenbetrieb liegt zwischen 21 und 23 bar. Die Pumpen müssen nur dann, wenn der Druck unter

Bild 9: Installation einer zentralen Pumpstation



21 bar sinkt, um max. 5 bar erhöhen. – Das ist alles.  
Also 30 bar Gehäusedruck für 5 bar Förderleistung bei Mengen bis 600 m<sup>3</sup>/h.

Weitere Pumpstationen dienen an der Peripherie des Versorgungsgebietes der Druckerzeugung zur Spitzenlastlieferung in verbrauchsstarken Zeiten. Auch diese Stationen sind fernbedienbar und fernüberwacht.

### 7. Spiegel technischer Werte

- 230 km Hauptversorgungsleitungen  
GGG DN 600 – 100
- 150 Stück Luftventile im Hauptschluß
- 40 Stück Luftventile im kurzen Nebenschluß
- 84 Übergabeschächte
- 52 Übergaben in Hochbehälter
- 5 eigene Hochbehälter
- 6 Pumpstationen
- 71 Abgangsschächte teils mit Übergaben
- 32 Entleerungs- und Spülschächte
- 4 Notversorgungs-Gewinnungsstellen

### 8. Die neue Hochbehältergeneration

1991 konnte in FGR 26 vom Verfasser ein Artikel über „Innovative Gedanken zur Abwassersituation insbesondere im ländlichen Raum“ abgedruckt werden. Hierin wurde ein neuartiges Röh aus den 80er Jahren als Mittelpunktbehälter vorgestellt.

Aus den positiven Erfahrungen dieser Bauwerksart entstand sehr schnell ein neuer Trinkwasserspeichertyp, der hiermit vorgestellt werden soll. Der Behälter zeigt völlig neue Zirkulationseinrichtungen, ist ein-, zwei- oder mehrkammrig zu erstellen, hat zentrale Belüftungsführung und -kontrolle mit Schalt- und Alarmfunktion.

Der Behälter ist in der mittig angeordneten Bedienkammer zu jeder Jahreszeit ohne elektrisch betriebene Geräte absolut kondenswasserfrei.

Eine Lösung, die wir schon 30 Jahre suchen, aber in angesetzten Schieberkammern mit Außenwänden im Erdreich nie erreichen können.

Eine Einzelvariante des Behälters ist als Skizze dargestellt. Die wesentlichen Vorteile sollen noch kurz dargestellt werden. Vorteile, die nicht nur, obwohl sehr wichtig, technische und konstruktive Besonderheiten zeigen, sondern vor allem den Betrieb, die Betriebssicherheit und die Gewähr für einwandfreie Trinkwasserqualität bieten und Versorgungssicherheit garantieren.

Vorteile im Überblick:

- Gründung auf einer Bodenplatte
- keine Dehnungs-, nur Arbeitsfugen

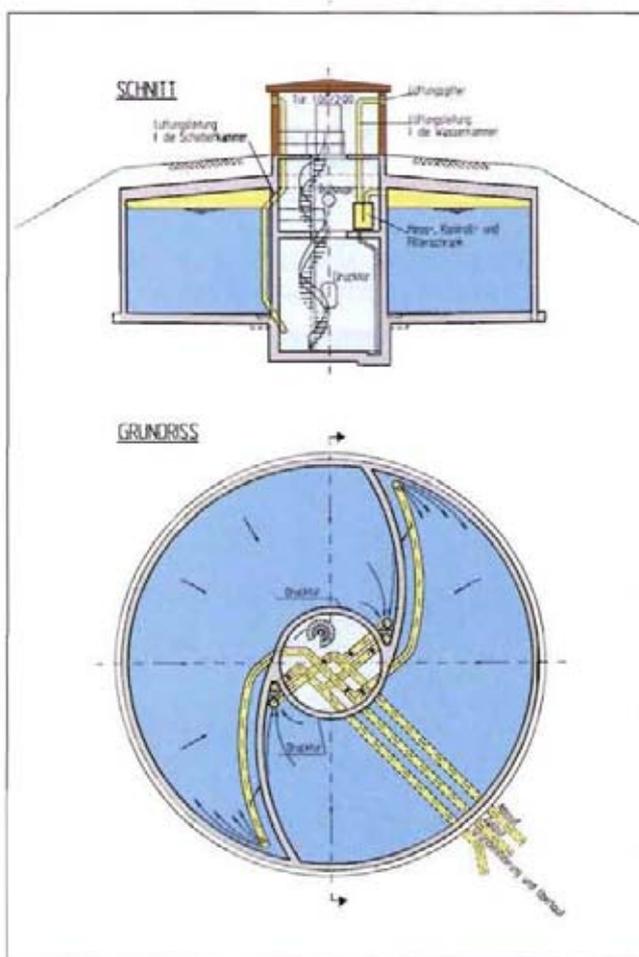
- gleichförmige Untergrundbelastung des Systems zwischen leer und voll
- völlig neues Zirkulationssystem bei jeder Durchsatzmenge, ob ein- oder zweikammrig
- Kammern einzeln und hintereinander zu durchlaufen mit integrierter Feuerlöschreserve, regelbar über Rohrinstallation
- durch ausführliche Gutachten (VSB) belegter Wasseraustausch in den Kammern: Totzonen bestehen nicht mehr
- Kondenswasserfreiheit in der Schieberkammer zu jeder Jahreszeit garantiert
- Luftzuführung zur Schieber-, Bedienkammer über Wärmetauschersystem durch die Wasserkammer
- Luftleitung zur Wasserkammer und aus der Wasserkammer in einem Einrohrsystem: über eine Kontrollkammer mit Luftmessung und Güteüberwachung, je nach Wunsch und augenblicklicher Aufgabe.

Eine Schaltfunktion kann bei Grenzwertüberschreitung die Wasserabgabe sperren und Fernalarm auslösen.

Das Eindringen von Keimen und Kleinlebewesen ist durch die Luftführung im wesentlichen auf Dauer verhindert.

Sabotagen durch Luftverunreinigungen oder durch Einsprühen wird sehr intensiv vorgebeugt bis zur kodierten Alarmsetzung.

Bild 10: Hochbehälter mit mittiger Schieberkammer



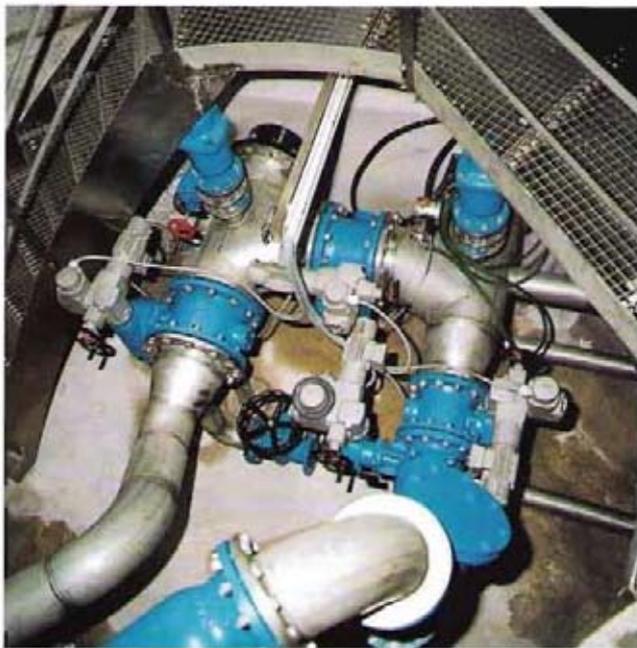


Bild 11: Installation eines „Mittelpunkt“-Hochbehälters

- Überlaufgesichert (Bild 12) durch die in Abschnitt 2.4. beschriebene mechanische Absicherung nach allen elektrischen und elektronischen Sperrfunktionen.

Überlaufwasser ist Trinkwasser und zur Vorflutunterreicherung zu teuer. Der Überlauf kann zur Abschöpfung eines Wasserfilmes (Frage von Wasserqualität und Durchsatzleistung) von Hand aktiviert werden. Der Überlauf ist praktisch auf der Gesamtlänge der gebogenen Kammertrennwand eine Halbrinne, ca. 100 mm breit, die nach innen im Rohr DN 100 abläuft.

Die Wasserkammern werden zur Reinigung und Kontrolle von unten durch je eine Drucktür begangen und sind von oben über dem max. Wasserspie-

Bild 12: Mechanische Abschaltung des Hochbehälterzulaufs durch Überlaufwasser



gel durch geschlossene Bullaugen kontrollierbar. Neben den Bullaugen angebrachte Scheinwerfer leuchten die Kammerabschnitte aus.

Meßeinrichtungen, z. B. für die Höhenmessung, werden durch einen unter der Decke angeordneten Druckflansch in die Kammer geschoben und können jederzeit aus der mittigen Schieberkammer zur Reparatur ausgebaut werden.

Weitere Einzelheiten können der Behälterzeichnung entnommen werden. Die üblichen DVGW-Forderungen sind erfüllt, werden durch diese Ausführungen in wesentlichen Punkten verbessert und ergänzt.

## 9. Die Notversorgung

Bei der heutigen Großraumversorgung wird das Trinkwasser als das bestkontrollierte Lebensmittel über 24 Stunden am Tag vor der Abgabe ins Netz überwacht.



Bild 13: Luftkontrollschacht mit Filter und Meßfühler

Das sind Vorteile, die nur solche Netze, die aus Wasseraufbereitungen mit jährlich über 25 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser versorgt werden, aufweisen können. Hier lohnt der Material- und Personaleinsatz. Sollte durch welche Gründe auch immer (z. B. Rohrbruch der Hauptzuführung, o. ä.) eine Versorgungsstörung eintreten, so hat der WKA-Zweckverband durch den kreisweiten Notversorgungsplan vorgesorgt.

Das Hochdrucknetz erlaubt es, durch Noteinspeisung an prinzipiell jeder Stelle des Netzes - 4 Notwasservorkommen aus Stollen und Schächten sind gesichert verfügbar - mit einem Druck auf über 400 m NN Wasser zur Weiterleitung und auch „dosierten“ Verteilung mit den vorhandenen, ausführlich beschriebenen Einrichtungen im Netz dem Verbraucher bzw. seinen Netzen kontrolliert zuzuführen.

Auf die Wasserqualität im Notversorgungsfall ist durch vorherige Beteiligung des Amtsarztes und hinreichende öffentlicher Verbraucherinformation hinzuweisen.

## 10. Ausblick

Bei einer überschaubaren Zentralisierung der Trinkwasserversorgung im ländlichen Raum sind überwiegend Vorteile anzutreffen. Die Angst vor Wasserverkeimung ist unbegründet, bedenkt man den enormen Kontrollmechanismus, automatisch und durch Menschen überwacht.

Wasser ist als Geschenk der Natur kostenlos, nur die sichere Bereitstellung kostet Geld. In unseren Breiten ist Wasser keine Mangelware und wird es auch bei heutiger Lebensweise auf Generationen hinaus nicht werden.

Ein Wort noch zur sog. „Grauwassernutzung“. Hier sind keine vorsorglichen und ständigen Überwachungen garantiert. Im Extremfall kann eine Vermischung Todesfolgen haben, und die heutigen Hygieneanforderungen sollten auch für die Hausfrauen gelten, die mit Grauwasser putzen ... und ... und vor allem für die Kinder, die nach dem Planschen mit Grauwasser

sich aus der Hand ernähren. Solange die „Trinkwasserversorgung“ das Feuerlöschwasser noch bereitstellt, transportiert und vorher nach Trinkwasserverordnung aufbereitet, darf Grauwasser zwar diskutiert werden, aber mit einem deutlichen Vorbehalt aus Kostengründen, wegen der Hygiene und Sicherheit, nicht zu vergessen die Investitionshöhe für den einzelnen. Der Bürger von heute kann Besseres haben, und das hat er verdient.

Die technischen Anlagen des Hochdrucknetzes im WKA-Zweckverband wurden über Jahre im eigenen Hause unter Einbeziehung der Wasserwirtschaftsverwaltung erdacht und umgesetzt. Es hat sich aus der Betriebserfahrung gezeigt, daß es sinnvoll und richtig war und ist.

Den WKA als Ideenschmiede für Aufgaben und Belange im Umweltschutzsektor des ländlichen Raumes zu bezeichnen, ist als Anerkennung der erbrachten Leistungen zu werten und zukünftig weiterer Ansporn.

## Qualitätsmanagement in der Gußrohrindustrie

Von Michael Mischo

**Alle Mitgliedsfirmen der FGR haben mittlerweile ihr Qualitätsmanagement-System nach DIN EN ISO 9001 bzw. 9002 zertifizieren lassen. Dieser Beitrag erläutert, wie die allgemeingültigen Spezifikationen der Normen speziell bei der Produktion und Lieferung duktiler Gußrohre, aber auch beim Einbau von Gußrohrleitungen angewandt werden. Dabei sorgt vom Einkauf der Materialien bis zur Inbetriebnahme der Rohrleitungen das Qualitätsmanagement für einen gleichbleibend hohen Standard.**

### 1. Einleitung

Die wichtigsten Kriterien bei der Planung, der Bauausführung und der Beurteilung sowohl von Versorgungs- als auch von Entsorgungsleitungen sind Dichtheit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit. Der Zuverlässigkeit der verwendeten Rohrwerkstoffe und dem gesicherten Einbau der Rohrleitungen kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu, zumal die Rohre für den Transport von Wasser, Abwasser und Gas vorwiegend im Erdboden liegen und sich dadurch einer laufenden Beobachtung entziehen.

Die Einführung der Gasbeleuchtung Anfang des vorigen Jahrhunderts sowie der Beginn des Aufbaus moderner

Wasserversorgungssysteme in den Städten lief parallel mit einer für die damalige Zeit stürmischen Entwicklung der Gußrohrtechnik [1]. Dieser ständige Entwicklungsprozeß führte schließlich zu den heutigen Rohren aus duktilem, d. h. plastisch verformbarem Gußeisen. Dazu gibt es für fast jede in der Praxis vorkommende Einsatzbedingung den optimalen Innen- bzw. Außenschutz und die passende Verbindungstechnik.

### 2. Qualitätsmanagement in der Gußrohrindustrie

#### 2.1 Qualitätsmanagement (QM) als Gesamtheit aller qualitätsbezogenen Tätigkeiten und Zielsetzungen

Erstmals im Entwurf der DIN ISO 8402 vom März 1992 wurde die Gesamtheit aller qualitätsbezogenen Tätigkeiten und Zielsetzungen mit dem Begriff „Qualitätsmanagement“ belegt, anstatt wie bisher mit „Qualitätssicherung“. Gleichzeitig ist für den Begriff „Qualitätssicherung“ ein Bedeutungswandel eingetreten, er bezeichnet jetzt die Darlegung des Qualitätsmanagements, d. h. die Nachweisführung darüber, daß ein Unternehmen ein funktionierendes QM-System besitzt. Die Qualitätssicherung ist somit ein Teil des Qualitätsmanagements. Um Mißverständnisse zu vermeiden, wird daher empfohlen, minde-

Tabelle 1: Güte- und Prüfbestimmungen für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen (Fremdüberwachung)

Anforderungen	Qualitätsmerkmale, Qualitätsprüfungen	Art der Prüfung
1. Allgemeine Anforderungen	- Form- und Oberflächenbeschaffenheit (Rohguß) - Werkstoffkennwerte nach DIN EN 545 bzw. DIN EN 598	* **
2. Maße	- Baulängen - Außendurchmesser Einsteckende (DE) - Muffeneingangsdurchmesser (DI) - Gußwanddicken	* bzw. ** * bzw. ** * bzw. ** * bzw. **
3. Umhüllungen und Auskleidungen	- Visuelle Prüfungen - Schichtdicken	* *
4. Kennzeichnung	- nach DIN EN 545 bzw. DIN EN 598	*
5. Dichtheit	- Dichtheitsprüfungen	**
6. Eigenüberwachung	- stichprobenartig anhand der Qualitätsaufzeichnungen - Dokumentation des Revisionsstandes des QM-Handbuches	
7. Fremdüberwachung	Verträge mit dem MPA NRW zur Überwachung der Übereinstimmung der Produkte mit den entsprechenden Normen und Anforderungen	
	* Prüfung am fertigen Produkt	** Prüfung während der Fertigung

stens für eine Übergangszeit, das Wort „Qualitätssicherung“ nicht anzuwenden und statt dessen QM-Darlegung zu benutzen [2].

## 2.2 Die Normenreihe DIN EN ISO 9000

Die internationalen Normen der ISO 9000-Familie beschreiben, welche Elemente QM-Systeme enthalten sollten, nicht aber, wie eine spezifische Organisation diese Elemente verwirklicht. Es ist nicht Zweck dieser Normen, für die Einheitlichkeit von QM-Systemen zu sorgen. Diese Normen liefern unabhängig vom Produkt einen Leitfaden für das Qualitätsmanagement und die Darlegung von QM-Systemen.

In allen europäischen Normen, die sich auf Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen beziehen [3], [4], [5], wird von den Herstellern verlangt, daß ihr QM-System den Forderungen der DIN EN ISO 9002 entsprechen muß und durch ein akkreditiertes Prüfinstitut zertifiziert sein sollte. Das beinhaltet auch die Möglichkeit einer Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001, die alle Elemente der DIN EN 9002 und zusätzlich das Element „Designlenkung“ enthält. Ziel des Qualitätsmanagements ist die Erfüllung der Qualitätsforderung, d. h. der Kundenerwartungen, zu wirtschaftlich optimalen Bedingungen.

## 2.3 Zertifizierung und Fremdüberwachung

Schon immer stand in der Gußrohrindustrie die Qualität der Produkte und Dienstleistungen an erster Stelle. Am Markt konnten nur die Unternehmen bestehen, denen es dauerhaft gelang, die Qualitätsforderungen der Kunden zu erfüllen. Dies ging nicht ohne ein gut funktionierendes QM-System, das im Laufe der Jahre weiterentwickelt und in steigendem Maße dokumentiert wurde.

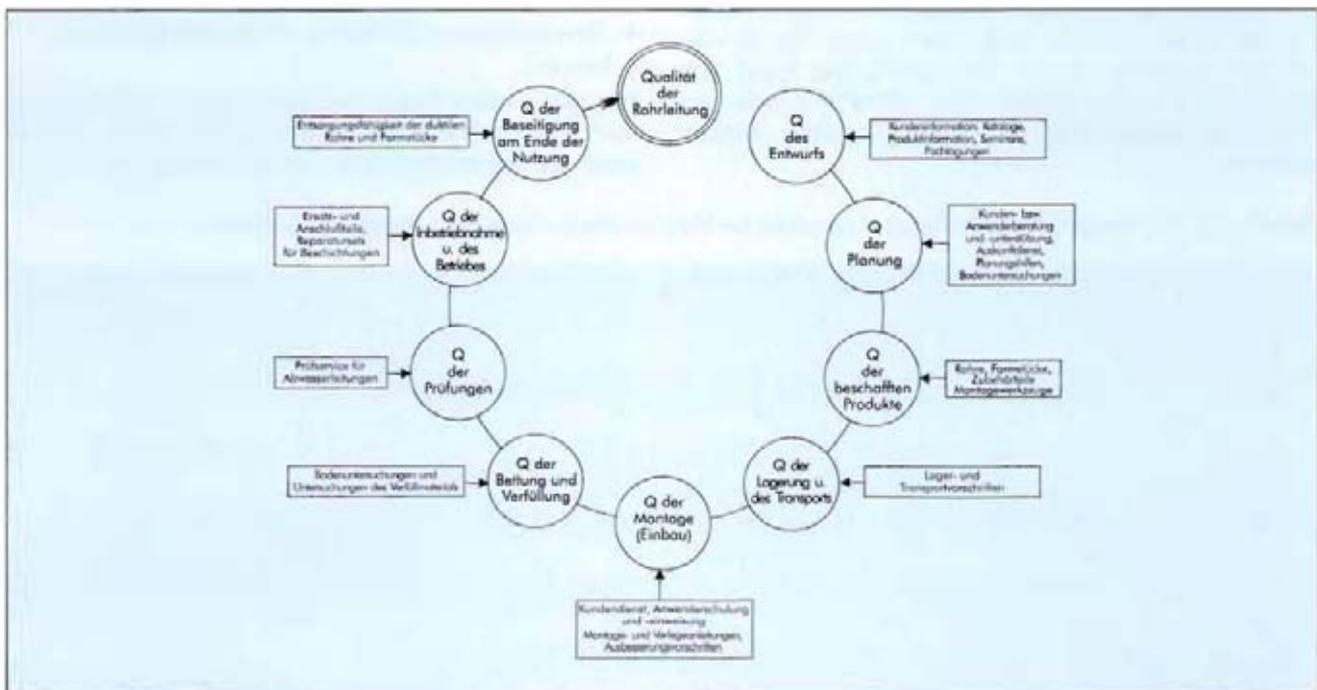
Inzwischen haben alle Hersteller von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen, die der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) angehören, ihr QM-System entsprechend der Norm DIN EN ISO 9001 bzw. DIN EN ISO 9002 zertifizieren lassen. Darüber hinaus haben sie einen Überwachungsvertrag mit dem Staatlichen Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen sowohl für Abwasser- als auch für Trinkwasserrohre und Formstücke abgeschlossen. Aufgrund von Güteanforderungen und Prüfbestimmungen der FGR (Tabelle 1), die teilweise über die Vorschriften der entsprechenden Normen hinausgehen, erfolgt einmal jährlich eine Überwachungsprüfung durch einen Vertreter des Überwachungsinstitutes. Das positive Ergebnis dieser Prüfung gibt dem Rohrhersteller das Recht zur Benutzung eines Übereinstimmungszeichens.

## 2.4 Die Einführung europäischer Normen

Für den Bereich der Trinkwasserleitungen aus duktilem Gußeisen wurde die DIN EN 545 im Januar 1995 durch das DIN Deutsches Institut für Normung e.V. in das deutsche Normenwerk übernommen. Dadurch wurden eine Vielzahl von DIN-Normen, die sich jeweils mit Rohren und Formstücken sowohl für die Wasserversorgung als auch für die Gasversorgung befassen, teilweise ersetzt. Abschnitte dieser Normen, die sich mit der Gasversorgung befassen, werden seit November 1995 von der DIN EN 969 abgedeckt.

Die DVGW-Information Nr. 44 „Einführung europäischer Normen DIN EN 545 – DIN 28 600“ faßt die Unterschiede zwischen der früher gültigen DIN 28 600 und der DIN EN 545 zusammen. In der Synopse dieser DVGW-Information wird deutlich, daß vor allem der Themenbereich „Qualität“ in die europäischen Normen Eingang fand. Zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit längskraftschlüssiger und nicht

Bild 1: Qualitätskreis für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen aus Kundensicht



längskraftschlüssiger Verbindungen für jede mögliche Bauart wurden erstmals die sogenannten „Typprüfungen“ mit in eine Norm aufgenommen.

## 2.5 Produktqualität im Qualitätskreis

Nachdem bis jetzt fast ausschließlich von Qualitätsmanagement und QM-Elementen gesprochen wurde, wird jetzt deren Ziel, die Produktqualität, behandelt. Die internationale Definition für Qualität lautet:

„Qualität ist die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit, bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.“ Ansonsten kann man mit den in der Literatur genannten Definitionen schon ein ganzes Buch füllen. Ebenso wie sich ein QM-System aus QM-Elementen zusammensetzt, entsteht Qualität aus einer Summe von Qualitätselementen.

In **Bild 1** ist ein sogenannter Qualitätskreis aus Kundensicht mit den verschiedenen Qualitätselementen dargestellt. Am Ende steht als Ziel die Qualität der Rohrleitung. Zu jedem QM-Element liefert die Gußrohrindustrie Beiträge. So helfen z. B. Produktinformationen, Seminare und Fachtagungen bei der Verwirklichung der Qualität des Entwurfs. Durch Beratungen und Auskunftsdienste sowie durch Serviceleistungen wie Bodenuntersuchungen werden Kunden und Anwender bei der Planung unterstützt.

Ein wichtiges QM-Element beim Rohreinbau ist die „Qualität der Bettung und Verfüllung“. Hier leisten z. B. zementmörtelumhüllte Gußrohre einen großen Beitrag. Die hohe mechanische Belastbarkeit der Zementmörtelschicht schließt Beschädigungen der Umhüllung bei fachgerechtem Transport und Lagerung der Rohre weitgehend aus und ermöglicht den Rohreinbau selbst in steinigem und 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.

Ein wesentliches QM-Element, das in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat, ist „Qualität der Beseitigung oder Wiederverwertung am Ende der Nutzungsdauer“. Man braucht dabei nur an die Diskussion um den grünen Punkt denken. Hier weisen Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen folgenden Vorteil auf: Am Ende der Nutzungsdauer können sie wieder eingeschmolzen werden, es gibt keine Entsorgungsprobleme.

## 3. Prozeßlenkung und Qualitätsprüfungen bei der Herstellung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

### 3.1 Herstellung von Rohren aus duktilem Gußeisen

Die Herstellung von Rohren aus duktilem Gußeisen kann in sechs Prozeßabschnitte unterteilt werden:

- Beschaffung und Wareneingang,
- Bereitstellung des flüssigen Eisens,
- Rohrerstellung,
- Weiterbehandlung der Rohre,
- Beschichtungen,
- Kennzeichnung, Verpackung, Lagerung und Versand.

Zu jedem Prozeßabschnitt gehören die entsprechenden Qualitätsprüfungen, die nun etwas näher erläutert werden:

#### • Beschaffung und Wareneingang:

Erzeugnisse und Dienstleistungen, die die Qualität der hergestellten Produkte beeinflussen, werden nur bei entsprechend qualifizierten Lieferanten beschafft. Das gleiche gilt für Zukaufware und Zubehörteile wie z. B. Dichtungen. Angelieferte Produkte werden einer Eingangsprüfung unterzogen, dabei richtet sich der Prüfumfang nach der Qualitätsrelevanz des betreffenden Produktes und der Einstufung des jeweiligen Zulieferers.

#### • Erschmelzen und Behandlung des flüssigen Eisens:

Hierbei werden hohe Anforderungen an Steuerung und Überwachung der Schmelzföhrung, die Einhaltung der chemischen Zusammensetzung und die Be-

Tabelle 2: Wichtige mechanische und thermische Werkstoffkennwerte von duktilem Gußeisen

Werkstoffkennwerte	Dimension	Zahlenwerte
Zugfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	420
0,2 %-Dehngrenze	N/mm <sup>2</sup>	300
Bruchdehnung	%	10
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	550
E-Modul	N/mm <sup>2</sup>	170000
Berstfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	300
Scheiteldruckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	550
Längsbiegefestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	420
Schwingbreite	N/mm <sup>2</sup>	135
Mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient	m/m K	0,00001
Wärmeleitfähigkeit	W/cm K	0,42
Spezifische Wärme	J/g K	0,55

DN	Mindestwerksprüfdruck (bar)	
	Schleudergußrohre	Nichtgeschleuderte Rohre und Formstücke *)
	K < 9	K ≥ 9
40 bis 300	0,5 (K + 1) <sup>2</sup>	50
350 bis 600	0,5 K <sup>2</sup>	40
700 bis 1000	0,5 (K - 1) <sup>2</sup>	32
1100 bis 2000	0,5 (K - 2) <sup>2</sup>	25
	Alle Wanddickenklassen	
*) Der hydrostatische Prüfdruck im Werk ist für Formstücke geringer als für Rohre, weil es wegen der Gestalt der Formstücke schwierig ist, für die hohen Innendrucke während der Prüfung eine ausreichende Längskraftschlüssigkeit zu erzielen.		
**) 16 bar für Rohre und Formstücke mit PN 10-Flanschen		

Tabelle 3: Werksprüfdrücke für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen nach DIN EN 545

handlungs- bzw. Impftechnik gestellt. Dazu ist vor Ort bzw. in den chemischen Laboratorien der Einsatz von Analysenautomaten erforderlich, um in kürzester Zeit für mehrere Elemente gleichzeitig die Gehalte angeben zu können.

#### • Rohrherstellung in der Schleudergießerei und Wärmebehandlung:

Bei der Rohrherstellung muß das besondere Erstarrungs- und Schwindungsverhalten des duktilen Gußeisens berücksichtigt werden. Die Abmessungen der Kokillen und Kerne sind so festgelegt, daß die wärmebehandelten Rohre die in den entsprechenden Normen bzw. Spezifikationen vorgeschriebenen Toleranzen einhalten.

Bei der eigentlichen Rohrherstellung in der Schleudergießerei sind die Verfahrensparameter Fahrgeschwindigkeit der Gießmaschine und Eisenmenge pro Zeiteinheit so aufeinander abgestimmt, daß eine Einhaltung der Toleranzen für die Rohrwanddicke sichergestellt ist. Die Erzeugung von fehlerfreien und maßhaltigen Rohren erfordert eine Anpassung von Gießtemperatur, Kokillentemperatur und Impfmenge an die jeweilige Rohrnennweite bzw. Wanddicke.

Das Ziel der Wärmebehandlung ist, den Rohren ein überwiegend ferritisches Gefüge zu geben. Der dazu erforderliche Zeit-Temperatur-Verlauf im Glühofen wird automatisch gesteuert und ist der chemischen Zusammensetzung der Rohre angepaßt. Erforderlich

ist je nach chemischer Zusammensetzung des Gußeisens eine Hochtemperaturglühung bei Temperaturen bis zu 960 C zum Zerfall des Eisencarbids (Fe<sub>3</sub>C). Bei der nachfolgenden langsamen Abkühlung im Temperaturbereich zwischen 800 und 700 C findet die sogenannte Ferritisierung des Gefüges statt.

#### • Weiterbehandlung der geschleuderten Rohre:

Die Qualitätsprüfungen an den wärmebehandelten Rohren betreffen folgende Kriterien:

- Einhaltung der Werkstoffkennwerte,
- Maßhaltigkeit,
- Fehlerfreiheit,
- Dichtheit.

Der Nachweis der mechanischen Eigenschaften erfolgt stichprobenweise an aus der Rohrwand herausgearbeiteten Rundproben. Im Rahmen eines Prozeßüberwachungssystems werden in den Werken außerdem der Kaltversuch, die Kugeldruckprobe und/oder die Schlißprobe durchgeführt. Eine Zusammenstellung einiger wichtiger Werkstoffkennwerte von duktilem Gußeisen gibt **Tabelle 2**.

Die wärmebehandelten Rohre erhalten im allgemeinen einen im Spritzverfahren aufgetragenen Zinküberzug. Die Prozeßparameter der Verzinkungsanlage und die Zinkauflage werden regelmäßig überwacht bzw. geprüft.

Tabelle 4: Werksprüfdrücke für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen nach DIN EN 969

DN	Mindestwerksprüfdruck (bar)	
	Schleudergußrohre	Nichtgeschleuderte Rohre und Formstücke *)
40 bis 300	50	25 **)
350 bis 600	40	16
*) Nach Maßgabe des Herstellers kann eine Luftprüfung oder ein anderes gleichwertiges Dichtheitsprüfverfahren anstelle der hydrostatischen Prüfung angewendet werden.		
**) 16 bar für Rohre und Formstücke mit PN 10-Flanschen		

Jedes Rohr wird einer Dichtheitsprüfung sowie einer eingehenden visuellen Prüfung auf äußere und innere Fehler unterzogen. Fehlerhafte Rohre können nur dann nachgearbeitet werden, wenn sichergestellt ist, daß dadurch die Gebrauchseigenschaften und Qualitätsmerkmale nicht beeinflußt werden. Für die Dichtheitsprüfung gelten die Prüfdrücke der **Tabellen 3 und 4**.

Entsprechend DIN EN 598 werden die Rohre für Abwasserentsorgung mit einem Wasser-Innendruck von mindestens 11 bar auf Dichtheit geprüft.

#### • Auskleidungen und Umhüllungen:

Rohre für die Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung erhalten grundsätzlich eine Zementmörtelauskleidung. Überwachung und Steuerung der Prozeßparameter sowie regelmäßige Prüfungen der Ausgangsstoffe, des Frischmörtels und der fertigen Auskleidung garantieren eine gleichbleibende Qualität.

Die verschiedenen in den Gußrohrwerken aufgetragenen Umhüllungen für Rohre aus duktilem Gußeisen sind in den EN-Normen bzw. in den Normen DIN 30 674 Teil 1 bis Teil 3 genannt. Es sind dies:

- Die Polyethylenumhüllung      DIN 30 674 Teil 1
- Die Zementmörtelumhüllung    DIN 30 674 Teil 2
- Der Zinküberzug mit  
  Deckbeschichtung                DIN 30 674 Teil 3

In den Gußrohrwerken sorgen eine gezielte Lieferantenauswahl, regelmäßige Prüfung der Beschichtungsstoffe und der Beschichtung zusammen mit einer Steuerung und Überwachung der Prozeßparameter für eine gleichbleibende Qualität der fertigen Umhüllung.

#### • Kennzeichnung, Verpackung, Lagerung und Versand:

Die richtige Kennzeichnung ist ein Qualitätselement und erfolgt entsprechend den EN- und DIN-Normen. Die Verpackung ist der Rohrnennweite und dem Außenschutz der Rohre angepaßt. Sie soll einerseits das Handling erleichtern, andererseits die Rohre vor Beschädigungen schützen.

Für den Transport und die Lagerung der Rohre gibt es in den Katalogen der Gußrohrwerke entsprechende Vorschriften und Empfehlungen. Damit sollen Transport- und Lagerschäden vermieden werden, sie sind aber auch unter dem Aspekt der Arbeits- und Verkehrssicherheit verfaßt worden. So werden z. B. Trinkwasserrohre bis DN 600 entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 346 mit Schutzkappen versehen, um Verunreinigungen zu vermeiden.

### 3.2 Herstellung von Formstücken aus duktilem Gußeisen

Die Herstellung von Formstücken aus duktilem Gußeisen kann in sechs Prozeßabschnitte unterteilt werden:

- Beschaffung und Wareneingang,
- Bereitstellung des flüssigen Eisens,
- Formstückherstellung,
- Weiterbehandlung der Formstücke,
- Auskleidungen und Umhüllungen,
- Kennzeichnung, Verpackung, Lagerung und Versand.

Die beiden ersten Prozeßabschnitte mit den jeweiligen Qualitätsprüfungen sind in den wesentlichen Punkten mit denjenigen bei der Rohrerstellung identisch und werden daher nachfolgend nicht mehr näher erläutert.

#### • Formstückherstellung:

Die Formstückherstellung erfolgt heute vorzugsweise auf automatischen Formanlagen. Bedingt durch Größe, Stückzahl, Typenvielfalt und Kompliziertheit der Stücke kommen unterschiedliche Formverfahren zur Anwendung. So z. B. Rüttelformmaschinen für Kleinserien oder das Handformverfahren für komplizierte bzw. große Einzelstücke. Die dabei verwendeten Formstoffe sind dem Herstellungsverfahren angepaßt. Die gleichbleibende Qualität der Abgüsse wird u. a. durch eine regelmäßige Prüfung Form- und Hilfsstoffe gesichert.

In den letzten Jahren gewann die Verwendung eines „verlorenen Modells“ zunehmend an Bedeutung. Dieses sogenannte „Lost Foam-Verfahren“ erfordert für jeden Abguß ein Modell aus Polystyrol-Schaumstoff, das in einem Kasten in Formsand eingebettet wird. Das einfließende flüssige Metall läßt das Modell vergasen.

Eine Wärmebehandlung der Formstücke ist normalerweise nicht erforderlich, da diese im Formverfahren wesentlich langsamer abkühlen als in metallischen Kokillen geschleuderte Rohre.

#### • Weiterbehandlung der Formstücke:

Zur Vermeidung von inneren Spannungen und zu hoher Härtewerte dürfen die Formstücke nach dem Erstarren des flüssigen Eisens nicht sofort aus den Formkästen genommen werden. Vielmehr ist eine gesteuerte Abkühlung in der Form erforderlich. Nach dem Ausleeren und dem Entfernen des Eingußsystems und der Steiger werden die Formstücke mit metallischen Strahlmitteln geputzt. Schon hierbei erfolgt eine erste Sichtprüfung auf grobe Fehler.

Es gelten die gleichen Qualitätsforderungen wie bei den Rohren:

- Einhaltung der Werkstoffkennwerte,
- Maßhaltigkeit,
- Fehlerfreiheit,
- Dichtheit.

Im Rahmen der Prozeßüberwachung kann mittels Ultraschall die Schallgeschwindigkeit am getrennt gegossenen Probestab oder am Formstück selbst ermittelt werden. Die Schallgeschwindigkeit ist ein Maß für die Graphitbildung. Eine andere Methode sind metallographische Untersuchungen an kleinen, angegossenen Proben.

Der Nachweis der mechanischen Eigenschaften erfolgt an Proben, die aus getrennt gegossenen oder aus angegossenen Proben herausgearbeitet werden.

Zur Sicherstellung der Maßhaltigkeit werden die Modelle und Kernbüchsen regelmäßig überprüft und erforderlichenfalls korrigiert oder ersetzt, um davon verursachte Maßabweichungen auszuschalten.

Verbindungsmaße und Wanddicken werden wie bei den Rohren geprüft und behandelt. Durch Einsatz von Automaten und Bohrschablonen bei der Formstückbearbeitung sowie eine abschließende Prüfung der Bearbeitungsmaße ist die Einhaltung der Toleranzen sichergestellt.

Alle Formstücke werden einer eingehenden visuellen Prüfung unterzogen. Fehlerhafte Teile werden nur dann nachgearbeitet, wenn sichergestellt ist, daß dadurch Gebrauchseigenschaften und Qualitätsforderungen nicht beeinflusst werden, andernfalls werden sie verworfen.

Die Prüfdrücke für die Dichtheitsprüfung der Formstücke können aus **Tabelle 2 bzw. 3** entnommen werden.

Bei der Herstellung von Formstücken mit Flanschen werden die Prozessparameter, die eine Einhaltung der geforderten Oberflächengüte, Planparallelität und Winkelgenauigkeit sicherstellen, ständig überwacht.

#### • Auskleidungen und Umhüllungen:

Im allgemeinen erhalten Formstücke eine Beschichtung auf bituminöser Basis. Daneben können auf Wunsch Formstücke mit einem kunststoffmodifizierten Mörtel ausgekleidet werden. Rohmaterialien und Schichtdicken werden regelmäßig geprüft.

Je nach Verwendungszweck oder Kundenwunsch werden auch Sonderbeschichtungen durchgeführt. So können Formstücke für Abwasser mit Epoxidharz beschichtet oder mit einem Mörtel auf der Basis von Tonerdezement ausgekleidet werden.

#### • Kennzeichnung, Verpackung, Lagerung und Versand:

Soweit anwendbar, gelten die gleichen Regelungen wie bei Rohren. Darüber hinaus wird bei Formstücken und Flanschrohren, falls erforderlich, zusätzlich die Druckstufe gekennzeichnet. Bei Krümmern erfolgt eine Angabe des Zentriwinkels.

## 4. Qualitätssicherung beim Einbau und Betrieb

### 4.1 Allgemeines

Rohrleitungssysteme müssen dem Verwendungszweck und den Einsatzbedingungen entsprechend ausgewählt und danach vorschriftsmäßig eingebaut werden.

Schon bei der Planung von Rohrleitungen bieten die Gußrohrwerke ihre Unterstützung an und zwar im einzelnen für: statische Berechnungen, Trassenpläne, konstruktive Lösungen schwieriger Baumaßnahmen, Boden- oder Wasseruntersuchungen.

Die Baulänge der Gußrohre beträgt bis DN 700 einschließlich 6 m, ab DN 800 werden auch längere Rohre angeboten. Durch diese Baulängen ist eine hohe Einbauleistung möglich, zumal die Steckmuffenverbindung sehr einfach und sicher herzustellen ist.

Für den Einbau gibt es Einbauanleitungen. Außerdem führen die Gußrohrhersteller an den Baustellen Einweisungen durch und unterstützen die Baufirmen bei Projekten mit schwierigen Einbaubedingungen wie z. B. Steilhangleitungen, Flußdüker, Einbau von Kanälen bei hohem Grundwasserstand oder instabilen Bodenverhältnissen, Pfahljochverlegung, Kanäle in Straßen mit niedriger Überdeckung (z. B. 0,25 m bei SLW 60) sowie in Dämmen mit extremen Überdeckungen (z. B. 50 m).

**Schon bei der Planung von Rohrleitungen bieten die Gußrohrwerke ihre Unterstützung an**

### 4.2 Dichtheitsprüfungen

Rohrleitungen für den Transport von Wasser, Abwasser und Gas sind Dichtheitsprüfungen zu unterziehen. Dank der Dichtheit der Rohre aus duktilem Gußeisen und ihrer Verbindungen sowie der technischen Konzeption der übrigen Komponenten stellt die Dichtheitsprüfung eines Gußrohrsystems kein Problem dar.

Für Wasserleitungen aus duktilen Gußrohren nach DIN EN 545 sind die Richtlinien der Dichtheitsprüfung in DIN 4279, Teil 3 [6] festgelegt bzw. sollen zukünftig nach Verabschiedung der prEN 805 [7] nach dieser Richtlinie erfolgen. Die während der Prüfung auftretenden Kräfte sind beachtlich und müssen durch Widerlager oder längskraftschlüssige Verbindungen aufgefangen werden. Beim Füllen mit Wasser spielt die Entlüftung eine wichtige Rolle. Eingeschlossene Luftpölster können zu erheblichen Störungen führen.

Für Gasleitungen aus duktilem Gußeisen nach DIN EN 969 ist für die Dichtheitsprüfung das DVGW-Arbeitsblatt G 469 [8] maßgebend. Als Prüfmedium wird überwiegend Luft verwendet. Je nach Art der Gasleitung kommt das Sichtverfahren (für kurze Leitungen, Anschlüsse, Einbindungen u. a.), das Druckmeßverfahren (bei Niederdruck- und Mitteldruck-Gasleitungen) oder das Druckdifferenz-Meßverfahren (bei höheren Drücken) zur Anwendung. Bei den Druckverfahren ist Voraussetzung, daß die Rohrleitung vorher verfüllt wird.

Für Abwasserleitungen aus duktilem Gußeisen nach DIN EN 598 gilt für die Dichtheitsprüfung prEN 1610 [9] sowie DIN 4279 Teil 3 für Druckrohrleitun-

gen. Zusätzlich sind die Anforderungen nach ATV-Arbeitsblatt A 139 [10] zu beachten.

Entsprechend den Anforderungen des ATV-Arbeitsblattes A 142 [11] müssen in der Wasserschutzzone II Kanäle alle fünf Jahre einer Wiederholungsprüfung unterzogen werden. Ein Prüfverfahren, das gegenüber der herkömmlichen Wasserdichtheitsprüfung mit einem wesentlich geringeren Zeitaufwand durchführbar ist, stellt die Prüfung mit Unterdruck dar.

In der zu prüfenden Kanalstrecke werden 0,5 bar Unterdruck erzeugt. Nach einer Beruhigungszeit von etwa fünf Minuten wird mit einem Differenzdruckmeßgerät die Druckdifferenz zwischen dem atmosphärischen Druck und dem Unterdruck im Kanal gemessen. Gleichzeitig werden mit einem Feinmeßbarometer Druckveränderungen der Atmosphäre gemessen, die am Ende der Prüfzeit ins Prüfergebnis eingerechnet werden.

Weitere Erläuterungen zur Technologie der Unterdruckprüfung sind in [12] aufgeführt.

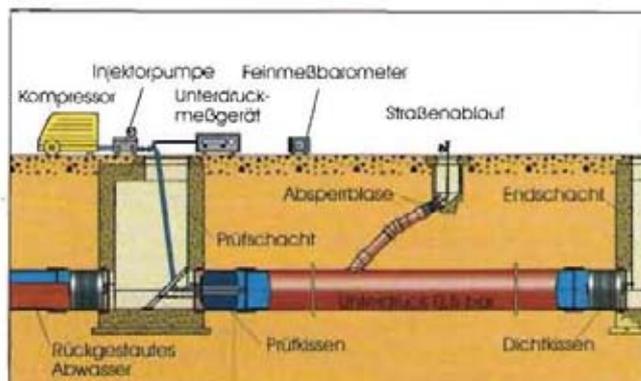


Bild 2: Systemskizze der Unterdruckprüfung

Da in der Wasserschutzzone II Kanäle in der Regel geschlossen durch den Schacht geführt werden, wird nicht haltungsweise geprüft, sondern mehrere Haltungen zu einer Prüfstrecke zusammengefaßt. Bei einer Unterdruckprüfung können 100 m<sup>3</sup> Kanalvolumen innerhalb 25 Minuten auf 0,5 bar Unterdruck gebracht werden. Dies ermöglicht, Prüfstrecken von mehr als 1 km Länge an einem Stück schnell und kostengünstig zu prüfen. In der Praxis wurden bereits Prüfstrecken von über 2,6 km Länge von DN 150 bis DN 1800 mit diesem Verfahren geprüft. Während der Prüfung kann das anfallende Abwasser je nach örtlichen Gegebenheiten in dem ankommenden Kanal vor der Prüfstrecke zurückgestaut werden. Dadurch kann auf kostenintensive Auffangbecken oder Bypassleitungen verzichtet werden. Gegenüber der herkömmlichen Bauweise ermöglicht das Gußrohrsystem die luftdichte Anbindung von Anschlußleitungen (z. B. Hausanschlußleitungen oder Straßena Ablaufleitungen) an den Kanal. Diese Anschlußleitungen werden für die Dichtheitsprüfung in den Revisions- bzw. Straßena Ablaufschächten abgedichtet und somit in die Dichtheitsprüfung des Kanals mit einbezogen (Bild 2). Prüfstrecken, in denen mehr als 60 Anschlußleitungen integriert waren, sind für dieses Prüfverfahren kein Problem und wurden in der Praxis bereits mit Unterdruck geprüft.

In den letzten Jahren hat die Gußrohrindustrie mehr als 200 km Kanäle aus duktilem Gußeisen mit Unterdruck geprüft, von denen etwa 98 % in der Wasserschutzzone II lagen. Im Rahmen der europäischen Normung konnte trotz Stellungnahme des Bayerischen Landesamtes für Wasserversorgung und der Gußrohrindustrie leider nicht bewirkt werden, daß die Unterdruckprüfung als Dichtheitsprüfverfahren in der Erstfassung der DIN EN 1610 mit aufgenommen wurde. Das Verfahren ist allerdings gemäß dieser Norm als Alternative zu den herkömmlichen Prüfmethoden erlaubt.

#### Literatur- und Normennachweis:

- [1] E. Grahn:  
Statistik der städtischen Wasserversorgungen  
München, 1878
- [2] DGQ-Schrift 11-04:  
Begriffe zum Qualitätsmanagement  
Berlin, Beuth 1993
- [3] DIN EN 545:  
Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen; Anforderungen und Prüfverfahren
- [4] DIN EN 598:  
Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für die Abwasserentsorgung; Anforderungen und Prüfverfahren
- [5] DIN EN 969:  
Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für Gasleitungen; Anforderungen und Prüfverfahren
- [6] DIN 4279 Teil 3:  
Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser; Druckrohre aus duktilem Gußeisen und Stahlrohre mit Zementmörtel-Auskleidung
- [7] prEN 805:  
Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
- [8] DVGW-Arbeitsblatt G 469:  
Druckprüfverfahren für Leitungen und Anlagen der Gasversorgung
- [9] prEN 1610:  
Technische Regeln für die Bauausführung von Abwasserleitungen und -kanälen
- [10] ATV-Arbeitsblatt A 139:  
Richtlinien für die Herstellung von Entwässerungskanälen und -leitungen
- [11] ATV-Arbeitsblatt A 142:  
Abwasserkanäle und -leitungen in Wassergewinnungsgebieten
- [12] M. Walter:  
Unterdruckprüfungen an Abwasserkanälen und -leitungen aus duktilem Gußeisen in Trinkwasserschutz-zonen  
Umwelt Technologie Aktuell, Ausgabe 4, 1994,

# Bestellschein

## FGR-Informationen GUSSROHR-TECHNIK

Die Hefte 1 bis 20 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 21:

FGR 22:

FGR 23:

FGR 24:

FGR 25:

FGR 26:

FGR 27:

FGR 28:

FGR 29:

FGR 30:

FGR 31:

FGR 32:

Gewünschtes bitte ankreuzen.

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

in Firma: \_\_\_\_\_ Bitte nennen Sie immer die Firma, auch wenn Sie Versand an Ihre Privatadresse wünschen.

Versand an

**Firmenadresse**

**Privatadresse**

<p>Straße: _____ _____</p> <p>Ort: _____ _____</p>	<p>Straße: _____ _____</p> <p>Ort: _____ _____</p>
--	--

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 Guß-Rohrsysteme, Sachsenring 2-4, 50677 Köln**

Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme  
Sachsenring 2-4

50677 Köln

## Umschlagseiten

**Titel:** Duktile Gußrohre DN 1000 in der Kläranlage Bremen-Seehausen

**Rückseite:** Duktile Gußrohre DN 1600 für den Bau einer Kraftwerksleitung im alpinen Gebiet (s. S. 58)

## Impressum

### Herausgeber und Copyright:

Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme

Sachsenring 2-4, 50677 Köln

Tel. (02 21) 31 80 65, Fax: (02 21) 31 62 21

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt

Belegexemplar erbeten

**Druck:** Formdruck Peter Meyer, Krefeld, April 1997

## Bildnachweise

Seite 17: Darstellung auf der Grundlage der TK 25 Ausschnitt aus Blatt 7613 mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg vom 26. 3. 1997, Az.: 5.13/1381

Seite 33: Ausschnitt aus der Topographischen Karte M-32-24-A-c-3 vervielfältigt mit Genehmigung des Landesamtes für Landesvermessung und Datenverarbeitung, Nr. LVD/2/117/97

Seite 43: Darstellung auf der Grundlage der TK 25 Ausschnitt aus Blatt 6516 und 6517 mit Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg vom 26. 3. 1997, Az.: 5.13/1381

Seite 59: Bild veröffentlicht mit freundlicher Erlaubnis von Frau H. Vigl

Seite 64/65: Ausschnitt aus der Topographischen Karte 1:100 000, Bl. Nr. C 5510, Vervielfältigt mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Rheinland-Pfalz, Kontrollnummer 74/97. Ausschnitt aus der Topographischen Karte 1:100 000, Blatt Nr. C 5110, vervielfältigt mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen vom 2. 4. 1997, Nr. 97 129.

Seite 71: Bild veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung der Firma VSB Vogelberger, 36369 Lautertal

