



GUSSROHR-TECHNIK

Informationen der Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme

38



nacap

nacap

Themen und Autoren

Seite Thema

Autor

5 Abwasserdruckleitung in geschlossener Bauweise

Einzug von 1,5 km Abwasserdruckleitung aus duktilen Gussrohren in Hamburg

Dipl. Ing. Sonja Buchholz

8 Erneuerung in Berlin

Grabenlose Auswechslung von Druckrohren mit dem Hilfsrohrverfahren im Versorgungsgebiet der Berliner Wasserbetriebe

Dr. Ing. Wilhelm Gaebel
Michael Schneider

17 Erneuerung in Berlin

Langrohrrelining mit duktilen Gussrohren DN 800

Wolfgang Rink

21 Spülbohren mit duktilen Gussrohren

Flussunterquerung 'de Eem' durch Spülbohrverfahren mit duktilen Gussrohren DN 700 in den Niederlanden

Ing. Maarten Renz

24 Abwasserdruckleitungen in Bremerhaven

Neubau der Abwasser-Druckleitung DN 900 Columbusstraße in Bremerhaven

Dipl. Ing. Alfred Gralle

28 Städtischer Kanalbau

Bau eines neuen Zulaufkanals zum Klärwerk Würzburg

Dipl. Ing. Violetta Neumann
Dipl. Ing. Rüdiger Moritz

35 Trinkwasser für Naumburg

Einsatz duktiler Gussrohre in der Trinkwasserversorgung von Naumburg an der Saale

Dipl. Ing. Anke Kopp

40 Duktile Gussrohre für den Brandschutz

Bau von Löschwasserleitungen

Eberhard Starosta

46 Fernwasserleitung

Leitungserneuerung im Auer-Ring im Westerzgebirge

Dipl. Ing. André Clauß
Wolfgang Rink

51 Landwirtschaftliche Bewässerung

Duktile Gussrohre für Beregnungsanlage Knoblauchsland

Dipl. Ing. Sonja Buchholz

Brief des Herausgebers

Berlin, im Februar 2004

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

das heute vorliegende Heft 38 der GUSS-ROHR-TECHNIK zeichnet sich durch mehrere Schwerpunkte aus: Ein großer Aufsatz fasst mehrere Jahre Erfahrung mit Löschwasserleitungen zusammen. Die Hälfte der Beiträge behandelt geschlossene Einbauverfahren. Der Rest teilt sich in die Bereiche Trinkwasser und Abwasser.

Neben der gedruckten Ausgabe können Sie wieder die Aufsätze aus dem Internet über unsere homepage www.gussrohrtechnik.de herunterladen.

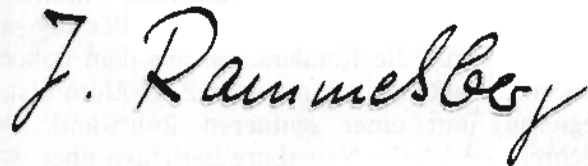
Wir haben die entsprechenden Suchwörter am Ende der Texte eingerahmt, so dass Sie mit dem interaktiven Suchregister dazugehörige Projektbeschreibungen herausfiltern können.

In diesem Jahr wird das überarbeitete DVGW-Arbeitsblatt GW 310 veröffentlicht. Jüngere Erkenntnisse der Bodenmechanik führen bei der Berechnung zu kleineren Betonwiderlagern.

Wenn Sie sich auf unserer Homepage umsehen, können Sie unter Rechentools/GW 310 eine Eingabemaske öffnen, wo Sie Ihre Einbauparameter einsetzen; das hinterlegte Programm rechnet Ihnen die Abmessungen der Widerlager online aus.

Weiterhin haben wir an der gleichen Stelle unter /ATV A 110 ein kostenlos downloadbares hydraulisches Rechenprogramm ins Netz gestellt.

Viel Spaß mit dem neuen Heft 38 der GUSS-ROHR-TECHNIK wünscht Ihnen



Schnellübersicht

1500 Meter duktile Gussrohre DN 150 im Horizontal-Spülbohr-Verfahren - das stellt mal wieder einen Streckenrekord dar, wobei die Randbedingungen nicht gerade einfach waren: extrem wenig Platz stand zur Rohrmontage bereit, die Rohre mussten zu Dreiersträngen vorgefertigt werden, die Verbindungsmontage musste synchron zum Wechsel des Zuggestänges vor sich gehen, höchste Präzision für die Lage des Zielpunktes verlangte Sonderlösungen in der Maschinentchnik.

Seite 5

Zum Auswechseln alter Versorgungsleitungen haben die Berliner Wasserbetriebe ihr Press-Ziehverfahren weiterentwickelt und in zwei Schritte unterteilt. Die mit dem neuen Hilfsrohrverfahren gemachten Untersuchungen zeigen, dass die im Regelwerk angegebenen zulässigen Zugkräfte zugfester Gussrohrverbindungen deutlich angehoben werden können. Damit ist die Voraussetzung für den wirtschaftlichen Einsatz duktiler Gussrohre in den grabenlosen Auswechslungsverfahren nachgewiesen.

Seite 8

Für Sanierung und Rückbau setzen die Berliner Wasserbetriebe die grabenlose Methode des Langrohr-Relinings ein. Formschlüssig zugfest verbundene Gussrohre DN 800 werden in eine AZ-Leitung DN 1000 eingezogen. Die kurze Montagezeit ermöglichte eine besonders kostengünstige Alternative zur geschweißten Stahlrohrleitung.

Seite 17

Der Einbau duktiler Gussrohre mit Nennweiten über DN 600 wird in den Niederlanden langsam zum Standardverfahren. In diesem Heft wird die Fortsetzung dieser Erfolgsstory geschildert.

Seite 21

Bei der Neuordnung der Abwasserdruckleitungen in Bremerhaven zeigte sich wieder einmal, wie sehr sich ein langzeitlich stabiles Rohrmaterial bewährt: Beim Anschluss einer neu gebauten Druckleitung DN 900 an eine vor 20 Jahren gebaute Druckleitung DN 1000, beide aus duktilen Gussrohren, zeigten sich an der alten Leitung keine Korrosionsspuren.

Schnellübersicht

Der Umschluss benötigte eine Betriebsunterbrechung von lediglich 6 Stunden.

Seite 24

Eine komplizierte Neuordnung der Abwasserentsorgung in Würzburg wurde mit einer im Freigefälle bei Pumpenausfall leerlaufenden Druckleitung mit Hilfe duktiler Gussrohre realisiert. Dabei kamen verschiedene Einbauverfahren zum Zuge; für duktile Gussrohre wegen ihrer Anpassungsfähigkeit kein Problem!

Seite 28

Eine Weiterentwicklung des duktilen Gussrohrsystems wurde bei der Überarbeitung der EN 545 genormt: es ist die Kombination aus dem äußerst wirksamen aktiven Schutz einer Zink-Aluminium-Legierung mit einer dünneren Rohrwand. Die Technischen Werke Naumburg berichten über ihre positiven technisch-wirtschaftlichen Erfahrungen.

Seite 35

Die Brandkatastrophen in Autobahntunneln haben die Aufmerksamkeit der Sicherheitsexperten auf zuverlässig funktionierende Löschwassersysteme in

Verkehrstunneln und anderen gefährdeten Anlagen gelenkt. Etwa 70 km Löschwasserleitungen aus duktilen Gussrohren, eingebaut in den letzten 5 Jahren in Deutschland, zeugen vom Ruf der Zuverlässigkeit dieser Rohre gerade an den Stellen, wo es besonders auf höchste Sicherheit ankommt.

Seite 40

In schwierigem Gelände mit felsigem Untergrund und großen geodätischen Höhendifferenzen wurden duktile Gussrohre DN 400 mit Zementmörtelumhüllung und zugfesten Verbindungen zum Ersatz ungenügend geschützter Stahlrohre in einer Fernwasserversorgung eingebaut. Es war die wirtschaftlichste Alternative.

Für den Transport des besonders weichen Wassers wurde die Zementmörtelauskleidung vor Inbetriebnahme konditioniert. Damit findet selbst während Stagnationsphasen keine nennenswerte pH-Wert-Beeinflussung mehr statt.

Seite 46

25 km Gussrohre DN 200 und 300 für die Hauptleitungen der größten Beregnungsanlage Bayerns – alle Kriterien zur Materialwahl führten letztlich zu Rohren aus duktilem Gusseisen.

Seite 51

Einzug von 1,5 km Abwasserdruckleitung aus duktilen Gussrohren in Hamburg

von Sonja Buchholz



Bild 1: Das unterquerte Gebiet ist zum Teil ein von der EU ausgeschriebenes Flora-Fauna-Habitat. (Foto: S. Buchholz)

Im August/September 2003 baute die Hamburger Stadtentwässerung knapp 1,5 km Gussrohrleitung DN 150 im Horizontal-Spülbohr-Verfahren ein. Die Leitung bildet einen der letzten Bauabschnitte des Druckentwässerungssystems für den Hamburger Außenbezirk Ochsenwerder.

Druckentwässerung als Konzept

Seit 30 Jahren baut die Hamburger Stadtentwässerung (HSE) das Druckentwässerungssystem in den Hamburger Außenbezirken. In den Vier- und Marschlanden, wo die Straßen häufig oberhalb auf dem Deich verlaufen und das Abwasser über lange Strecken zum nächsten Hauptsammler geleitet werden muss, ist die Entwässerung mit einer Freigefällekanalisation nicht möglich.

Die jetzt eingezogene Leitung ist einer der letzten Bauabschnitte des Entwässerungssystems für Hamburg-Ochsenwerder und bildet die Vorflut für 550 angeschlossene Haushalte. Durch sie wird das Abwasser zum Nebensammler Hamburg Bergedorf geleitet. Zudem erhöht sie die Redundanz des Gesamtnetzes in diesem Bezirk.



Bild 2: Die beiden Bohrköpfe der Pilotbohrung erreichen die Zielbaugrube. (Foto: R. Stutzki, HSE)



Bild 3: Schnelle Montage der TIS-K-Verbindung synchron zum Wechsel des Zuggestänges

Schonung von Natur und Umwelt

Die Leitung DN 150 hat eine Gesamtlänge von 1.460 m. Da sie einen Seitenarm der Elbe, die Dove-Elbe, ein hochwertiges Naturschutzgebiet (Flora-Fauna-Habitatgebiet die „Reit“, **Bild 1**), sowie einen alten Deich quert, kam ein Einbau in konventioneller Bauweise nicht infrage. Die Auflagen des Natur- und Hochwasserschutzes hätten dabei zu sehr hohen Kosten geführt und einen erheblichen Eingriff in das Naturschutzgebiet bedeutet. Daher entschied man sich für einen Einbau im Horizontal-Spülbohr-Verfahren (HDD) in einer durchschnittlichen Tiefe von 12 bis 14 m.

Pilotbohrung von beiden Seiten aus

Für die Pilotbohrung waren zwei Bohrgeräte im Einsatz, so dass von beiden Streckenenden gleichzeitig gebohrt werden konnte. Diese ungewöhnliche Variante wurde gewählt, weil die vorgegebenen Start- und Zielpunkte präzise eingehalten werden mussten und durch das beidseitige Bohren die größtmögliche Genauigkeit erzielt werden konnte. Nachdem sich beide Bohrköpfe in der Mitte getroffen hatten, zog das eine Bohrgerät das Gestänge wieder zurück, während das andere in der bestehenden Trasse weiter vorfuhr. So befand sich das gesamte Bohrgestänge anschließend auf einer Seite der Lei-



Bild 4: Lagerung der vormontierten Rohrstränge



Bild 5: Mit einer Traverse werden die vormontierten Rohrstränge von jeweils drei Rohren auf die Einzugsschiene gehoben. (Foto: S. Buchholz)

tungsstrecke (Bild 2), und die weiteren Arbeitsschritte konnten mit einem Gerät ausgeführt werden. Um einen reibungslosen Einzug des Gussrohrstrangs zu gewährleisten, machte das ausführende Bohrunternehmen nacap den Sondervorschlag, zunächst ein Casingrohr aus Stahl in den Bohrkanal einzuziehen. Dieses Rohr wurde beim Einzug mit Bentonit-suspension gefüllt, die auch nach dem Einzug der Medienrohre im Casingrohr verbleibt.

Schnelle Montage

Als Rohrmaterial für die eigentliche Abwasserleitung haben die Planer der Hamburger Stadtentwässerung bei dieser Baumaßnahme duktile Gussrohre nach DIN EN 598 [1] mit Zementmörtelumhüllung nach DIN 30674-2 [2] gewählt. Die längskraftschlüssige TIS-K-Muffe dieser Rohre hält sehr hohen Zugkräften stand und ist deshalb auch für lange Einzugstrecken gut geeignet. Ein weiterer Pluspunkt für die Gussrohre war der geringe Platzbedarf bei der Ein-

zugsvorbereitung. Die Gussrohre können schnell montiert (Bild 3) werden und brauchten daher vor der Bohrung nicht auf langer Strecke ausgelegt zu werden. 18 Meter lange Rohrstränge, bestehend aus jeweils drei Rohren, wurden vormontiert gelagert (Bild 4) und mit einer Traverse auf die Einzugsschiene gehoben (Bild 5). Diese Technik war bereits im Jahr 2000 in Fürth mit duktilen Gussrohren DN 600 erprobt worden [3].

Die einzelnen 18 Meter langen Rohrstränge wurden problemlos in einem synchronen Rhythmus mit dem Wechsel des 9 Meter langen Bohrgestänges miteinander verbunden. Aus Gründen des Korrosionsschutzes waren die Muffen hier mit Schutzmanschette und Gleitblech umhüllt.

Servicebetrieb HSE

Entwurf und Planung dieser komplexen Baumaßnahme lag in den Händen der Hamburger Stadtentwässerung. Das Unternehmen bietet diese Leistungen auch für andere Städte und Kommunen an und übernimmt auch Ausschreibung und Vergabe.

Literaturhinweise:

- [1] DIN EN 598 Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung
- [2] DIN 30674 – 2 Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen, Zementmörtelumhüllung
- [3] Fitzthum, U., Jung, M. und Landrichter, W.: Eine Baumaßnahme der besonderen Art: 1100 m Leitungsbau mit duktilen Gussrohren DN 600 blieb von den Anliegern in Fürth unbemerkt GUSSROHRTECHNIK 35 (2000), S. 33

Suchwörter:

Abwasserdruckleitung
 Einzelmontage von Rohrsträngen
 Horizontal-Spülbohr-Verfahren
 Zementmörtelumhüllung
 Zugfeste Verbindungen

Grabenlose Auswechslung von Druckrohren mit dem Hilfsrohrverfahren der Berliner Wasserbetriebe

von Wilhelm Gaebelein und Michael Schneider



Bild 1: Platzbedarf und Verkehrsbehinderungen bei der offenen Bauweise

1. Einführung

Insbesondere im innerstädtischen Bereich sind grabenlose Bauweisen bei der Erneuerung von Druckrohrleitungen nicht mehr wegzudenken; ihre Anwendung hat deutlich steigende Tendenz. Während bei der offenen Bauweise für die Rohrauswechslung viele Flächen belegt werden, die mit der eigentlichen Rohrauswechslung nichts zu tun haben, halten sich diese Beeinträchtigungen bei Anwendung der grabenlosen Technologien in Grenzen. **Bild 1** zeigt, in welchem Maße bei der offenen Bauweise mit offenen Baugruben, der Zwischenlagerung des Pflasters und

des Aushubs in Containern usw. Verkehr und Bürger beeinträchtigt werden.

Die wesentlichen Vorteile der grabenlosen Bauweise liegen in:

- Verringerung von Straßenaufbrüchen und Erdarbeiten bis über 80%
- geringerer Platzbedarf für die Baustelleneinrichtung (besonders von Bedeutung beim Einsatz im innerstädtischen Bereich)
- das Altrohr wird restlos aus dem Boden entfernt
- im Interesse des Umweltschutzes bleiben weder Abfall noch tot gelegte Leitungen im Boden; das Berliner Straßengesetz fordert, nicht benötigte

Rohrleitungen aus dem Erdreich zu entfernen, um so eine Überbelegung des unterirdischen Bauräumes zu vermeiden

- erschütterungsfreie und leise Arbeitsweise bei der Auswechslung
- Reduzierung der Beeinträchtigung des Verkehrs und der Bürger auf ein Minimum
- keine Schädigung von Straßenbäumen über der Rohrtrasse.

Bild 2 zeigt, wie bei der grabenlosen Auswechslung der unter den Bäumen liegenden Versorgungsleitung der öffentliche Busverkehr in vollem Umfang ohne Beeinträchtigung aufrechterhalten werden kann.

2. Grabenlose Bauverfahren

In der Vergangenheit wurden im Versorgungsgebiet der Berliner Wasserbetriebe die unterschiedlichsten Verfahren zur Auswechslung von Versorgungsleitungen eingesetzt. Dabei lagen umfangreiche Erfahrungen beim grabenlosen Einbau von Entwässerungskanälen (bekannt unter der „Berliner Bauweise“) vor. Diese Erfahrungen mit Einbauverfahren, bei denen axiale **Druckkräfte** auf das Neurohr wirken, konnten jedoch nicht genutzt werden, weil bei den in der Wasserversorgung eingesetzten Muffenrohren Schäden im Verbindungsbereich provoziert wurden.

Für die grabenlose Erneuerung von Versorgungsleitungen in gleicher Trasse sind folgende Verfahren bekannt und erprobt:

- Berstliningverfahren [1]
- Press-Ziehverfahren [2]
- Hilfsrohrverfahren [3].

Bei diesen Verfahren müssen die Neurohre zu Leitungsträngen zusammengefügt werden, welche beim Einbau **Zugkräfte** schadlos aufnehmen und übertragen können.

In Berlin scheidet die Anwendung des **Berstliningverfahrens** aus, weil ein Verbleib von nicht genutzten Rohren und Rohrresten im Boden nicht gestattet

ist. Daher sind im Versorgungsgebiet der Berliner Wasserbetriebe nur das **Press-Ziehverfahren** und das **Hilfsrohrverfahren** zugelassen.

Das Press-Ziehverfahren wurde in seiner ersten Variante bereits in [4] beschrieben. Es arbeitet einstufig, das Altrohr wurde mittels Neurohr auf einen Spaltkegel geschoben und in Scherben aus der Maschinengrube entnommen. In der weiter entwickelten Variante wird nur das Altrohr geschoben. Die Neurohre mit zugfesten Verbindungen werden mittels Zugkopf am Ende des letzten Altrohres angehängt und in den frei werdenden Hohlraum nachgezogen.

2.1 Hilfsrohrverfahren

Beim Hilfsrohrverfahren wird die trassengleiche Auswechslung in zwei Arbeitsgänge aufgeteilt. Zunächst werden je eine **Rohrbaugrube** zum Ausbau des Altrohres und zur Einbringung der neuen Rohre und eine **Maschinenbaugrube** zur Aufnahme des Rohrauswechslungsgerätes hergestellt. Alle 20 bis 50 m werden Zwischenbaugruben angelegt, die sich sinnvollerweise an Abzweigen, Hausanschlüssen und Armaturen befinden. Somit entstehen Abschnitte von beherrschbarer Länge (**Bild 3**).

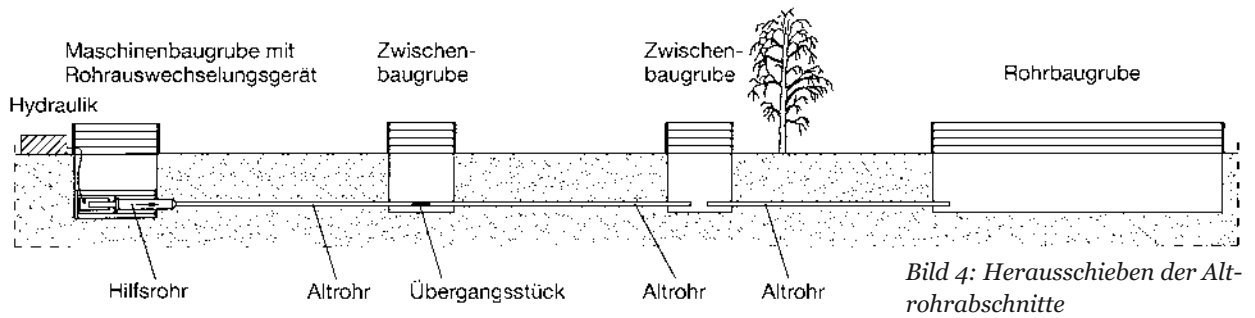
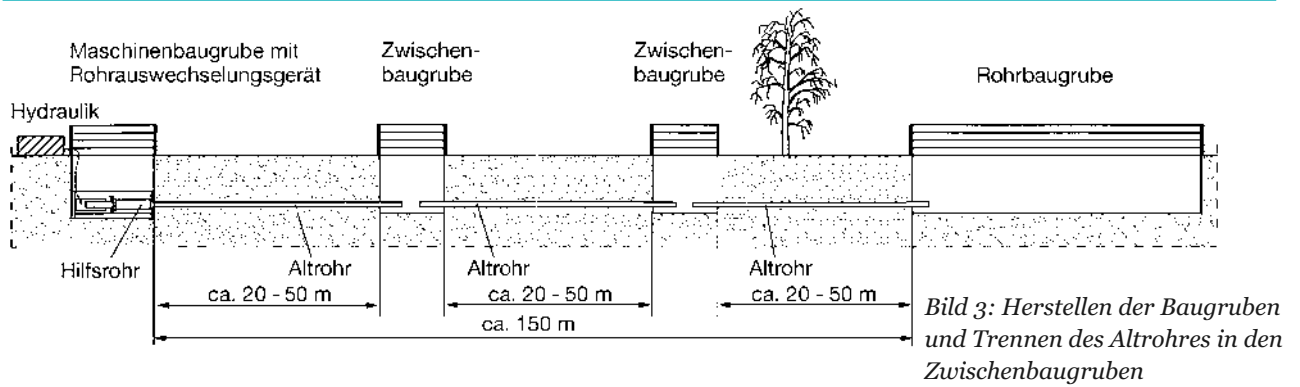
Die alte Rohrleitung wird durch Vorpressen der Hilfsrohre aus dem Erdreich in Richtung der Rohrbaugrube geschoben und dort ausgebaut (**Bild 4**). Das Altrohr wird in ganzen Rohrlängen geborgen (**Bild 5**). Dadurch ist das Hilfsrohrverfahren besonders geeignet, Altrohre aus Stahl gegen Neurohre auszuwechseln, da sich bei diesem Verfahren kein Zuggestänge im Altrohr befindet.

Nach der vollständigen Entfernung des letzten Altrohres ist die Trasse mit den wiederverwendbaren Hilfsrohren belegt. Sie übernehmen jetzt die Lasten aus der Überdeckung und der Verkehrslast und sichern so den Rohrkanal (**Bild 6**).

Im zweiten Abschnitt des Verfahrens wird das neue Rohr in der Rohrbaugrube mittels eines Zugkopfes



Bild 2: geschlossene Bauweise ohne Beeinträchtigung des Verkehrs



am Hilfsrohr befestigt und durch Zurückziehen des Hilfsrohres in die Rohrtrasse eingezogen. Stahl- und duktile Gussrohre werden üblicherweise in der Rohrbaugrube montiert, wobei die Muffenrohre mit dem Einsteckende in Zugrichtung gerichtet sind (**Bild 7**). Der Zugkopf ist so ausgebildet, dass er das Eindringen von Verschmutzungen in die neue Rohrleitung verhindert und die auftretenden Zugkräfte aufneh-

men kann. Eine im Zugkopf integrierte Zugkraftmesseinrichtung dient der Erfassung und Dokumentation der auf den Neurohrstrang wirkenden Zugkräfte. Der Zugkopf ist auf die Rohrabmessung des auszuwechselnden Rohres abgestimmt und wird bei Dimensionsvergrößerung als Aufweitkegel ausgebildet. Um ein zwängungsfreies Einziehen des Neurohrstranges sicherzustellen, ist ein dem Bodenma-

Bild 5: Alte Stahlrohre in ganzer Länge nach dem Ausbau



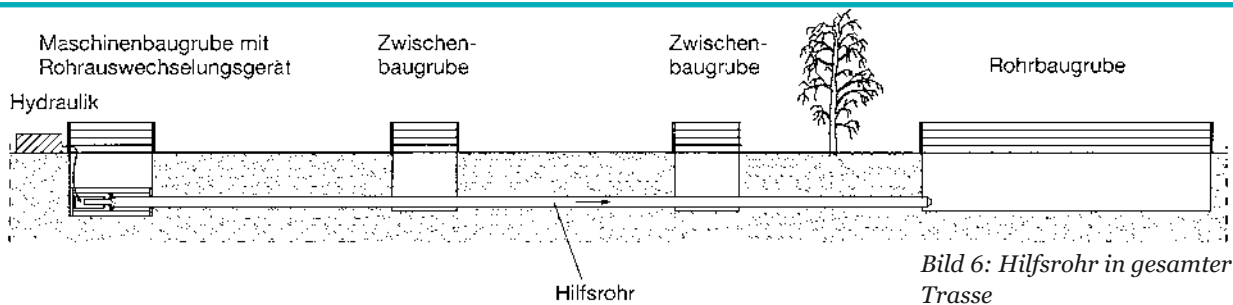


Bild 6: Hilfsrohr in gesamter Trasse

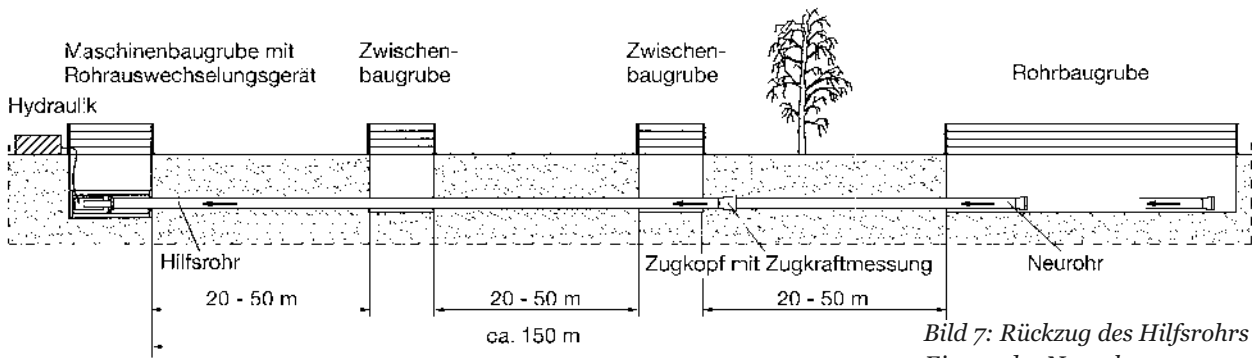


Bild 7: Rückzug des Hilfsrohrs und Einzug des Neurohres

terial angepasster Überschnitt von ca. 10 bis 15% des maximalen Außendurchmessers der Rohrverbindungen erforderlich.

Für beide Verfahren werden unterschiedliche Maschinen mehrerer Hersteller eingesetzt. Sie sind nach den Empfehlungen der Gerätehersteller in der Maschinenbaugrube zu installieren und entsprechend der zu erwartenden Kräfte zu sichern.

Damit eine Beschädigung der Neurohrleitung während des Einbaus sicher vermieden wird, müssen folgende Bedingungen strikt eingehalten und dokumentiert werden:

- Die auf den Neurohrstrang wirkenden Zugkräfte sind bis zum Abschluss des Einzuges kontinuierlich zu messen und aufzuzeichnen.
- Ein Erreichen der maximal zulässigen Zugbelastung muss für den Maschinenführer zeitgleich erkennbar sein.
- Die Verbindungen der neuen Rohre dürfen nur mit Zugkräften belastet werden. Jegliches Drücken, Schieben oder Pressen des neuen Rohres führt zu Beschädigungen, insbesondere im Bereich der Rohrverbindung, und ist deshalb auszuschließen.
- Eine kontinuierliche Messung und Aufzeichnung der auf den Neurohrstrang wirkenden Zugkraft dient als Nachweis, dass die zulässige Belastung während des Auswechsellvorganges nicht überschritten wurde (Qualitätssicherung).
- Die beim Einziehvorgang auf die Rohre wirkenden Zugkräfte müssen zur Vermeidung von Vorschädigungen, insbesondere im Verbindungsbereich, begrenzt werden. Die maximal zulässigen Zugkräfte sind abhängig vom Werkstoff des Rohres, von der Verbindungsart und vom Rohrdurchmesser. Die

vom Hersteller vorgegebenen Werte für die maximale Zugkraft sind einzuhalten.

Wesentlich zum Erfolg der grabenlosen Auswechsellung trägt die Trassenvoruntersuchung bei:

- Lage der auszuwechselnden Rohrleitung
- Vorhandensein eventueller Richtungsänderungen
- Lage der Trinkwasserhausanschlüsse
- Lage der Hydranten und Schieber
- Lage von anderen auf der Alrohrleitung befindlichen Bauteilen (nicht abgebaute Anbohrarmaturen, Rohrstützen, Schieber usw.)
- Lage von Nennweitensprüngen
- Lage der Hausanschlusskanäle
- Lage von Anlagen anderer Leitungsverwaltungen.

Da bei der Anwendung dieser Verfahren, insbesondere bei einer Nennweitenvergrößerung, Kräfte in den benachbarten Boden eingeleitet werden, sind Wirkungen auf kreuzende und parallel verlaufende Leitungen oder andere Fremdanlagen nicht auszuschließen. Werden bei der Trassenvoruntersuchung Fremdanlagen erkannt, sind diese im gefährdeten Bereich freizulegen.

Während des gesamten Auswechsellvorganges müssen die Axialkräfte stetig eingeleitet werden. Das Rohrauswechsellgerät ist mit einem oder mehreren hydraulisch wirkenden Vorschubzylindern ausgerüstet, mit deren Hilfe die alten Rohre über die Hilfsrohre erschütterungsfrei und unter Vermeidung von dynamischen Energien in die Rohrbaugrube geschoben und dort entfernt werden. Die neuen Rohre werden in der Rohrbaugrube gefügt und vom Rohrauswechsellgerät in die vorhandene Trasse gezo-



Bild 8: Maschine der Fa. Bohrtec

gen. Die Auswechsellängen sind vom Rohrdurchmesser, Nennweitemsprüngen, Bodenart, der Leistung des Rohrauswechslungsgerätes sowie vom Zustand des Altröhres und den maximal zulässigen Zugkräften des Neurohres bestimmt.

Bis zu einer Länge von ca.150 m kann eine Rohrstrecke in gesamter Länge ohne Umsetzen der Maschine ausgewechselt werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die größte Kraft zum Lösen des Altrührstranges aus dem Boden benötigt wird. Das Altrühr kann diese hohen Kräfte nur begrenzt aufnehmen. Es kann erforderlich werden, den Altrührstrang in den Zwischenbaugruben zu trennen und die einzelnen Leitungsabschnitte getrennt zu lösen.

Hierzu sind zwei Varianten praktikabel:

1. Die Altleitungsabschnitte werden von der Maschinenbaugrube aus durch das Rohrauswech-

selgerät gelöst. Dabei wird zunächst der erste Rohrabschnitt in Richtung Zwischenbaugrube geschoben, der erste und der zweite Rohrabschnitt mit einem Übergangsstück in der Zwischenbaugrube verbunden und im Anschluss daran der zweite Rohrabschnitt durch Vorpresen der Hilfsrohre gelöst, usw.

2. Von der Zwischenbaugrube ausgehend, die der Rohrbaugrube am nächsten ist, werden die Altleitungsabschnitte in den Zwischenbaugruben mit einem transportablen Hydraulikzylinder gelöst. Die gelösten Abschnitte werden danach mittels Hilfsrohr aufeinander geschoben und in den Zwischenbaugruben mittels Übergangsstück verbunden.

Das Hilfsrohrverfahren ist patentrechtlich geschützt [5], die Berliner Wasserbetriebe vergeben zur Förderung des Wettbewerbs Verfahrenslizenzen.

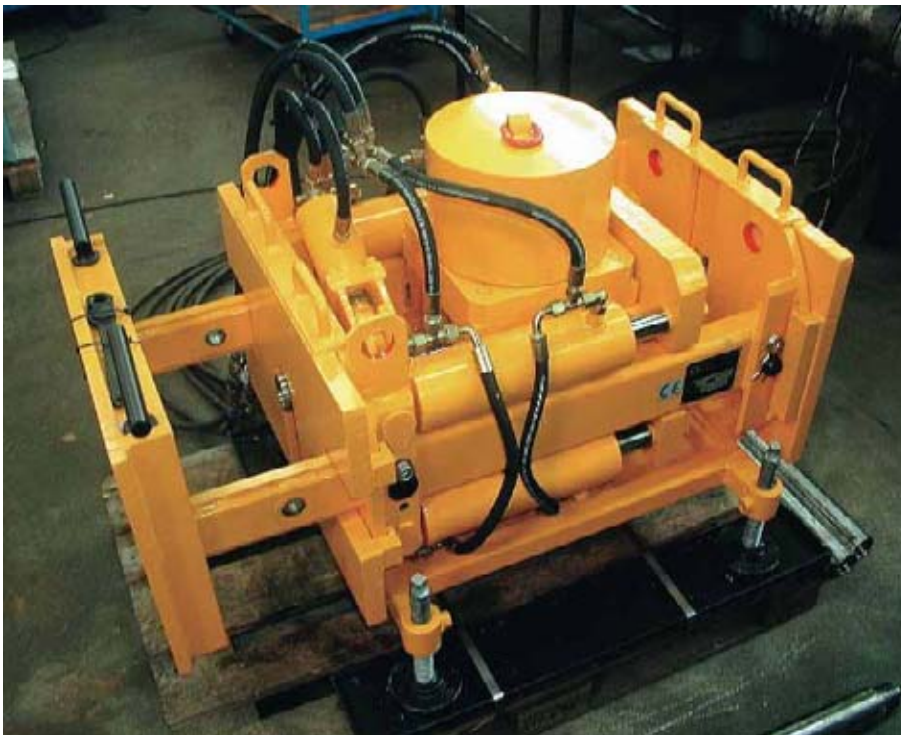


Bild 9: Maschine der Fa. Perforator

Bild 10: Maschine der Fa. Brochier



Tabelle 1: Zulässige Nennweitererweiterung (Festlegung der Berliner Wasser Betriebe)

Nennweite Altrohr	Maximale Nennweite Neurohr
DN 80	DN 150
DN 100	DN 200
DN 150	DN 200
DN 200	DN 300
DN 300	DN 400
DN 400	DN 400

2.2 Maschinenvarianten

Das Konzept des Hilfsrohrverfahrens fand schnell Resonanz bei bausührenden Firmen und Maschinenherstellern. Mittlerweile stehen drei unterschiedlich aufgebaute Rohrauswechslungsgeräte zur Anwendung des Hilfsrohrverfahrens zur Verfügung:

1. Rohrauswechslungsgerät der Firma Bohrtec

Das Rohrauswechslungsgerät der Fa. Bohrtec besteht aus einem Führungsrahmen mit eingebautem Hydraulikzylinder und mehreren Rollenpaaren zur Aufnahme der Hilfsrohre sowie einer Steuereinheit. Die Hublänge des Hydraulikzylinders beträgt 1200 mm, die Druckkraft 1200 kN und die Zugkraft 800 kN. Das Hilfsrohr wird direkt vom Hydraulikzylinder geschoben bzw. gezogen (**Bild 8**).

2. Rohrauswechslungsgerät der Fa. Perforator

Das Rohrauswechslungsgerät

der Fa. Perforator ermöglicht maximale Druckkräfte von 450 kN und Zugkräfte von 600 kN. Die hydraulisch arbeitende Klemmvorrichtung drückt bzw. zieht ein Pressgestänge, das über ein Übergangsstück mit dem Hilfsrohr verbunden ist (**Bild 9**).

3. Rohrauswechslungsgerät der Fa. Brochier

Das Rohrauswechslungsgerät ist mit einem Führungsschlitten ausgestattet, der von zwei seitlich im Führungsrahmen angeordneten Hydraulikzylindern mit einer Druck- und Zugkraft von 600 kN bewegt wird. Das mit Schlitzern versehene Hilfsrohr wird über ein Adapterstück mit Sperrklinken durch Vorpressen des Führungsrahmens vorgeschoben. Beim Zurückziehen des Hilfsrohres greifen die Sperrklinken ebenfalls in die Hilfsrohre ein. Bei diesem Rohrauswechslungsgerät kann das Hilfsrohr durch den Führungsrahmen geführt werden. Damit ist es möglich, aus

Tabelle 2: Max. zulässige Zugkräfte in kN gem. DVGW Arbeitsblatt GW 322 -1 bzw. Herstellerangabe

Rohr Nennweite	PE 80 SDR 11	PE 80 SDR 7,4	PE 100 SDR 17	PE 100 SDR 11	PE 100 SDR 7,4	PE-Xa SDR 11
100	25	36	21	31	44	25
150	53	77	44	66	94	53
200	105	151	68	131	186	105

Rohr Nennweite	Stahlmuffenrohr DKM*	Stahl (Schweißverbindung) DIN 2460	GGG TIS-K** u. BLS**	GGG Tyton-SIT
100	50	72	100	23
150	100	122	165	48
200	170	160	230	/

* Herstellerangabe

** bei geradlinigem Trassenverlauf (max. 0,5° Abwinkelung pro Rohrverbindung) können die zulässigen Zugkräfte um 50 kN angehoben werden.

Tabelle 3: Ergebnisprotokoll

Verbindung	Nennweite	Wandstärke	Erreichte Zugkraft in KN	Bemerkungen
BLS	100	Nennwand K 10	380	Bei 340 kN erste Abplatzungen in der Zementmörtelauskleidung
BLS	100	Min.-Wand K 10	380	Bei 310 kN erste Abplatzungen in der Zementmörtelauskleidung
TIS-K	100	Nennwand K 10	400 gehalten	Bei 370 kN erste Abplatzungen in der Zementmörtelauskleidung
TIS-K	100	Min.-Wand K 10	400 gehalten	Bei 300 kN erste Abplatzungen in der Zementmörtelauskleidung
BLS	150	Min.-Wand K 9	450	Rohr im Bereich der Schweißbraupe gerissen
TIS-K	150	Min.-Wand K 9	460	Schweißbraupe abgerissen
BLS	150	Nennwand K 9	480	Muffe gebrochen
TIS-K	150	Nennwand K 9	380	Schweißbraupe abgerissen
BLS	200	Nennwand K 9	700	Rohr an Schweißbraupe gerissen, Riss in Muffe
TIS-K	200	Nennwand K 9	660	Rohr an Schweißbraupe gerissen
BLS	200	Min.-Wand K 9	650	Rohr an Schweißbraupe gerissen, Riss in Muffe
TIS-K	200	Min.-Wand K 9	750 gehalten	Maschine defekt

einer Mittelposition heraus ein Neurohr einzuziehen und gleichzeitig ein Altrrohr heraus zu drücken (**Bild 10**).

3. Technische Angaben und Anforderungen

Bei den grabenlosen Rohrauswechslungsverfahren bleibt der Rohrkanal ständig durch ein Rohr gesichert. Bei der grabenlosen Auswechslung der Altrrohrleitung ist für die neue Leitung eine Nennweitenerweiterung in einem gewissen Rahmen möglich. Hierbei hängt der Durchmesser der neuen Rohre

vom Durchmesser der auszuwechselnden Rohre ab (**Tabelle 1**). Auswechslungen sind bis zu einem Neurohrdurchmesser von 400 mm möglich. Dabei muss die Altrrohrleitung noch so beschaffen sein, dass sie die notwendigen Druckkräfte aufnehmen kann.

4. Auswahlkriterien für die einzuziehenden Neurohre

Die einzuziehenden Neurohre sind starken mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Die Rohrverbindungen müssen deshalb für die zulässigen Zugkräfte

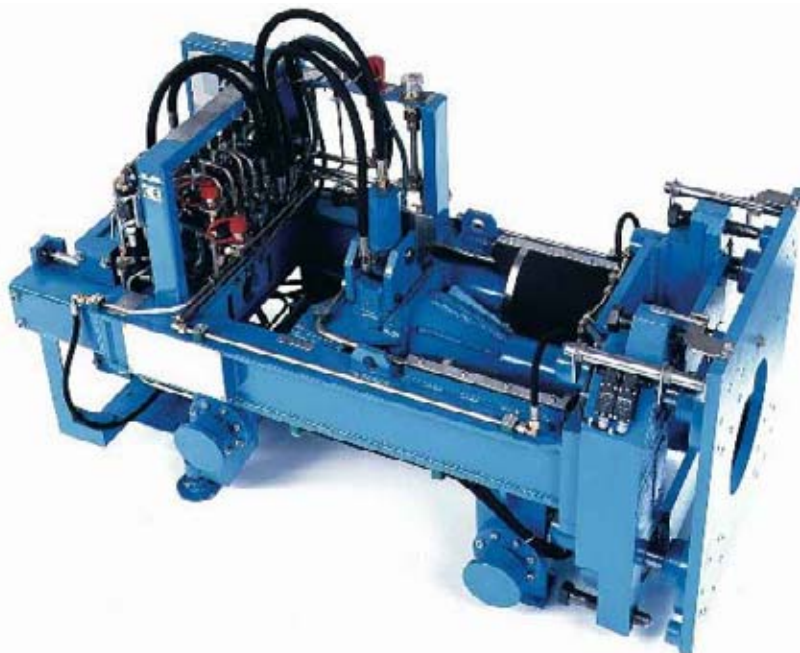


Bild 11: Maschine für die Zugversuche

Tabelle 4: zulässige Zugkräfte

DN	max. N GW 322-1 [kN]	max. N + 50 kN bei gerader Trasse GW 322 [kN]	Versagensgrenze im Versuch [kN]	max. N (temporäre Festlegung BWB) [kN]
80	70	120	n. b.	150
100	100	150	380	250
150	165	215	380–450	320
200	230	280	650–750	400

ausgelegt sein und die Rohroberfläche ist in jedem Falle mit einem hochwertigen mechanischen Außenschutz gegen Beschädigungen durch Steine, Wurzeln etc. zu versehen.

Tabelle 2 zeigt die in Arbeitsblatt GW 322-1 [2] bzw. die von den Herstellern festgelegten maximal zulässigen Zugkräfte für die Nennweiten 100 bis 200 in Abhängigkeit vom Rohrwerkstoff und von der Rohrverbindung.

Für die grabenlose Bauweise im Versorgungsgebiet der Berliner Wasserbetriebe kamen unter Berücksichtigung der von den Rohrherstellern zugelassenen Zugkräfte und der Forderung nach einem mechanisch hochbelastbaren Außenschutz nur Rohre aus Stahl und duktilem Gusseisen für die Neurohrleitung in die engere Auswahl.

Die Auswertung von Schadensfällen, die bei der grabenlosen Rohrauswechslung aufgetreten waren, zeigte, dass die zulässige Zugkraft durchaus überschritten werden kann. So konnte z. B. das Spitzende duktiler Gussrohre im Bereich des Schweißwulstes der formschlüssigen Verbindung reißen oder geschweißte Stahlrohre wurden gänzlich auseinander gerissen.

Die daraufhin vorgeschriebene Zugkraftmessung zeigte, dass die Zugkräfte im Wurzelbereich von Bäumen deutlich höher liegen können als die maximal zulässigen Zugkräfte nach GW 322-1 (Tabelle 2). So wurden beispielsweise an Rohren DN 100 Zugkräfte von 120 kN gemessen.

Ein aktuelles Schadensereignis an einer Stahlrohrleitung mit Muffenverbindung veranlasste die ausführende Berliner Baufirma zur Durchführung von Zugversuchen. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass die eingesetzte Muffenverbindung aufgrund ihrer Konstruktionsmerkmale schon vor Erreichen der in GW 322-1 angegebenen zulässigen Zugkräfte auseinander gerissen war. Durch eine Anpassung der Krallen (Haltesegmente) im Muffenbereich wurde die Zugfestigkeit der Muffenverbindung erhöht.

Um auch für den Gussrohrbereich gesicherte Aussagen für die Verbindungen TIS-K und BLS zu bekommen, wurden zur Verifizierung der in GW 322-1 angegebenen Werte ebenfalls Zugversuche bis zum Erreichen der Bruchlast durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die zulässigen Zugkräfte für Rohre aus duktilen Gusseisen mit diesen Verbindungen deutlich höher angesetzt werden konnten.

5. Ermittlung der zulässigen Zugkräfte für Steckmuffenverbindungen von duktilen Gussrohren

Aufgrund der bisher im DVGW – Arbeitsblatt GW 322-1 und in der Regel der Fachgemeinschaft Gussrohrsysteme FGR 66 [6] veröffentlichten zulässigen Zugkräfte wurde von den Berliner Wasserbetrieben angeregt, die real ertragbaren Zugkräfte durch eine zerstörende Prüfung zu ermitteln. Danach können die Rohrhersteller die zulässigen Zugkräfte neu festlegen, wodurch sich auch der Einsatzbereich von duktilen Gussrohren bei Anwendung der grabenlosen Rohrlegungs- und Rohrauswechselfahren bedeutend erweitern lässt.

Die beiden deutschen Gussrohrhersteller gaben Untersuchungen in Auftrag, formschlüssige zugfeste Gussrohrverbindungen der Nennweiten 100, 150 und 200 mit Nennwanddicke und minimaler Wandstärke bis zur Bruchgrenze zu belasten. Untersucht wurden Rohre mit BLS – und TIS-K Muffenverbindung nach GW 368 [7].

Die Ergebnisse der Versuche sind in **Tabelle 3** dargestellt.

Die Untersuchungen wurden bei den Rohren bis zum Erreichen der Bruchgrenze bzw. bis zur maximalen Belastbarkeit der Prüfmaschine (**Bild 11**) durchgeführt; dabei konnte mit einer TV-Kamera das Verhalten der Zementmörtelauskleidung während der Belastung verfolgt werden (**Bild 12**).



Bild 12: TV-Kamerakontrolle der ZM-Auskleidung während der Belastung

6. Weiteres Vorgehen

Die Untersuchungen erwiesen, dass die von den Gussrohrherstellern vorgegebenen und in GW 322-1 festgelegten maximal zulässigen Zugkräfte für die Nennweiten 100, 150 und 200 deutlich überschritten wurden. Für das DVGW Regelwerk GW 322-1 konnten deshalb die ursprünglich festgelegten höchstzulässigen Zugkräfte bei geradlinigem Trassenverlauf (max. Abwinkelung pro Rohrverbindung $0,5^\circ$) um 50 kN angehoben werden. Aus der Kenntnis heraus, dass das Gussrohr mit der TIS-K und BLS-Muffenverbindung ausreichende Reserven besitzt, haben sich die Berliner Wasserbetriebe aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus entschlossen, versuchsweise die Anwendungsgrenzen (max. zul. Zugkraft) für die grabenlosen Bauverfahren in einer internen Vorschrift gegenüber GW 322-1 entsprechend **Tabelle 4** anzuheben; in einem von der Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme FGR begleiteten Feldversuch wird die Anwendungsgrenze bei den Berliner Wasserbetrieben weiter ausgelotet.

Die nach einer ausreichenden Anzahl von grabenlosen Baumaßnahmen durchzuführende gemeinsame Auswertung wird zeigen, ob die in GW 322-1 angegebenen höchstzulässigen Zugkräfte noch weiter nach oben hin angepasst werden können.

Aufgrund der gegenüber den Stahlmuffenrohrverbindungen höheren Belastbarkeit der Gussrohre werden im grabenlosen Bereich bei den Berliner Wasserbetrieben fast nur noch duktile Gussrohre eingesetzt.

In Ausnahmefällen, bei rolligen Böden, werden geschweißte Stahlrohre verwendet, da in diesen Böden Muffenrohre beim Einziehen aus der vorhandenen Rohrtrasse nach oben wandern.

Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt GW 323: Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Berstlining – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung, Entwurf
- [2] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1: Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 1: Press-/Ziehverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung, Okt. 2003
- [3] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2: Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 2: Hilfsrohrverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung, in Vorbereitung
- [4] Beyer, K. und Gaebelein, W.: Einsatz des Rohrziehverfahrens „System Berlin“ zur trassengleichen grabenlosen Auswechslung von Versorgungsleitungen
GUSSROHRTECHNIK 25 (1990) S. 18
- [5] Patentschrift DE 19948649 C1 vom 17.5.2001: Verfahren zur grabenlosen Auswechslung erdverlegter Rohrleitungen
- [6] FGR-Norm 66: Duktile Gussrohre für Horizontalbohrverfahren, Juli 1998
- [7] DVGW-Arbeitsblatt GW 368: Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen oder Stahl, Juni 2002

Suchwörter:

Rohrauswechslung
Grabenlose Einbauverfahren
Hilfsrohrverfahren
Belastungsversuche
Zugfeste Gussrohrverbindungen
Zulässige Zugkräfte

Erneuerung in Berlin

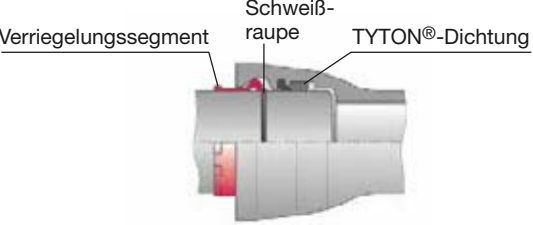
Langrohrrelining mit duktilen Gussrohren DN 800

von Wolfgang Rink

Einleitung

Die Berliner Wasserbetriebe betreiben mit Hochdruck die Sanierung und Modernisierung ihres Trinkwassernetzes. Im Rahmen eines Gesamtprogramms für den Rückbau und die Sanierung von Asbestzementleitungen (AZ) wird eine Trinkwassertransportleitung DN 1000 in der Togostraße in Berlin-Wedding saniert. Als Sanierungsverfahren wurde das Langrohrrelining gewählt. Für die Rehabilitation mit diesem Verfahren im Wettbewerb zur Neulegung bzw. Auswechslung sprach die örtliche Lage der Leitung sowie die enge Bebauung in der um die 20er Jahre entstandenen Häuserzeile. Darüber hinaus hätte eine Vielzahl von besonders schutzwürdigen Bäumen gefällt werden müssen, wodurch das Straßenbild über Jahrzehnte hinweg optisch beeinträchtigt worden wäre. Die alte, in den 60er Jahren gebaute AZ-Leitung DN 1000 verbleibt deswegen im

Bild 1: formschlüssige zugfeste Muffenverbindung BLS



Verriegelungssegment Schweißraupe TYTON®-Dichtung

DN	PFA	zulässige Abwinkelung
80	64/110	4°
100	64/100	4°
125	60/100	4°
150	50/64	4°
200	40/64	3,5°
250	35/40	3,5°
300	30/40	3,5°
350	–	–
400	25/30	3°
500	25/30	3°
600	32	2°
700	25	1,5°
800	16	1,5°
900	–	–
1000	–	–

DN 80 - 500 DN 600 - 800



Bild 2: Muffe des zuletzt eingezogenen Rohres

Boden, es werden neue, 6 m lange Rohre DN 800 eingezogen. Ursprünglich war geplant, dafür 6 m lange Stahlrohre mit Stumpfschweißverbindungen und einer PE-Umhüllung als Außenschutz einzusetzen. Diese sollten auf Gleitkufen eingezogen werden. Es gelang, für den vorliegenden Anwendungsfall sowohl den Auftraggeber, die Berliner Wasser Betriebe, als auch die ausführende Fa. Karl Weiss, Berlin, von den technischen und wirtschaftlichen Vorteilen duktiler Gussrohre mit der langkraftschlüssigen BLS-Steckmuffen-Verbindung zu überzeugen.

Die technischen Vorteile:

Die BLS-Steckmuffen-Verbindung DN 800 ist um 1,5° abwinkelbar, somit kann ein kleinstmöglicher Kurvenradius von 230 m ausgeführt werden (**Bild 1**).

Die zulässige Zugkraft beträgt 1400 kN (gemäß GW

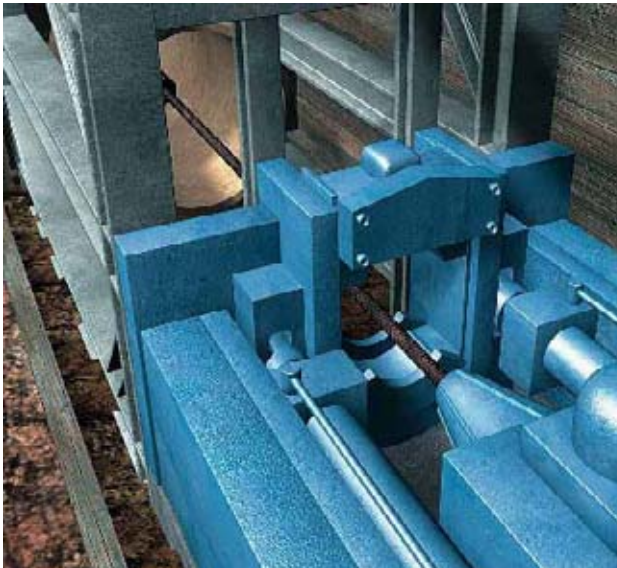


Bild 3: Einzug von Zugstangen in die AZ-Leitung

322-1, basierend auf zulässigem Betriebsdruck = PFA; Typ-Prüfdruck $P_{\text{Typ}} = PFA \times 1,5 + 5$ bar, abgemindert mit Sicherheitsbeiwert $S = 1,1$).

Der wirtschaftliche Vorteil:

Die BLS-Steckmuffen-Verbindung DN 800 ist in ca. 25 min von 2 Rohrlegern zu montieren. Der Rohrstrang kann danach sofort weiter eingezogen werden. Stellt man diesen Zeitaufwand demjenigen gegenüber, welcher für eine Stumpfschweißverbindung DN 800 und deren Nachisolierung erforderlich ist, werden die wirtschaftlichen Vorteile schnell deutlich. Während des Schweißens und der Nachisolierung haben das restliche Personal auf der Baustelle sowie die dort eingesetzten Maschinen wie z.B. Kran, Zugaggregat usw. Stillstand.

Bei dem Einziehen von duktilen Gussrohren werden keine Gleitkufen benötigt.

Bild 4: Zugkopf DN 800 BLS



Die BLS-Steckmuffe hat einen Außendurchmesser von 960 mm. Der Innendurchmesser der AZ-Leitung beträgt 1000 mm. Es ergibt sich somit auf Höhe der Muffe theoretisch ein verbleibender Ringspalt von 20 mm. Es wurde deswegen festgelegt, dass die Rohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 mit dem Außenschutz Zink-Überzug und bituminöser Deckbeschichtung auf den Muffen schleifend eingezogen werden. Die Muffen werden dabei mit dem verzinkten Blechkonus mechanisch geschützt, dessen Überstand an der Muffenstirn umgebördelt wird (Bild 2).

Die Gesamtlänge des in der Togostraße zu sanierenden Abschnittes der AZ-Leitung DN 1000 beträgt ca. 950 m.

Für den Baustellentag auf der „Wasser Berlin 2003“ wurde von der Fa. Karl Weiss eine Baustelle für die Sanierung eines Teilabschnittes eingerichtet. Dieser Abschnitt mit einer Länge von ca. 160 m liegt zwischen Kameruner Str. und Kongostraße.

Unter Einbeziehung der Schubsicherungskammern, der Verriegelungssegmente und der Blechkone wiegt dieser 160 m lange Rohrstrang DN 800 ca. 49 to (490 kN). Die zul. Zugkraft der BLS-Steckmuffen-Verbindung DN 800 beträgt 1400 kN.

Zur Vorbereitung der eigentlichen Sanierungsleistung wurden im Kreuzungsbereich der vorgenannten Querstraßen eine Maschinen- und eine Rohreinbaugrube im Trägerbohlwandverfahren errichtet.

Auf Grund der Baulänge der einzubauenden duktilen Gussrohre von 6 m und den erforderlichen Arbeitsräumen waren Baugruben von jeweils 11 m Länge erforderlich. Für diese Maße mit ausschlaggebend waren auch die in den 60er Jahren eingebauten Kreuzungsdücker unter den Querstraßen, an denen die neu gelegte Leitung angeschlossen werden musste.

Vorbereitung

Um den Zustand der alten AZ-Leitung und deren Verbindungen zu erkunden, wurde eine TV-Kamerabefahrung durchgeführt. Diese gibt

Aufschluss über mögliche Absätze in den REKA-Verbindungen. Die Gradlinigkeit der Leitung wurde durch eine Vermessung überprüft. Vor diesen Arbeiten wurde die Leitung, soweit erforderlich, mittels einer Hochdruckspülkombination gereinigt.

Um die Reibungskräfte gering zu halten, wurden eventuell vorhandene Spalten im Verbindungsbereich mit modifiziertem Kunststoffmörtel ausgeglichen. Zur weiteren Verringerung der Reibungskräfte kann, falls erforderlich, die Altleitung vor dem Einziehvorgang mit einem Gleitmittel präpariert werden.



Bild 5: Einzug des ersten Rohres

Rohreinzug

Die duktilen Gussrohre wurden mit Maschinenkomponenten des bewährten Press-Ziehverfahrens (hydros®) eingezogen. Der vorhandene Rohrstrang wiegt ca. 49 to (490 kN). Erfahrungsgemäß liegt der Reibbeiwert bei $\mu = 0,5$, wodurch sich die Zugkräfte bei diesem Einzugsverfahren um 50 % reduzieren. Unter Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes

Bild 6: Ablassen eines Rohres in die Rohrbaugrube



wurde für die Maßnahme eine 850-kN-Anlage eingesetzt.

Um die auftretenden Zugkräfte schadlos für die Umgebung und benachbarte Medienleitungen in das Erdreich zu übertragen, wurden besondere Widerlager geplant und hergestellt.

Im ersten Arbeitsschritt wurden mittels Seilzug Zugstangen (Durchmesser 36 mm) in den vorhandenen AZ-Rohrstrang eingezogen (**Bild 3**). Parallel dazu wurde die Zugmaschine in die Maschinenbaugrube eingebaut. Im zweiten Arbeitsschritt wurde der vom Rohrerhersteller gelieferte Zugkopf an dem ersten einzuziehenden Rohr montiert. Zur Herstellung des Zugkopfes wurde eine von einem Rohr abgetrennte BLS-Steckmuffe verwendet

(Bild 4).

Nach dem Ablassen des ersten Rohres mit Zugkopf in die Rohreinbaugrube begann über das kraftschlüssige Zuggestänge der Einzug in die vorhandene AZ-Leitung DN 1000 (**Bild 5**).

In den weiteren Arbeitsschritten wurde jeweils ein 6 m langes duktiler Gussrohr DN 800 mit vormontiertem Blechkonus in die Rohrbaugrube abgelassen (**Bild 6**).



Bild 7: Montage der Rohrverbindung

Die BLS-Steckmuffen-Verbindung wurde mit dem vom Rohrhersteller zur Verfügung gestellten Rohr-
montagegerät zusammengezogen. Dabei wurde da-
rauf geachtet, dass sich die Fenster in der Muffen-
stirn immer im Rohrscheitel befinden. Durch diese
Fenster in der Muffenstirn wurden dann die Verrie-

gelungssegmente in die Muffe eingeschoben und im
Wechsel links/rechts über den Rohrumfang verteilt.
Zur Verriegelung der Verbindung wurde das am Gurt
hängende Rohr durch axialen Zug so weit aus der
Verbindung gezogen, bis die Schweißbraupe an den
Segmenten zur Anlage kam. Die Verriegelungsseg-
mente wurden mit einem Spannband am Rohr fi-
xiert. Während der Montage wurde die Verbindung
achsgleich gehalten (**Bild 7**).

Nach Beendigung des Gesamteinziehvorganges wur-
den die Verbindungen mittels Wasserinnendruck (16
bar) gereckt und endverriegelt. Dabei können noch-
mals Reckwege von 2 – 8 mm pro Verbindung auf-
treten.

Nach der mit Erfolg durchgeführten Druckprüfung
wurden die Enden der Gussleitung mittels spezieller
Formstücke mit den Enden der AZ-Leitung verbun-
den. Zum Schluss wurde der verbleibende Ringraum
verdämmt.

Suchwörter:

Rückbau AZ-Leitung

Montagezeit

Zugfeste Verbindung

Langrohr-Relining

Zugkräfte

Verriegelungssegment

Spülbohren mit duktilen Gussrohren

Flussunterquerung 'de Eem' durch Spülbohrverfahren mit duktilen Gussrohren DN 700 in den Niederlanden

von Maarten Renz

Einleitung

Aufgrund des Bevölkerungswachstums im Bereich der Stadt Amersfoort in den Niederlanden wurde das Abwasserkonzept der Gemeinde Amersfoort überarbeitet. Die Kläranlage 'Bunschoten' war an ihre Kapazitätsgrenzen gestoßen und musste wegen zu hoher Rehabilitationskosten außer Betrieb genommen werden. Das Abwasser von Bunschoten wird jetzt durch eine neue Abwasserdruckleitung DN 800 über eine Entfernung von etwa 10 Kilometer zur Kläranlage von Amersfoort transportiert.

Betreiber dieser Anlagen ist der Abwasserverband 'Vallei en Eem'. In der Planung waren ursprünglich GFK-Rohre für diese Druckleitung vorgesehen. In der Trasse liegen vier Teilstrecken, die im Spülbohrverfahren eingebaut werden. Bei drei davon werden duktile Gussrohre eingesetzt.

Zwei Strecken DN 600 unterqueren eine Autostraße; sie sind im Oktober 2003 ebenfalls mit duktilen Gussrohren ausgeführt worden. Das dritte Teilstück ist ein Düker DN 700, der den Fluss 'de Eem' unterquert.

Aufgrund ihres wettbewerbfähigen Preises fiel die Werkstoffentscheidung zu Gunsten duktiler Gussrohre.

Die Vorbereitung

Wie schon 2002 im Projekt „Alkmaar“ [1] wurden auch hier wieder Rohre DN 700 TIS-K mit der bewährten Zementmörtelumhüllung eingesetzt. Die Baufirma hatte dort ihre Erfahrungen gesammelt, auf die sie dieses Mal zurückgreifen konnte; so war es



Bild 2: Rohrstrang vor dem Einziehen

diesmal keine Premiere. Auch dieses Mal gestattete die Versicherungsgesellschaft keine Einzelrohrmontage, sondern forderte den Einzug des druckgeprüften Stranges in seiner gesamten Länge. Ähnlich wie in Alkmaar wurde auch hier der ganze Rohrstrang

Bild 1: TIS-K Verbindung mit Gummimanschette und Gleitblech

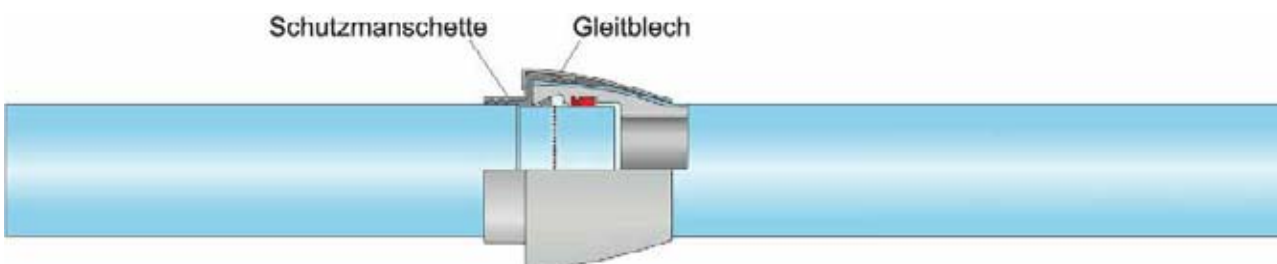




Bild 3: Der Rohrstrang wird mit einem Bagger über den Holzbock gehoben

vormontiert, mit 10 bar auf Dichtigkeit geprüft und in einem Stück eingezogen.

Ursprünglich sollte die Strecke 210 Meter lang sein. Am Ende der Pilotbohrung erwies sich die Strecke als etwas kürzer. Von den zunächst vorgesehenen 36 Rohren wurden daher nur 31 montiert.

Das Gesamtgewicht des Streckenabschnitts aus 31 Rohren von je 1461 kg errechnet sich zu etwa 46 Tonnen. Zur Verminderung der Reibung zwischen Rohrstrang und Boden während des Einzugs in den Bohrkanal wurde der Rohrstrang auf einer Stahlblechbahn zusammengebaut (Bild 2). Aufgrund der zur Verfügung stehenden Fläche des Baufeldes musste der Strang in einer Kurve vor dem Bohrkanal ausgelegt werden. Mit Hilfe einer Baggerschaufel wurde

während des Einzugs verhindert, dass der Strang sich streckt und die Blechbahn verlässt.

Zwischen der Stahlblechbahn und der Startgrube befindet sich im Trassenverlauf eine Geländevertiefung. Hier wurden die Rohre mit Holzböcken unterstützt. Während des Einziehens wurden die Rohre mit Baggern jedes Mal angehoben (Bild 3).

Das Einziehen

Der Bohrkanal hat eine Länge von 186 Metern. Es lagen keine besonderen Schwierigkeiten vor, Ein- und Austrittswinkel betragen je 11° , die Tiefe ca. 12 Meter. Der Bohrkanaldurchmesser wurde in vier Fahrten auf 1100 mm geräumt.



Bild 4: Barrelreamer

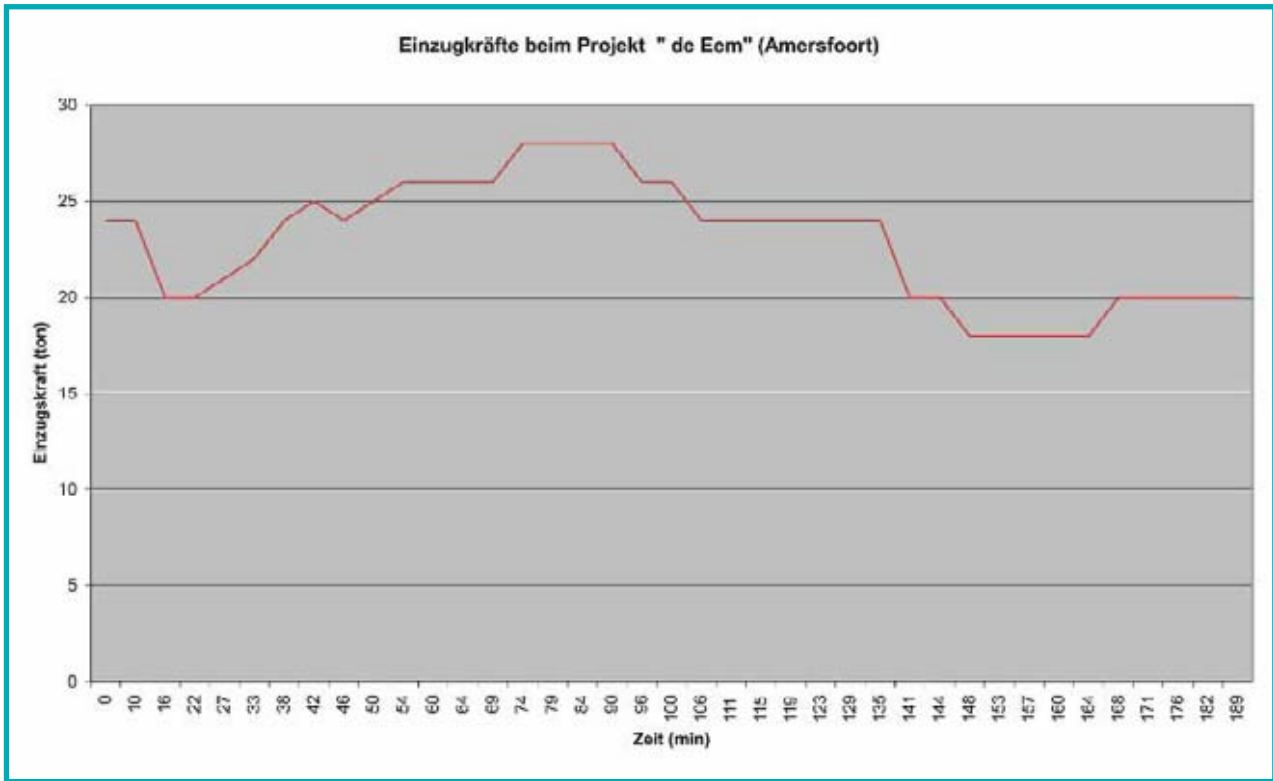


Bild 5: Verlauf der Einziehkräfte beim Projekt 'de Eem

Bei einem Gewicht von 1461 kg pro Rohr ergab sich bei einem spezifischen Gewicht der Bentonitsuspension von 1,1 kg/L ein Auftrieb von 244 kg pro Meter. Durch die Baufirma wurden keine speziellen Maßnahmen zur Verminderung des Auftriebs vorgesehen.

Beim Einziehen wurde ein Barrelreamer zusammen mit einem Dichtungsräumer eingesetzt (**Bild 4**). Die Barrelreamer zentriert den Strang im Bohrkanal und der Dichtungsräumer schiebt eventuelle Unsauberkeiten oder lose Teile vor dem Strang hinaus und hält so den Bohrkanal sauber und glatt.

Der Rohreinzug verlief problemlos. Für den eigentlichen Einzug stand ein Rigg mit 1000 kN Zugkraft zur Verfügung. Anfänglich ergab sich eine Zugkraft von 240 kN, die während der Einziehzeit von drei Stunden weitestgehend konstant blieb (**Bild 5**). Am Ende wurden noch 200 kN Zugkraft benötigt. Damit wurde die zulässige Zugbelastung der TIS-K-Verbindung DN700 von 1280 kN nur zur etwa 20% ausgenutzt. Nach dem Einziehen wurde die Druckprobe mit 10 bar erfolgreich wiederholt.

Schlussfolgerungen

Dieses Projekt hat wieder einmal gezeigt, dass duktile Gussrohre neben einer technisch einfachen und sicheren auch eine kostengünstige Alternative zu Kunststoffrohren, insbesondere beim Einsatz des Horizontal-Spülbohr-Verfahrens, darstellen.

Zur Unterfahrung eines Flusses oder einer Autobahn ist in den Niederlanden die Genehmigung der „Rijkswaterstaat“ einzuholen. Weil bei diesem Projekt nicht zum ersten Mal duktile Gussrohre für ein Spülbohrverfahren eingesetzt wurden, war das Genehmigungsverfahren ziemlich einfach. Inzwischen sind ein Fluss und eine Autobahn (Alkmaar) im Spülbohrverfahren mit duktilen Gussrohren unterquert; somit ist das Produkt und das Verfahren bei der Behörde bekannt. Diese Tatsache macht den Weg frei für ähnliche Projekte in der Zukunft.

Literatur

- [1] Renz, M.:
 Rekordpremiere mit duktilen Gussrohren DN 700 im Spülbohrverfahren in den Niederlanden.
 GUSSROHRTECHNIK 37(2003) S. 36

Suchwörter:

Horizontal-Spülbohr-Verfahren
 Zugfeste Verbindungen
 Einziehkräfte

Neubau der Abwasser-Druckleitung DN 900 Columbusstraße in Bremerhaven

von Alfred Gralle

1. Veranlassung zum Neubau

Die Stadt Bremerhaven betreibt nahe der Weser das Abwasser-Hauptpumpwerk, das mit einer Jahresleistung von ca. 7,5 Mio. m³ ca. 60 % des in Bremerhaven anfallenden Abwassers entsorgt.

Bis zur Inbetriebnahme der Zentralkläranlage wurde das Abwasser praktisch ungereinigt in die Weser abgeleitet. Die Ablaufleitung, Baujahr 1953, DN 700 aus Grauguss, existiert noch heute und dient als Notablauf im Havariefall, der seit Inbetriebnahme der Zentralkläranlage 1983 noch nicht eingetreten ist.

Eine ca. 1.100 m lange Druckleitungsverbindung in Richtung Zentralkläranlage wurde 1981 - 83 errichtet. Es handelt sich um eine GGG-Leitung DN 1.000, PN 10, mit einem inneren Korrosionsschutz aus Epoxidharz und einer äußeren PE-Umhüllung.

Die Leitung endet am sog. Vereinigungsbauwerk, in dem sich die Druckleitungen vom Hauptpumpwerk und vom Pumpwerk Borriesstraße zum Geestedüker vereinigen (**Bild 1**).

Im Zuge der Überlegungen zur städtebaulichen Neugestaltung des Areals um den Alten- und Neuen Hafen stellte sich auch die Frage nach dem Standort des (emissionsträchtigen) Hauptpumpwerks und nach der Trasse der vorhandenen Druckleitung.

Nach Vorlage mehrerer Varianten im Zuge einer Machbarkeitsstudie wurde entschieden:

- das Hauptpumpwerk an einer anderen Stelle neu zu errichten
- und die Druckrohrleitung auf der Westseite Alter/Neuer Hafen aufzugeben und auf der Ostseite neu zu errichten (Trasse Columbusstraße).

Damit entfällt bei der städtebaulichen Neugestaltung das Bauhindernis Druckleitungen. Mit entscheidend war aber auch der Umstand, dass die vorhandene Druckleitung die aufgegebene Seeschleuse zum Neuen Hafen kreuzt (**Bild 2**).

Die Einbeziehung der Druckleitung in den beabsichtigten Abriss und Neubau der Schleuse hätte erhebliche Kosten und Entsorgungsrisiken mit sich gebracht.

Die Verhältnisse der alten und neuen Druckleitungs-trasse sind aus **Bild 3** ersichtlich.

2. Wahl des Rohrmaterials

Für die Druckleitung wurden Abwasser-Muffenrohre DN 900 aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 598 mit einem zulässigen Betriebsdruck von 6 bar gewählt.

Rohrsystem: Kanalrohr nach DIN EN 598



Bild 1: Vereinigungsbauwerk für Druckrohrleitungen Hauptpumpwerk und PW-Borriesstraße



Bild 2: Schleuse Neuer Hafen mit kreuzender Druckleitung

Steckmuffenverbindung: System Tyton
DIN 28603

Auskleidung innen: Tonerdezementmörtel
DIN EN 598

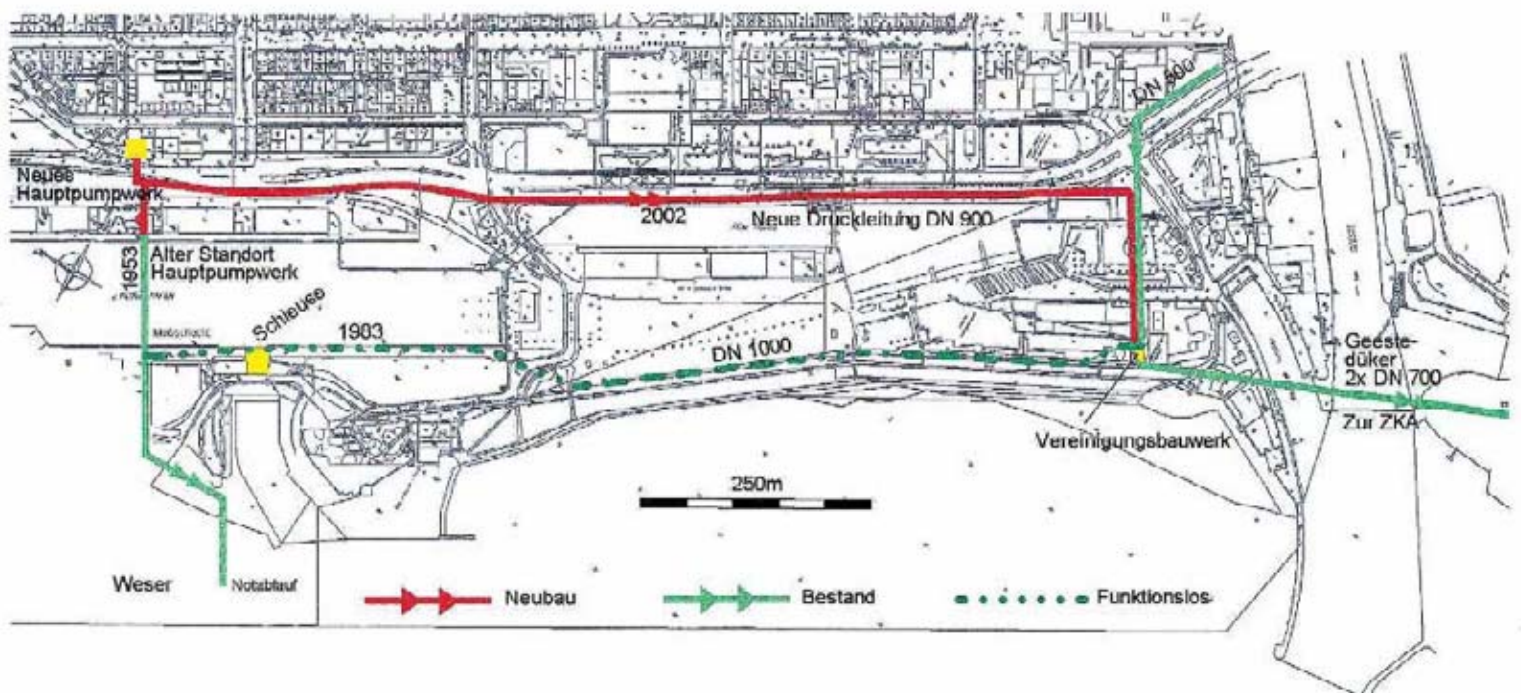
Außenschutz: Polyethylenumhüllung
DIN 30674-1

Baulänge: 6 m

Die schwierigen Baugrundverhältnisse, die (Rohr-) statischen Bedingungen, das robuste Handling, der Einbau im Winter und schließlich der im Wettbewerb erzielte Preis waren für die Wahl des Rohrwerkstoffs GGG ausschlaggebend. Die bei der Entscheidungsfindung eher hypothetischen Annahmen haben sich bei der Bauausführung dann als realistisch herausgestellt. So hat sich auch

im Nachhinein die Wahl des Rohrmaterials – für diesen Anwendungsfall – als richtig erwiesen. An den Formstücken waren bei einem Prüfdruck von 6 bar Kräfte bis ca. 500 kN abzutragen, die bei dem anstehenden Boden – schluffig, tonig – unverhältnismäßig große Widerlager erfordert hätten. Es wurden daher längskraftschlüssige Verbindungen TKF nach DVGW GW 368 gewählt. Für den 1. Bauabschnitt mit einer Länge von 1.280 m – hierin ist der temporäre Anschluss an das vorhandene Hauptpumpwerk enthalten – ergaben sich Baukosten von ca. 1,9 Mio. € brutto, bei anteiligen Kosten für Rohrmaterial, Formteile und Armaturen von ca. 0,72 Mio. €. Die Bauzeit betrug ca. 7 Monate.

Bild 3: Lageplan der alten und der neuen Druckleitung



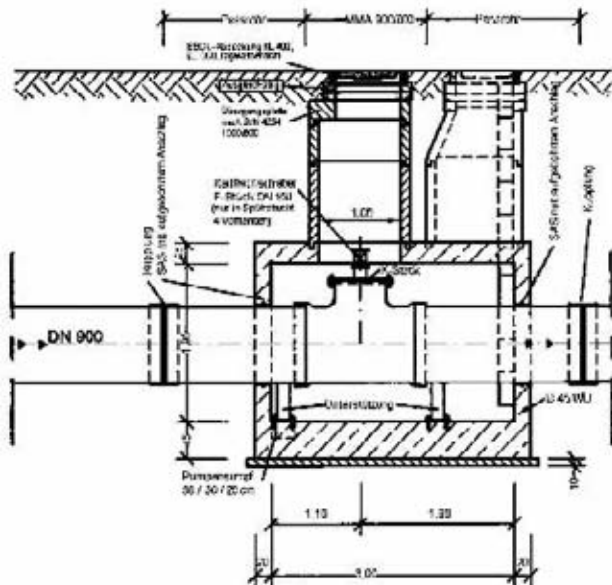


Bild 4: Prinzipdarstellung der Spül- und Inspektionsschächte

Druckstoßbetrachtung

Die neue Druckleitung mit einer Gesamtlänge von ca. 1.260 m ist für einen Spitzenabfluss von 1.150 l/s dimensioniert bei einer zugehörigen manometrischen Förderhöhe von 12,5 mWS.

Eine Druckstoßberechnung für den Havariefall ergab einen Druckverlauf von 2,7 – 0,1 bar absolut, so dass die Wahl von duktilen Kanalrohren mit einem zulässigen Betriebsdruck von 6 bar als voll ausreichend erachtet wurde. Zur Vermeidung kritischer Unterdrücke werden die Pumpen mit Schwungraden ausgerüstet und ein Be- und Entlüftungsventil angeordnet. Mit diesen Maßnahmen lässt sich der Unterdruck auf ca. 0,7 bar abs. begrenzen.

Die Problematik von dynamischen Druckänderungen (Druckerhöhung und Druckabsenkung) wird noch vielfach unterschätzt. Es stehen heute Druckstoß-Berechnungsverfahren zur Verfügung, die es mit Hilfe von moderner Software erlauben, auch

komplexe Rohrleitungssysteme zu erfassen und die Drücke an allen kritischen Punkten zu berechnen. Der Verfasser empfiehlt, grundsätzlich für jedes Druckleitungssystem eine Druckstoßberechnung durchzuführen. Bei überschaubaren Kosten bietet sie Schutz vor unliebsamen Überraschungen während des späteren Betriebes.

3. Besonderheiten der Ausführung

Spülschächte

Für Spül- und Inspektionzwecke sind im Abstand von ca. 400 m Spülschächte angeordnet. Über ein MMA-Stück 900/600 ist die Leitung zugänglich. Eine grundsätzliche Darstellung zeigt **Bild 4**.

Vom Pumpwerk bis zum Endpunkt am Vereinigungsbauwerk ist die Druckleitung mit leichtem Gegengefälle verlegt und ermöglicht so eine rückwärtige Entleerung der Leitung.

Unterfahrung

Deutsches Schiffahrtsmuseum DSM

Auf einer Strecke von 24 m war das Deutsche Schiffahrtsmuseum zu unterfahren. Wegen der Pfahlgründung und anderer örtlicher Verhältnisse war das Stahl-Schutzrohr DN 1.200 mit größter Präzision vorzutreiben, was auch erfolgreich ausgeführt wurde.

Umschlussarbeiten

Für den Umschluss der neuen Druckleitung (DN 900) an die Altleitung DN 1.000 stand bei Trockenwetterverhältnissen ein nächtliches Zeitfenster von 6 – 8 Stunden zur Verfügung.

In dieser Zeit wurde die Altleitung entleert und aufgetrennt, beide Leitungen unter einem Winkel von ca. 88° mit einander verbunden, auf engstem Raum ein Nennweitenwechsel von DN 900 auf DN 1.000 vorgenommen, ein Krümmerwiderlager errichtet und der äußere Korrosionsschutz hergestellt. Sorgfältig vorbereitet begannen die Arbeiten um 22.00



Bild 5: Umschlussarbeiten, oben neue Leitung DN 900; rechts Altleitung DN 1.000

Uhr, und um 4.15 Uhr wurde die neue Druckleitung in Betrieb genommen (**Bild 5**).

Das herausgetrennte Stück der Altleitung wurde optisch untersucht. Nach fast 20-jähriger Betriebszeit konnten keine Korrosionsspuren festgestellt werden.

4. Druckprüfung

Die Druckprüfung war nach DIN EN 805 durchzuführen. Hier sind 3 Prüfabschnitte vorgesehen:

- Vorprüfung
- Druckabfallprüfung
- Hauptdruckprüfung.

Es gelang jedoch nicht, die Bedingungen der Druckabfallprüfung - als Voraussetzung für die Hauptprüfung - zu erfüllen. Trotz zahlreicher Versuche konnten die Lufteinschlüsse nicht auf das geforderte Maß gesenkt werden. Nach Ausschöpfung aller Möglichkeiten wurde auf Anraten eines eingeschalteten Sachverständigen die Druckprüfung nach DIN 4279, Teil 3, Sonderverfahren Ziff. 3.2.2 durchgeführt und innerhalb kürzester Zeit erfolgreich abgeschlossen. Der Verfasser kommt zu dem Schluss, dass die DIN EN 805 in diesem Fall wenig praxistauglich ist.

5. Beteiligte

Auftraggeber

BEAN Bremerhavener Entwicklungsgesellschaft Alster/Neuer Hafen mbH & Co. KG

vertreten durch die
BIS Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH

Gesamtplanung und Bauleitung

Gralle & Partner, Beratende Ingenieure,
Bremerhaven

Bauausführung
Arbeitsgemeinschaft
Wähler/von Hof
Dorum/Bremen

6. Ausblick

Zwischenzeitlich ist der Bauabschnitt 2 fertiggestellt, der die Druckleitung und eine Spülleitung DN 700 an den Standort des neuen Pumpwerks heranführt. Nach Inbetriebnahme des neuen Hauptpumpwerks Ende 2004 sind die Notablaufleitung und die Spülleitung noch mit dem neuen System zu verbinden. Die Neuordnung des Druckleitungssystems in der Stadtmitte Bremerhavens ist dann abgeschlossen.

Suchwörter:

Abwasserdruckleitung
Vereinigungsbauwerk
Druckprüfung
Sonderverfahren DIN 4279-3
Lufteinschlüsse
Spül- und Inspektionsschacht
Druckstoßberechnung
Unterdrucksicherheit

Bau eines neuen Zulaufkanals zum Klärwerk Würzburg

von Violetta Neumann und Rüdiger Moritz

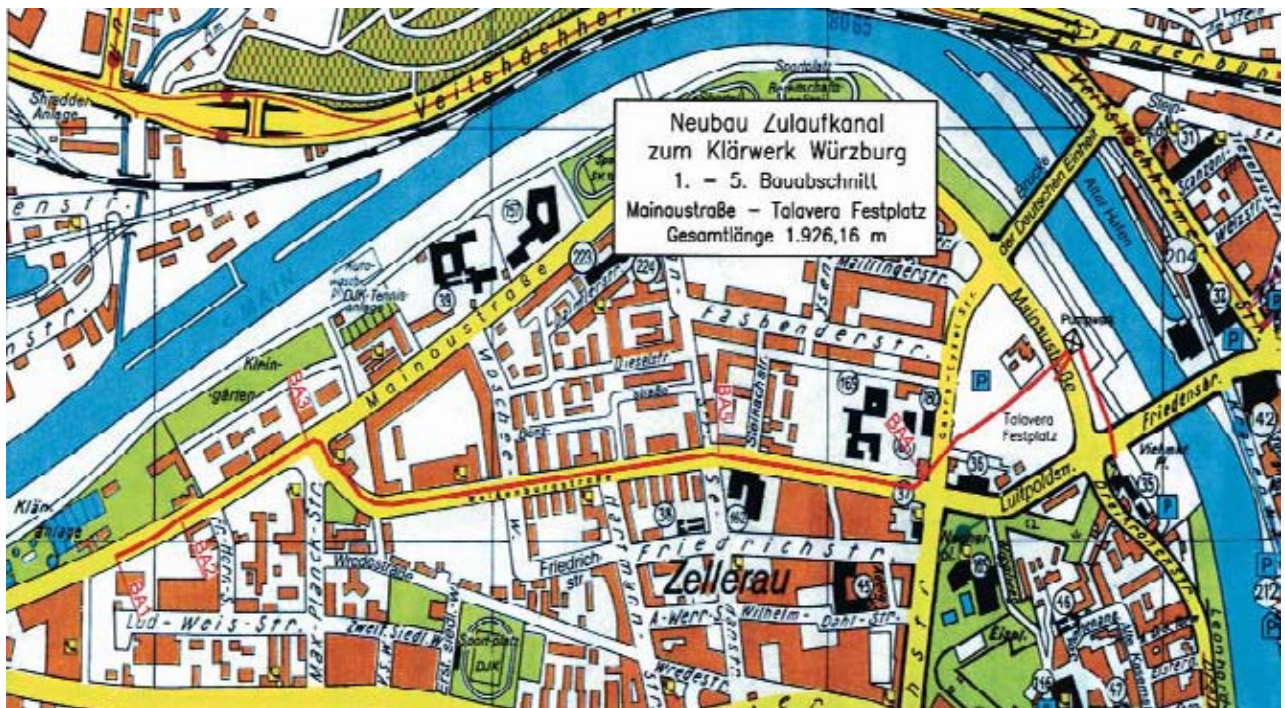


Bild 1: Verlauf der Leitungstrasse

Würzburg ist eine Stadt, die auf eine lange Tradition in der Kunst des Bauens zurückblicken kann. Ihr berühmtester Baumeister Balthasar Neumann (1687 bis 1753) hinterließ nicht nur die Residenz – ein Weltkulturerbe –, die Wallfahrtskirche „Käppele“ und Profanbauten, die das Stadtbild noch heute nachhaltig prägen, sondern auch Abwasserkanäle. So ist bis heute in Würzburg ein in Stein gehauener Abwasserkanal aus der Zeit von Balthasar Neumann noch in Betrieb.

Das Gesamtkanalnetz für die Stadt Würzburg wurde vom Engländer W. H. Lindley, der auch Entwässerungsnetze für andere deutsche und europäische Großstädte plante und durchsetzte, um die Jahrhundertwende entworfen. Ein Teil dieses Kanalnetzes, das Hauptsiel I – die Hauptentwässerungsschiene längs des Mains – wurde in den Jahren 1899 bis 1903 als Eiprofil $H = 2,1$ m in Klinker errichtet. Der nunmehr 100 Jahre alte Kanal muss im Bereich der ständigen Abwasserführung dringend saniert werden. Eine Stilllegung des Sammlers während der Bauzeit sowie eine haltungsweise Sanierung unter Betrieb sind

wegen der großen Trockenwetterabflussmengen nicht möglich.

So wurde seitens des Entwässerungsbetriebes der Stadt Würzburg im Zuge der Realisierung des Generalentwässerungsplanes der Bau einer neuen Abwasserschiene ab der Friedensbrücke bis zum Klärwerk vorgesehen. Damit wird auch die im Generalentwässerungsplan (GEP) vorgesehene Trennung wichtiger Abwasserströme erreicht und eine größere Entsorgungssicherheit gewährleistet. Nach der Fertigstellung des neuen Zulaufkanals und der Sanierung des Hauptsiels I werden die beiden Kanäle parallel betrieben.

Variantenuntersuchung

Aufgrund der Lage der Maßnahme im innerstädtischen Bereich wurde große Sorgfalt auf die Findung der optimalen Trasse gelegt.

Es wurden drei Hauptvarianten untersucht:

Variante Mainvorland	Länge 2.242 m
Variante Mainaustraße (parallel zum Siel)	Länge 2.128 m

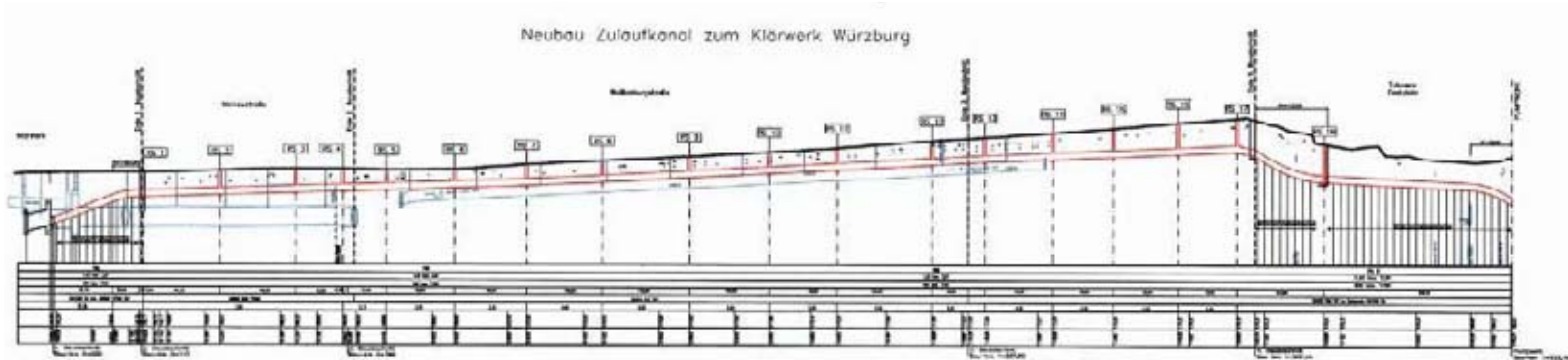


Bild 2: Längsschnitt der Leitung

Variante Weißenburgstraße Länge 2.017 m

Trassenbeschreibung

Die Varianten wurden unter Berücksichtigung folgender Kriterien untersucht:

- Betriebskosten
- Wirtschaftlichkeit
- Verkehrstechnik
- Umwelt
- Baugrund

Für jede Variante wurde sowohl der Bau als Freispiegelleitung als auch eine Ausführung als Druckleitung untersucht.

Die Trassenlage im Mainvorland hatte ihre Vorteile darin, dass kaum bestehende Leitungen zu berücksichtigen waren und praktisch keine Verkehrsbehinderungen durch die Baumaßnahme entstanden wären. Von Nachteil für die Wirtschaftlichkeit dieser Variante war die Tatsache, dass im Trassenbereich Trümmerschutt, Bodenklasse 7, vorlag und weil wegen der Nähe zum Main eine aufwändige Wasserhaltung erforderlich gewesen wäre.

Mit einer Trassenführung in der Mainaustraße konnten bei der nächsten Variante zwar die Probleme mit dem Trümmerschutt und der Wasserhaltung weitgehend umgegangen werden, jedoch brachte diese Trasse neue Probleme mit sich, u. a. in der Verkehrsführung während der Bauzeit. Zusätzlich mussten wertvoller Baumbestand und bestehende Ver- und Entsorgungsleitungen berücksichtigt werden. Eine Freispiegelleitung war nicht möglich.

Als günstigste und wirtschaftlichste Variante wurde der Bau des neuen Zulaufkanals als Druckleitung in der Weißenburgstraße ausgewiesen, welche auch zur Ausführung kam. Ein großer Vorteil im Vergleich zu der Variante Mainaustraße lag in der geringeren Verkehrsdichte und dem geringeren Baumbestand.

Die Herausforderung bei dieser Variante war die Querung des Talaveraplatzes. Dieser dient als Platz für Veranstaltungen (u. a. Volksfest, Zirkus) und Messen in der Stadt Würzburg und ist fast ganzjährig belegt. Des Weiteren ist als Folge des 2. Weltkrieges mit stark kontaminiertem Boden (Brandschutt) zu rechnen, welcher einen enormen Aufwand während der Bauausführung und auch in der umweltgerechten Entsorgung bedeutet.

Im Bereich der Friedensbrücke werden die Abwässer von den Hauptsielen I und II über einen bestehenden Maindüker zum neu geplanten Pumpwerk Talavera- platz übergeleitet. Von diesem Pumpwerk an beginnend quert die geplante Druckleitung die Mainau- straße, das Talavera-Gelände und die Georg-Eydel- Straße und biegt dann in die Weißenburgstraße ein. Die Druckleitungstrasse verläuft weiter in der Wei- ßenburgstraße, mündet dann wieder in die Mainau- straße ein und endet nach etwa 1900 m im Klärwerk Würzburg.

Bild 1 gibt den Verlauf der Leitung wieder.

Rohrmaterial

Unter Berücksichtigung der zu transportierenden Wassermengen und der statischen und dynamischen Druckverlusthöhen sowie der Ergebnisse einer Druckstoßberechnung wurde ermittelt, dass eine Leitung DN 900 der Druckstufe PN 6 die optimale Lösung darstellt.

Im Zuge eines Materialauswahlverfahrens wurde festgestellt, dass die wirtschaftlichste Lösung der Einbau von duktilen Abwasserrohren nach DIN EN 598 mit TYTON Verbindung für die geraden Strecken und mit zugfesten Verbindungen an Rohrbögen unter den beengten Platzverhältnissen darstellt. Besonders wichtig für die Durchführbarkeit der Maßnahme war die Abwinkelbarkeit der Rohre an den Muffen. Zugfeste Rohrverbindungen wurden dort benötigt, wo die Leitung in Stahlbetonschutz- rohre eingezogen werden musste, die im unterirdischen Rohrvortrieb eingebaut wurden.

Planungsphase

Nach Abschluss der Variantenuntersuchungen, der Festlegung einer Vorzugsvariante nach wirtschaftlichen, verkehrlichen und technischen Kriterien wurden die weiteren Planungsphasen erarbeitet. Die Bauarbeiten wurden verkehrs- und finanzierungsbedingt in fünf Bauabschnitte aufgeteilt. Bau- beginn des 1. Bauabschnittes war im April 2002.



Bild 3: Reinigungsformstück mit Totraumverschluss

Bauabschnitte:

1. BA Klärwerk Würzburg bis Startgrube Rohrvortrieb in der Mainaustraße
2. BA Startgrube Rohrvortrieb bis Kreuzung Mainaustraße/Weißenburgstraße in offener Bauweise
3. BA Kreuzung Mainaustraße/Weißenburgstraße bis Kreuzung Weißenburgstraße/Sedanstraße in offener Bauweise
4. BA Kreuzung Weißenburgstraße/Georg-Eydelstraße bis Pumpwerk im Mainvorland im Rohrvortrieb
5. BA Kreuzung Weißenburgstraße/Sedanstraße bis Kreuzung Weißenburgstraße/Georg-Eydelstraße in offener Bauweise

Da die gesamte Trasse mit einer Gesamtlänge von 1900 m im innerstädtischen Bereich verlief, war es

erforderlich, umfangreiche Bestandsaufnahmen aller Ver- und Entsorgungsleitungen zu erheben und einen entsprechenden Bestandsplan zu erstellen. Dieser bildete eine wesentliche Grundlage der Planung.

Die Druckleitung wurde als leerlaufende Leitung konzipiert, so dass nach Abschalten der Pumpen im Pumpwerk das Restwasser aus der Leitung im Freigefälle in das Klärwerk Würzburg abfließen kann. Die Schwierigkeit hierbei bestand darin, die neue Druckleitung so in die Straßenkörper einzubauen, dass ihre beschriebene Funktionsweise als leerlaufende Druckleitung sichergestellt ist und dass keine großen Umlegungsmaßnahmen von Kabeln, Ver- und Entsorgungsleitungen sowie Kanälen erforderlich werden. **Bild 2** zeigt den Längsschnitt der gesamten Baumaßnahme.

Aufgrund der genannten engen Platzverhältnisse durch vorhandene Kabelpakete, Leitungen, Kanäle und Schachtbauwerke anderer Versorgungsträger konnte die geplante Druckleitung DN 900 GGG im 1. Bauabschnitt nicht in einem offenen Rohrgraben gebaut werden. Hier bestand nur die Möglichkeit der Herstellung in geschlossener Bauweise (Rohrvortrieb).

Ein Problem anderer Art musste auf dem Talaverafestplatz (4. BA) bewältigt werden. Als Folge des 2. Weltkrieges wurden große Mengen Brandschutt auf dem Gelände eingebaut, welche nach den gültigen Vorschriften als stark kontaminiert einzustufen sind. Bei einer offenen Bauweise musste mit erheblichen Mengen an kontaminiertem Boden gerechnet werden. Damit wäre in Hinblick auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie auf die umweltverträgliche Entsorgung des kontaminierten Bodens ein unverträglich hoher Kostenaufwand entstanden, so dass, wie bereits im 1. Bauabschnitt, die Druckleitung in geschlossener Bauweise hergestellt werden sollte.

Ein weiterer Grund für eine geschlossene Bauweise



Bild 4: Rohreinzug auf Gleitkufen



Bild 5: Kurze Baustelle in offener Bauweise

des gesamten 4. Bauabschnittes liegt, wie bereits erwähnt, in der fast ganzjährigen Nutzung des Talaverfestplatzes für Veranstaltungen, so dass eine Druckleitungslegung in offener Bauweise nicht ausführbar war.

Zur Reinigung der Druckleitung wird ca. alle 100 m ein Reinigungsschachtbauwerk aus Stahlbeton hergestellt. In die Schachtbauwerke wird ein Reinigungsstück in Form eines Doppelmuffenformstückes mit Flanschabzweig DN 900/900 eingebaut und mit einem Blindflansch mit Totraumverschluss und Aufhängeöse verschlossen (**Bild 3**).

Bauausführung

1. Bauabschnitt: Länge 117,0 m

Um die Druckleitung DN 900 GGG im 1. Bauabschnitt in geschlossener Bauweise realisieren zu können, musste zuvor ein Stahlbetonschutzrohr DN 1200 auf der gesamten Länge im gesteuerten Rohrvortrieb eingebracht werden. Dies erfolgte mit einem

Vortriebsverfahren entsprechend DIN 18319, ATV A 125 / DVGW GW 304 als steuerbares Verfahren für einen nicht bemannten Vortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust.

Die Schwierigkeit bestand darin, dass der gesteuerte Rohrvortrieb auf der gesamten Strecke wegen des Bestandes anderer Versorgungsträger in einem stetigen horizontalen Bogen mit einem Radius $R = 460$ m und auf den ersten ca. 36 m in einem vertikalen Radius $R = 1000$ m ausgeführt werden musste, um vorhandene Kabelpakete, Kanäle und Schächte in der Mainaustraße zu umgehen. Zu beachten war, dass die Radien nicht kleiner als $R = 300$ m werden, um den Vortrieb mit den Stahlbetonschutzrohren (ohne Einsatz von Kurzrohren) auszuführen und die Gussrohre DN 900 in diese einzuziehen zu können. Die Gussrohre waren daher für den Einzug auf Gleitkufen (**Bild 4**) mit der längskraftschlüssigen TKF-Verbindung ausgestattet. Der Ringraum zwischen dem Stahlbetonschutzrohr und dem Medienrohr wurde später verdämmt.



Bild 6: Winkelpunkt mit Muffenbogen



Bild 7: Enge Leitungsführung zwischen zwei Kanälen

2. Bauabschnitt: Länge 272,0 m

Der 2. Bauabschnitt wurde ebenfalls in der Mainaustraße realisiert und endete im Kreuzungsbereich Mainaustraße/Weißenburgstraße. Vom Bauende des ersten Bauabschnittes bis auf eine Länge von ca. 240,0 m wurde der Kanal im offenen Rohrgraben mit duktilen Gussrohren nach DIN EN 598 mit TYTON-Steckmuffe nach DIN 28603 hergestellt (**Bild 5**).

Auf den letzten 30,0 m des 2. Bauabschnittes wurden die Rohre wieder zugfest eingebaut. In diesem Bereich mussten zugfeste Rohrbögen eingefügt werden, weil die auftretenden Richtungsänderungen nicht mehr über die Abwinkelbarkeit in den Rohrverbindungen ausgeführt werden konnten (**Bild 6**). Die Herstellung von Betonwiderlagern an den Rohrbögen war aufgrund der beengten Platzverhältnisse im Straßenbereich nicht möglich. Etwa 20,0 m vor dem Bauende kam es zu einer Kreuzung zwischen der neuen Druckleitung DN 900 GGG mit einem vorhandenen Entlastungskanal DN 1200 aus Stahlbeton.

Da der neue Zulaufkanal, wie bereits erwähnt, als leerlaufende Druckleitung funktionieren muss, musste sein Verlauf durch den Scheitelbereich des Entlastungskanals geführt werden. Dieser wurde bis auf die entsprechende Höhe für den Zulaufkanal im Freigefälle aufgetrennt und nach der Herstellung der Druckleitung mit einer Stahlbetonabdeckplatte wie-

der wasserdicht verschlossen. Zum Ausgleich der Querschnittseinengung des Entlastungskanals wurden von einem nahe dem Kreuzungsbereich vorhandenen Schachtbauwerk zwei Bypassleitungen DN 400 gebaut und wieder in den Entlastungskanal eingebunden.

3. Bauabschnitt Länge 819,00 m

Der 3. Bauabschnitt begann im Kreuzungsbereich Mainaustraße/Weißenburgstraße und endete unmittelbar vor einem weiteren Kreuzungsbereich Weißenburgstraße/Sedanstraße; er wurde vollständig im offenen Rohrgraben ausgeführt.

Vom Bauende des 2. Bauabschnittes bis auf eine Länge von ca. 210,0 m mussten die Rohre wiederum mit zugfesten Verbindungen eingebaut werden, um die häufigen Richtungsänderungen ohne Betonwiderlager ausführen zu können. Nach diesen 210,0 m bis zum Bauende des 3. Bauabschnittes wurde die Druckleitung mit duktilen Gussrohren mit TYTON-Steckmuffe nach DIN 28603 hergestellt. Etwa 70 m nach Weiterführung der Einbauarbeiten im 3. Bauabschnitt kam es zu einer gleichzeitigen Kreuzung zwischen dem neuen Zulaufkanal DN 900 GGG mit einem vorhandenen Eiprofil 800/1400 aus Mauerwerk und Fernwärmeleitungen.

Die Fernwärmeleitungen waren mit Betonhauben abgedeckt. Die Druckleitung musste zwischen diesen beiden Kanälen hindurchgeführt werden, was für die Planung und Bauausführung eine besondere Aufgabe bedeutete und letztendlich gelöst wurde (**Bild 7**). Zu einer weiteren Kreuzung kam es nach ca. 410,0 m mit einem vorhandenen Seiteneinstieg aus Mauerwerk, welcher zu dem erwähnten Mauerwerkskanal 800/1400 führte. Dieser musste bis auf die erforderliche Höhe für den fachgerechten Einbau des neuen Zulaufkanals abgebrochen und verfüllt werden.

In diesem 3. Bauabschnitt kurz vor dem Bauende war die Leitung im Kreuzungsbereich der Weißenburgstraße/Sedanstraße herzustellen. Die Stadt Würzburg beabsichtigte zu einem früheren Zeitpunkt als im Bauablauf vorgesehen, in diesem Bereich die

Bild 8: Zusammenfügen zweier Teilstücke mit Überschieber





Bild 9: Rohreinzug mit zugfester Verbindung TKF DN 900

Kreuzung als Verkehrskreisel auszubauen. Daher musste der Leitungsbau in der Straßenkreuzung vorgezogen werden, so dass die Leitung aus zwei Richtungen aufeinander zu gebaut werden musste. Die beiden Teilstücke wurden durch den Einbau zweier Überschiebmuffen, U-Stücke, DN 900 zusammengeführt (**Bild 8**).

4. Bauabschnitt Länge 339,00 m (Bereich Druckleitung)

Der 4. Bauabschnitt im Bereich des Talaveraplatzes unterteilte sich in vier einzelne Rohrvortriebe:

Vortrieb 1: Nordost-Ecke des Talaveraplatzes nach Pumpwerkstandort im Mainvorland

Vortriebsrohr DN 1200 Sb Länge 252 m

Vortrieb 2: Talaveraplatz nach Weißenburgstraße
Vortriebsrohr DN 1200 Sb Länge 82 m

Vortrieb 3: Pumpwerkstandort nach Hauptziel II im Mainvorland

Vortriebsrohr DN 1200 Sb Länge 136 m

Vortrieb 4: Pumpwerkstandort nach Hauptziel I auf Talaveraplatz

Vortriebsrohr DN 1200 Sb Länge 38 m

Für die Druckleitungsherstellung waren die ersten beiden o. g. Rohrvortriebe erforderlich.

Der Vortrieb 1 wurde in einer Raumkurve mit einem durchgehenden horizontalen Radius $R = 1000$ m und auf ca. 50 m mit einem vertikalen Radius $R = 900$ m durchgeführt. Der zweite Vortrieb erfolgte auf der gesamten Strecke mit einem vertikalen Radius $R = 1000$ m. Anschließend wurden die duktilen Gussrohre DN 900 in die Stahlbetonschutzrohre eingezogen. Die Gussrohre wurden daher wieder vollständig mit einer zugfesten Verbindung ausge-



Bild 10: Montage der TKF-Verbindung

schrieben und als TKF-Verbindung ausgeführt (**Bilder 9 und 10**).

5. Bauabschnitt Länge 380,0 m

Der 5. und letzte Bauabschnitt wurde im offenen Rohrgraben hergestellt. Er begann am Ende des 3. Bauabschnittes im Kreuzungsbereich Weißenburgstraße/Sedanstraße und endete nahe der Kreuzung Weißenburgstraße/Georg-Eydel-Straße. Die Verschiebung der Bauabschnitte ergab sich aus dem Bauablauf. Der Abschnitt über den Talaverafestplatz wurde entsprechend der Baufreiheit vorgezogen.

Vom Ende des 3. Bauabschnittes bis auf einer Länge von ca. 360,0 m wurde die Druckleitung mit duktilen Gussrohren mit TYTON-Steckmuffe nach DIN 28603 hergestellt.

Die restlichen 20,0 m mussten, wie auch schon zuvor bei starken Richtungsänderungen, mit zugfesten Rohrverbindungen gebaut werden, da in dem Kreuzungsbereich bereits viele andere Kabel und Leitungen vorhanden waren und die Herstellung von Betonwiderlagern nicht möglich war.

Da der 3. und 4. Bauabschnitt bereits fertiggestellt waren, wurden die Teilstücke wiederum mit zwei Überschiebemuffen zusammengeführt.

Zusammenfassung

Beginnend mit den ersten Voruntersuchungen im Jahre 1996, vielen Variantenuntersuchungen, Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Planungen wurde mit dem Bau im April 2002 begonnen. Bis auf einen Teilbereich im Bauabschnitt 5 konnten die Arbeiten zum Bau der Druckleitung noch im Jahr 2003 abgeschlossen werden. Die Gesamtkosten einschl. Planung und sonstiger Kosten belaufen sich auf ca. 4,0 Mio. €.

Durch die gute partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen dem Entwässerungsbetrieb Würzburg, den ausführenden Baufirmen und dem verantwortlichen Planungsbüro konnte der neue Zulaufkanal aus duktilen Gussrohren DN 900 nach einer Bauzeit von zwei Jahren fertiggestellt werden.

Planung:

SEIB Ingenieur-Consult GmbH & Co. KG Würzburg

Bauüberwachung:

Entwässerungsbetrieb Würzburg, Rotkreuzstr. 2a, 97080 Würzburg

Bauausführung:

Kanalherstellung Fa. Löhe & Co. GmbH Würzburg
Rohrvortriebsarbeiten Fa. Josef Bindrum & Sohn GmbH Hammelburg/Fa. Rohrvortrieb Dietz GmbH + Co. KG, Hammelburg

Suchwörter:

Trassenerkundung

Wasserhaltung

Abwasserdruckleitung

Abwinkelbarkeit

Rohreinzug

Rohrvortrieb

Totraumverschluss

Zugfeste Verbindung

Einsatz duktiler Gussrohre in der Trinkwasserversorgung von Naumburg an der Saale

von Anke Kopp



Bild 1: Blick vom Wasserwerk über die Stadt Naumburg

Der Versorgungsbereich der Technischen Werke Naumburg

Seit dem 01.01.1999 hat die Technische Werke Naumburg GmbH die Verantwortung für die Trinkwasserversorgung folgender Städte und Eingemeindungen übernommen:

Stadt Naumburg

Flemmingen, Neuflemmingen, Meyen,

Roßbach, Kleinjena, Großjena,

Eulau, Neidschütz, Boblas,

Großwilsdorf, Schellsitz, Beudnitz und

Wettaburg.

Durch umfangreiche Investitionen in den Bau von Trinkwassertransportleitungen konnten bis Mai 2000 die letzten Orte der Inselversorgung Neidschütz, Boblas, Beudnitz und Wettaburg an die zentrale Wasserversorgung der Stadt Naumburg bzw. an das neue Wasserwerk angeschlossen werden.

Dadurch wurden die Versorgungsbedingungen dieser ebenfalls an das Verteilungssystem der Technischen Werke Naumburg GmbH angeschlossenen Orte teilweise deutlich verbessert. Insbesondere be-

zieht sich dies auf die Verbesserung der Trinkwasserqualität durch Reduzierung chemischer Inhaltsstoffe.

Das Versorgungsnetz umfasst ca. 175 km Versorgungs- und Transportleitungen, annähernd 60 km Hausanschlussleitungen sowie rund 5.980 Hausanschlüsse. Täglich werden 31.000 Einwohner mit Trinkwasser versorgt.

Darüber hinaus wird Trinkwasser für 12 Orte der Trinkwasserversorgung Saale-Unstrut GmbH bereitgestellt. Das sind nochmals rund 4.000 Einwohner, die mit Trinkwasser bester Qualität zuverlässig vom neuen Wasserwerk Naumburg versorgt werden.

Wassergewinnung, -aufbereitung, -verteilung

Vier unterschiedlich große und unterschiedlich arbeitende Fassungsanlagen fördern das Rohwasser zum Wasserwerk (Panoramaweg) in einen 750 m³ fassenden Zwischenbehälter.

Im Wasserwerk wird das Rohwasser entsprechend den Anforderungen der Trinkwasserverordnung aufbereitet. Diese Aufbereitung besteht im Wesent-

lichen in einer Reduzierung von Eisen, Mangan und Trübung sowie einer Desinfektion. Das aufbereitete Wasser gelangt in den unmittelbar neben dem Wasserwerksgebäude angeordneten Reinwasserbehälter. Über zwei Falleitungen strömt es dann in das Verteilungsnetz und den Hochbehälter Roßbach. Im weiteren Verlauf können 6 Hochbehälter als Verteilungs- und Speicheranlagen mit einer Gesamtkapazität von 13.000 m³ genutzt werden. Damit bestehen hervorragende Voraussetzungen für eine stabile Versorgung. Selbst im Havariefall, z. B. einem zeitlich begrenzten Ausfall der Wasseraufbereitungsanlage, ist die Gesamtversorgung gesichert. Gleichzeitig kann wegen der großen Speicherkapazität das Wasser weitestgehend während der Nachtstunden aufbereitet und gefördert werden. Neben dem vollautomatischen Betrieb der Anlage wird durch diese Fahrweise des Wasserwerkes unter Ausnutzung des Nachtstromtarifs ein wichtiger Beitrag zur wirtschaftlichen Betriebsführung geleistet.

Technische Anforderungen an zu verwendende Materialien

Vom Betreiber der Trinkwasserversorgung werden an das Material der Rohrleitungen hohe technische Anforderungen gestellt. Im Versorgungssystem sind im Wesentlichen Rohre

in den Nennweiten DN 80 bis 300 für einen Betriebsdruck von maximal PN 16 einzubauen. Die Auswahl des Rohrmaterials wurde mit Hilfe eines wertanalytischen Ansatzes getroffen, bei welchem die folgenden Faktoren besonders stark gewichtet wurden:

Materialeigenschaften

Im Rohrnetz der Technischen Werke Naumburg GmbH sind noch Leitungen aus Graugussrohren mit den heute nicht mehr genormten Nennweiten DN 225 – 325 vorhanden. Daher mussten die ausgewechselten Rohrleitungsabschnitte an die bestehenden Leitung mit entsprechenden Übergangsformstücken (DN 250 und DN 300 GGG) angeschlossen werden. Diese Übergangsformstücke aus duktilem Gusseisen sind Teil des Komplettsystems. Weiterhin war zu bedenken, dass in der Stadt Naumburg seit mehr als 100 Jahren Gussrohre für die Transportleitungen eingebaut wurden. Die Einheitlichkeit des Rohrmaterials ist, zumindest für die Transportleitungen, ein Faktor, der für Betriebssicherheit und Instandhaltung eine wesentliche Rolle spielt. Um auch künftig den hohen Anspruch an die Qualität der Trinkwasserversorgung erfüllen zu können, haben sich die Technischen Werke Naumburg GmbH mit den vorgenannten Gründen dafür entschieden,

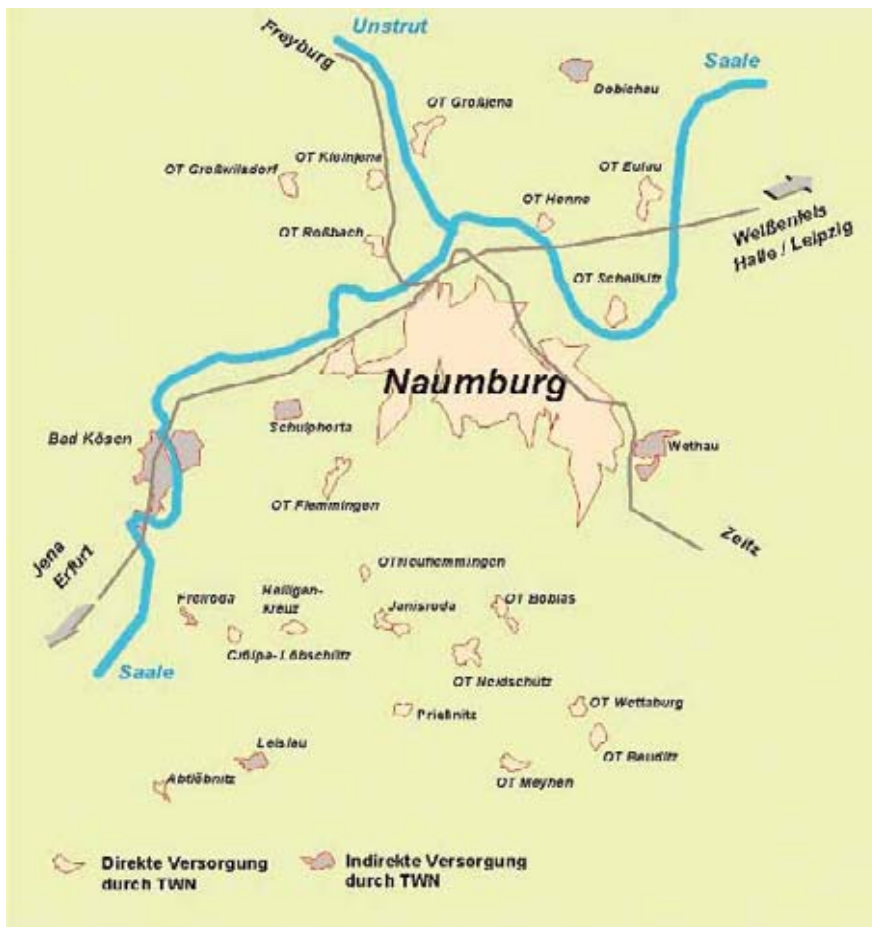


Bild 2: Versorgungsgebiet der Technischen Werke Naumburg GmbH



Bild 3: Rohre vor dem Einbau

für die ausgewechselten Bereiche weiterhin Rohre aus duktilem Gusseisen, jedoch der neuesten Generation, einzusetzen.

Selbstverständlich müssen die Rohre nach den technischen Forderungen des DVGW (VP 545 [1]) bzw. der gültigen Normen (DIN EN 545 [2]) zertifiziert sein.

Äußere Belastungen

Ein Teil der Leitungen wird in einem Straßenbereich mit sehr hoher Verkehrsbelastung eingebaut. Dabei handelt es sich um einen weiträumigen Kreuzungsbereich von zwei Bundesstraßen.

Ein anderer Teil der Transportleitungen liegt in Bereichen mit ausgeprägter Hanglage, wo Erdlasten ständig wirkende Schubkräfte auf die Rohrleitung ausüben. Hier ist ein Rohrmaterial erforderlich, welches auch unter permanenter mechanischer Spannung keinen Abfall der mechanischen Eigenschaftswerte erfährt.

Einbaugeschwindigkeit

Gerade im innerstädtischen Bereich spielt die Geschwindigkeit des erzielbaren Baufortschrittes eine wesentliche Rolle. Rohre aus duktilem Gusseisen mit ihrer einfachen und sicheren Steckmuffenverbindung ermöglichen einen schnellen und einfachen Vor-Kopf-Einbau mit extrem kurzen Baugruben, die sehr schnell wieder geschlossen werden konnten. Damit ließen sich die bei PE-Heizwendelschweißungen erforderlichen Abkühlzeiten für den nachfolgenden Erdeinbau umgehen.

Zur Einsparung von Betonwiderlagern an Richtungsänderungen, Abzweigen und Armaturen wurden zugfesteste Steckmuffen-Verbindungen (TYTON-SIT) ausgewählt.

Kosten

Nach unseren Erfahrungen ist der Einbau von Rohren aus PE-HD gegenüber Rohren aus duktilem Gusseisen etwa oberhalb DN 200 nicht kostengünstiger. Dabei sind neben den Rohren auch die Formstücke und die mögliche Einbaugeschwindigkeit zu betrachten.

Im vorliegenden Fall wurde jedoch der größte Wert auf folgende Faktoren gelegt:

- mögliche Einbaugeschwindigkeit
- Beständigkeit gegenüber äußeren Belastungen
- Materialeigenschaften.

Besonderer Wert wird auf den aktiven äußeren Korrosionsschutz der Rohre gelegt. Dieser muss während der gesamten Nutzungsdauer unter den wechselnden Einbaubedingungen in inhomogenen Böden eine ausreichende Schutzwirkung sicherstellen. Die eingebauten Rohrleitungen liegen im innerstädtischen Bereich, in dem teilweise Auffüllungsbereiche ≥ 2 m anstehen. Es handelt sich um inhomogen aufgeschüttete Bereiche, die in der Grabensohle unterschiedliche Setzungseigenschaften aufweisen.

Infolge der Inhomogenität der Auffüllung ist von unterschiedlichen Bodenaggressivitäten, nicht aggressiv bis schwach aggressiv (Bodenklasse Ia – Ib nach DIN 50929-3 [3]) auszugehen. Als Korrosionsschutz wurde der Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung gewählt.



Bild 4: Baustelle am Salztor

Die bisherigen Erfahrungen der Technischen Werke Naumburg GmbH zeigen, dass sich unter den gegebenen Betriebsbedingungen der Rohrwerkstoff duktiles Gusseisen für die Trinkwasserversorgung optimal bewährt hat. Technische Eigenschaften, Handling und Kostenrahmen erfüllen den hohen Anspruch des Versorgers an ein langfristig sicheres System zum Trinkwassertransport. Daher werden technische Weiterentwicklungen bei diesen Materialien aufmerksam verfolgt und analy-

siert. So hat die 2002 überarbeitete Europäische Norm EN 545 [2] mit dem Rohr der Druckklasse 40 bar eine Weiterentwicklung mit verringerter Wanddicke ermöglicht, nachdem sich eine aktive Zink-Aluminium-Auflage von 400 g/m^2 mit Deckschicht in Langzeituntersuchungen unter höchst aggressiven Bodenverhältnissen als äußerst beständig erwiesen hatte [4]. Im Versorgungsgebiet der Technischen Werke Naumburg werden diese Rohre seit Juni 2003 einge-



Bild 5: Einbau bei geringer Überdeckung

setzt. Die **Bilder 3 bis 5** geben einen Eindruck von Einbausituationen, u.a. am Salztor.

Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, dass dieses System die Komponenten, Rohre, Formstücke und Armaturen mit komplexen Eigenschaften umfasst.

Entscheidender Nutzen für den Anwender wird von der weiterentwickelten und mittlerweile auf europäischer Ebene genormten Umhüllung von Rohren der Druckklasse 40 bar erwartet. Diese beruht auf den Prinzipien und den Erfahrungen von mehr als drei Jahrzehnten mit dem Zink-Überzug.

Der jetzt angebotene metallische Zink-Aluminium-Überzug verspricht in seiner Anwendung und Wirkung eine maßgebliche Lebensdauerverlängerung des äußeren Korrosionsschutzes der Rohre. Darüber hinaus ermöglicht dieser Schutz eine erhöhte Passivierungsfähigkeit in einem breiten Spektrum an Böden mit korrosiven Umgebungsbedingungen.

Werden diese Eigenschaften konsequent geprüft und ausgenutzt, besteht u.U. die Möglichkeit, auf Rohre mit zusätzlichem Korrosionsschutz, wie z. B. Zementmörtelumhüllung oder PE-Ummantelung zu verzichten und auf diese Weise Kosteneinsparungen zu erzielen.

Systembestandteil des neuen Gussrohrsystems Klasse 40 nach DIN EN 545 sind auch Formstücke und Armaturen.

Die Formstücke sind innen und außen mit einer blauen Epoxydharz-Pulverbeschichtung einer Schichtdicke von mindestens 250 µm versehen, die für Böden aller Aggressivitätsstufen geeignet ist [5]. Gemeinsam mit der ebenfalls blauen EP-Deckbeschichtung der Rohre wird damit angezeigt, dass Rohre und Formstücke zu einer Systemfamilie gehören.

Schließlich harmonisiert damit sogar das am Markt angebotene Armaturensortiment.

Damit besteht auch die Möglichkeit, dieses System bei der Sanierung des Netzes einzusetzen.

Einbauarbeiten von Trinkwasserrohren im Versorgungsgebiet werden nach den Richtlinien der VOB bzw. nach innerbetrieblichen Festlegungen vergeben und ausgeführt. Die Planungsleistungen werden durch eigene hochqualifizierte Mitarbeiter der Technischen Werke Naumburg GmbH erbracht.

Die bisher realisierten Baumaßnahmen mit dem neuen zertifizierten Gussrohrsystem bestärken die Auffassung der Technischen Werke Naumburg, eine innovative Materialentscheidung für die künftig anstehenden Aufgaben im Rohrleitungsbau für die Trinkwasserversorgung getroffen zu haben.

Literatur

- [1] VP 545: Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen für die Gas- und Wasserversorgung; Anforderungen und Prüfungen -Vorläufige Prüfgrundlage Nov. 2000
- [2] DIN EN 545: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen; Anforderungen und Prüfverfahren. Sept. 2002
- [3] DIN 50929-3: Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung; Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern. Sept. 1985
- [4] Nouail, G.: A new coating for ductile iron pipes based on Zinc-Aluminium 85-15 alloy. 3 R international (40) 2001, S. 120
- [5] Pedetour, J.-M.: Epoxidharzbeschichtung duktiler Formstücke; Einfluss von Schichtdicke und Fehlstellengröße auf die Schutzwirkung. 3 R international (42) 2003, S. 218

Suchwörter:

Komplettsystem
Übergangsformstücke
Zertifizierung
VP 545
Einbaugeschwindigkeit
Zink-Aluminium

Duktile Gussrohre für den Brandschutz

Bau von Löschwasserleitungen

von Eberhard Starosta

Für duktile Gussrohre ist in den letzten 5 bis 10 Jahren ein interessanter neuer Markt entstanden: Löschwasserleitungen. Sie werden vor allem im Verkehrsbereich gebraucht, z.B. beim Bau neuer Autobahn- und Eisenbahntunnel, aber auch bei Neubauprojekten in Anlagen z.B. der chemischen und petrochemischen Industrie. Man kann von einem Trend sprechen, der in unserer Gesellschaft aus dem zunehmenden Sicherheitsbedürfnis sowohl unter privaten als auch ökonomischen Aspekten resultiert und immer stärker wird. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die in Deutschland seit 1998 mit Gussrohren gebauten Löscheinleitungen.

Einleitung, Sicherheitsbetrachtungen

Nach den Brandkatastrophen im Mont Blanc- und im Tauerntunnel war die Forderung nach mehr Sicherheit gerade in diesen Verkehrsbereichen noch lauter und dringlicher geworden. Von Planern und Betreibern dieser Bauwerke wurden ultimative Maßnahmen für höchste technische Perfektion im Sicherheitsbereich verlangt. Zur technischen Perfektion bei Löschwasserleitungen gehört auch das richtige Rohrmaterial. Hier genießt das Gussrohr bei den für den Leitungsbau Verantwortlichen schon seit Jahren eine eindeutige Präferenz.

Das notwendige Sicherheitspotenzial ergibt sich bei Gussrohren einmal aus ihrer hohen Widerstandsfähigkeit gegen innere und äußere Belastungen, der Feuerbeständigkeit und Robustheit des Materials und zum anderen aus der zuverlässigen Verbin-

dungstechnik (zugfeste Verbindungen). Letzteres spielt bei Druckleitungen, wie sie gerade im Brandschutz fast immer vorkommen, eine entscheidende Rolle. Das Besondere an den Löschwasserleitungen: Sie kommen so gut wie nie zum Einsatz. Aber wenn sie im Ernstfall gebraucht werden, dann müssen sie sofort und 100prozentig funktionieren. Alle Löschwasserleitungen in Straßen- und Autobahntunneln sind deshalb als „Nassleitungen“ konzipiert, d.h. sie sind ständig mit Wasser gefüllt und stehen unter Druck (bis 16 bar).

Leichtes Handling ermöglicht kurze Einbauzeiten

Im Wettbewerb mit den Konkurrenzwerkstoffen Stahl und PE spielen aber auch noch andere Gesichtspunkte eine Rolle: Die Leitungsbauer bescheinigen dem Gussrohr trotz seines relativ hohen Gewichts ein leichtes Handling (**Bild 1**). Das verkürzt mitunter die Einbauzeiten ganz erheblich. Der relativ geringe Zeitaufwand ist aber in erster Linie dem perfekten und dennoch einfachen Verbindungssystem (in der Regel TYTON TIS-K oder auch TYTON BLS) zu verdanken. Im Vergleich zu Stahlrohren braucht eine Gussrohrleitung eben nur zusammengesteckt zu werden. Im Falle von Stahl dagegen müssen die Rohre verschweißt und danach jede einzelne Schweißnaht nachbearbeitet werden. Danach folgt das Röntgen aller Schweißnähte als unverzichtbare Kontrolle für ihre Dichtigkeit. Zum Schluss müssen die Verbindungsbereiche, um Korrosion zu verhindern, auch noch isoliert werden. Alle kundigen Rohrleitungsbauer sind sich in diesem Punkte einig: Die Herstellung einer Rohrleitung aus Stahlrohren erfordert im Vergleich zu Gussrohren einen wesentlich größeren Arbeits- und Zeitaufwand.

Bei dem Projekt der neuen Autobahn A 17, wo die Firma Walter-Heilit für den Einbau der Löschwasserleitungen in den Tunnel zuständig war, wurden in einem Abschnitt 900 Meter in 4 Tagen fertig. Es handelte sich in diesem Fall um eine ziemlich geradeaus verlaufende Strecke. Aber auch wenn, wie an anderer Stelle, z.B. zur Unterquerung einer kreuzenden Entwässerungsleitung, eine Etage gelegt werden musste, machten die zusätzlichen Arbeiten den Rohrlegern keine Schwierigkeiten. Die benötigten kurzen Rohrstücke schnitt man sich passend zurecht (**Bild 2**). Die für eine Etage außerdem notwendigen Formstü-

Bild 1: Einfache Montage mit Formstücken





Bild 2: Ablängen eines Rohres

cke (Bögen) waren vom Hersteller schon mitgeliefert. Man habe das zu dritt in einer halben Stunde geschafft, beschrieb der Bauleiter an diesem Beispiel die Vorzüge des Gussrohr-Systems (**Bild 3**).

Auch PEHD-Rohre sind keine Alternative

Bei der Betrachtung von PEHD-Rohren als nächste Alternative kommen die Praktiker sehr schnell zu folgendem Ergebnis: Kunststoffe, gleich welcher Qualitätsstufe, sind brennbar und scheiden schon aus diesem Grund von vornherein als Werkstoff für Löschwasserleitungen aus.

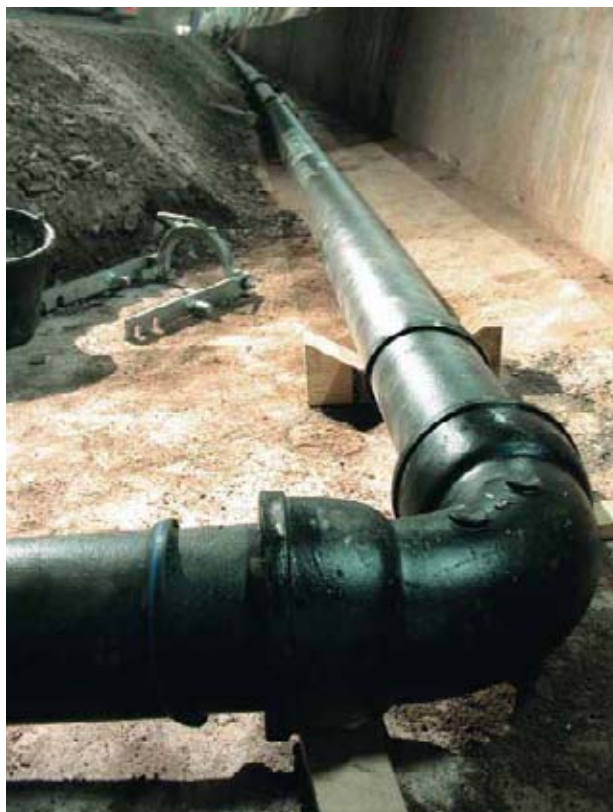
Selbst wenn man PE-Rohre tief in Beton einbettet, um sie vor Flammen zu schützen, besteht die Gefahr, dass sie bei steigenden Temperaturen dem Gegenruck eines Betonlagers nachgeben, weil sie bei steigenden Temperaturen an Festigkeit verlieren. Die Funktionssicherheit einer Löschwasserleitung wäre beim Einsatz von PE-Rohren also in mehrfacher Hinsicht gefährdet.

Vielfältige Anforderungen bei zahlreichen Projekten seit 1998

In den letzten 5 Jahren ist die Gussrohrindustrie bei mehreren Tunnelprojekten als Lieferant von Rohren für Löschwasserleitungen in Erscheinung getreten. Die Aufgabenstellung war nicht immer dieselbe. Das System der Gussrohrtechnik konnte dabei seine Flexibilität unter Beweis stellen. 1998/1999 entstand beim Ausbau der Autobahn Dresden-Görlitz ein 3,3 km langer Tunnel durch die „Königshainer Berge“. Seinerzeit war er der längste Autobahntunnel Deutschlands. Die technischen Daten: für die 2 Röhren des Tunnels kamen 6,8 km Gussrohre DN 150 zum Einsatz.

Baujahr 2000: In Dresden entsteht ein Straßentunnel am Wiener Platz. Er dient zur Unterquerung der vielbefahrenen B 170 und wurde zur Entlastung des Innenstadtverkehrs gebaut. Länge: in zwei Tunnelröhren jeweils 560 m. Zusätzlich wurden an diesen Tunnel 2 Parkhäuser angeschlossen. Es kamen Gussrohre DN 100 mit PE-Mantelrohr und mit der längskraftschlüssigen TYTON TIS-K-Verbindung zum Einsatz. Außerdem erhielt diese Leitung eine elek-

Bild 3: Bau einer Etage mit einem zugfesten MMQ



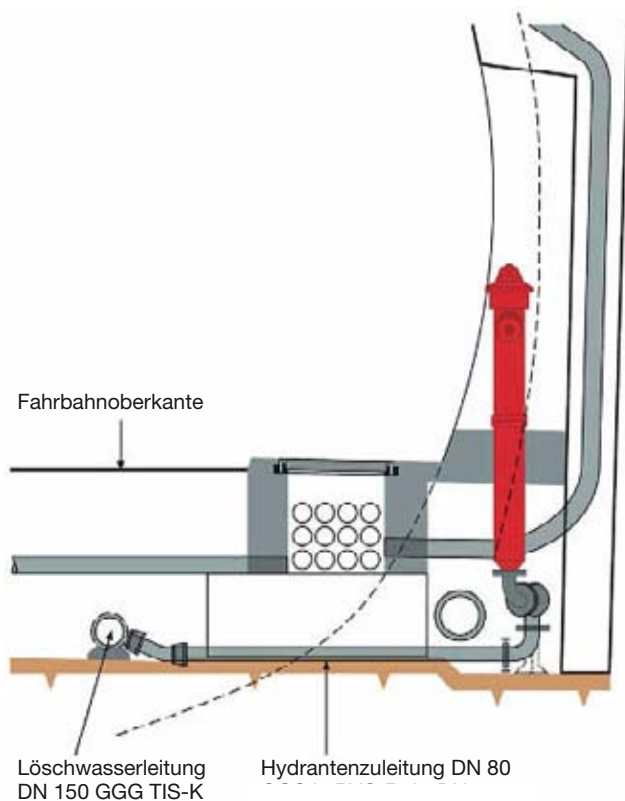


Bild 4: Querschnitt durch die Fahrbahn des Tunnels unter dem Wiener Platz in Dresden

trische Begleitheizung. Hierzu ist ein VA-Leerrohr (Durchmesser 20 mm) an der Unterseite des Medienrohrs fixiert und eingeschäumt worden. Die Leitung wurde in einem rechteckigen Betonkanal gelegt, anschließend die Heizungsanlage installiert und die Heizkabel in das Leerrohr eingezogen (Bild 4).

Das Projekt Bundesautobahn A 71 von Erfurt durch den Thüringer Wald nach Würzburg

Als „Tunnel der Superlative“ wurde im Sommer 2003 übereinstimmend eine der vier Tunnelröhren bezeichnet, durch die ein erster Abschnitt der neuen Autobahn A 71 von Erfurt quer durch den Thüringer Wald bis nach Würzburg geführt werden soll. Die 4 Tunnel zwischen Arnstadt und Meiningen haben zusammen eine Länge von 12,5 km, der Rennsteigtunnel ist mit 7.916 m der längste Autobahntunnel Deutschlands. Die Fachleute sind sich darüber einig, dass diese neuen Tunnel durch den Thüringer Wald – was die Konstruktion, die Bautechnik und nicht zuletzt ihre Sicherheit anbetrifft – die modernsten in Europa oder sogar weltweit sind.

In der Zeit von 1999 bis 2003 entstanden auf der neuen A 71 von Erfurt nach Würzburg bei der Durchquerung des Thüringer Waldes 4 Tunnel, die alle mit Löschwasserleitungen ausgestattet wurden. Es kamen duktile Gussrohre DN 150 mit TYTON TIS-K zum Einsatz. An frostgefährdeten Stellen, d.h. auf einem Abschnitt vom Tunnelportal bis etwa 200 m in den Tunnel hinein, erhielten die Leitungen eine Wär-

medämmung, teilweise auch mit Begleitheizung. Platziert sind die Leitungen – analog zum Straßenbau – ganz am Rande der Fahrbahn, und zwar mit Betonaufleger und –ummantelung, mindestens 80 cm unterhalb der Fahrbahndecke (Bild 5). Für die A 71-Tunnel wurden Rohre in einer Gesamtlänge von fast 27 km geliefert. Diese Menge setzt sich folgendermaßen zusammen:

- Hochwaldtunnel, Baujahr 2000
Länge: 2 Röhren mit jeweils 1.050 m [1]
- Tunnel Alte Burg, Baujahr 2001
Länge: 2 Röhren mit jeweils 860 m
- Tunnel Berg Bock, Baujahr 2001/2002
Länge: 2 Röhren mit jeweils 2.700 m
- Rennsteigtunnel, Baujahr 2002/2003
Länge: 2 Röhren mit jeweils 7.900 m

Bundesautobahn A 17 von Dresden nach Prag

Die Materialwahl wird mit dem strengen Sicherheitsdenken der Verantwortlichen begründet. „Wenn man sich auf eine Rohrleitung, vor allem, wenn es sich um eine Druckrohrleitung handelt, hundertprozentig verlassen möchte“, sagt Bauleiter Horst Thieme von der Firma Walter-Heilit, „dann kann man in diesem Falle eigentlich nur Gussrohre nehmen“. Walter-Heilit baut zurzeit mit an der neuen Autobahn A 17 von Dresden nach Prag. Auch dort wurden duktile Gussrohre für etwa 16 km Löschwasserleitung bestellt.

Baujahr 2003: Tunnel Dölzchen auf der neuen A 17 Dresden-Prag. Länge: 2 Röhren mit jeweils 4.200 m. Auch hier kamen Rohre DN 150 in WKG-Ausführung, teilweise mit Begleitheizung, zum Einbau. Verbindungssystem TYTON-BLS (Bild 6).

Warnow-Tunnel in Rostock

Länge: 790 m, bestehend aus 2 Röhren mit jeweils 2 Fahrbahnen. Dieser Straßentunnel unterquert die

Bild 5: Querschnitt durch die Tunnel der A 71

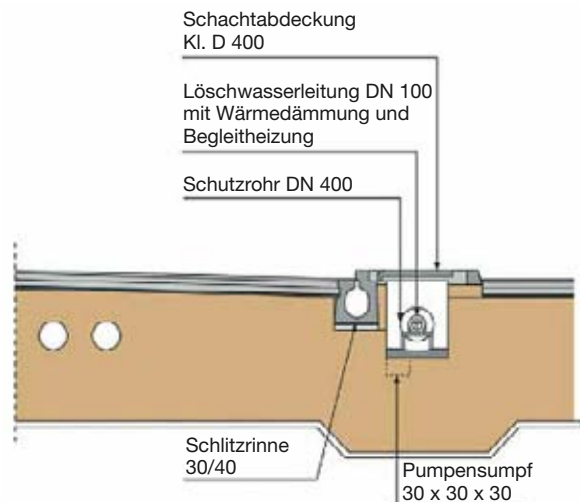


Bild 6: Rohre vor dem Portal des Autobahntunnels Dölz-schen



Warnow und verbindet damit den östlichen und westlichen Teil der Hansestadt (**Bild 7**).

Technische Daten: Gussrohre DN 150 mit Steckmuffenverbindung TYTON bzw. TYTON TIS-K an Stellen mit Richtungsänderungen.

Eine Besonderheit: Da das Löschwasser hier aus der Warnow entnommen wird, muss die Rohrleitung gegen Brackwasser beständig sein. Deshalb wurde eine Auskleidung mit Zementmörtel auf der Basis Tonerdezement gewählt. Die Außenbeschichtung der Rohre und die Innenbeschichtung der Muffen besteht aus einer Spritzverzinkung und Epoxydharzlack. Insgesamt wurden 1.600 m Rohre eingebaut. Die Leitung wurde außerdem durchgehend mit einer Begleitheizung ausgerüstet. Die dafür notwendige Isolierung der Rohrleitung besteht aus einer Sandumhüllung [2].

Tunnel der Deutschen Bahn AG

Der Einbau von Löschwasserleitungen in Eisenbahntunneln beruht auf der Richtlinie des Eisenbahnbundesamts über „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln“ [3]. Diese Richtlinie gilt bei Tunneln ab 500 m Länge. In Abschnitt 2.9 „Löschwasserleitungen“ heißt es u.a.: „Für jedes Tunnelportal ... sowie für jeden Notausgang muss in einer Entfernung von höchstens 300 m ausreichend Löschwasser vorhanden sein (z.B. Gewässer, Tunnelentwässerung, Wasserversorgungsanlage, Löschwasserbehälter)“: Dabei muss eine Löschwassermenge von mindestens 96 m³ zur Verfügung stehen und eine Förderleistung von mindestens 800 l/min sichergestellt sein. ... Es sind „durchgängige trockene Löschwasserleitungen



Bild 7: Rohre vor dem Warnowtunnel in Rostock



Bild 8: Löschwassersystem des Tanklagers und Ölterminals Rostock

zu verlegen... Die Löschwasserleitungen in den Fahr-tunneln müssen in Abständen von höchstens 125 m Schlauchanschlusseinrichtungen haben.“

In den letzten Jahren sind 2 Eisenbahntunnel als Neubauten mit Löschwasserleitungen ausgestattet worden.

Tunnel Cochem, Baujahr 2001, Länge ca. 4.205 m, ausgestattet mit Rohren DN 100, Verbindungssystem TYTON, NOVOSIT und BLS

Tunnel Mainz, Baujahr 2002, Länge des Tunnels ca. 650 m, 1.290 m Rohre DN 100, Verbindungssystem BLS.

Löschwasserleitungen in Industrieanlagen

In Anlagen der Chemie- und Petrochemie gehören Brandschutzsysteme obligatorisch zur Grundausstattung. In letzter Zeit sind vor allem in den neuen Bundesländern Brandschutzsysteme mit Löschwasserleitungen bei der industriellen Umgestaltung bzw. beim Neubau von Großanlagen installiert worden. Es handelt sich dabei meist um Investitionsprojekte in Milliardenhöhe.

Chemiestandort Schkopau:

Im Zuge der Privatisierung übernahm der amerikanische Chemiekonzern Dow Chemical Mitte der 90er Jahre die ehemaligen Bunaerwerke in Schkopau. Zur Restrukturierung des traditionsreichen Industriestandorts gehörte auch der Bau einer 10 km langen Löschwasserleitung: Dafür wurden duktile Gussrohre DN 400, PN 16 verwendet. Es handelt sich hier um eine Ringleitung, mit der eine Vielzahl verschiedener Anlagen der Kunststoffproduktion – Silo, Rohstofflager und ein Kraftwerk – umschlossen werden.

Die Ringleitung ist mit 250 Hydranten für den Anschluss von Löschgeräten ausgestattet. An jedem die-

ser Hydranten muss eine Löschwassermenge von 2.500 m³/h zur Verfügung stehen. Das wird mit 2 Diesel-Pumpstationen bewerkstelligt. Gespeist wird diese Leitung mit gereinigtem Flusswasser aus der Saale. Der Leitungsring kann durch 50 installierte Absperrklappen in einzelne Löschbereiche aufgeteilt werden. Aufgrund der vorhandenen Infrastruktur auf diesem Gelände musste die Leitung Straßen- und Gleisanlagen unterqueren. Teilweise mussten die Rohre im Horizontal-Spülbohr-Verfahren eingebaut werden. In diesem Falle waren es Rohre mit der längskraftschlüssigen TYTON-TKF-Verbindung. Im Übrigen kamen Rohre mit dem Verbindungssystem TYTON-NOVOSIT zum Einsatz. Als Rohraußen-schutz wurde ein Zinküberzug mit bituminöser Deckbeschichtung gewählt. Innen sind die Rohre mit Zementmörtel ausgekleidet [4].

Öl-Terminal Rostock

Rostock ist der bedeutendste Ölhafen für die neuen Bundesländer. Hier kommt der begehrte Rohstoff über die Ostsee an und wird zunächst in Großtanks gelagert [5]. An Tankanlagen werden höchste Sicherheitsanforderungen gestellt. Deshalb wurde beim Rostocker Terminal 1998 auch ein modernes Löschwassersystem installiert (**Bild 8**). Lieferant für dieses Wasser ist die Ostsee. Daraus folgt: Alle Ausrüstungsgegenstände wie Rohre, Formteile, Armaturen, Dichtungen usw. müssen salzwasserbeständig sein. Außerdem: Die besondere Gefahrensituation in einem Tanklager verlangt nach einem Feuerlöschsystem mit sehr hohem Druck.

Größe des Projekts: Das Feuerlöschsystem im Terminal Rostock besteht aus 2 Abschnitten, einer 2.000 m langen Leitung DN 500 von der Entnahmestelle in der Ostsee bis in das Tankfeld hinein und einer 600 m langen Leitung DN 400 innerhalb des Tankfelds. Im Abschnitt 1 war es notwendig, einen

Tabelle 1: Zusammenstellung einiger mit duktilen Gussrohren ausgeführten Löschwasserleitungen in Tunneln und anderen Anlagen

Baujahr	Objekt Ort	Name	Länge [m]
1998/1999	BAB 4	Dresden–Görlitz	Königshainer Berge 6.800
2000	Straßentunnel	Dresden	Wiener Platz 1.020
2002/2003	BAB 71	Erfurt–Würzburg	Rennsteigtunnel 7.916
2000			Hochwaldtunnel 2.100
2001			Alte Burg 1.720
2001/2002			Berg Bock 5.400
2003	BAB 17	Dresden–Prag	Tunnel Döltzschen 8.400
2002	Straßentunnel	Rostock	Warnow-Tunnel 1.600
2001	Eisenbahntunnel	Frankfurt–Köln	Tunnel Cochem 4.20
2002			Tunnel Mainz 1.290
1995 -2000	Industriegelände	Bunawerk Schkopau	Löschwassersystem 10.000
1998	Industriegelände	Ölterminal Rostock	Löschwassersystem 2.600
2003 -2005	Allianz Arena	Stadion Neubau München	Löschwassersystem 1.950
2000	Flughafenerweiterung Nord	Leipzig	Löschwassersystem 13.700

Düker zu bauen, der die Löschwasserleitung unter den 9 m tiefen Fundamenten der Förder-Trasse hindurchführt. Der 2. Abschnitt der Leitung dient der direkten Verteilung von Lösch- und Kühlwasser im Tankfeld.

Zum Schutz gegen das salzhaltige Ostseewasser erhielten die Gussrohre und Formstücke eine Auskleidung auf Basis Tonerdezement. Als Außenschutz dient eine Zementmörtel-Umhüllung nach DIN 30674-2. Letztere ist hochbelastbar, so dass die Rohre während des Einbaus trotz schwieriger Bodenverhältnisse ausreichend geschützt waren.

Rohrverbindungen: Der Abschnitt 1 der Leitung (DN 500) wurde für eine Druckstufe von PN 25 ausgelegt. Wie kaum in einem anderen Fall mussten die Rohre bei dieser Löschwasserleitung höchsten Druckkräften standhalten (bis zu 667 kN). Deshalb wurde für die Rohrverbindung das bewährte System TYTON-TKF verwendet. Im Abschnitt 2 – mit den Rohren DN 400 – genügte das Verbindungssystem TYTON-NOVOSIT.

Löschwasserversorgung des Flughafens Leipzig-Halle

Bei der Norderweiterung des Flughafens Leipzig – Halle wurden insgesamt 13,7 km duktile Gussrohre im Nennweitenbereich DN 100 bis 300 unter dem Hauptaspekt der Löschwasserversorgung eingebaut. In diesem System ist die Versorgungsmenge an Trinkwasser für Tower und sonstige Betriebsgebäude von untergeordneter Bedeutung [6].

Schlussbetrachtungen

Fasst man die in den letzten fünf Jahren ausgeführten Löschwasserleitungen zusammen, so ergibt die Tabelle 1 ein durchaus ermutigendes Bild eines sich

erfreulich entwickelnden Marktes für duktile Gussrohre.

Literatur

- [1] Rosbach, T.: Gussrohre im Autobahntunnel des Verkehrsprojekts Deutsche Einheit. GUSSROHRTECHNIK 36 (2001), S. 8
- [2] Sicherheit in Tunneln gewinnt an Bedeutung. bbr 5 (2003) S. 44
- [3] Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln. Richtlinie des Eisenbahnbundesamts. 11/2001
- [4] Nowak, G., Rink, W.: Duktile Gussrohre für das Feuerlöschsystem des Unternehmens BSL Olefinverbund in Schkopau. GUSSROHRTECHNIK 35 (2000), S. 16
- [5] Eikötter, W., Langner, T.: Duktile Gussrohre für das Feuerlöschsystem des Terminals Rostock. GUSSROHRTECHNIK 34 (1999), S. 41
- [6] Matthes, J.: Gussrohre für die Wasserversorgung der Norderweiterung des Flughafens Leipzig – Halle. GUSSROHRTECHNIK 36 (2001), S. 16

Suchwörter:

Löschwasserleitungen
 Wärmedämmung
 Begleitheizung
 Autobahntunnel
 Feuerbeständigkeit
 Sicherheitspotenzial
 Frostsicherheit

Planung und Bau der Trinkwasser-Fernleitung Auer-Ring im Westerzgebirge

von André Clauß und Wolfgang Rink



Bild 1: Versorgungsgebiet des ZWW für den Bereich Trinkwasser

Einführung

Am 01. April 1993 wurde der Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge (ZWW) von allen 39 Städten und Gemeinden der Altlandkreise Aue und Schwarzenberg gegründet und mit der Aufgabe der Trinkwasserversorgung und Abwasserbehandlung betraut. Nach einer Neuordnung und Erweiterung der Abwasseraktivitäten ist der ZWW getrennt nach den Bereichen Trink- und Abwasser für die in den Abbildungen 1 und 2 dargestellten Gebiete verantwortlich.

Das Verbandsgebiet liegt im westsächsischen Raum südlich der Ballungszentren Zwickau und Chemnitz direkt an der Staatsgrenze zu Tschechien.

Der Bereich Trinkwasser versorgt 147.517 Einwohner in 23 Ortschaften (Stand 30. Juni 2002). Der Anschlussgrad beträgt für dieses ländliche Gebiet beachtliche 98,7 % und soll in den kommenden Jahren sogar noch erhöht werden. Unterteilt ist der Trinkwassersektor in die drei einzelnen Meisterbereiche Aue, Raschau und Johanngeorgenstadt.

Insgesamt verfügt der ZWW über eine Behälterkapazität von 72.221 m³ in 102 Anlagen. Der älteste Hochbehälter stammt aus dem Jahr 1887. Neben 1.128 km Versorgungsleitungen und 261 km Hausanschlussleitungen betreibt der ZWW noch 11 Wasserwerke sowie 37 Pumpstationen. **Bild 3** gibt eine Übersicht über die Leitungsnetze.

Vorhaben

Die Gesamtmaßnahme, von welcher hier zu berichten ist, wird im Zuge der Beseitigung von Hochwasserschäden an der Verkehrsinfrastruktur von Kommunal- und Staatsstraßen durch den Freistaat Sachsen gefördert.

Das Straßenbauamt Zwickau finanziert das Vorhaben im Sinne einer Beteiligtenleistung. Wegen der Hochwasserschäden muss die Staatsstraße S 273 westlich von Bockau grundhaft ausgebaut werden. Nach diesem Ausbau besteht für die im Straßenbereich liegenden Leitungen (Trinkwasser, Kanal, Strom- und Fernmeldekabel usw.) ein 5-jähriges Bauverbot. Von dieser Regelung sind auch die Fern-

Bild 2: Entsorgungsgebiet ZWW für den Bereich Abwasser



Bild 3:
Übersichtsplan
der Leitungs-
netze



wasserleitung Auer-Ring und diverse Ortsnetzleitungen betroffen.

Die zu erneuernde Fernwasserleitung wurde in den 50er Jahren aus Stahlrohren mit einer äußeren und inneren Bitumenbeschichtung gebaut. Die Leitung ist in einem sehr schlechten Zustand. Teilabschnitte wurden bereits in den 80er Jahren erneuert. Bis in die 90er Jahre traten im Mittel jährlich drei Rohrbrüche auf. Der danach zu verzeichnende Rückgang des Wasserbedarfes führte zu einer Verringerung auf etwa einen Schaden pro Jahr. Grund dafür ist die Verringerung der Fließgeschwindigkeit, mit der auch eine Absenkung der Druckstoßhöhen einhergeht.

Betreiber und Eigentümer der Leitung ist der zuvor genannte Zweckverband Wasserwerke Westergebirge in Schwarzenberg.

Im Zuge des Straßenbaues war ein Teilabschnitt der Fernleitung von ca. 900 m Länge zwischen dem Abgangsbauwerk Bockau und den Schnittgrenzen zum Straßenbau zu erneuern. Mit der Planung der Maßnahme wurde bks – Ingenieurbüro für Wasser- und Abwassersysteme GbR in Wilkau – Haßlau beauftragt.

Planung

Aufgrund des verringerten Wasserbedarfes und auch der absehbaren künftigen Entwicklung wurde für die Erneuerung die Nennweite 400 als hydraulisch günstiger Querschnitt ermittelt.

Das Fernwassersystem Auer-Ring wird von einem auf 602,0 NN liegenden Reinwasserbehälter im WW Sosa gespeist. Das Abgangsbauwerk Bockau liegt auf ca. 437,0 NN. In diesem Abschnitt ist die vorhande-

ne Stahlrohrleitung DN 500 in der Druckstufe PN 25 ausgeführt. Für die Erneuerung in DN 400 wurde unter Beachtung aller relevanten Randbedingungen ebenfalls die Druckstufe PN 25 festgelegt. Im Bereich des zu erneuernden Teilabschnittes sind keine Hochpunkte vorhanden. Bei Station 0+021.6 liegt ein Tiefpunkt mit einem Abgang DN 150 als Entleerungsleitung zum Bockauer Dorfbach.

Als Rohrmaterial wurden Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 [1], Wanddickenklasse K 9 mit der formschlüssigen, längskraftschlüssigen TYTON-BLS-Steckmuffen-Verbindung gewählt (**Bild 4**).

Die Rohre sind außen mit einer Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach DIN 30674, Teil 2 [2] geschützt. Ihr Innenschutz besteht standardmäßig entsprechend DIN EN 545 aus einer Zementmörtel-

Bild 4: Schnittzeichnung der BLS-Steckmuffenverbindung mit Zementmörtel-Umhüllung

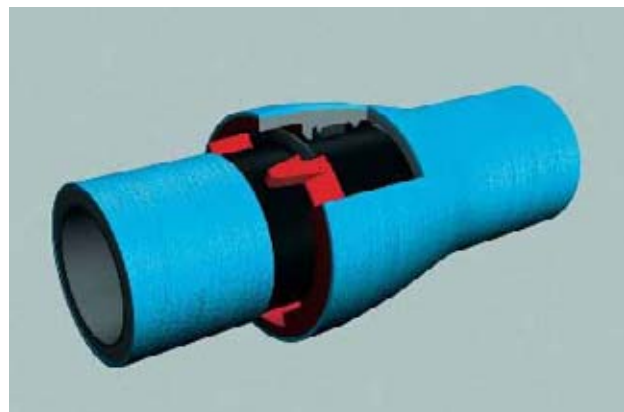




Bild 5: Ausbau der Stahlrohre

Auskleidung (ZM-A) mit einem Anwendungsbereich nach DIN 2880 [3].

Hinsichtlich der Belastungen aus dem Innendruck können diese Rohre nach DIN EN 805 [4] und DIN EN 545 unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 3,0 für PFA = 42 bar bzw. PMA 51 bar eingesetzt werden.

PFA - Höchster hydrostatischer Druck, dem ein Rohrleitungsteil im Dauerbetrieb standhält.

PMA - Höchster zeitweise auftretender Druck incl. Druckstoß, dem ein Rohrleitungsteil im Betrieb standhält.

Im vorliegenden Anwendungsfall weist das gewählte Rohrmaterial sehr hohe Sicherheitsreserven auf. Diese Wahl ermöglicht in Kombination mit dem eingesetzten Einbauverfahren die wirtschaftlichste und technisch beste Lösung. Die Leitung wird durchgehend mit der längskraftschlüssigen BLS-Steckmuffen-Verbindung ausgeführt, wodurch an den Richtungsänderungen die Betonwiderlager und an den Leitungsenden die Presswände für die Druckprüfung entfallen.

Im Zuge der Straßenplanung zur S 273 wurde ein Baugrundgutachten erstellt. Dabei wurden 13 Bohrsondierungen bis 2,50 m unter GOK bzw. 6,3 m im Uferbereich des Dorfbaches und vier Kernbohrungen bis 8,00 m Tiefe niedergebracht und ausgewertet.

In Höhe der Rohrzone der geplanten Fernleitung wurde im Wesentlichen Hangschutt (Bodenklasse 3 – 5) angetroffen. Dieser ist als gut tragfähig einzustufen. Eine zusätzliche Baugrundverbesserung im Rohrgraben war nicht erforderlich. Aufgrund von oberflächlich am Fahrbahnrand sichtbaren Felsauftragungen waren jedoch einzelne Felsausläufer bis in den Rohrgraben hinein anzunehmen. Deswegen waren für einzelne Rohrgrabenabschnitte die Bodenklasse 7 und wechselnde Auflagerbedingungen für die Rohre nicht auszuschließen. Wegen der hohen mechanischen Belastbarkeit stellt dies für Rohre aus

duktilen Gusseisen kein Problem dar. Für die gesamte Rohrgrabenlänge hat der Baugrundgutachter Längsdrainagen empfohlen, um das anfallende Niederschlags- bzw. Schichtenwasser abzuführen. Nach Bauende waren die Drainagen mit Betonplomben zu verschließen.

Baudurchführung

Die neue Leitung DN 400 wurde in der Trasse der

Bild 6: Einbau der neuen Rohre DN 400 aus duktilem Gusseisen

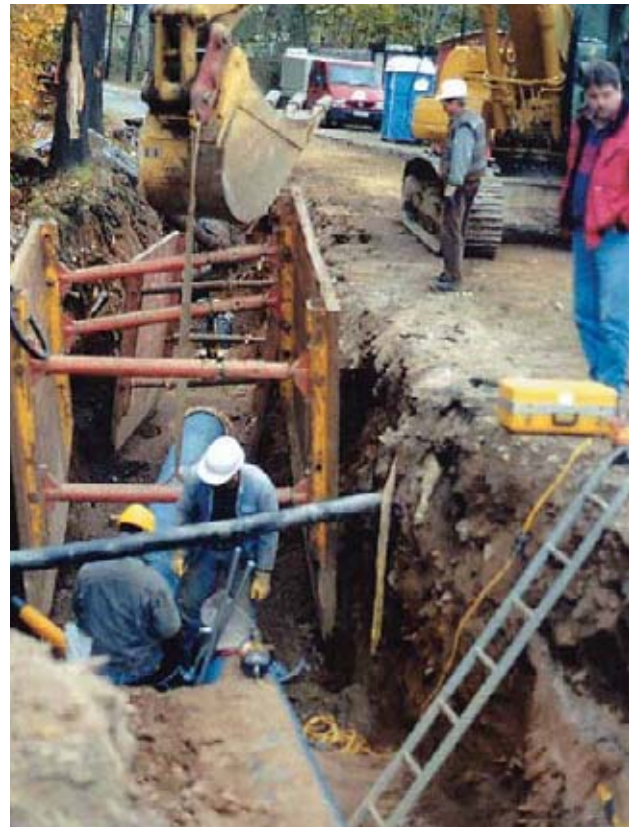




Bild 7: Einbau der neuen Rohre DN 400 aus duktilem Gusseisen

vorhandenen Leitung DN 500 eingebaut. Die alten Stahlrohre DN 500 mussten deswegen aufgenommen und ausgebaut werden (**Bild 5**).

Der Rohrgraben wurde auf einer Länge von 12 – 14 m geöffnet, die Stahlleitung DN 500 ausgebaut und dann die Grabensohle hergestellt. Das neue duktile Gussrohr DN 400 wurde in den Rohrgraben abgelassen (**Bild 6**) und die längskraftschlüssige BLS-Steckmuffen-Verbindung mit dem Einbaugerät V 302 montiert (**Bild 7**).

Die Muffen-Verbindungen wurden mit ZM-Schutzmanschetten nachträglich geschützt. Der Rohrgraben musste nach dem Einbau der Rohre sofort wieder verfüllt werden, damit die Zufahrtmöglichkeit zur Baustelle erhalten blieb (**Bild 8**).

Wegen der Zufahrt zur Baustelle konnte der Rohrgraben nur auf einer Länge von max. 12-14 m geöffnet werden. Weil die alte Stahlleitung DN 500 gleichzeitig mit dem Einbau der neuen Leitung DN 400 ausgebaut werden sollte, konnten nur Rohre mit einer Baulänge von 6 m eingesetzt werden.

Die zur Montage der Rohrverbindung benötigte Zeit ist für die Wirtschaftlichkeit von entscheidender Bedeutung. Die längskraftschlüssige BLS-Steckmuffen-Verbindung DN 400 kann von 2 Monteuren in 15-20 min. montiert werden. Im Vergleich dazu liegt der Aufwand für die Schweißverbindungen von Stahl-

rohren, wo außer der reinen Schweißzeit auch der Aufwand für das Nachisolieren zu beachten ist, deutlich höher, woraus sich der wirtschaftliche Vorteil der Gussrohrlösung ableiten lässt.

Inbetriebnahme der Leitung

Das im späteren Betrieb durch die Leitung zu transportierende Wasser ist sehr weich und nicht gepuffert. Es hat einen $K_{S4,3}$ -Wert $< 1,0$ mmol/l und einen pH-Wert von 8,6. Es können Stagnationszeiten bis zu 6 Std. auftreten.

Deswegen war vor der Inbetriebnahme der Leitung eine Behandlung der Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A) nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 346 [5] erforderlich. Die für die Maßnahme eingesetzten Rohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 sind mit einem Mörtel auf Basis Hochofenzement (HOZ) ausgekleidet.

Zur Vermeidung von pH-Wert-Veränderungen des Wassers in Stagnationsphasen hat sich in der Praxis eine bauseitige Behandlung mit CO_2 -Gas bewährt. Dazu muss die Auskleidung der Rohre trocken, möglichst im Anlieferungszustand, bleiben. Nach dem Einbau wird die Leitung zuerst mit Luft auf Dichtheit geprüft, was noch nicht die in DIN EN 805 geforderte Druckprüfung vor Inbetriebnahme ersetzt. Danach wird von einer Dosierstelle aus, welche meist an einem Leitungsende installiert ist, die Leitung mit CO_2 -Gas gespült. Wenn das an den Leitungsenden austretende Gas eine CO_2 -Konzentration von über 90 % erreicht hat, werden die Leitungsenden verschlossen und ein Druck von 3-5 bar aufgebaut. Das in Wasser unter pH-Wert-Anhebung lösliche Calciumhydroxid des Zementmörtels reagiert mit dem CO_2 -Gas und wird in unlösliches Calciumcarbonat umgewandelt, wobei die Dichte des Mörtels zunimmt. Die oberste Schicht der so behandelten Auskleidung verhält sich neutral gegenüber dem zu transportierenden Wasser: sein pH-Wert wird nicht mehr bzw. nur noch unwesentlich beeinflusst. Je nach Witterung dauert diese Behandlung 4–7 Tage; in Ausnahmefällen kann sie jedoch auch eine längere Zeit in Anspruch nehmen. Sie ist beendet, wenn kein Verbrauch von CO_2 -Gas mehr festgestellt wird (das CO_2 -Gas findet keinen Reaktionspartner mehr). Die vorstehend beschriebene Behandlung der Zementmörtel-Auskleidung gemäß DVGW W 346 hat keinen Einfluss auf die Haltbarkeit und Nutzungsdauer der Auskleidung. Eher wird der natürliche Konditionierungsprozess junger Zementmörtel-Auskleidungen beschleunigt.

Nach der geschilderten CO_2 -Behandlung wurde die Dichtheitsprüfung nach DIN EN 805 durchgeführt und gleichzeitig die Desinfektion vorgenommen. Bei der Desinfektion war zu beachten, dass nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 346 Wasserstoffperoxid und Natriumhypochlorit (Chlorbleichlauge) bei alkalischen Wässern eine nur mäßig ausreichende Desinfektionswirkung besitzen. Wesentlich besser wirken



Bild 8: Nach dem Einbau der neuen Rohre DN 400 sofort wieder verfüllter Rohrgraben

bei derartigen Wässern Chlordioxid und Wasserstoffperoxid + 1 % Phosphorsäure als Desinfektionsmittel.

Abschließende Bemerkung

Die in das gewählte Rohrmaterial in punkto Wirtschaftlichkeit und technische Sicherheit gesetzten Erwartungen wurden voll erfüllt. In enger Zusammenarbeit von Auftraggeber, Planer, ausführenden Firmen und Rohrlieferanten wurde in einer kurzen Bauzeit ein anspruchsvolles Bauwerk vollendet.

Planung:
bks Ingenieurbüro für Wasser- und Abwassersysteme GbR, Wilkau-Haßlau

General-Auftragnehmer:
Wolfgang Günther GmbH, Langenweißbach

Rohrbau:
Strüder GmbH, Schneeberg

Literatur

- [1] DIN EN 545: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen - Anforderungen und Prüfverfahren
- [2] DIN 30 674: Teil 2: Umhüllung von Rohren aus duktilem Gusseisen; Zementmörtel-Umhüllung
- [3] DIN 2880: Anwendung von Zementmörtel-Auskleidung für Gussrohre, Stahlrohre und Formstücke
- [4] DIN EN 805: Wasserversorgung, Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
- [5] DVGW-Arbeitsblatt W 346: Guss- und Stahlrohrleitungsteile mit ZM-Auskleidung – Handhabung

Suchwörter:

Trinkwasser-Fernleitung
Sicherheitsreserven
Druckstoß
Zugfeste Verbindung
Felsiger Baugrund
Schnelle Montage
CO₂-Konditionierung
Zementmörtelauskleidung
pH-Wert
Dichtheitsprüfung

Duktile Gussrohre für Beregnungsanlage Knoblauchsland

von Sonja Buchholz

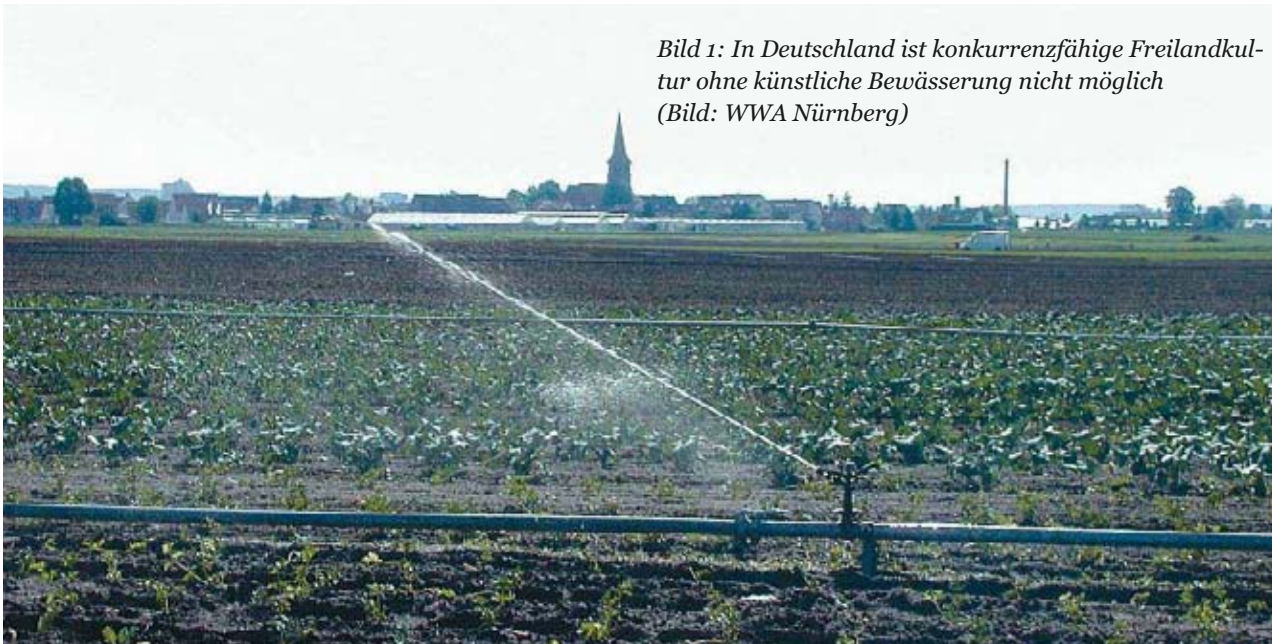


Bild 1: In Deutschland ist konkurrenzfähige Freilandkultur ohne künstliche Bewässerung nicht möglich (Bild: WWA Nürnberg)

Für das Gemüseanbauggebiet „Knoblauchsland“ in Bayern wurde das gesamte Beregnungssystem neu strukturiert. Schon bei der Planung der Anlage kam heraus, dass Gussrohre die technisch sinnvollste, aber auch preisgünstigste Lösung sind.

Das Knoblauchsland im Norden von Nürnberg versorgte die Stadt schon vor 600 Jahren mit Erzeugnissen aus der Landwirtschaft. Heute ist es mit 2.300 ha Bayerns größtes zusammenhängendes Gemüseanbauggebiet und beliefert das Land mit den unterschiedlichsten Gemüsesorten und Kräutern (**Bild 1**). Da in Deutschland, speziell im wasserarmen Franken, eine konkurrenzfähige Freilandkultur ohne künstliche Bewässerung nicht möglich ist, schlossen sich schon 1960 die Grundstückseigentümer zum „Wasserverband Knoblauchsland“ zusammen. Heute gehören dem Verband 262 Mitglieder mit ca. 560 ha Beregnungsfläche an.

Altes System erfüllt die Ansprüche nicht mehr

Im alten System existierten 49 verschiedene Beregnungsanlagen, davon 25 Anlagen mit Speicherbe-

cken, die von 58 Brunnen gespeist wurden, von denen 8 tiefer als 100 m waren. 75 km Rohrleitung verteilten das Wasser im gesamten Gebiet. Die genehmigte Jahreswassermenge betrug 1,9 Mio. m³. Mit diesen alten Beregnungsanlagen gab es folgende Probleme, so dass neue Konzepte erarbeitet werden mussten:

- hohe Belastung des oberflächennahen Grundwassers mit Nitrat
- Grundwasser reicht für die sichere und bedarfsgerechte Beregnung nicht mehr aus
- über Tiefbrunnen kann Nitrat in das Grundwasserstockwerk des Benkersandsteins gelangen. Dieses Stockwerk ist wichtig für die Trinkwasserversorgung.

Umstrukturierung des Bewässerungssystems

Das neue Konzept setzt auf eine Beregnungsanlage für das gesamte Gebiet. Das alte Brunnenensystem wurde durch 8 Flachbrunnen im Südwesten des Knoblauchslandes ersetzt. Diese Flachbrunnen gewinnen Wasser aus Uferfiltrat der Regnitz.

Von dieser Brunnenanlage war im Jahre 1999 eine 7,6 km lange Hauptförderleitung DN 600 aus dukti-

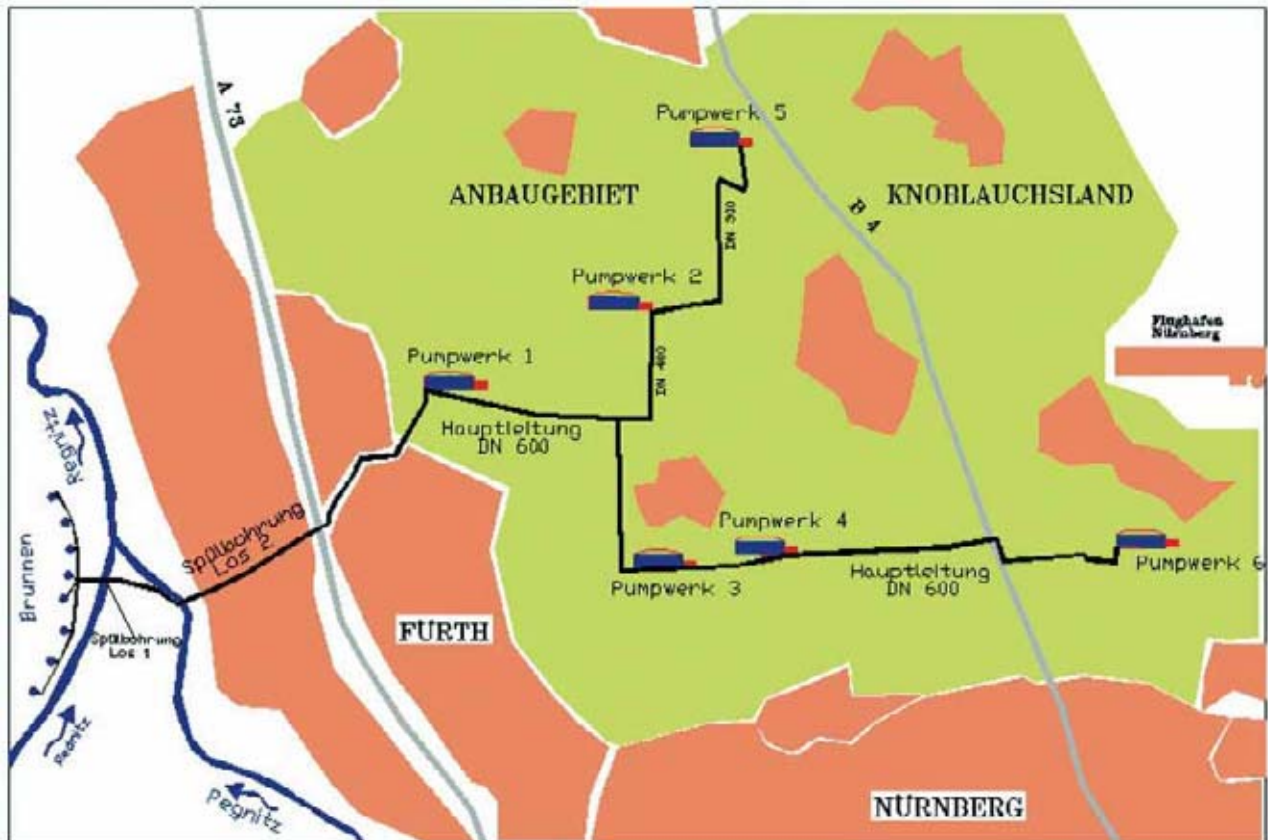


Bild 2: Das Knoblauchland, Bayerns größtes zusammenhängendes Gemüseanbauggebiet, liegt nördlich von Nürnberg. (Bild: WWA Nürnberg)

lem Gusseisen von den Brunnen zum Pumpwerk 1 gebaut worden. Dabei wurde damals mit duktilen Gussrohren DN 600 eine Rekordmarke für das Horizontal-Spülbohr-Verfahren gesetzt [1], [2]. Das Wasser wird an 6 Pumpwerke mit jeweils 6000 m³ Speicherbecken weitergeleitet (**Bild 2**), von denen jedes 8 bis 10 „alte“ Beregnungsanlagen zusammenfasst, die vorher als Inselanlagen betrieben wurden. Dabei stellte sich das Problem, dass trotz der uneinheitlichen Struktur und unterschiedlicher Wettereinflüsse jede Beregnungsfläche zu jeder Zeit

mit ausreichendem Druck betrieben werden können muss. D. h., auch für Felder am Rande des Versorgungsgebietes muss immer eine ausreichende Wassermenge verfügbar sein. Dieses Problem wurde durch sternförmig um die Pumpwerke angeordnete Hauptleitungen gelöst. Diese Leitungen bestehen aus duktilen Gussrohren und haben eine Gesamtlänge von 25 km im Nennweitenbereich DN 200 und DN 300. Für die davon abgehenden Versorgungsleitungen der Nennweiten DN 80 bis DN 150 mit einer Gesamtlänge von 25 km



Bild 3: Die Baumaßnahme stellte hohe Anforderungen an das Material. Nach Prüfung aller Kriterien stellten duktile Gussrohre die einzige Lösung dar. (Bild: WWA Nürnberg)

Bild 4: Durch den Einsatz von Krümmern mit zugfesten Muffen konnte auf den Einsatz von Betonwiderlagern verzichtet werden.

(Bild: WWA Nürnberg)



lag die Materialwahl bei den Eigentümern der Kulturlflächen.

Mit diesem neuen Konzept sollen:

- der Gemüse- und Sonderkulturenanbau und die Trinkwasserversorgung im Knoblauchsland gesichert werden
- die Grundwasserverhältnisse nachhaltig verbessert werden
- die Wasserführung in Gründlach und Landgräben gleichmäßiger werden.

Hohe Ansprüche an das eingesetzte Material

Der Einbau der Rohrleitungen musste einem äußerst engen Zeitplan folgen, um Verdienstaufschläge der anliegenden Grundstückseigentümer nach Möglichkeit zu vermeiden. Daher war die Materialauswahl hier von entscheidender Bedeutung.

Schnelle und sichere Montage

Die Bauzeit für die Leitungen war sehr eng begrenzt. Um nicht in die Pflanz- und Saatsaison zu geraten, musste eine hohe Termintreue gewährleistet sein. Dadurch wurden sehr kleine Bauabschnitte erforderlich sowie ein Material, dessen Einbauqualität von der Witterung unabhängig ist. Um die Sicherheit eines schnellen Einbaus zu erreichen, sollten zudem unbedingt Erfahrungen mit dem Material vorliegen. Rohre aus duktilem Guss erfüllten diese Kriterien (**Bild 3**). Die schnelle Montage der Muffenrohre stach alle zu schweißenden oder zu laminierenden Materialien schon aus Zeitgründen aus.

Unempfindlichkeit gegenüber Druckstößen

Bei 1000 m³/h Wassermenge und einem Betriebsdruck von 8,5 bar können die Druckstöße, die durch gleichzeitiges Ein- oder Ausschalten der Beregnungsanlagen entstehen, durch einen Druckausgleich nicht mehr kostengünstig kompensiert wer-

den. Daher muss das Material diese Aufgabe übernehmen und eine hohe Unempfindlichkeit gegenüber Druckstößen aufweisen.

Zudem sollte das Rohrnetz so ausgelegt sein, dass bei einer Erweiterung des Versorgungsgebietes auch höhere Drücke ohne Probleme gefahren werden können.

Vermeidung von Widerlagern

Die Hauptleitung hat einen Nenndruck von PN 16. Bei Richtungsänderungen der Leitung sind Betonwiderlager unvermeidlich, wenn keine zugfeste Verbindung zwischen den Rohren besteht. Da für die Grundstückseigentümer der Einbau von großen Be-

Bild 5: Da die Leitungen konsequent neben Straßen und Wegen verlegt wurden, brauchten die Baumaschinen nicht über die Felder zu fahren.

(Bild: WWA Nürnberg)

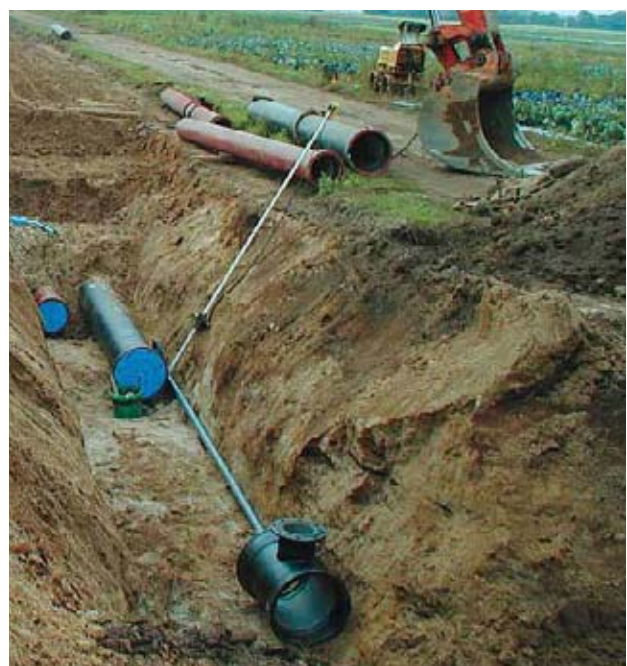




Bild 6: Durch den Verzicht auf den Einbau einer Sandbettung konnte Zeit und Geld gespart werden. (Bild: WWA Nürnberg)

tonwiderlagern in ihre Felder ein großes Problem darstellte, kamen nur Rohre mit zugfesten Verbindungen infrage. Die zugfeste TIS-K-Verbindung kann die auftretenden Spannungen problemlos aufnehmen (Bild 4).

Schmale Leitungszonen

Bei dieser Baumaßnahme waren schmale Leitungszonen gefragt, da diese eine Verringerung der Grunddienstbarkeiten bedeuten. In bestimmten Bereichen konnte die Grunddienstbarkeit durch den Einsatz von Gussrohren auf 2 m beschränkt werden, da durch die Druckunempfindlichkeit der Rohre keine Mindestabstände beim eventuellen Neubau von Gebäuden eingehalten werden müssen.

Rohreinbau neben Verkehrswegen

Die Rohre der Hauptleitungen wurden auf der gesamten Strecke neben Straßen und Wegen eingebaut (Bild 5). Dies hatte folgende Vorteile:

Der Weg ist für Baustellenverkehr nutzbar, so dass keine schweren Baumaschinen über die Felder fahren und den Boden verdichten, zudem ist damit der Baustellenverkehr weitgehend unabhängig von der Witterung.

Der für die Landwirtschaft sehr wertvolle Oberboden wurde auf dem Feld gelagert, die unteren Bodenschichten auf dem Weg, so dass auf den Feldern keine Vermischung von Ober- und Unterboden stattfinden konnte.

Sollten in der Zukunft Arbeiten an der Leitung notwendig werden, müssen keine hochwertigen Oberflächen zerstört und wieder hergestellt werden.

Einbau ohne Sandbettung

Auf eine Sandbettung konnte aufgrund des eingesetzten Materials verzichtet werden. Durch die mit einer Sandbettung verbundene Aushubentsorgung und den Zukauf und Einbau von Sand wäre die Baumaßnahme unnötig verteuert worden. Stattdessen wurde der Rohrgraben ausgehoben und die unteren 10 cm mit dem Bagger aufgelockert. Der ausgehobene Boden wurde komplett wieder eingebaut und stark verdichtet. Dadurch besteht keine Setzungsgefahr (Bild 6).

Um einer möglichen Beschädigung der Rohre durch bodenbedingte Korrosion vorzubeugen, wurden ausführliche Bodenuntersuchungen vorgenommen (z. B. pH-Wert). Das Anstehen von Fels wurde durch eine linienförmige Trassenerkundung mit refraktionsseismischen Messungen ausgeschlossen.

Fazit

Bei dieser Baumaßnahme wurde die Auswahl des Werkstoffes schon durch die bautechnischen und ökonomischen Randbedingungen stark eingegrenzt. Die Eigenschaften der Gussrohre wie Robustheit und Montagefreundlichkeit kamen hier voll zum Tragen. Das Vorurteil, dass Gussrohre per se die teurere Lösung sein müssen, wurde bei dieser Baumaßnahme widerlegt. Im Gegenteil: es zeigte sich, dass bei guter ingenieurtechnischer Vorarbeit und konsequenter Ausnutzung aller Materialmöglichkeiten schon in der Planung mit duktilen Gussrohren äußerst günstige Leitungssysteme erstellt werden können. Der reine Rohrpreis spielt dabei hinsichtlich der Kosten für die fertige Leitung eine untergeordnete Rolle.

Literatur:

- [1] Fitzthum, U., Jung, M. und Landrichter, W.: Eine Baumaßnahme der besonderen Art: 1100 m Leitungsbau mit duktilen Gussrohren DN 600 blieb von den Anliegern unbemerkt. GUSSROHRTECHNIK 35 (2000) S. 33
- [2] Landrichter, W.: Europarekord mit duktilen Gussrohren
bi Umwelt Bau 2 (2000), S. 34

Suchwörter:

Witterungsunabhängige Einbauqualität
Druckstoßunempfindlichkeit
Zugfeste Verbindungen
Schmale Leitungszone

Umschlagseiten/Bildnachweis

Titelseite: Drei vormontierte Rohre werden mit einer Traverse auf die Einzugsrampe abgesenkt (Foto: S. Buchholz)
Layout: Hirth und Winkler GmbH,
Gafik Layoutsatz

Rückseite: Einzug des Rohrstranges in den Stahlbetonvortrieb (Foto: R. Moritz)

Impressum

Herausgeber und Copyright:
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e. V.
Wittestraße 30 K
13509 Berlin
Tel: 030/435 72 580, Fax: 030/435 72 400
e-mail: fgr-berlin@t-online.de
www.gussrohrtechnik.de

