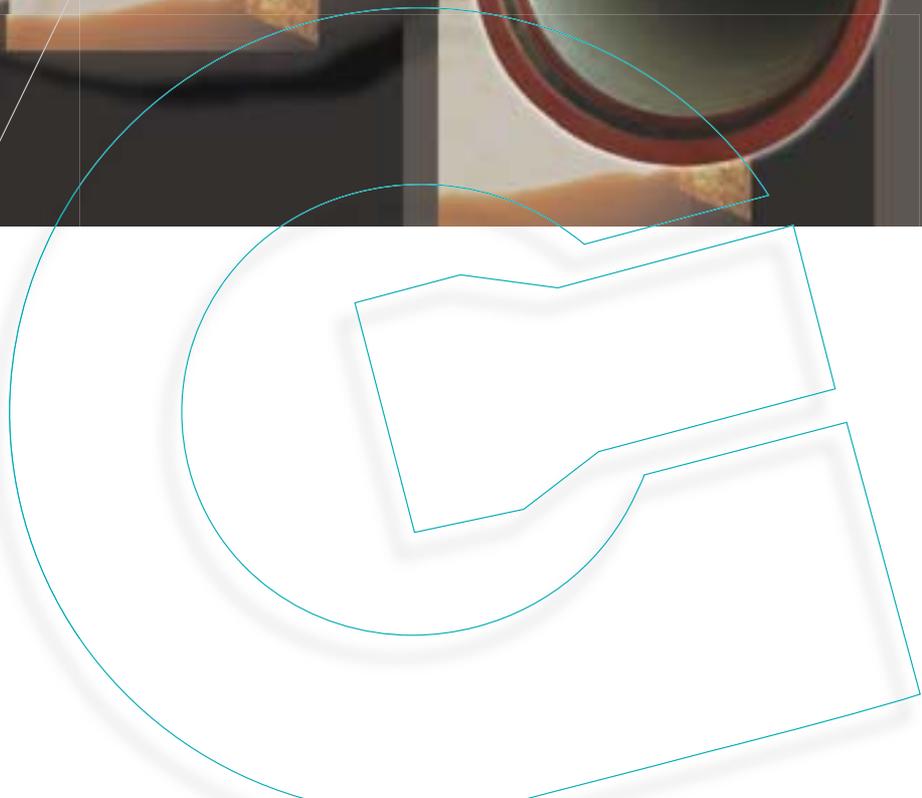
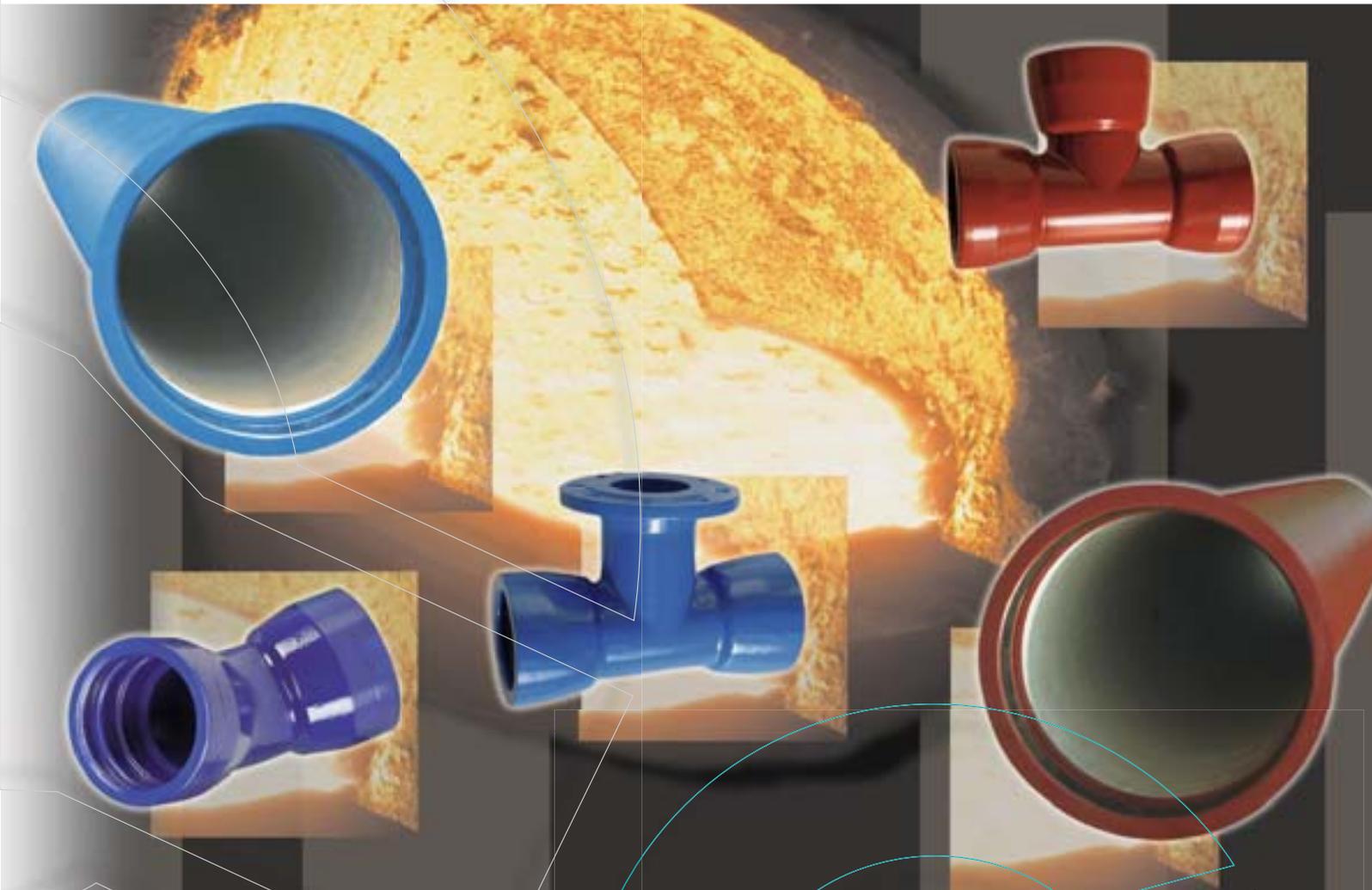




GUSSROHR-TECHNIK

Informationen der Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme

42



- 4 **Brief des Herausgebers**
- 4 **Schnellübersicht**
- 8 **Abwasserleitung DN 200**
Duktile Kanalrohre auf duktilen Rammpfählen – das passt !
Von Lutz Rau
- 11 **Abwasserleitung DN 400 bis DN 600**
Kanalerneuerung in der Fruchthallstraße in Kaiserslautern
Von Wolfgang Schwichtenberg
- 16 **Abwasserleitung DN 600**
Erneuerung eines Abwasserkanals in der Berliner Tiergartenstraße
Von Jürgen Rammelsberg
- 20 **Regenwasserleitung DN 700**
Einbau von duktilen Gussrohren DN 700 im Ortsbereich
Regenwasserleitung im Bestand
Von Hanno Meister
- 24 **Regenwasserleitung DN 700 und DN 800**
Wartungshalle der Superlative – Duktile Kanalrohre für die A 380 Werft
Von Stephan Hobohm
- 28 **Epoxidharz-Pulverbeschichtung**
Epoxidharz-Pulverbeschichtung von Formstücken
Von Udo Müller und Martin Herker
- 31 **Technisches Email – ein effizienter Rundumschutz**
Komplettemaillierte Komponenten für die Wasserversorgung
Von Rüdiger Werner und Franz-Josef Behler
- 37 **Wasserleitung DN 100**
Erneuerung der Wasserleitung DN 100 im Ortsnetz
Ellingshausen, Gemeinde Knüllwald
Von Michael Lorenz und Karl-Wilhelm Römer
- 39 **Wasserleitung DN 200**
Zweckverband Wasserversorgung Ostalb – Verbesserung der
Versorgungssicherheit im südwestlichen Verbandsgebiet
Von Hans Günther Simon und Helmut Kolb
- 43 **Wasserleitung DN 200 und DN 300**
Verbesserung der Druckverhältnisse in Wiesenbach – Erster Bauabschnitt
Von Holger Gersten

- 46** **Wasserleitung DN 200 und DN 300**
Stadtwerke Backnang GmbH
Äußere Erschließung Katharinenplaisir–Zeller Weg
Von Hans-David Riker und Jörg Schröder
- 49** **Wasserleitung DN 400**
Neue Verbundleitung von Ludwigshafen nach Altrip
Von Bernd Frank und Oliver Scharffenberger
- 53** **Wasserleitung DN 400**
Neubau einer Wasserversorgungsleitung DN 400 für die Stadt Sonthofen
Von Hans Mahlau und Thomas Schneider
- 57** **Wasserleitung DN 500**
Instandsetzung der Talsperre Klingenberg
Ersatzrohrwasserversorgung während der Bauzeit
Von Matthias Krug und Michael Humbsch
- 62** **Zustandsbewertung von Gussrohrleitungen**
Zustandsbewertung von Gussrohrleitungen
anhand materialtechnischer Kenndaten
Von Hans-Christian Sorge
- 67** **Beschneiungsanlage DN 100 bis DN 250**
Glacier 3000 – Oldenkessel
Von Thomas Ammon
- 72** **Kühlwasserleitung DN 400**
DSK Bergwerk Saar
Schacht Primsmulde – Zentrale Kälteanlage
Von Herbert Drost und Thomas Kessler
- 78** **Kraftwerkszuleitung DN 800**
Einsatz duktiler Gussrohre für alpine Triebwasserleitungen
Wasserkraftwerk Dorferbach der TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG
von Andreas Moser und Robert Boes
- 83** **Langrohrrelining DN 800**
Relining DN 800 im Bereich Ostharz bei Güsten
Moderne Verfahren der Rohrleitungssanierung
im Netz der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH
Von Michael Haupt
- 90** **Horizontal-Spülbohrung DN 900**
Einbau duktiler Gussrohre mit gesteuerter Horizontalbohrtechnik HDD
Rekordbohrung DN 900 in Valencia
Von Steffen Ertelt, Hermann Lübbers und Pablo Ramón

Brief des Herausgebers

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

über unterschiedliche Einsatzbereiche der Guss-Rohrsysteme informieren wir Sie in der neuesten Ausgabe, dem Heft 42 der GUSSROHR-TECHNIK.

Bodenmechanische Betrachtungen, verkehrstechnische Vorgaben und meist in erster Linie wirtschaftliche Gesichtspunkte begründen den Einbau duktiler Kanalrohre im gesamten Nennweitenspektrum. Die Materialeigenschaften duktiler Guss-Rohrsysteme ermöglichen dem Planer sogar Lösungen, wenn z. B. Belastungen durch höchste Verkehrslasten zunächst außerhalb des Technischen Regelwerks liegen.

Trinkwasserleitungen werden im Ortsnetz als Verteilerleitungen oder Hauptleitungen konzipiert. Grundbauliche oder hydraulische Kriterien lassen es oftmals sinnvoll erscheinen, duktile Gussrohre z. B. in den Nennweiten DN 100 bis DN 500 einzubauen. Bei diesen Nennweiten kann es sich auch um überörtliche Zuleitungen handeln.

Zu jedem Leitungsnetz gehören natürlich Formstücke. In zwei Aufsätzen werden die Beschichtungen von Formstücken beschrieben –

die Epoxidharz-Pulverbeschichtung und die Emaillierung. Neben der Schilderung der modernen Verfahrenstechnik nehmen Anforderungen und Prüfmethode breiten Raum ein.

Netzbetreiber interessiert unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten der Zustand ihrer Netze. Die Kurzfassung einer Dissertation befasst sich mit der Zustandsbewertung von Gussrohrleitungen. In einem Praxisbericht wird dieses Werkzeug der Zustandsbewertung bei der Entscheidung über eine Sanierung angewendet.

Die im Heft 42 zuletzt aufgeführten Projektberichte präsentieren besondere Anwendungen von Guss-Rohrsystemen. Möge die Lektüre Ihnen zu vielen Anregungen verhelfen!

Es grüßt Sie herzlich



Raimund Moisa

Schnellübersicht

■ ____ Instabile Bodenverhältnisse, hoher Grundwasserstand, schmale Anliegerstraße mit vorhandenen Häusern, Neubau einer Abwasserleitung mit Minimalgefälle, mehr kann man die Gestaltungsmöglichkeiten nicht mehr einengen. Die pfiffige Lösung: Pfahlgründung mit duktilen Rammpfählen, gegossene Auflagersättel, darauf die duktilen Kanalrohre DN 200.

Alles wurde schnell und unauffällig abgewickelt, die Anwohner wurden kaum belästigt dank Systemtechnik aus einem Guss!

____ Seite 8

■ ____ Wieder sind es instabiler Boden, hoher Grundwasserstand, Hauptverkehrsachse zum Fritz-Walter-Stadion in Kaiserslautern, und hier muss ausgerechnet vor der Fußball-WM 2006 ein maroder Abwasserkanal dringend erneuert werden. Die Lösung bestand aus zwei zeitlich getrennten Maßnahmen: mit der ersten wurden Bohrpfähle aus Stahlbeton abgeteuft, deren Höhe der späteren Kanalsole entspricht.

Ein Rohrgraben war in dieser Phase nicht nötig. Nachdem die Pfähle fertig waren, begann die Phase II mit dem Kanalrohreinbau. Vorteil der duktilen Kanalrohre: nur alle 6 m ist eine Pfahlgründung erforderlich. Gespart wurden tiefer Verbau, Grundwasserhaltung, erheblicher Massentransport von Aushub und Verfüllmaterial.

____ Seite 11

■ _____ Die Berliner Tiergartenstraße wurde nach der Wiedervereinigung durch den extrem dichten Baustellenverkehr für den Wiederaufbau des Potsdamer Platzes sowie durch Neubau bzw. Erneuerung von acht großen Repräsentativbauten zu einer Schwerlastverkehrsachse. Der etwa 90 Jahre alte Mischwasserkanal mit der relativ geringen Überdeckung zwischen 0,9 und 1,7 m war diesen dynamischen Lasten nicht gewachsen und musste gleichzeitig mit der alten Trinkwasserleitung erneuert werden. Für beide Aufgaben war das duktile Gussrohr prädestiniert. Das biegeweiche Kanalrohr DN 600 steht für höchste statische Sicherheit; seine Baulänge von 6 m gilt der Baufirma als Garant für schnellen Baufortschritt und beste Wirtschaftlichkeit.

_____ Seite 16

■ _____ Sehr eng geht es unter einer ohnehin schmalen Wohnstraße zu: zusätzlich zu den schon vorhandenen Trinkwasserleitungen, einem Mischwasserkanal, einer Gasfernleitung, Kabeln muss wegen der Erschließung neuen Baulandes ein Regenwasserkanal DN 700 untergebracht werden, weil die Bodenverhältnisse eine ortsnahe Versickerung des Wassers auf den neuen versiegelten Flächen nicht zulässt. Diese Aufgabe ist nur von extrem dünnwandigen Regenwasserrohren aus duktilem Gusseisen zu lösen, einem flexiblen Komplettsystem mit Schachtanschlussstücken, Bögen und Hausanschlussstätteln, die notfalls auch später an die liegende Leitung montiert werden können.

_____ Seite 20

■ _____ So, wie das weltgrößte Passagierflugzeug alle bisherigen Maßstäbe sprengt, ist die vorhandene Infrastruktur zur Wartung dieses Supervogels zu klein; sie muss neu gebaut werden. Dabei mussten sogar die Bemessungsgrenzwerte für die noch nie da gewesenen Radlasten im geltenden Technischen Regelwerk neu berechnet werden. Das Erstaunlichste ist, dass für die Regenentwässerung der neuen Flugzeugwerft und ihrem Vorfeld das Standardkanalrohr aus duktilem Gusseisen ohne zusätzliche Lastverteilungsmaßnahmen vollkommen ausreicht.

_____ Seite 24

■ _____ Ein modernes, ökologisch korrektes Schutzverfahren für Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen wird näher beschrieben. Mit Robotertechnik im Wirbelsinterbett wird ein extrem gleichmäßiges und hohes Qualitätsniveau bei Großserienteilen erzielt, kleinere Serien werden von Hand mit der Pulversprühpistole beschichtet.

Der Schutz kennt keine Nähte und Übergänge. Europäische Normung, Selbstverpflichtung zu höherem Qualitätsniveau mit fremd überwachtem RAL-Güteschutz, Trinkwassereignung, neue Anwendungsbereiche, damit ist das ausgereifte Verfahren weiter auf dem Vormarsch.

_____ Seite 28

■ _____ Ein traditionelles Verfahren, die Gussemaillierung, schwingt sich dank frischer glaskeramischer Erkenntnisse zu neuen Höhen auf: die Innenemailierung von Armaturen und Formstücken aus duktilem Gusseisen hat sich in den letzten 25 Jahren etabliert, was gießertechnisch und metallurgisch viel Feinarbeit erforderte.

Die heute dargestellte Innovation besteht in einem neuen Email, welches mit seiner geringen Schlagempfindlichkeit zusätzlich den Außenschutz übernimmt. Vorteile: eine geschlossene Schutzschicht ohne Nähte und Übergänge, stabile Farbgebung, keine Unterwanderung an kleinen Schlagspuren, trinkwasserhygienische Eignung aus Tradition (wie Großmutter's Kochtopf).

_____ Seite 31

■ _____ Der Neubau eines Schmutzwasserkanals war die beste Gelegenheit, eine schadensanfällige und im Durchmesser zu kleine Trinkwasserleitung aus Grauguss zu erneuern. Die Wahl des Rohrwerkstoffes fiel auf duktilen Gusseisen, weil seine Robustheit, seine Lebensdauer und seine Sicherheitsreserven im Einklang mit den eigenen positiven Erfahrungen standen.

Hier wurde in gesamtwirtschaftlichen Dimensionen gedacht!

_____ Seite 37

■ _____ Einer der größten Wasserversorger Baden-Württembergs erneuert und optimiert sein über 120 Jahre altes Versorgungsnetz. Unter Einbeziehung von Wald- und Forstwegen in die Trassenplanung gelingt dem Planer durch Verwendung der robusten duktilen Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung mit einer auf die Landschaft abgestimmten Einbautechnik das Kunststück, 3.400 m Rohre DN 150 und DN 200 zum sensationellen Preis von knapp 120 Euro/m einschließlich Schächten und Armaturen einzubauen.

_____ Seite 39

■ _____ Steigender Wasserverbrauch im Bereich des Gewerbes und von Sportanlagen in einem ländlichen Zweckverband zeugt von gesunder wirtschaftlicher Entwicklung in den südlichen Bundesländern.

Versorgungssicherheit und Druckstabilität werden in bewährter Weise mit Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen hergestellt. Materialeigenschaften, Arbeitsvermögen der Rohre und ihre hochbelastbare Umhüllung sind prädestiniert für den Einbau in den schwierigen Muschelkalkböden.

Schmale Rohrgräben mit der Grabenfräse, Wiederverwendung des groben Fräsgutes zur Rohrbettung, es gibt so schnell kein gutmütigeres Rohr, welches diese Torturen klaglos erträgt.

_____ Seite 43

■ _____ Backnang liegt am Rand des Schwäbisch-Fränkischen Waldes, wegen des steinigen Untergrundes sind die Stadtwerke auf der Suche nach Rohrmaterialien, die auf den Einsatz teuren feinkörnigen Bettungsmaterials verzichten können. Der steinige Grabenaushub soll möglichst vollständig wieder eingebaut werden. Duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung nach DIN EN 15542 sind für diese Aufgabe genau richtig.

Weil die Stadtwerke zudem penibel auf die Qualität ihres Trinkwassers achten, bestehen sie nicht nur auf trinkwassergeeigneten Leitungswerkstoffen mit DVGW-Zertifikat sondern auch auf DVGW-zertifizierten Rohrleitungsbaufirmen.

_____ Seite 46

■ _____ Die Technischen Werke Ludwigshafen erhöhen die Versorgungssicherheit einer Randgemeinde durch den Bau einer 3,2 km langen Trinkwasser-Verbundleitung DN 400 GGG. Dabei sind viele geologische und bautechnische Schwierigkeiten zu bewältigen. Ein Bach und der Rheinhauptdeich sind zu unterqueren, was neben den bautechnischen Problemen zusätzliche Genehmigungs- und Überwachungsverfahren verursacht.

Mit Rohren aus duktilem Gusseisen lassen sich die technischen Anforderungen anstandslos bewältigen.

_____ Seite 49

■ _____ Durch geschickte Trassenplanung und mit der Wahl des geeigneten Rohrmaterials lassen sich verblüffend wirtschaftliche Lösungen beim Bau von Trinkwasserleitungen finden. Mit ihrer fast 3 km langen neuen Trinkwasserleitung DN 400 GGG innerhalb Sonthofens sichern sich die örtlichen Stadtwerke ihre Eigenständigkeit und Unabhängigkeit von der Fernwasserversorgung.

Die Leitung wird überwiegend konventionell im offenen Graben gebaut, Hindernisse werden mit Schutzrohren in Rammbohrtechnik unterquert.

_____ Seite 53

■ _____ Nach 100 Jahren Betrieb muss die Tal Sperre Klingenberg dringend instand gesetzt werden; das geht aber nur, wenn sie vollkommen entleert ist. Sie liefert aber 60 % des Trinkwassers für Dresden und 100 % für Freital und Umgebung. Also muss für die Sanierungsphase eine Ersatzwasserleitung her: sie wird aus duktilen Gussrohren DN 500 gebaut. 3,3 km davon werden in der Sohle eines Druckstollens einbetoniert, 900 m sind erdüberdeckt. Wie die Rohre über 3 km in dem Stollen von 2,2 m Durchmesser transportiert und montiert werden, ist schon spannend genug. Darüber hinaus verlangt das ungepufferte Rohwasser nach einer karbonatisierenden Vorbehandlung der Rohre, was nur eine Vordruckprobe mit Luft erlaubt.

Wieder werden die Anwendungsgrenzen duktiler Gussrohre ausgeweitet!

_____ Seite 57

■ _____ Die langfristige Abnutzung von erdüberdeckten Gussrohren geschieht i. A. durch Korrosionsabtrag, der die Rohrwanddicke vermindert und damit die ursprünglichen Tragfähigkeitsreserven aufzehrt. Aus dieser Kausalkette werden Berechnungsmodelle abgeleitet und an ausgebauten Rohrproben verifiziert. Damit ist es möglich, die zu erwartende Restnutzungsdauer bestehender Leitungsnetze, sowohl mit als auch ohne Schäden, recht genau abzuschätzen. Gerade in den letzten Jahren, in welchen Kommunen ihre Wasserversorgung privatisieren wollen, gewinnt das beschriebene Verfahren an Bedeutung, lässt sich doch damit der Wert des betrachteten Leitungsnetzes recht genau einschätzen.

In diesem Zusammenhang sei auf den Aufsatz Relining DN 800 im Bereich Ostharz bei Güsten von M. Haupt (Seite 83) verwiesen, in dem mit einer Zustandsbewertung die zu erwartende Nutzungsdauer einer Haupttransportleitung abgeschätzt und über ihre Rehabilitation entschieden wurde.

_____ Seite 62

■ _____ Ähnlich technisch anspruchsvoll wie Turbinenleitungen im alpinen Gelände ist der Bau von Beschneiungsanlagen für den Wintersport. Auch hier werden Druckstufen bis 100 bar geplant, hier werden die Rohre in atemberaubender Kulisse an senkrechte Felswände geschraubt, der Rohrtransport wird zum großen Teil mit dem Hubschrauber abgewickelt, dabei kann das Wetter in kürzester Frist umschlagen, kurz, es werden Höchstleistungen von Menschen, Maschinen und vom Material erwartet. Rohre aus duktilem Gusseisen haben hier noch nie enttäuscht!

_____ Seite 67

■ _____ Wärmeisolierte Rohre aus duktilem Gusseisen DN 400, Druckstufen bis 63 bar mit längskraftschlüssigen Verbindungen, solch technische Herausforderungen gibt es eigentlich nur beim Bergbau. Im vorliegenden Fall wird Kühlwasser zur Wetterkühlung in eine Tiefe von über 1.400 m befördert und wieder hochgepumpt. An den ausgefeilten Zulassungsprüfungen kann man ablesen, wie der hohe Sicherheitsstandard deutscher Steinkohlenbergwerke zustande kommt. Transport und Einbau der Rohre, die mit einem Stahlblechmantel von 5 mm Dicke um den PU-Isolierschaum umhüllt sind, ist bewundernswerte Schwerstarbeit.

_____ Seite 72

■ _____ In Zeiten des Klimawandels gewinnt die Erzeugung elektrischer Energie durch Wasserkraft an Bedeutung. Der Tiroler Landesenergieversorger TIWAG errichtet ein 10 MW Hochdruck-Wasserkraftwerk am Großvenediger in Osttirol. Der Bau der Triebwasserleitung DN 800, ausgelegt auf einen Maximaldruck von 76 bar, im alpinen Gelände enthält eine Reihe von technischen und logistischen Problemen, von denen sich der Stromverbraucher normalerweise keine Vorstellung macht.

Spannende Lektüre für Freunde technischer Feinheiten!

_____ Seite 78

■ _____ In die Jahre gekommene Hauptleitungen aus Spannbeton, Anpassung der transportierten Wassermengen an den gesunkenen Bedarf, das sind die Probleme eines Fernwasserversorgers. Eine Auswechslung im offenen Graben geht selbst im ländlichen Raum nicht, weil die Rohrtrasse stellenweise mit Gebäuden und Gewerbeanlagen überbaut ist. Da hilft nur ein grabenloses Reliningverfahren.

Die Entscheidungsschritte während der Planung werden detailliert beschrieben; aus mehreren Varianten kristallisiert sich das technisch-wirtschaftliche Optimum heraus, das Einziehen duktiler Gussrohre DN 800 mit zugfesten Verbindungen.

_____ Seite 83

■ _____ Erstmalig wird eine Gussrohrleitung DN 900 mit dem Horizontal-Spülbohr-Verfahren eingebaut. Ein Fluss, eine Schnellbahntrasse und ein Fabrikgebäude sind grabenlos zu unterqueren. Die Bohranlage ist eine der größten auf dem Markt, die ausgefeilte Bohrtechnik steht nur den erfahrensten Firmen zur Verfügung, Rohre aus duktilem Gusseisen mit BLS®-Verbindung und Zementmörtel-Umhüllung sind allen Anforderungen gewachsen.

Das Zusammenspiel von Auftraggeber, Rohrlieferant und Bohrunternehmen ermöglicht ein neues Rekordergebnis.

_____ Seite 90

Duktile Kanalrohre auf duktilen Ramppfählen – das passt !

Von Lutz Rau

1 Aufgabenstellung

Unweit des kleinen Flüsschens Wuhle in Berlin-Biesdorf mussten anlässlich einer Resterschließung mehrere Haltungen eines öffentlichen Freispiegelkanals DN 200 mit Schächten und Hausanschlüssen für einen kleinen Siedlungsbereich neu gebaut werden. Bodenuntersuchungen wiesen komplizierte und instabile Bodenverhältnisse aus. Erst in 12 bis 14 m Tiefe wurden tragfähige Schichten angetroffen.

Die Wohngebietsstraße ist nur 4 m breit, ihre Richtungsänderungen sind kurz und nahezu rechtwinklig. Neben der Trasse verläuft eine parkähnliche Grünanlage. Diese Umstände schränkten die Baufreiheit drastisch ein. Hier sollte ein Kanal mit Mindestgefälle gebaut werden, der schließlich in einem Endstrang am letzten Hausanschluss endet.

2 Umsetzung der Aufgabenstellung

Wegen der instabilen Bodenverhältnisse stand die Gründung der Rohre und Schächte ebenso im Vordergrund wie die Wahl des Rohrmaterials. Die üblichen bautechnischen Varianten „Bodenaustausch“ und „lastverteilende Maßnahmen“ wurden aufgrund des hohen Grundwasserstandes und der engen Platzverhältnisse verworfen. Die Rohre sollten langlebig, bruchfest, hoch beanspruchbar und auch gegen biogenen Schwefelsäure – Angriff resistent sein, weil die Endhaltung mit Mindestgefälle sehr geringen Durchfluss aufweist.

Die Entscheidung fiel zugunsten einer Variante, bei der duktile Kanalrohre nach DIN EN 598 auf duktilen Ramppresspfählen gegründet werden (**Bild 1**).



Bild 1:
Duktile Ramppfähle
vor dem Einbau

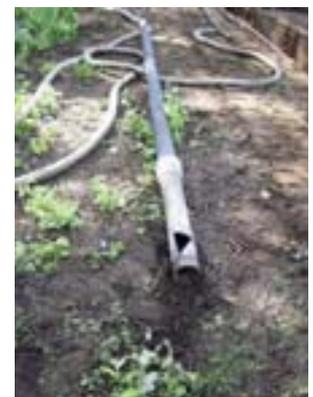


Bild 2:
Zusammengesteckte
Pfähle mit Beton-
austrittsöffnung

Bei früheren Objekten hatte man damit gute Erfahrungen gesammelt und eine wirtschaftliche Lösung gefunden. „Duktil Pfähle“ können mit ihrem hoch widerstandsfähigen Grundwerkstoff extrem hohen Schlagbeanspruchungen standhalten. Mit ihrem geringen Gewicht bei 5 m Baulänge und mit der kraftschlüssigen sicheren Verbindung lassen sie sich ohne Verschnitt mit einfachster Gerätetechnik einbauen. Der ohnehin auf Kanalbaustellen vorhandene Hydraulikbagger wird mit einem Schnellschlaghammer bestückt. Beim Einschlagen verkeilt sich die konische Muffe kraftschlüssig mit dem konischen Einsteckende.

3 Durchführung der Maßnahme

Nach sorgfältiger Planung mit einem Variantenvergleich gewann ein erfahrendes Berliner Bauunternehmen die Ausschreibung und erhielt den Auftrag. Eine Grundbaufirma überzeugte neben dem Preis vor allem durch ihre Erfah-



Bild 3:
Pfahlschuhe



Bild 4:
Schnellschlaghammer mit
Pfahl und Betonschlauch



Bild 5:
Einstecken
des nächsten Pfahls



Bild 6:
Rammern
der duktilen Pfähle

rungen und Zusicherung einer kurzen Bauzeit und bekam den Unterauftrag zur Pfahlrammung. Das war die Voraussetzung dafür, dass die Bewohner in diesem sensiblen Bebauungsgebiet nur kurzzeitig beeinträchtigt werden mussten.

4 Gründung mit Rammpresspfählen

Nach Aushub und Verbau der etwa 150 m langen Trasse konnte die Grundbaufirma GSB, ein Partner des Pfahlherstellers, mit dem „Setzen“ der Pfähle beginnen. Es wurden Pfähle, Durchmesser 170 mm (entspricht DN 150) im Abstand von durchschnittlich 2 m eingeschlagen.

Bevor die 5 m langen Pfähle in den Pfahlschuh gestellt werden, wird eine Öffnung oberhalb der Spitzenden in den Gusspfahl geschnitten, damit hier der eingepresste Beton wieder austreten und außen am Pfahl entlang wieder nach oben steigen kann (**Bild 2**).

Im Pfahlschuh (**Bild 3**) stehend wird dann der Pfahl mit einem Bagger über einen hydraulischen Schnellschlaghammer in den Boden geschlagen und dabei mit Beton verpresst (**Bild 4**).

Man spricht hier vom ersten Pfahlschuss. Dies geschieht nahezu erschütterungsfrei. Der Durchmesser des Pfahlschuhs ist größer als der Außendurchmesser der Muffe, dadurch wird ein Überschnitt gebildet. Am oberen Ende wird beim Einschlagen kontinuierlich Beton eingepresst. So ist der Pfahl im Endeffekt komplett mit Beton ummantelt und innen ausgefüllt.

Ist der Pfahl bis auf den Baugrabenboden eingeschlagen, wird das Spitzende des nächsten Pfahls in die Pfahlmuffe gesteckt und dann weiter eingeschlagen und verpresst bis die erforderliche Tiefe erreicht ist (**Bilder 5 und 6**). Der weiche Boden setzt dem Einschlagen nur geringen Widerstand entgegen. Durch das „Muffenstecken“ lassen sich hier sehr schnelle Bauabläufe erzielen.

Ist der Pfahl auf die geforderte Tiefe gebracht, wird er mittels Lasernivellement präzise mit Trennscheiben gekürzt. Das obere Ende wird mit einem gusseisernen Sattel mit einer Gummizwischenlage (**Bilder 7 und 8**) versehen, der dann die Rohre aufnimmt. Der Sattel wird mit einer Pfahlaufnahme auf den Pfahl aufgesteckt; sie hat eine elliptische Form, damit kleine seitliche Pfahlabweichungen ausgeglichen werden können. Für eine Schachtgründung sind jeweils drei Pfähle vorgesehen.



Bild 7:
Pfahl- bzw. Rohrsattel



Bild 8:
Rohrsattel mit Gummizwischenlage



Bild 9:
Montage der duktilen Kanalrohre



Bild 10:
Aufziehen eines Schachtunterteiles
auf die Rohrleitung

5 Rohreinbau

Auf die mit aufgesteckten Sätteln vorbereiteten Pfähle mit einem durchschnittlichen Abstand von 2 m wurden nun die Kanalrohre aufgelegt und montiert (**Bild 9**). Der Übergang zu den Schächten wurde doppelgelenkig ausgeführt. Die glattendigen Kurzstücke verbinden im Schacht einbetonierte Schachtanschlussstücke aus duktilem Gusseisen mit der Muffe am jeweils letzten Pfahl vor dem Bauwerk (**Bild 10**).

Hausanschlüsse werden an die Schächte bzw. an 45° Abzweige angeschlossen, die entweder auf oder sehr dicht an einem Pfahl positioniert sind. Das Zusammenstecken der Rohre mittels TYTON®-Verbindung ist ebenso einfach wie das „Aufziehen“ der Schachtunterteile mit normalem Einbaugerät und einem langen Gurt.

6 Abschlussbetrachtungen

Die Maßnahme konnte in kurzer Bauzeit kostengünstig gebaut werden, ohne die Anwohner unnötig lang zu belästigen.

Rein rechnerisch hätten auch Pfähle DN 100 für die Lastabtragung ausgereicht. Die duktilen Kanalrohre hätten auch Pfahlabstände von 6 m verkräftet. Jedoch ist bei einer Entfernung von nur 8 km vom Berliner Stadtzentrum nicht auszuschließen, dass hier in den nächsten 100 Jahren einmal die Straße verbreitert wird, dass eine Brücke gebaut wird und dass sich die Bebauung ändert. Unter diesen Umständen ist hier das Plus an Sicherheit durch die nur geringfügig höheren Materialkosten, bezogen auf die Gesamtbaumaßnahme, durchaus gerechtfertigt. Das Rammen von „Duktil-Pfählen“ hat sich im allgemeinen Grundbau als wirtschaftlich erwiesen und wird international zunehmend häufig angewendet. Im Rohrleitungsbau addieren sich die Vorteile der Pfähle mit den Vorteilen der duktilen Gussrohre zu einem Gesamtsystem, dem man auch künftig vertrauen kann.

Autor

Dipl.-Ing. (TU) Lutz Rau
Buderus Giesserei Wetzlar GmbH
Verkaufsbüro Berlin
Hangelsberger Gang 30
D-12589 Berlin
Telefon: +49 (0)30/64 84 90 70
E-Mail: lutz.rau@guss.buderus.de

Planung

Berliner Wasserbetriebe
Dipl.-Ing. Ulrich Edeling
Neue Jüdenstr. 1
D-10179 Berlin
Telefon: +49 (0)30/86 44 58 61
E-Mail: ulrich.edeling@bwb.de

Bauausführung

Umwelttechnik & Wasserbau GmbH
Dipl.-Ing. Horst Laube
Rudower Chaussee 44
D-12489 Berlin-Adlershof
Telefon: +49 (0)30/64 30 54-0
E-Mail: berlin@umwelttechnik-wasserbau.de

Universale Spezialtiefbau GSB
Dipl.-Ing. (TU) Andreas Leplow
Kurfürstendamm 38/39
D-10719 Berlin
Telefon: +49 (0)30/22 43 72 17
E-Mail: gsb.berlin@gps-bau.com

Kanalerneuerung in der Fruchthallstraße in Kaiserslautern

Von Wolfgang Schwichtenberg

1 Einleitung

Einer der Austragungsorte der Fußballweltmeisterschaft 2006 war das Fritz-Walter-Stadion in Kaiserslautern. Einmalig in Deutschland: diese Spielstätte ist von der Innenstadt zu Fuß in 20 Min. zu erreichen.

Die Generalplanung der Stadtentwässerung Kaiserslautern sah im Weltmeisterschaftsjahr 2006 die Erneuerung eines 150 m langen Kanalabschnittes vor. 87 m Rohre der Nennweite DN 400, 18 m der Nennweite DN 500 und 42 m der Nennweite DN 600 wurden eingebaut. Die Überdeckungshöhe des alten in der Innenstadt gelegenen Kanals betrug im Mittel 3,0 m bis 3,5 m unter OK Straße. So gesehen, ein typisches Kanalerneuerungsprojekt. Berücksichtigt man jedoch die äußeren Umstände der Baustelle, bedarf es schon einer etwas differenzierteren Vorgehensweise

2 Planungsgrundlagen

Die Baustelle liegt im Bereich einer innerstädtischen Hauptverkehrsachse, vor langen Zeiten einer Talaue. In dieser ehemaligen Moorlandschaft verlief früher der Hauptvorfluter der Stadt Kaiserslautern. Vormalig gab es in diesem Bereich einen größeren Weiher. Erst unterhalb einer Tiefe von etwa 7 m beginnt mit schiefrigem Fels der tragfähige Boden. Auch heute noch ist der gesamte Bereich durch ein starkes Grundwasservorkommen geprägt. Der Grundwasserspiegel liegt bei ungefähr 3 m unter GOK.

Bei der ursprünglichen Erschließung Ende des 19. Jahrhunderts verzichtete man auf einen Bodenaustausch. Damit waren sowohl der Kanal als auch die Verkehrsanlagen auf nicht tragfähige

gem Boden gegründet. In den letzten hundert Jahren haben das Verkehrsaufkommen und die damit verbundenen Lasten enorm zugenommen, wodurch der Kanal extrem beansprucht wurde. Die heutigen Schadensbilder, Lageabweichungen und Scherbenbildung, zeugen von der Überlastung des alten Steinzeugkanals. Vor allem die zahlreichen Lageabweichungen sprechen eine deutliche Sprache.

3 Vorplanung und Kalkulation

Bei der Vorplanung und Kalkulation der Maßnahme untersuchte man zunächst das übliche Bauverfahren:

- Grundwasserhaltung,
- Aushub der Kanaltrasse bis auf den tragfähigen Boden,
- Bodenaustausch von – 3,0 m bis – 7,0 m,
- Einbau der neuen Kanalrohre,
- Verfüllen des Rohrgrabens.

Nachteilig an dieser Bauausführung sind die erforderliche Verbautiefe von 7,0 m sowie die erforderlichen Maßnahmen zur Sicherung gegen Eindringen von Grundwasser. Je nach gewählter Verbaumethode besteht ein mehr oder minder großes Restrisiko des Grundwassereintritts. Je sicherer die Verbaumethode, desto teurer wird die Baumaßnahme. Bei der Verwendung einer preisgünstigen Verbaumethode nimmt die Gefahr eines nicht kontrollierbaren Grundwassereintritts zu. Mit diesem Restrisiko kann ein ungestörter Bauablauf nicht sichergestellt werden. Die Kalkulation wies für die klassische Baumethode enorm hohe Kosten aus, sodass die Entwässerungsbetriebe der Stadt Kaiserslautern nach einer sicheren und dennoch kostengünstigeren Alternative suchen mussten.

4 Auswahl des Bauverfahrens

Bei der Recherche stieß die Planungsabteilung der Stadtentwässerung auf das Bauverfahren „Kanal auf Stützen“, welches mit der Verwendung von Rohren aus duktilem Gusseisen möglich ist. Jedes Rohr fungiert statisch gesehen als „Träger auf zwei Stützen“, die Rohre liegen nur im Bereich der Rohrverbindung auf. Die Auflager werden als Bohrpfähle hergestellt (Pfahljoch). Das Rohr ist freitragend und benötigt kein Auflager. Die Gussrohre können wegen ihrer Materialeigenschaften und der sich daraus ergebenden Längsbiegefestigkeit die einer freitragenden Konstruktion zugewiesenen Auflasten sicher aufnehmen. Die statisch in Ansatz zu bringenden Auflasten sind:

- Verkehrslast,
- Erdlast,
- Eigengewicht,
- Wasserfüllung.

Die Stützen bzw. Auflager werden als Bohrpfähle von der Straßenoberfläche aus hergestellt, das anstehende Grundwasser stört dabei kaum. Weil das nicht tragfähige Material unterhalb der Rohrsohle im Erdreich verbleiben kann, ist ein Bodenaustausch nicht erforderlich. Für den Einbau der Rohre reicht ein Aushub bis zu einer Tiefe von etwa 4,0 m, was erheblich einfacher ist als ein 7,0 m tiefer Rohrgraben. Bei einer Einbautiefe von ungefähr 3,5 m ist auch das Grundwasser leichter zu beherrschen. Die Kalkulation der beiden Ausführungsarten ergab einen Kostenvorteil von etwa 18 % für den „Kanal auf Stützen“ gegenüber der konventionellen Bauweise. Aus diesem Grund

entschied sich der Bauherr für den aufgeständerten Rohreinbau (**Bild 1**). Bei dieser Methode werden, wie bereits beschrieben, zunächst von der Straßenoberfläche aus Bohrungen bis zum tragfähigen Boden niedergebracht, in denen anschließend die bewehrten Betonbohrpfähle hergestellt werden. Sie enden etwa 50 cm oberhalb der späteren Kanalsohle. Das restliche Bohrloch wird bis zum Beginn der Kanalbauarbeiten komplett verfüllt. Die Straßendecke wird geschlossen, und der Verkehr kann bis zu den Rohrlegungsarbeiten über den Baustellenbereich rollen.

Die Stadtentwässerung Kaiserslautern entschied sich, die Baumaßnahme mit ihrer eigenen Bauabteilung und der eigenen Baukolonne zusammen mit der Bohrfirma Kukor aus Völklingen auszuführen. So war die Baumaßnahme einfacher in einzelne Bauphasen zu unterteilen; mögliche Kollisionen mit anderen Versorgungsleitungen sowie mit den Fundamenten einer historischen Stadtmauer konnten vermieden werden. Im Bereich der Stadtmauer durfte nur unter Hinzuziehung der Denkmalschutzbehörden gearbeitet werden. Verzögerungen bei der Bauausführung waren vorprogrammiert. Durch den Einsatz von eigenem Personal wurde das Kostenrisiko durch Baustillstand oder Nachträge minimiert. Ein weiterer Vorteil dieser Entscheidung war, dass der verantwortliche Bauleiter der Bauabteilung bereits mit der Vorplanung der Baumaßnahme und der Planungsentwicklung bis zum Bauende vertraut war. Während der Planung konnte er seine praktischen Erfahrungen einfließen lassen.

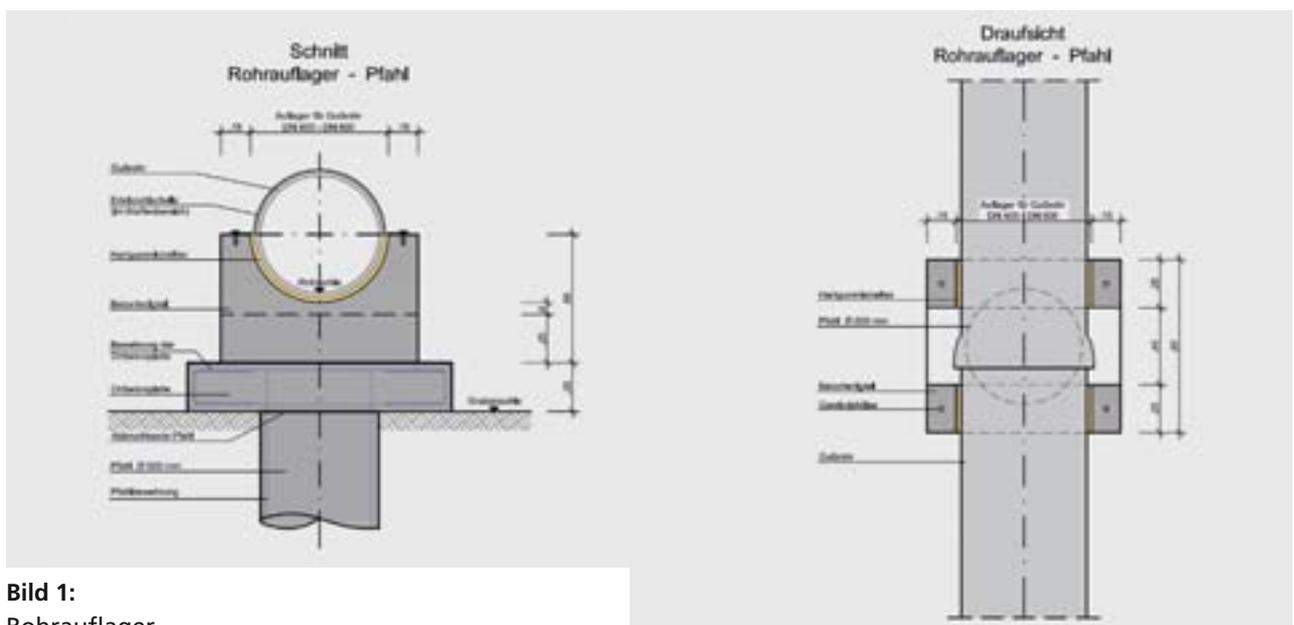


Bild 1:
Rohraufleger

5 Beschreibung der Bauabwicklung

Nach der Entscheidung für die Methode „Kanal auf Stützen“ begann die Vorbereitung der Baumaßnahme. Der Erfolg der Bauabwicklung hängt im Wesentlichen von einer sehr genauen Planung und Ausführungsvorbereitung ab. Aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens in diesem Bereich wurde die Baustelle in mehrere Phasen unterteilt und abgewickelt.

5.1 Phase 1

In der ersten Phase wurde die genaue Lage der Stützenpunkte festgelegt und die vorhandenen Versorgungsleitungen erkundet. Die Lage der Stützenpunkte hing ab von:

- der Haltungslänge,
- der max. Rohrlänge der duktilen Gussrohre von 6,00 m
- und der Lage der vorhandenen Versorgungsleitungen, welche anhand der Bestandspläne ermittelt wurden.

Nach der Erstplanung der Stützenpunkte wurden diese exakt im Straßenbereich eingemessen (**Bild 2**). Danach wurde an den kritischen Punkten jeweils ein Suchschlitz niedergebracht um sicherzustellen, dass tatsächlich keine Fremdleitungen in den Bohrbereichen vorhanden sind. Wie nicht anders zu erwarten, befanden sich mehrere Versorgungsleitungen entgegen den Planunterlagen doch im Bereich der geplanten Bohrungen/Bohrpfähle. Somit musste die Ausführungsplanung den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Die historische Stadtmauer, die sich ab etwa 1,80 m unter der Straßenoberfläche befindet, war ebenfalls genau zu lokalisieren, da sie unter keinen Umständen beschädigt werden durfte.

5.2 Phase 2

Nach Abschluss der vorbereitenden Arbeiten und Festlegung der Kanaltrasse und der Stützenpunkte wurden die Bohrpfähle (**Bilder 3 und 4**) in einem Zeitraum von vier Wochen durch die Firma Kukor eingebracht (**Tabelle 1**). Personal der Stadtentwässerung Kaiserslautern verfüllte den oberen Teil der Bohrlöcher mit Magerbeton und schloss die Straßenoberfläche.

Tabelle 1:

Anzahl und Art der Bohrpfähle und der Auflager

Anzahl der Bohrpfähle	Durchmesser der Bohrpfähle	Art des Auflagers
24	60 cm	Rohraulager
8	90 cm	Schachtaulager



Bild 2:
Kanaltrasse



Bild 3:
Bewehrung der Pfähle

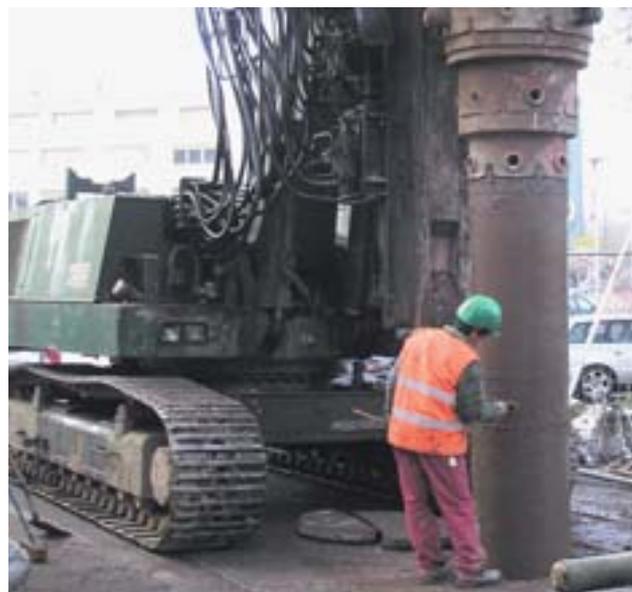


Bild 4:
Pfahlherstellung

5.3 Phase 3

In der Phase 3 wurden die duktilen Gussrohre eingebaut. Hierbei musste besonders auf die Genauigkeit der Längen und Höhen geachtet werden, da die gewählte Ausführungsart mit Rohraulagern aus Betonfertigteilen bei dem geringen Gefälle von 0,4 bis 0,9 % keine großen Abweichungen zuließ. In dem mit Kanaldielen verbauten Rohrgraben wurden die Pfahlköpfe freigelegt (**Bild 5**) und auf die entsprechende Tiefe, etwa 65 cm tiefer als die spätere Rohrsohle, abgestemmt (**Bild 6**).

Das im Rohrgraben anfallende Grundwasser, Tiefenlage bis etwa 4,0 m, konnte in offener Wasserhaltung abgepumpt werden. Auf dem abgestimmten Pfahlkopf wurde eine Ortbetonplatte, $d = 25,0$ cm, mit entsprechender Bewehrung als Auflager für das Betonfertigteile – Rohraulager bzw. für das Schachtunterteil hergestellt (**Bild 7**).

Die Betonfertigteile (Rohraulager) waren so ausgebildet, dass jedes Rohr ein Auflager von 25 cm Breite hat und die Rohrmuffe mittig auf dem Pfahljoch liegt (**Bild 8**). Das Fertigteil wurde höhen- und fluchtgerecht auf der Ortbetonplatte aufgesetzt.

Die duktilen Gussrohre wurden dann in der entsprechenden Länge (max. 6,00 m) auf die Betonfertigteile gelegt bzw. in die Schachtunterteile eingebaut (**Bilder 9 und 10**). Zum genauen Höhenausgleich wurden zwischen Gussrohr und Betonaulager Hartgummistreifen in verschiedenen Stärken eingebaut. Zur Lagesicherung ist jedes Rohr mittels einer Edelstahlschelle mit dem Betonfertigteile verbunden. Zwischen Edelstahl und Gussrohr wurden ebenfalls Hartgummistreifen eingesetzt.

Nach dem Einbau der Rohre konnte der Kanalgraben mit verdichtungsfähigem Austauschboden verfüllt und der Verbau umgesetzt werden. Die Rohrlegearbeiten wurden verkehrsbedingt in Abschnitten von rund 12 m Länge ausgeführt. Die Straßenoberfläche wurde haltungsweise wiederhergestellt



Bild 5:
Freigelegter Pfahlkopf



Bild 6:
Pfahlkopf abgestemmt



Bild 7:
Fundamentplatte Rohraulager



Bild 8:
Betonfertigteile Rohraulager



Bild 9:
Rohraufleger



Bild 10:
Setzen des Schachtunterteils

6 Schlussbemerkung

Der Rohreinbau verlief bei den acht Haltungen plangemäß und ohne technische Schwierigkeiten. Während der WM 2006 wurden die Bauarbeiten jedoch unterbrochen und der Baustellenbereich für den Verkehr frei gegeben.

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Schwichtenberg
Stadtentwässerung Kaiserslautern

Bauherr

Stadtentwässerung Kaiserslautern
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Schwichtenberg
Blechhammerweg 50
D-67659 Kaiserslautern
Telefon: +49 (0)631 3723-101
E-Mail: w.schwichtenberg@ste-kl.de

Planungsbüro

Stadtentwässerung Kaiserslautern
Dipl.-Ing. Franz Sordel
Blechhammerweg 50
D-67659 Kaiserslautern
Telefon: +49 (0)6 31/37 23-1 24
E-Mail: f.sordel@ste-kl.de

Bauunternehmen

Stadtentwässerung Kaiserslautern
Peter Lang
Blechhammerweg 50
D-67659 Kaiserslautern
Telefon: +49 (0)6 31/37 23-1 32
E-Mail: p.lang@ste-kl.de

Bohrfirma

Firma Kukor
Stefan Kukor
Ludweilerstraße 91a
D-66333 Völklingen
Telefon: +49 (0)68 98/50 22-0
E-Mail: Kontakt@Kukor.de

Erneuerung eines Abwasserkanals in der Berliner Tiergartenstraße

Von Jürgen Rammelsberg

1 Einleitung

Wer kennt sie nicht, die Tiergartenstraße in Berlin, erste Adresse der Botschaften von Saudi-Arabien, Indien, Österreich, Italien und Japan? Die Straße verbindet die Klingelhöferstraße mit dem Nordrand des Potsdamer Platzes parallel zur großen Ost-West-Achse. Während der deutschen Teilung führte diese Straße ein beschauliches Dasein, einzig erhellt durch die 1963 gebaute Scharoun'sche Philharmonie. Die Botschaften waren zu jener Zeit verweist oder noch gar nicht gebaut. Mit der Wiedervereinigung, vor allem mit dem Regierungsumzug von Bonn nach Berlin, erwachte plötzlich das Leben: der Potsdamer Platz war zwischen 1996 und 2000 die größte Baustelle Europas, auf den Brachflächen entlang der Tiergartenstraße entstanden nacheinander als architektonische Meisterwerke die Konrad-Adenauer-Stiftung (**Bild 1**), die Botschaften Österreichs, Indiens, die Baden-Württembergische Landesvertretung. Die wäh-

rend des dritten Reichs gebauten Botschaften Italiens und Japans (**Bild 2**) wurden saniert, die Saudische Botschaft ist noch im Bau (**Bild 3**), kurz, die Tiergartenstraße erwachte zu neuem Leben und wurde zu einer stark frequentierten Straße. Sie war auch eine der Hauptzufahrten des Baustellenverkehrs zum Potsdamer Platz. Nachdem die Bautätigkeiten dort auf das übliche Berliner Niveau zurückgegangen waren, wurde die Straße zu einer der Haupttrouten des Sightseeingverkehrs in der Metropole.

Es versteht sich von selbst, dass die Infrastruktur in dieser Straße – inzwischen schon etwas in die Jahre gekommen – vor allem unter dem sprunghaft angewachsenen Schwerlastverkehr erheblich gelitten hatte. Besonders der Mischwasserkanal aus dem Jahr 1913 (Steinzeug DN 540 mit Betonummantelung), hatte gelitten. Eine um 2000 von den Berliner Wasserbetrieben durchgeführte Inspektion zeigte Längsrisse, Querrisse, Scherben, alle entstanden



Bild 1:
Kanalrohre vor der Konrad-Adenauer-Stiftung



Bild 2:
Baustelle vor der japanischen Botschaft

durch die statische Überlastung. An manchen Stellen waren die Schäden so gravierend, dass Versackungen der Straßenoberfläche auftraten. Es wurde also dringend erforderlich, den schadhafte Kanal zu erneuern und den gestiegenen Anforderungen anzupassen.

Eine bestehende Trinkwasserleitung DN 175 GG aus den 1950er-Jahren war durch das Bauge-schehen in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft bruchgefährdet, sodass sie gleichzeitig aus-gewechselt und durch neue Rohre DN 200 aus duktilem Gusseisen ersetzt wurde (**Bild 4**). Ein Erschwernis bestand darin, dass der Kanal in der Vergangenheit von einer Fernwärmetrasse überbaut worden war. Er musste deshalb unter diesen Anlagen abgebrochen und neu gebaut werden. Mit seinem geringen Außendurchmes-ser passte das duktile Kanalrohr DN 600 unter der bestehenden Fernwärmanlage hindurch.

2 Planung

Die Berliner Wasserbetriebe planten die Erneue-rung des Abwasserkanals mit einer Länge von 342 m in der Nennweite 600 und schrieben entsprechend dem bevorzugten Rohrmaterial Steinzeugrohre der Hochlastreihe aus. In einem Teilbereich wurden wegen extremer äußerer Bedingungen (0,9 m Überdeckung, Überbau-ung durch die Fernwärmetrasse, Verkehrsbelas-tung SLW 60) zwei Haltungen von vornherein mit Rohren aus duktilem Gusseisen DN 600 vorgesehen.

Das Projekt wurde nach öffentlicher Ausschrei-bung nach dem Zuschlag/Abschlagverfahren im Rahmen ihres Jahresvertrags an die Firma



Bild 3:
Neubau der Botschaft des Königreiches Saudi Arabien



Bild 4:
Einbau eines neuen Trinkwasserrohres

Gottfried Puhmann GmbH & Co. KG, Berlin, vergeben. Während der Bauvorbereitung schlug die Firma Puhmann vor, das gesamte Projekt ohne Aufpreis mit duktilen Kanalrohren nach DIN EN 598 auszuführen. Weil die Nachrech-nung der Standsicherheit nach ATV A 127 mit diesem Werkstoff eine deutliche Verbesserung der Standsicherheit ergab, stimmte der Bauherr diesem Vorschlag zu.

3 Bauausführung

Die Trassen der eingangs beschriebenen Lei-tungen und Kabel liegen unter der südlichen Straßenhälfte. Die Arbeiten wurden in mehrere Abschnitte aufgeteilt, um die Verkehrsbeein-trächtigung durch halbseitige Straßensperrung auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Zudem musste ein Teil des Bürgersteigs abgetrennt werden. Bei notwendigen Transportarbeiten für Straßenaufbruchmaterial, Aushub, Rohre und Verfüllmaterial blieb dem Straßenverkehr nur noch eine Fahrspur; eine kurzfristige Fahrstrei-fenregelung durch Baustellenpersonal war dann erforderlich (**Bild 5**).

Infolge der beengten Lage, partiell sogar unterhalb der Fernwärmeleitung, musste der genaue Verlauf des neuen Mischwasserkanals je nach Situation festgelegt werden. Die Schachtunter-teile wurden daher vor Ort aus Kanalklinkern mit einer Steinzeughalbschale als Gerinne auf-gemauert (**Bild 6**), weil sie sich so flexibler an die örtlich geringfügig vom Plan abweichende Lage anpassen ließen und weil die sehr gerin-gen Bauhöhen der Schächte keinen Standard-aufbau erlaubten.



Bild 5:
Rohrtransporte zur
Einbaustelle



Bild 6:
Aufmauern eines
Schachtes



Bild 7:
Montierter Hausanschluss-Sattel



Bild 8:
Säubern des Muffenprofils



Bild 9:
Ein Kanalrohr wird in den Verbau eingehoben

Fünf ursprüngliche Schächte wurden abgebrochen, sieben neue Schächte gemauert. Weiterhin wurden 16 Sattelstücke DN 150 für sechs Straßeneinläufe und zehn Hausanschlüsse montiert (**Bild 7**).

Der Einbau der Kanalrohre, jeweils im Anschluss an die Auswechslung der Trinkwasserleitung, verlief einfach: die Rohre wurden außerhalb des Verbaus vorbereitet – Säubern des Muffenprofils und des Einsteckendes, Einlegen der Dichtung (**Bild 8**) – mit dem Bagger in den Gleitschienenverbau eingehoben (**Bild 9**), der Muffeneingang auf das bereits liegende Einsteckende aufgeschoben und auf der Grabensohle abgelegt.

Die in die Grabensohle gesenkte Baggerschaufel ist kurzzeitig das Widerlager einer Stockwinde, mit der die Rohrverbindung zusammengescho-

ben wird. Nach einer lasergestützten Lagekorrektur wird die Seitenverfüllung eingebracht. Bemerkenswert ist die Methode der Zwickelverdichtung der Firma Puhlmann: mit einem elektrisch betriebenen Vibrationsstampfer wird das Rohr unterstopft (**Bild 10**) und anschließend der Graben weiter verfüllt und lagenweise verdichtet. Aus den Straßenbauvorschriften ergibt sich als Anforderung an die Verdichtung des Planums ein E_{v_2} – Wert von 45 MN/m². Eine Eigenüberwachung wird mit dynamischen Plattendruckversuchen ausgeführt.

4 Dichtheitsprüfung und Abnahme

Nach Abschluss des Rohreinbaus wird die Integrität der Rohre mittels Kamerabefahrung nachgewiesen und dokumentiert. Zusätzlich wird jede Muffenverbindung nach DIN EN 1610



Bild 10:
Zwickelverdichtung mit dem elektrischen Vibrationsstamper



Bild 11:
Anschluss einer bestehenden Hausanschlussleitung

auf Dichtheit geprüft. Hierzu wird ein Doppelpacker durch die zu prüfende Haltung gezogen und mit Hilfe einer Kanalkamera am jeweiligen Verbindungsspalt positioniert. Die Prüfzeit beträgt beim Verfahren LD mit 200 mbar Luftüberdruck 4 Min. bzw. mit 100 mbar 8 Min. pro Verbindung.

5 Schlussfolgerungen

Der ausschlaggebende Vorteil der duktilen Kanalrohre ist ihre Robustheit und ihre Fähigkeit, extreme äußere Lasten aus Überdeckung und Verkehr dauerhaft aufzunehmen.

Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Vorteil bei dieser oder vergleichbaren Baumaßnahmen mit ähnlichen Ausmaßen bzw. Umfeld ist ihre Baulänge von 6 m. So äußerte sich der Schachtmeister der Firma Puhlmann, Herr Koch:

- So paradox es klingt, gerade unter erschwerten Platzverhältnissen beschleunigt eine möglichst große Baulänge den Baufortschritt erheblich.
- Die Verkehrsbeeinträchtigung während des Rohrtransports vom Lagerplatz zur Einbaustelle ist in der Summe dreimal kürzer als bei üblichen Kanalrohren mit 2 m Baulänge.
- Die Zahl der herzustellenden Muffenverbindungen einer Haltung ist ebenfalls um den Faktor drei kleiner.
- Bei der Dichtheitsprüfung ist der Arbeitsaufwand ebenfalls dreimal geringer.
- Die große Baulänge erleichtert die exakte Einhaltung der geforderten Lagegenauigkeit beim Unterstopfen der Rohre und beim Verdichten der Seitenverfüllung.

- Die Anschlusssättel lassen sich mit dem Anbohrgerät denkbar einfach und schnell montieren, der Übergang auf die bereits vorhandenen Anschlussleitungen mittels Übergangskupplungen bereitet keinerlei Schwierigkeiten (**Bild 11**).

„Dieser neue Mischwasserkanal wird uns alle überleben!“

Autor

Dr.-Ing. Jürgen Rammelsberg
Tristanstr. 48
D-14476 Groß Glienicke
Telefon: +49 (0)3 32 01/6 39 79
E-Mail: rammelsberg@arcor.de

Bauherr, Planung

Berliner Wasserbetriebe
Dipl.-Ing. Olaf Arndt
Neue Jüdenstr. 1
D-10178 Berlin
Telefon: +49 (0)30/86 44-0
E-Mail: olaf.arndt@bwb.de

Bauausführung

Gottfried Puhlmann GmbH & Co. KG
Steffen Müller
Potsdamer Str. 16/17
D-14163 Berlin
Telefon: +49 (0)30/81 00 05 25
E-Mail: s.mueller@gottfriedpuhlmann.de

Einbau von duktilen Gussrohren DN 700 im Ortsbereich Regenwasserleitung im Bestand

Von Hanno Meister

1 Einleitung

Die Verbandsgemeindewerke Bruchmühlbach-Miesau, gelegen zwischen Homburg/Saarland und Kaiserslautern/Rheinland-Pfalz, sind für die Ver- und Entsorgung von rund 11.000 Einwohnern verantwortlich. Das Ver- und Entsorgungsgebiet wird von der Bundesautobahn A 6 durchquert. Neben den Ortsgemeinden Martinshöhe, Lambsborn, Langwieden und Gerhardsbrunn werden folgende Ortsteile versorgt:

- Bruchmühlbach
- Vogelbach
- Miesau
- Buchholz
- Elschbach.

In den 90er-Jahren beschlossen die Verbandsgemeindewerke Bruchmühlbach-Miesau das Neubaugebiet Eichenflur am südlichen Rand von Bruchmühlbach zu erschließen, um Platz zum Bau neuen Wohnraums zu schaffen. Das Neubaugebiet wird etwa 150 Grundstücke für Einfamilienhaus-Bebauung umfassen und schließt



Bild 1:
Baufeld an vorhandener Bebauung

direkt an die vorhandene Altbebauung des Ortes an (**Bild 1**). Aus den südlich vorgelagerten Berghängen floss in der Vergangenheit immer wieder Oberflächenwasser über die geplante Neubaugebietsfläche in die vorhandene Bebauung ab. Es wurde dort über offene Gräben in den Mischwasserkanal abgeleitet.

Weil mit der Erschließung des Neubaugebietes zusätzliche Flächen befestigt werden, wurde frühzeitig überlegt, sowohl das Oberflächenwasser aus den Außengebietsflächen als auch das Regenwasser des Neubaugebietes sicher durch die Ortslage zum Glan, dem leistungsfähigsten Vorfluter im Bereich der Verbandsgemeinde, abzuleiten.

2 Aufgabenstellung

Die Mischwasserkanäle DN 300 und 400 im betroffenen Bereich von Bruchmühlbach sind nicht in der Lage, zusätzliche Zuflüsse aufzunehmen. Da in dem hier untersuchten Bereich das Mischwasser in einem Staukanal gepuffert und anschließend gepumpt wird, verursachen zusätzliche Zuflüsse auch entsprechende Betriebskosten.

Durch die Erschließung des Neubaugebietes erhöhen sich infolge der Oberflächenversiegelung die Abflüsse. Dies wird überwiegend durch die öffentlichen Straßen und Gehwege und zu einem kleineren Teil durch Überläufe privater Regenwasserspeicher verursacht.

Eine vollständige Versickerung des Regenwassers kam aufgrund relativ ungünstiger Durchlässigkeitsbeiwerte des Bodens nicht in Betracht, sodass mit den Verbandsgemeindewerken Bruchmühlbach-Miesau nach einer



Bild 2:
Eingeschränkte Platzverhältnisse
in der Lindenstraße

Ableitungsmöglichkeit zum Glan gesucht wurde. Zur Ableitung der zusätzlichen Abflüsse wurde ein Kanal DN 700 erforderlich. Die grundsätzliche Lösung wurde von den genehmigenden Behörden mitgetragen, allerdings mit der Auflage, die Abflüsse vor der Einleitung in den Vorfluter zu drosseln. Zwischenspeicherung und Drosselung wurden letztlich durch ein Regenrückhaltebecken mit anschließender Drosselstrecke geschaffen.

3 Leitungstrasse

Aufgrund der topografischen Verhältnisse und der vorhandenen Bebauung wurde die Haupttrasse durch das Neubaugebiet zur Lindenstraße (**Bild 2**) geführt, einer schmalen Wohnstraße am südlichen Rand von Bruchmühlbach. Anschließend verläuft die Trasse in weiteren schmalen Straßen, kreuzt die Bundesstraße B 40 und endet schließlich nach 420 m im Überlaufkanal DN 1200 des erwähnten Staukanals. In der Kaiserstraße (B 40) war von vornherein zu berücksichtigen, dass die Bauarbeiten nur bei halbseitiger Straßensperrung ausgeführt werden können. In den teilweise sehr schmalen Straßen musste zudem auf die vorhandenen Leitungen wie Mischwasserkanäle, Trinkwasserleitungen, Kabel oder auch Ferngasleitungen DN 200 Rücksicht genommen werden.

Die geplante Einbautiefe betrug zwischen 2,5 m und 3,5 m und lag damit im Bereich der Mischwasserkanäle. Höhenreserven waren nicht vorhanden, da zum einen das Gesamtgefälle zwischen Anfangs- und Endpunkt der Trasse nur etwa 0,5 % betrug und zum anderen die bestehenden Wasser- und Gasleitungen in einer Tiefe bis zu 1,6 m liegen.



Bild 3:
Einbau der Regenwasserleitung DN 700
im verbauten Graben

Da die vorhandenen Mischwasserkanäle und die zugehörigen Schächte den für die Kanalneulegung verfügbaren Raum erheblich einschränkten, wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber beschlossen, Kanalrohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 598 sowie die zugehörigen Formstücke einzubauen.

Den Ausschlag für duktile Kanalrohre gaben die geringe Wanddicke der Rohre und die Abwinkelbarkeit der Muffenverbindungen.

4 Rohrmaterial

Für die geplante Ableitung des Regenwassers wurde ein duktiler Gussrohrsystem gewählt, dessen Rohre an den Muffen und an den Spitzenden mit einer grünen Epoxidharzbeschichtung als „Regenwasserkanal“ gekennzeichnet sind (**Bild 3**). Dieses System erfüllt alle Anforderungen für den beschriebenen Einsatzfall. Die Auskleidung mit Tonerdezementmörtel ist Voraussetzung für eine hohe Lebensdauer auch bei hohen Beanspruchungen durch den mitgeführten Sand. Die Außenbeschichtung (Zink-Überzug und Bitumen-Deckbeschichtung) schützt das Rohrmaterial gegenüber äußeren Angriffen.

In einem Teilbereich der Trasse mussten aus Platzgründen auch die Mischwasserkanäle (**Bild 4**) umgelegt werden. Dabei kamen insgesamt rund 100 m duktile Kanalrohre der Nennweiten DN 300 bis DN 800 zum Einsatz.



Bild 4:
Regenwasser-
leitung neben
dem vorhandenen
Mischwasserkanal

Die vorhandenen Schächte wurden mit Schachtanschlussstücken aus duktilem Gusseisen angeschlossen (**Bild 5**). Rohre und Formstücke sind mit der Steckmuffen-Verbindung STANDARD nach DIN 28603 (**Bild 6**) mit Perbunan-Dichtung ausgestattet. Für die seitlichen Anschlüsse von Straßeneinläufen kamen die üblichen Anbohrsatelstücke zum Einsatz.

Die Baulänge von 7,0 m ermöglichte einen zügigen Einbau der Rohre und damit eine vergleichsweise kurze Bauzeit, was die Beeinträchtigungen der Anwohner in Grenzen hielt.

5 Bauausführung

Die Arbeiten begannen im Juli 2005 und dauerten etwa neun Monate. Erwartungsgemäß bereiteten vor allem die vorhandenen Leitungen Probleme, weil deren Lage häufig von den Bestandsplänen abwich. Der Rohrgraben wurde

mit Mindestgrabenbreiten gemäß DIN EN 1610 ausgehoben. Wegen der geringen Wanddicken der duktilen Gussrohre konnten die Aushubbreiten im Vergleich zu anderen Materialien, wie z. B. Rohre aus Stahlbeton, reduziert werden. An besonders engen Stellen konnten größere Umlegungen durch den Einsatz von Formstücken vermieden werden. Die erforderlichen Schächte DN 1200 aus Stahlbeton wurden mit Schachtanschlussstücken aus duktilem Gusseisen versehen. Mit diesem Schachtanschluss können Kräfte aus Setzungsunterschieden zwischen Rohren und Schacht schadlos aufgenommen werden [1, 2].

6 Fazit

Der Einbau eines zusätzlichen Kanals DN 700 in schmalen Wohnstraßen und einer stark befahrenen Bundesstraße stellt hinsichtlich der Verfügbarkeit des unterirdischen Bauraumes hohe



Bild 5:
Schachtanschlussstück aus duktilem Gusseisen

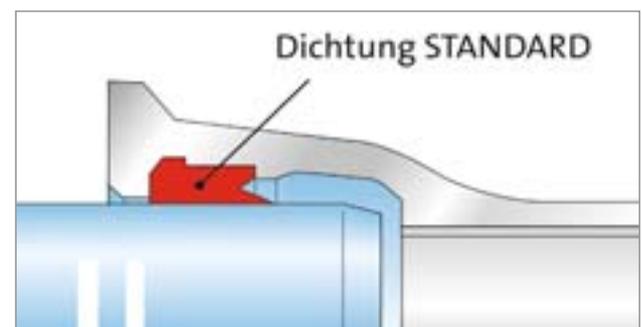


Bild 6:
Steckmuffen-Verbindung STANDARD

Anforderungen an das auszuwählende Rohrmaterial. Die geringe Wanddicke, die breite Palette an Formstücken (Bögen, Anbohrsatel- und Schachtanschlussstücke) und die hohe Flexibilität und Belastbarkeit des Regenwassersystems aus duktilem Gusseisen waren die ausschlaggebenden Vorteile für den Einsatz des gewählten Kanalrohrsystems.

Neben den duktilen Regenwasserrohren DN 700 kamen als Ersatz für Teilbereiche des Mischwassersystems duktile Kanalrohre DN 300 bis DN 400 zum Einsatz. Bei beiden Rohrsystemen können auch später mit Anbohrsatelstücken zusätzliche Anschlüsse hergestellt werden, ohne das Rohr vollständig freilegen zu müssen. Insgesamt hat sich das Rohrmaterial unter den beengten Verhältnissen sehr gut bewährt.

7 Literatur

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

Autor

Dipl.-Ing. Hanno Meister
Ingenieurbüro Schwarz GmbH
Brandenburger Platz 20
D-66121 Saarbrücken
Telefon: +49 (0)6 81/8 83 73-12
E-Mail: h.meister@schwarz-ingenieure.de

Bauherr

Verbandsgemeindewerke
Bruchmühlbach-Miesau
Jürgen Bleyer
Am Rathaus 2
D-66892 Bruchmühlbach-Miesau
Telefon: +49 (0)63 72/9 22-05 00
E-Mail: juergen.bleyer@
bruchmuehlbach-miesau.de

Planungsbüro

Ingenieurbüro Schwarz GmbH
Dipl.-Ing. Hanno Meister
Brandenburger Platz 20
D-66121 Saarbrücken
Telefon: +49 (0)6 81 8 83 73-0
E-Mail: h.meister@schwarz-ingenieure.de

Bauunternehmen

Bauunternehmung Hans Schneider GmbH
Dipl.-Ing. (FH) Bernd Hoffmann
In der Au 14
D-55627 Merxheim
Telefon: +49 (0)67 54/92 00 25
E-Mail: hoffmann@schneider-bau.com

Wartungshalle der Superlative – Duktile Kanalrohre für die A 380 Werft

Von Stephan Hobohm

1 Einleitung

Der Airbus A 380, das derzeit größte Passagierflugzeug der Welt, sprengt alle Dimensionen, nicht nur in Bezug auf Passagierzahlen, sondern auch in Punkto Abmessungen und Gewicht. Der Airbus A 380 ist das größte in Serienfertigung produzierte Passagierflugzeug der Welt und das erste Großraumflugzeug mit zwei durchgängigen Passagierdecks. Das neue Flaggschiff des Airbus-Konzerns ist der Einstieg in eine neue Klasse von Großraumflugzeugen. Es hat eine maximale zugelassene Sitzplatzkapazität von 853 Passagieren und, je nach Ausstattungsvariante, ein maximales Startgewicht von 592 t. Die räumlichen Ausmaße sind mit einer Länge von 72,30 m, einer Flügelspannweite von 79,80 m und einer Höhe von 24,10 m ebenso beeindruckend.

Und genau hier liegt auch das eigentliche Problem. Der A 380 ist einfach zu groß und teilweise auch zu schwer für die vorhandenen Infrastrukturen. Deshalb müssen umfangreiche Anpassungen der vorhandenen Infrastrukturen von Flughäfen getätigt bzw. neue geschaffen werden.

So auch auf dem größten deutschen Flughafen, dem Rhein-Main Airport in Frankfurt/Main. Hier wird zurzeit die A 380-Werft (**Bild 1**) samt Vorfeld gebaut. Wenn im Sommer 2009 der erste Lufthansa Airbus A 380 seinen Flugdienst aufnimmt, dann wird es auch für Technik und Wartung ernst. Schon mit dem ersten Flugzeug müssen die dafür notwendigen Betriebs- und Wartungseinrichtungen verfügbar sein. Da alle Lufthansa A 380 in Frankfurt ihre Homebase haben, müssen hier rechtzeitig die notwendigen Wartungskapazitäten vorgehalten werden. Da für das neue, über 24 m hohe Großraumflugzeug



Bild 1:
A 380-Werft der Lufthansa in Frankfurt/Main

die bisherigen Wartungshallen am Frankfurter Flughafen in ihrer Höhe nicht ausreichen, wird im Südwesten des Airports eine neue Flugzeugwerft errichtet. 350 m lang, 140 m tief und 45 m hoch. Mit diesen Dimensionen wird die neue A 380-Werft die größte Industriehalle Deutschlands – und Heimat des modernsten Großraumflugzeuges der Welt. Die 42.000 m² Grundfläche bieten dabei flexibel Platz für vier Flugzeuge des Typs Airbus A 380 oder sechs des Typs Boeing 747. Lufthansa investiert in die neue Halle inklusive der Vorfeld- und Abstellpositionen sowie der Anbindung an das bestehende Bahnsystem rund 150 Mio. Euro. Der Bau der Wartungshalle ist im vollen Gang. Die Grundsteinlegung fand am 21. September 2006 statt.

Für die projektierte A 380-Werft wird eine Gesamtfläche von insgesamt rund 25 ha benötigt. Das Gesamtvorhaben A 380-Werft umfasst die eigentliche Wartungshalle, ein Vorfeld mit drei A 380-Parkpositionen und Rollweg, ein Lagergebäude und ein Regen-Rückhaltebecken. Zunächst wird die Airline die Halle auf rund 25.000 m² begrenzen. Das reicht für die gleich-



Bilder 2, 3 und 4:
Einbau von duktilen Kanalrohren

zeitige Wartung von zwei Maschinen A 380 aus. Die Lufthansa will bis 2015 die maximale Kapazität ausschöpfen und die andere Hälfte in einem zweiten Abschnitt bauen.

Die zugehörigen Regenentwässerungsleitungen für die Flächenentwässerung der Werft und des Vorfeldes wurden dabei aus duktilen Kanalrohren nach DIN EN 598 [1] in den Nennweiten DN 500, DN 700, DN 800, DN 900 und DN 1000 von der ARGE Bunte/Bratengeier hergestellt (**Bilder 2, 3 und 4**).

2 Problemstellung

Aufgrund des enormen Gewichts des A 380 und der sehr geringen Rohrüberdeckung von teilweise nur 96 cm wurde natürlich ein statischer Standsicherheitsnachweis für die Rohrleitung notwendig.

Die hierfür notwendigen Scheitellasten konnten jedoch dem für die statische Berechnung von Abwasserleitungen maßgebenden Regelwerk, dem ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 127 [3], nicht entnommen werden. Die in diesem Regelwerk

angegebenen Flugzeugverkehrslasten sind für den A 380 zu gering. Überdies beginnt die Rohrüberdeckung im Regelwerk erst ab einer Scheitelhöhe $\geq 1,00$ m. Somit war es unumgänglich für dieses Projekt spezielle Berechnungen, samt Vorbetrachtungen, anzustellen. Aufgrund der Komplexität der anzufertigenden Berechnungen wurde damit der Fachbereich Bauingenieurwesen der Fachhochschule Münster, unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. B. Falter, beauftragt.

Für die in **Tabelle 1** aufgelisteten Überdeckungshöhen wurden entsprechende Betrachtungen für die Typen A 380-800 (Passagierversion) und A 380-800 F (Frachtversion mit 157,4 t Nutzlast) angestellt. Die Bemessung erfolgte letztendlich für den maßgebenden Flugzeugtyp.

Weitere Ausgangsparameter waren:

- Sand-/Kies-Auflager
- Auflagerwinkel $2\alpha = 120^\circ$
- Böschungswinkel 60°
- kein Grundwasser
- Proctordichte D_{pr} von 97 % für die Einbettung, 95 % für den anstehenden Boden und die Überschüttung
- relative Ausladung $a = 1$
- Einbaubedingungen A1 / B4.

Tabelle 1:
Rohrüberdeckungen und Grabenbreiten

Nennweite	Rohrüberdeckung		untere Bettungsschicht	Grabenbreite
	h_{max} [m]	h_{min} [m]		
500	1,18	1,08	0,15	2,12
700	1,07	0,97	0,17	2,59
800	1,07	0,97	0,18	2,82
900	1,06	0,96	0,19	3,06
1.000	1,06	0,96	0,20	3,29

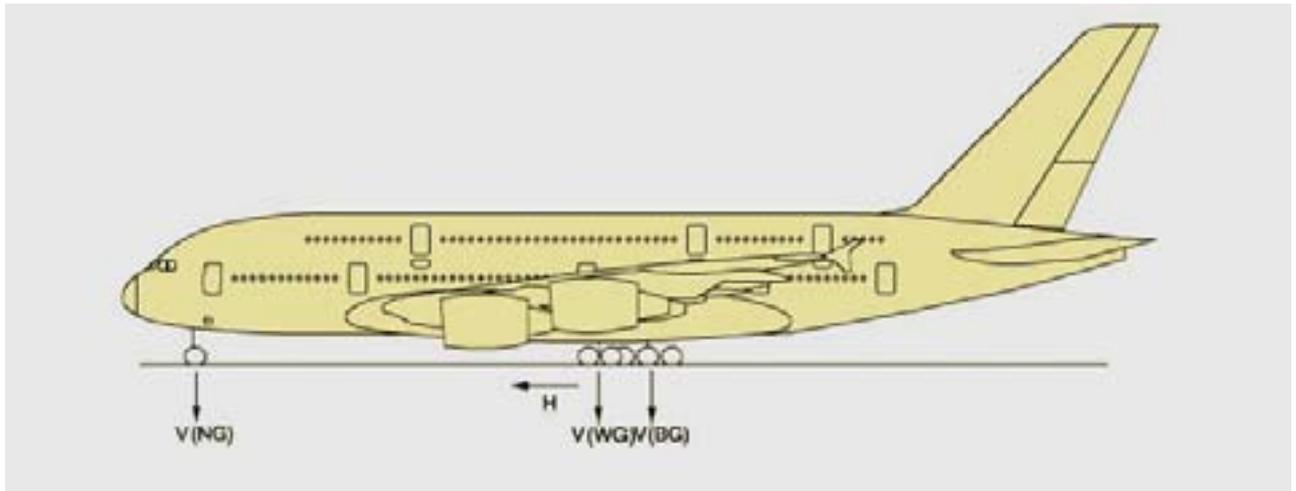


Bild 5:
Radlasten aus Flügel-, Rumpf- und Bugfahrwerk

3 Die Statische Berechnung

Der erste Schritt für die weitere statische Berechnung bestand in der Ermittlung einer maßgebenden konzentrierten Flächenlast p_K .

Aufgrund der geringen Überdeckungen wurden hierfür die Lasten aus den verschiedenen Radgruppen der Flügel-, Rumpf- und Bugfahrwerke (**Bild 5**) auf die einzelnen Räder aufgeteilt (**Bild 6**) und nicht wie im ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 127 [3] zu Radgruppen zusammengefasst. Hieraus ergaben sich für die Frachtversion des A 380 Radlasten in vertikaler Richtung von 425 kN, in horizontaler Richtung, bedingt durch den Lastfall „Bremsen“ von 140 kN. Beide Werte enthalten bereits einen Sicherheitsbeiwert $\phi = 1,5$.

Mit diesen Lasten konnte nun die ausschlaggebende konzentrierte Flächenlast p_K ermittelt werden. Für ein Rohr DN 1000 ergab sich so eine maximale Flächenlast von 158,9 kN/m² in verti-

kaler Richtung. Diese trat jeweils im Bereich des Flügelfahrwerkes auf. Nach Berücksichtigung der Lasten aus Bremsen erhöhte sich diese Last auf bis zu 222,5 kN/m² im Bereich unter dem Flügelfahrwerk und 411,1 kN/m² unter dem Bugfahrwerk. Aus Überlagerung der einzelnen Räder und unter Berücksichtigung der H-Lasten ergab sich eine Lastverteilungskurve, die über die Rohrleitungslänge veränderlich ist und zwei Maximalwerte (**Bild 7**) aufweist.

Diese Maximalwerte betragen je nach Nennweite zwischen 55 % und 92 % der vor genannten maximalen konzentrierten Flächenlasten. Dementsprechend wurde für die eigentliche Bemessung der Rohrleitung auf Werte zwischen 229,1 kN/m² und 269 kN/m² zurückgegriffen.

Da nun die anzusetzenden Lasten bekannt waren, konnte der statische Nachweis im weiteren Verlauf mittels eines EDV-Programms [4] nach ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 127 [3] geführt werden.

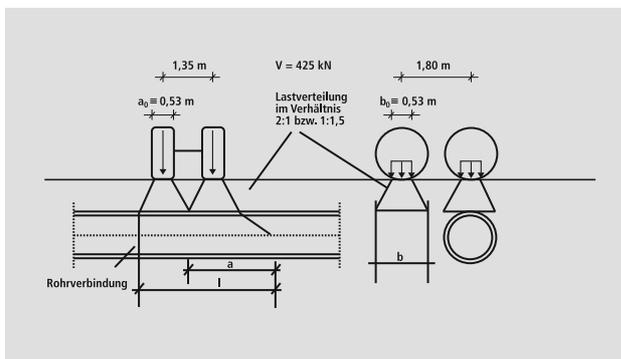


Bild 6:
Lastausbreitung unter den Rädern

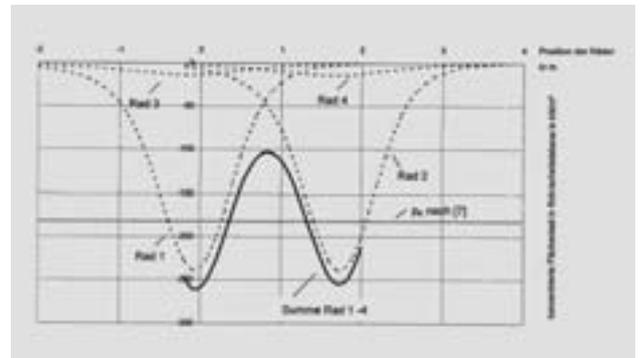


Bild 7:
Lastverteilung unter den Rädern im Flügelbereich des A 380-800 F

4 Zusammenfassung

Das Ergebnis lautet: Selbst für den geschilderten extremen Anwendungsfall, der zunächst sogar außerhalb des geltenden Technischen Regelwerks liegt, reichen duktile Gussrohre mit der in DIN EN 598 [1] genormten Wanddicke aus! Das entspricht der Wanddickenklasse K7 in DIN EN 545 [2] für Trinkwasserrohre.

Zusätzliche Maßnahmen, wie Betonaufleger oder Lastverteilungsplatten waren nicht erforderlich. Überdies konnten aufgrund der geringen Wanddicken die Aushub- und Einbaumengen weitestgehend reduziert werden. So ist mit relativ geringem technischem und finanziellem Aufwand die hoch belastete Fläche zu entwässern.

Literatur

- [1] DIN EN 598 Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren
- [2] DIN EN 545 Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren
- [3] ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 127 – Ausgabe August 2000 – Statische Berechnungen von Abwasserkanälen und -leitungen, 3. Auflage
- [4] Programm A127, Version 7.1,
Autor: Prof. Dr.-Ing. B.Falter, FH Münster

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Hobohm
Buderus Giesserei Wetzlar GmbH
Hintergasse 9–11
D-35576 Wetzlar
Telefon: + 49 (0)64 41/49-12 48
E-Mail: stephan.hobohm@guss.buderus.de

Planungsbüro

Fichtner Bauconsulting GmbH
Dipl.-Ing. Manfred Ross
Sarweystraße 3
D-70191 Stuttgart
Telefon: + 49 (0)7 11/89 95-5 20
E-Mail: m.ross@fibaucon.de

Bauunternehmen

ARGE Infra A 380-Werft
Bunte / Bratengeier
Gerhard Lenz
Kleiner Kornweg 38
D-65451 Kelterbach
Telefon: +49 (0)61 07/71 95-14
E-Mail: LenzG@johann-bunte.de

Epoxidharz-Pulverbeschichtung von Formstücken

Von Udo Müller und Martin Herker

1 Einleitung

Der Korrosionsschutz von gusseisernen Formstücken zählt in der Wasserver- und Entsorgung zu den wichtigsten Qualitätskriterien, die maßgeblichen Einfluss auf die Lebensdauer von Komponenten eines Rohrleitungssystems nehmen. In der Trinkwasserversorgung ist außerdem der Aspekt der Trinkwasserhygiene von vorrangiger Bedeutung

2 Epoxidharz-Pulverbeschichtung

Die Beschichtung von Formstücken aus duktilem Gusseisen mit Epoxidharz-Pulver ist ein umweltfreundliches (weil lösemittelfreies), fortschrittliches Verfahren, welches eine nahtlose und homogene Rundumbeschichtung (innen und außen gleich hochwertig) ermöglicht. Korrosion beginnt häufig an Übergängen verschiedener Beschichtungsarten; daher ist eine porenfreie und lückenlose Beschichtung der beste Schutz. Die Innenoberflächen sind glatt und beugen damit möglichen Inkrustationen vor. Der Widerstand gegen Abrieb ist hoch.

Unter der Wirkung der auf etwa 200 °C erwärmten Formstückoberfläche reagieren die im Pulver noch getrennt vorliegenden und blockierten Einzelkomponenten miteinander und bilden vernetzte Makromoleküle, die als Duroplast weitestgehend unlöslich und unschmelzbar sind.

Im Gegensatz dazu erhärten flüssige Lacke entweder durch Verdunsten des Lösemittels oder durch Polymerisation zweier Komponenten. Dabei können Lösemittelreste oder Reste der Ausgangsmoleküle in der Beschichtung verbleiben, was einem Einsatz im Trinkwasserbereich häufig im Wege steht.

Bei thermoplastischen Beschichtungen liegen die Makromoleküle bereits in ihrer endgültigen Struktur vor. Die Eigenschaften der Schutzschicht sind in Abhängigkeit von der Temperatur reversibel. Unter mechanischer Belastung, z. B. Punktlast, ist Kriechen mit langsamem Schichtdickenverlust möglich.

3 Eigenschaften der Epoxidharz-Pulverbeschichtung

Die Epoxidharz-Pulverbeschichtung von Formstücken aus duktilem Gusseisen ist in DIN EN 14901 genormt [1]. Darüber hinaus haben sich namhafte Hersteller in der Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz mit noch höheren Anforderungen – niedergelegt in GSK RAL GZ 662 – einschließlich einer Fremdüberwachung zusammengeschlossen [2]. Diese Beschichtung weist im Vergleich zu alternativen Beschichtungen folgende Vorteile auf:

- höchste hygienische und bakteriologische Sicherheit
- hohe chemische Beständigkeit
- glatte Oberfläche, dadurch hydraulische Vorteile
- Porenfreiheit sowie innen als auch außen (elektrische Durchschlagprüfung mit 3 kV Hochspannung)
- keine Haarrissbildung durch Schlag- und Schockbelastung
- geeignet für alle Bodenklassen – ohne Ausnahme
- sehr gute Schichtdickenverteilung 250–500 µm
- Integralschutz (übergangslos)
- hohe Haftfestigkeit mindestens 12 N/mm² nach sieben Tagen Heißwasserlagerung
- keine Emissionen beim Beschichten
- Gasbeständigkeit

- hohe Druckbeständigkeit im Vergleich zu Thermoplasten, z. B. Polyamid
- gute Ausbesserungsmöglichkeit durch 2-K-Epoxy-Kaltsysteme.

Mit den aufgeführten Vorzügen gilt diese Beschichtung im europäischen Regelwerk für Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545, DIN EN 969, DIN EN 598 sowie DIN EN 12842 und DIN EN 14525 als Standardbeschichtung. In fast allen europäischen Staaten liegen Zulassungen für den Einsatz im Trinkwasserbereich vor. Voraussetzung dafür ist die Europäische Epoxidharzleitlinie mit einer umfassenden Positivliste toxikologisch bewerteter Substanzen [3].

4 Verfahrenstechnik

Epoxidharz-Pulver werden entweder im elektrostatischen Verfahren mittels Pistole (**Bild 1**) oder im Wirbelsinterverfahren (**Bilder 2 und 3**) auf die vorgewärmten Formstücke aufgetragen. Das Pulver schmilzt auf den heißen Bauteilen auf und verbindet sich mit allen freien Oberflächen. Die Schicht haftet durch Adhäsion und Chemisorption. In der Prozesswärme läuft die chemische Vernetzung der Schutzschicht ab.



Bild 1:
Elektrostatische Pulverbeschichtung – Auftrag mittels Pistole



Bilder 2 und 3:
Robotergestützte Wirbelsinteranlage

Das Ergebnis dieser Reaktion zeigt sich in einer hohen mechanischen Festigkeit und chemischen Beständigkeit.

Oberste Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige Pulverbeschichtung ist die Oberflächenvorbereitung der Teile. Dazu werden die zu beschichtenden Formstücke unmittelbar vor dem Beschichtungsprozess mit Stahlkies gestrahlt. Die Teile werden hier von Schmutz, Öl, Fett, Rost und Feuchtigkeit befreit. Die Oberfläche wird durch das Strahlen aufgeraut und aktiviert; sie erhält dabei einen Reinheitsgrad von Sa 2½ gemäß DIN 55928 (**Bild 4**). Weiterhin ist für die außergewöhnlich gute Haftung der Beschichtung eine ständige Reinigung des Strahlmittelumlaufs von Schmutz- und Grafitbestandteilen notwendig.

Unmittelbar nach dem Strahlen werden die Teile im Zwangsdurchlauf im Ofen auf etwa 200 °C erhitzt und mit Epoxidharz-Pulver besprüht bzw. in ein Wirbelsinterbecken getaucht. Die erzielte Schichtdicke hängt in erster Linie von der Oberflächentemperatur und der Sprüh- bzw. Tauchdauer ab.

In der Hochtemperaturphase laufen die Polymerisationsvorgänge des Harzes beschleunigt ab. Aufgrund der raschen Vernetzung können die wirbelsinterbeschichteten Teile bereits nach ungefähr 20 Sek. abgelegt werden, ohne dass die Beschichtung durch Druckstellen geschädigt wird.

Nach Abschluss des Beschichtungsprozesses kühlen die Teile langsam auf Raumtemperatur ab (**Bild 5**). Aufhänge- bzw. Aufnahmepunkte werden mit einem für Trinkwasser zugelassenen 2-K-Epoxidharz-System nachgearbeitet.



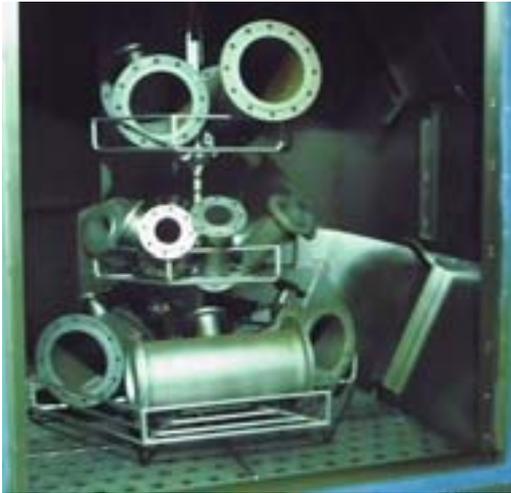


Bild 4:
Strahlanlage



Bild 5:
Kühlstrecke
Wirbelsinteranlage



Bild 6:
Prozesskontrolle

5 Qualitätskontrolle

In die Fertigung ist eine umfangreiche Prozesskontrolle integriert. Vor allem Schichtdicken und Porenfreiheit werden laufend überwacht (**Bild 6**) und die Einhaltung der Funktionsmaße von Muffenverbindungen sichergestellt. Außerdem wird der Fertigungsprozess regelmäßig durch eine Prüfung von Haftfestigkeit und Unterwanderung gemäß Gütesicherung RAL GZ 662 der Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz (GSK) begleitet. Die weit über die Normenvorgaben hinausgehenden Anforderungen der GSK werden jährlich mehrmals in einem Fremdüberwachungsverfahren des Materialprüfamts Hannover überwacht. Die Güteüberwachung sichert dem Kunden eine kontinuierlich hohe Qualität zu.

6 Zulassung

Für neue Anwendungsfälle in Biogas- bzw. Kläranlagen besitzt die Epoxidharz-Pulverbeschichtung ebenfalls eine Zulassung. Somit steht einer Ausweitung der Anwendungsmöglichkeiten von epoxidharzbeschichteten Formstücken und Armaturen nichts mehr im Wege.

Literatur

- [1] DIN EN 14901, Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen – Epoxidharzbeschichtung von Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen (für hohe Beanspruchung) – Anforderungen und Prüfverfahren; 2006
- [2] GSK RAL-GZ 662, RAL-Güte- und Prüfbestimmungen „Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken durch Pulverbeschichtung“, Juni 2002
- [3] Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von Epoxidharzbeschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser (Epoxidharzleitlinie); Umweltbundesamt, Mai 2007

Autoren

Dipl.-Ing. Udo Müller
Keulahütte GmbH
Geschwister-Scholl-Straße 15
D-02957 Krauschwitz
Telefon: +49 (0)3 57 71/54-4 00
E-Mail: umueller@vem-group.com

Martin Herker
L. FRISCHHUT GmbH & Co. KG
Franz-Stelzenberger-Straße 9-17
D-84347 Pfarrkirchen
Telefon: +49 (0)85 61/3 00 82 61
E-Mail: MHerker@tyco-valves.com

Komplettemailierte Komponenten für die Wasserversorgung

Von Rüdiger Werner und Franz-Josef Behler

1 Einleitung

Als hervorragender und dauerhafter Korrosionsschutz hat sich Email seit über 50 Jahren in der Wasserversorgung etabliert. Erdverlegte Armaturen mit Innenemailierung wurden Anfang der 50er-Jahre erstmals ausgeliefert und ab 1957 als technologischer Standard eingesetzt. Die ersten innen emailierten Druckrohrformstücke kamen dann mit Beginn der 70er-Jahre hinzu.

Email wird aus natürlichen, reichlich vorhandenen Rohstoffen hergestellt; dies ist ökologisch sinnvoll, weil es die Ressourcen unserer Erde schont. Seine Verarbeitung belastet weder die Mitarbeiter noch Umwelt. Emailierte Produkte sind langlebig und können wiederverwertet werden.

Seit Ende der 90er-Jahre wurde begonnen, Email auch auf die Außenbeschichtung zu übertragen, um eine integrale, übergangslose Beschichtung zu erhalten. Hinsichtlich des Werkstoffs, der Herstelltechnik sowie der Prüftechnik steht seit einigen Jahren ein erprobtes, geschlossenes Beschichtungssystem „Komplett-Email“ zur Verfügung, das inzwischen seinen Weg in die praktische Anwendung gefunden hat.

2 Anforderungen sowie Eigenschaften der Emailbeschichtung

Die Anforderungen an die Emailbeschichtung sind heute in DIN 3475 und vor allem in der DEV Richtlinie für emailierte Gussarmaturen und Druckrohrformstücke [6] definiert.

Im europäischen Regelwerk für Formstücke aus duktilem Gusseisen, der DIN EN 545, ist die Emailierung als Auskleidung bereits seit Jahren verankert. Bei der Überarbeitung dieser Norm soll in Zukunft auch die Email-Umhüllung auf-

genommen werden. Weitere Arbeiten an Produktnormen auf nationaler und europäischer Ebene laufen derzeit mit dem Ziel, Anforderungen und Prüfmethode festzuschreiben. Dabei geben die DEV Richtlinie und die Qualitätsanforderungen der European Enamel Authority – einem Zusammenschluss der deutschen, österreichischen, niederländischen, belgischen und britischen Emailverbände – den internationalen Standard vor.

Eine Prüfung nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 ist grundsätzlich nicht erforderlich, da sie ausschließlich auf die mikrobielle Bewuchsneigung organischer Materialien ausgerichtet ist. Als rein anorganischer Werkstoff bietet die Emailierung keinerlei Nährstoffe für Mikroorganismen und fördert somit auch keine Bildung von Biofilmen.

3 Komplettemailierung – ein modernes integrales Beschichtungssystem

Die Entwicklung des Beschichtungssystems „Komplettemail“ für Armaturen und Druckrohrformstücke der Gas- und Wasserversorgung zur Serienreife konfrontierte die Werkstofffachleute und Produktionstechniker mit zwei wesentlichen Erwartungen, welche über die bereits oben beschriebenen Anforderungen hinausgehen:

- Weitere Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, in erster Linie der Schlagfestigkeit des Emailverbundes
- Resistenz gegenüber den Korrosionsbeanspruchungen der Bodenklasse III (stark aggressive Böden) nach den Vorgaben des DVGW-Arbeitsblattes GW 9 (Korrosionsverhalten erdverlegter Rohrleitungen und Behälter, Beurteilung von Böden) [4].

Die Resistenz gegenüber der Bodenklasse III konnte durch eine spezielle Rezeptur des Emails eingestellt werden. Zur Optimierung der Schlagfestigkeit wurde auf werkstoffmechanische Zusammenhänge bei der technischen Keramik zurückgegriffen. Hier gelang bekanntermaßen der Durchbruch zur technischen Reife in breiten Anwendungsfeldern durch die deutliche Steigerung der Festigkeit. Die gezielte feindisperse Einlagerung von Kleinstpartikeln unterdrückt die Entstehung und Ausbreitung von Rissen bei lokaler Überbeanspruchung, z. B. Schlag oder Stoß.

Dieser Mechanismus konnte auf die Komplett-emaillierung übertragen werden. **Bild 1** zeigt eine Probeplatte belastet durch Kugelschlagversuche (2 kg Masse, 750 mm Fallhöhe, Kugelradius 20 mm). Die so vorbelastete Probe wurde anschließend an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, BAM, einem 5-wöchigen Salzsprühtest unterzogen.

Das Ergebnis: „Email ist nicht abgeplatzt, es ist an den Einschlagstellen konzentrisch gesprungen. In der Salzsprühnebelprüfung ist nach fünf Wochen nur an einer derartigen Stelle geringfügig und sehr oberflächlich Rost aufgetreten. ... Für die vorgesehenen Einsatzzwecke in der Gas-, Roh- und Trinkwasserversorgung sind im Erdboden verlegte Bauteile aus emailiertem Gusseisen mit Kugelgraphit der untersuchten Qualität keiner Gefährdung durch bodenseitige Korrosion ausgesetzt“ (**Bild 2**) [5].

Mit einer Komplett-emaillierung dieses Qualitätsstandards vereinigen sich die werkstoffspezifischen Vorteile des Emails wie folgt:

- Bewährter Korrosionsschutz innen
- Absolute hygienische und physiologische Unbedenklichkeit
- Aktive Vermeidung der Anhaftung von Biofilmen
(Glas dient als Negativ-Referenzprobe bei standardisierten Versuchen zur Bestimmung der Verkeimungsneigung von Werkstoffen)
- Korrosionsschutz außen gegenüber Böden aller Art, zusätzliche Maßnahmen (Bandagieren etc.) sind nicht weiter notwendig
- Übergangslose, integrale Beschichtung ohne Nahtstellen
- Hoher Widerstand gegen mechanische Belastung (Reibung, Schlag, Druck, Schub)
- Diffusionssperre, keine Blasenbildung zwischen Grundwerkstoff und Beschichtung durch Diffusion von Wasser durch die Beschichtung hindurch möglich
- Unterwanderungssicherheit, auch bei lokaler Verletzung der Oberfläche
- Alterungsbeständigkeit (keine Versprödung durch Herauslösung von Weichmachern oder anderen Stoffen)
- Klima- und Medienbeständigkeit (UV-Strahlung, Feuchte, Temperatur, organische Lösungsmittel).



Bild 1: Probeplatte Gusseisen GGG mit Email beschichtet. In Probenmitte zwei Schlagstellen aus Kugelschlagversuchen (Kugelradius 20 mm, Schlagenergie 15 Joule), Aufnahme Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM, Berlin



Bild 2: Ergebnis des 5-wöchigen Salzsprühnebeltests an einer durch Kugelschlagversuch vorbelasteten Probeplatte (100 mm x 100 mm, ident. Probe aus Bild 1). Lediglich an einer Schlagstelle ist „geringfügig und sehr oberflächlich Rost aufgetreten“, Untersuchung Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM, Berlin. Die Ablaufspuren sind auf die Fixierung der Probe während der Versuchslaufzeit zurückzuführen.

4 Verfahrenstechnologie und Qualitätssicherung

Die Emaillierung zeichnet sich durch eine intensive physikalisch-chemische Verbindung mit dem Grundwerkstoff aus [1]. Diese ist gekennzeichnet durch Diffusionsprozesse aus dem Grundwerkstoff in Richtung Email und umgekehrt während des Einbrands. Daraus bildet sich eine echte Verbundschicht in einer Dicke von einigen, je nach Werkstoffsystem auch bis zu einigen -zig Mikrometern (**Bild 3**).

Durch die Lösung oberflächennaher Atome des Substratwerkstoffes in der Emailmatrix wird zunächst eine optimale Oberflächengestalt für die mechanisch-physikalische Verbindung erzeugt.

Die Anlösung der Substratoberfläche steigert die Rauigkeit durch Ausbildung von Hinterschneidungen und erzeugt eine große Zahl von Ankerstellen für den mikromechanisch form-schlüssigen Verbund.

Dieser Mechanismus wird durch den Aufbau von Druckeigenstressungen des Emails im abgekühlten Zustand ergänzt. Diese tragen zur weiteren Stabilisierung des mechanischen Verbundes bei. Allerdings sind die Druckeigenstressungen auch verantwortlich für die Schlagempfindlichkeit konvexer Flächenelemente. Neben diesen mechanisch-physikalischen Bindungsmechanismen unterstützt die

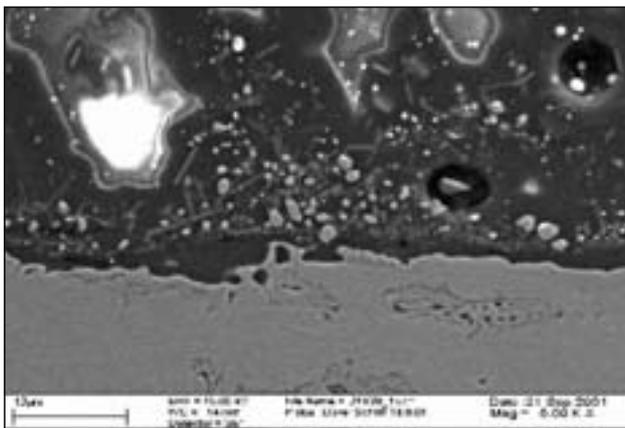


Bild 3:

Detailaufnahme einer Verbundschicht Email (hier mit Gusseisen GGG, Rasterelektronenmikroskopaufnahme Fraunhofer-Institut ISC, Würzburg).

Deutlich sichtbar die (Mikro-) Rauigkeit der Oberfläche (hell, unten) mit Hinterschneidungen. Nach oben anschließend ein dünner homogener Saum von etwa 2 µm Dicke, weiter anschließend die eigentliche Verbundschicht von deutlich über 10 µm Dicke mit unterschiedlichen Ausscheidungen

Vergrößerung der spezifischen Oberfläche die Ausprägung der zwischenmolekularen Bindungen, im Wesentlichen Valenz- und Van-der-Waals-Bindungen. Aber auch metallische Bindungen spielen im Eisen-Silizium-Sauerstoff-System der Verbundschicht eine Rolle.

Bei der Emaillierung von Armaturen und Druckrohrformstücken aus duktilem Gusseisen bestimmen eine Reihe wesentlicher Fertigungsparameter und -randbedingungen die Güte einer Emaillierung. Die chemische Zusammensetzung des Grundwerkstoffes Gusseisen, seine Mikrostruktur, seine Vorbehandlung und seine Oberflächenbeschaffenheit sind von entscheidender Bedeutung.

Sauberes, ferritisches Gefüge in der Randschicht erleichtert die Emaillierung. Oberflächennahe Kohlenstoffeinschlüsse behindern sie ebenso wie Mikrofehlstellen, die als Wasserstofffallen wirken können.

Die thermisch-mechanische Vorbehandlung ist die zweite wesentliche Voraussetzung. Sauberes, abrasiv wirkendes Strahlgut reinigt die Oberfläche der Gussstücke, aktiviert sie und vergrößert die spezifische Oberfläche. Im Anschluss an den Strahlvorgang muss jede Kontamination der Oberfläche vermieden werden.

Daraus leitet sich die Forderung nach einem zügigen Produktionsablauf ab:

- Vorbehandlung (**Bild 4**),
- Auftragen des Emailschilders (**Bilder 5 und 6**),
- Trocknung (**Bild 7**),
- Emailbrennen (**Bilder 8 und 9**).

Basis für die Prüfung und Bewertung emaillierter Komponenten ist die DEV-Richtlinie [6]. Mit ihr ist es gelungen, typische und realitätsnahe Belastungsszenarien von Druckrohrformstücken, Armaturen und Komponenten in ein klares Anforderungsprofil zu übertragen und mit verhältnismäßig einfach durchzuführenden mechanisch-technologischen Methoden zu prüfen (**Tabelle 1**).



Bild 4:
Schiebergehäuse
nach der Strahlbehandlung

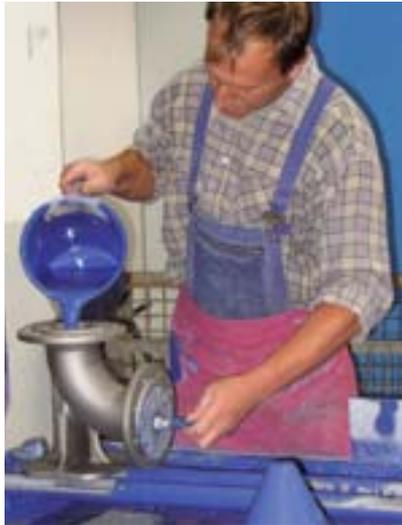


Bild 5:
Schlickerauftrag auf der Innen-
fläche eines Formstückes durch
Fluten



Bild 6:
Schlickerauftrag auf der
Außenseite von Schiebergehäusen
durch Aufsprühen



Bild 7:
Innen beschichtete Gussstücke in
der Trocknungsstrecke



Bild 8:
Blick in den Einbrennofen



Bild 9:
Emaillierte Schiebergehäuse und
Formstücke nach dem Einbrand



Bild 10:
Graubünden-Tunnelprojekt Gotschnamassiv mit der angeschlossenen Sunnibergbrücke,
Einsatz von komplett emaillierten Druckrohrformstücken und Armaturen

Tabelle 1:

Auszug der Qualitätsanforderungen und Prüfverfahren – DEV Richtlinie [6]

Produktqualität	Prüfverfahren	Anforderungen	Prüfhäufigkeit
Güte der Emaillierung	Visuelle Prüfung	Gleichmäßige, glatte Oberfläche, geringfügige Farbabweichungen an Kanten und Rippen zulässig.	Jedes Teil
	Kreisschablone 35 mm Ø	Einzel-pore kleiner 1 mm Durchmesser, weniger als sieben Poren innerhalb 35-mm-Kreis	
Schlagfestigkeit (Fallkörper)	Schlagbelastung mit scharfkantigem Belastungskörper 0,2 kg, Kegelspitze 60 °, R = 1 mm, Härte ≥ 60 HRC	Keine sichtbare Veränderung der Belastungsstelle nach 24 Std.	mitlaufende Probe in Abstimmung zwischen Hersteller und Kunden
Korrosionsbeständigkeit gegen Wasser und Wasserdampf	Nach DIN EN 14483-2, 48 Std. Wasser 100°C, Dampf > 100°C	Keine wesentliche Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit, Glanzverlust zulässig	Bei Änderung des Emails, min. 1 x jährlich
Korrosionsbeständigkeit gegen Citronensäure und saure Böden	Nach DIN EN 14483-1, DIN 50929-3	Säurebeständigkeit nach DIN EN 14483-1, Klasse AA und gegen Bodenklasse III	Bei Änderung des Emails, min. 1 x jährlich
Korrosionsbeständigkeit und Resistenz gegen Unterwanderung des Emails nach Schlagbelastung mit scharfkantigem Fallkörper	Schlagbelastung (siehe Schlagfestigkeit) und dreitägige Auslagerung in entionisiertem Wasser, 80 °C	Korrosion darf nicht wesentlich voranschreiten, keine Unterwanderung	Bei Änderung des Emails, min. 1 x jährlich
Korrosionsbeständigkeit nach definierter Vorbelastung durch Ritzversuch	In Anlehnung an DIN EN ISO 15695; mit 10 N und fünf Umdrehungen, R = 40 mm; dreitägige Auslagerung in entionisiertem Wasser, 80 °C	Korrosion darf nicht wesentlich voranschreiten, keine Unterwanderung	Bei Änderung des Emails, min. 1 x jährlich
Korrosionsbeständigkeit nach definierter Vorschädigung durch Reibverschleißversuch	DIN ISO 6370-1 und 6370-2; Abriebtest 100 N, 60 mm Relativbewegung, anschl. dreitägige Auslagerung in entionisiertem Wasser, 80 °C	Korrosion darf nicht wesentlich voranschreiten, keine Unterwanderung	Bei Änderung des Emails, min. 1 x jährlich
Beständigkeit gegen klimatische Belastung und ultraviolette Strahlung	In Anlehnung an DIN EN ISO 11341; Temperatur-/Feuchtezyklus: 12 Std., 10–50 °C, 30 bis 75 % r. F., anschl. 21 Tage Bestrahlung mit Ultra-Vita-Lux-Lampe, 300 Watt, Abstand: 500 mm anschl. dreitägige Auslagerung in entionisiertem Wasser, 80 °C	Keine Auskreidung, keine Blasenbildung oder partielle Ablösung, keine negative Beeinflussung der Korrosionsbeständigkeit zulässig	Bei Änderung des Emails, min. 1 x jährlich

5 Technisches Email – breites Einsatzspektrum bei hoher Wirtschaftlichkeit

Generell ist Technisches Email mit seinem breiten Funktionsprofil prädestiniert für den Einsatz in vielen Bereichen der Chemie-, Pharma- und Lebensmittelindustrie. Je nach Einsatzbereich lässt sich dieses Oberflächensystem auf unterschiedlichste spezifische Anforderungen ausrichten. Ob nun in der Trinkwasserversorgung [2], ob in der Wirkstoffchemie, in der Pharmazie unter GMP-Bedingungen oder mit Hygienic-Design-Vorgaben oder in der Abwasserbehandlung – vielfältige Anforderungen mit unterschiedlichen Schwerpunkten werden durch die Verbindung der Strukturwerkstoffe mit den oberflächenbestimmenden Emailqualitäten erfüllt.

Unterstützt werden die Eigenschaften der Emaillierung durch konstruktiv angepasste Gestaltung, welche die positiven Eigenschaften unterstützt und Einschränkungen nach Möglichkeit ausschließt.

Bezieht man in einer objektiven Kosten-Nutzen-Rechnung die Faktoren Langlebigkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit mit ein, ist Email wirtschaftlich interessant und kann seinen Anteil zur Investitionssicherheit beitragen.

Vielfach bewährt in den unterschiedlichsten Einsatzfeldern bietet die Komplettmaillierung Lösungen auf hohem technologischen Stand für den Rohrleitungsbau. Hier wird die anspruchsvolle Technik der Technischen Emaillierung mit modernen architektonischen Lösungen im Anlagen- und Brückenbau sowie mit allgemeinen rohrentechnischen Lösungen verbunden (**Bild 10**).

Literatur

- [1] Behler, F.-J.: Technisches Email; 3R international (45) Heft 10/2006
- [2] Imhof, E.: Email – ein bewährter Verbundwerkstoff für Armaturen und Formstücke. 3R international (30) Heft 8/1991
- [3] Schmalenbach, R.: Grauguß, Sphäroguß, Vakuumformguß – neuere Erkenntnisse der Gußeisen-Emaillierung. Mitteilungen des Vereins Deutscher Emailfachleute e.V. und des deutschen EMAIL-Zentrums e.V., Band 30, Heft 1 und 2/1982

- [4] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Hrsg.: Technische Regel Arbeitsblatt GW 9, Beurteilung von Böden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen und Behälter aus unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen. März 1986
- [5] BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung: Untersuchung von Korrosionsvorgängen an emailliertem duktilem Gußeisen, AZ VII.4 /13586-1, 8/2002
- [6] Deutscher Email Verband (DEV) e.V., Hrsg.: DEV-Richtlinie „Qualitätsanforderungen und Prüfvorschriften für emaillierte Gußarmaturen und Druckrohrformstücke für die Roh- und Trinkwasserversorgung“; 2. Ausgabe, 27.09.2006

Autoren

Dipl.-Ing. Rüdiger Werner
Eisenwerke Fried. Wilh. Düker AG & Co. KGaA
Hauptstraße 39
D-63846 Laufach
Telefon: +49 (0)60 93/87-1 20
E-Mail: ruw@dueker.de

Dipl.-Ing. Franz-Josef Behler
Eisenwerke Fried. Wilh. Düker AG & Co. KGaA
Hauptstraße 39
D-63846 Laufach
Telefon: +49 (0)60 93/87-1 10
E-Mail: fjb@dueker.de

Erneuerung der Wasserleitung DN 100 im Ortsnetz Ellingshausen, Gemeinde Knüllwald

Von Michael Lorenz und Karl-Wilhelm Römer

1 Allgemeine Erläuterungen

Die Gemeinde Knüllwald mit ihren 16 Ortsteilen liegt im östlichen Teil des Schwalm-Eder-Kreises. Der Ortsteil Ellingshausen mit rd. 250 Einwohnern befindet sich südlich des Ortsteiles Völkershain und westlich der Autobahn A 7. Im Zuge des Neubaus einer Schmutzwasserkanalisation des Ortsnetzes wurde das Ingenieurbüro Lorenz, Felsberg, vom Gemeindevorstand mit der Entwurfsplanung und der Gesamtbauleitung für die Erneuerung der Wasserversorgungsleitungen beauftragt.

2 Bestehende Versorgungssituation und Dimensionierung

Der Ortsteil Ellingshausen wird mit Trinkwasser des Gruppenwasserwerkes Fritzlar-Homberg versorgt. Das Trinkwasser wird über eine Transportleitung vom Ortsteil Wallenstein in den Hochbehälter oberhalb der Ortslage Ellingshausen

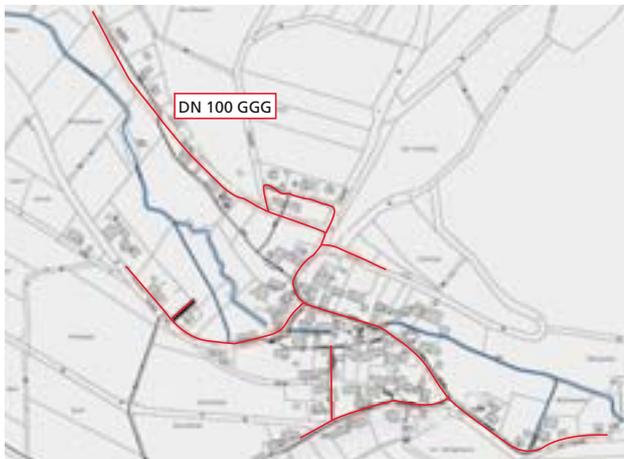


Bild 1:
Lageplan

sen gepumpt und über eine Falleitung in das Ortsnetz eingespeist. Betreiber des Ortsnetzes ist die Gemeinde Knüllwald. Rohrbrüche und die zu geringen Dimensionen der alten Leitungen aus Grauguss waren Gründe zur Auswechslung im Zuge der Kanalbaumaßnahmen in der gesamten Ortslage. Die zu erneuernde Leitung (**Bild 1**) wurde unter Berücksichtigung des Wasserverbrauchs des Ortsnetzes und unter Einbeziehung des Brandschutzes dimensioniert. Eine Überrechnung des Netzes ergab eine erforderliche Nennweite von DN 100.

3 Ausschreibung und Werkstoffwahl

Für die Betrachtung der Trinkwasserversorgungsleitungen der Gemeinde Knüllwald standen nach dem Stand der Technik als Rohrleitungsmaterialien Polyethylen und duktiles Gusseisen zur Diskussion. Folgende Kriterien wurden eingehend untersucht:

- Sicherheitsreserven gegenüber statischen Belastungen von außen
- Sicherheitsreserven gegenüber Beanspruchung aus Innendruck
- Robustheit der Rohre
- Bis 5° abwinkelbare Muffenverbindung
- Lagerhaltung
- Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren
- Eigene Erfahrungen.

Unter Berücksichtigung der genannten Kriterien verliert der Rohrpreis an Bedeutung, vor allem bei Betrachtung der Kosten der Gesamtmaßnahme. Letztendlich, nicht nur aufgrund der langjährigen guten Erfahrungen mit dem Rohrsystem aus duktilem Gusseisen, haben sich die Gemeinde Knüllwald und das Planungsbüro abschließend einheitlich für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen entschieden. Nach Durchführung von Boden-



Bild 2:
Rohrlagerung
auf der Baustelle



Bild 3:
Einbau der
duktilen Gussrohre



Bild 4:
Vormontiertes Schieber-
kreuz kurz vor dem Ein-
bau in die Hauptleitung



Bild 5:
Verfüllen
des Rohrgrabens

widerstandsmessungen wurde festgelegt, dass Rohre ohne Zementmörtelumhüllung zum Einsatz kommen. Man entschied sich für die neue Generation duktiler Gussrohre (**Bild 2**) für die Trinkwasserversorgung mit einem äußeren Überzug von 400 g/m² Zink-Aluminium, welcher zu 85 % aus Zink und zu 15 % aus Aluminium besteht. Die blaue Deckbeschichtung kennzeichnet dieses Rohr als Trinkwasserrohr der Druckklasse 40 bar.

4 Ausschreibungsverfahren und Bauphase

Im Rahmen des Ausschreibungsverfahrens der Kanalbaumaßnahme wurde auch die Erneuerung der Wasserversorgung öffentlich ausgeschrieben. Ein Großteil der Maßnahme sollte in konventioneller offener Grabenbauweise (**Bild 3**) ausgeführt werden. Bei den Dükerungen des Breitenbaches entschied man sich für das Vorpressen von Mantelrohren aus Stahl. Die Wasserleitung aus duktilen Gussrohren wurde mittels Gleitkufen in das Mantelrohr eingeschoben. Die Schieberkreuze (**Bild 4**) wurden an den Knotenpunkten mittels Flanschverbindungen mit den erforderlichen Keilovalschiebern und dem mittig gesetzten Hydrant eingebunden. Als Rohrbettungs- und -umhüllungsmaterial für die Rohre wurde ein Sandgemisch mit einer Korngröße 0/4 mm eingesetzt (**Bild 5**).

5 Zusammenfassung

Für die Erneuerung einer Trinkwasserleitung aus Graugussrohren sind duktile Gussrohre DN 100 gewählt worden. Gekrümmte Trassenverläufe, wie sie in Ortslagen häufig vorkommen, lassen sich durch Abwinkeln in den Muffen leicht nachbilden. So entfällt der Einbau von Bögen mit Widerlagern.

Autoren

Dipl.-Ing. Michael Lorenz
Ingenieurbüro Lorenz
Sälzerweg 26
D-34587 Felsberg
Telefon: +49 (0)56 62/93 14 23
E-Mail: kontakt@ingenieurbuero-lorenz.de

Karl-Wilhelm Römer
Buderus Giesserei Wetzlar GmbH
Verkaufbüro Kassel
Schweinsbühl, Kerbelweg 6
D-34519 Diemelsee
Telefon: +49 (0)56 32/92 22 52
E-Mail: karl-wilhelm.roemer@guss.buderus.de

Bauherr

Gemeinde Knüllwald
Dipl.-Ing. Holger Iber
Hauptstraße 2
D-34593 Knüllwald
Telefon: +49 (0)56 82/99 57-0
E-Mail: holger.iber@knuellwald.de

Planung

Ingenieurbüro Lorenz
Dipl.-Ing. Michael Lorenz

Bauausführung

Lange Bau GmbH
Dipl.-Ing. Horst Eberhard
Hans-Staden-Straße 28
D-34576 Homberg / Efze
Telefon: +49 (0)56 81/40 16
E-Mail: homberg@lange-bau.de

Zweckverband Wasserversorgung Ostalb – Verbesserung der Versorgungssicherheit im südwestlichen Verbandsgebiet

Von Hans Günther Simon und Helmut Kolb

1 Einleitung

Der Zweckverband Wasserversorgung Ostalb mit Sitz in Gerstetten blickt auf eine über 125-jährige Geschichte zurück. Er ist aus dem Zusammenschluss der früheren Albwasserversorgungsgruppen I und V und dem Zweckverband Wasserversorgung Heidenheimer Alb zum 1. Januar 1973 hervorgegangen. Er versorgt heute etwa 46.000 Einwohner in den Landkreisen Heidenheim, Göppingen und im Alb-Donau-Kreis und ist damit einer der größten Wasserversorger in Baden-Württemberg.

Die Albwasserversorgungsgruppe I wurde am 1. Juni 1878 gegründet und ist am 13. Mai 1880 in Betrieb gegangen, die Albwasserversorgungsgruppe V, gegründet am 19. November 1879, ging am 23. September 1881 in Betrieb.

Um dem zunehmenden Wassermangel in den versorgten Gemeinden abzuwehren, wurde am 11. Dezember 1952 der Dachverband „Zweckverband Wasserversorgung Heidenheimer Alb“ ins Leben gerufen, der in den Folgejahren die Zusatzwasserversorgung aus dem Brenztal mit dem Wasserwerk bei Bolheim aufgebaut hat.

2 Wassergewinnungsanlagen

Das Versorgungsgebiet ist je nach Wasserherkunft in die Versorgungsbereiche entsprechend **Tabelle 1** aufgeteilt.

Für die Ortschaft Radelstetten, Gemeinde Lonsee, wird das Wasser vom Zweckverband Ulmer Alb bezogen.

Tabelle 1:

Herkunft des Trinkwassers und Versorgungsbereiche

Wasserherkunft	Versorgter Bereich
Wasserwerk Bolheim	Heidenheimer Alb
Wasserwerk Eybtal	Eybtal
Wasserwerk Bad Überkingen	Fils- und Lonetal
Wasserwerk Unterböhringen	Unterböhringen
Zweckverband Landeswasserversorgung (Pumpwerk Lonsee)	Stubersheimer Alb
Wasserwerk Bolheim und Zweckverband Landeswasserversorgung	Niedere Alb (Mischwasser)
Zweckverband Ulmer Alb	Ortschaft Radelstetten, Gemeinde Lonsee

3 Umfang der Maßnahme

Zur Verbesserung der Versorgungssicherheit im südwestlichen Verbandsgebiet sind außer der Herstellung eines zweiten Anschlusses an die Landeswasserversorgung zusätzlich vor allem verschiedene Versorgungsleitungen zu erneuern.

Die Maßnahme umfasst das Versorgungsgebiet südlich Geislingen an der Steige. In diesem Bereich wird das Leitungsnetz des Zweckverbands von der Zubringerleitung der Landeswasserversorgung Stuttgart tangiert. Zur Verbesserung der Versorgungssicherheit bei gleichzeitig kostengünstiger und wirtschaftlicher Trinkwasserförderung ist ein weiterer Anschluss des Zweckverbands an den Scheitelbehälter Amstetten der Landeswasserversorgung vorgesehen.

Die von West nach Ost quer durch den Ort und über Privatgrundstücke verlaufende Hauptversorgungsleitung (DN 200 bzw. DN 250) aus dem Jahr 1881 wird im Zuge der Maßnahme zwischen den Hochbehältern Aufhausen und Stubersheim größtenteils erneuert. Außerdem werden die Zuleitungen zu den Hochbehältern Amstetten-Bahnhof und Amstetten-Dorf neu gebaut.

Damit optimale Betriebszustände geschaffen werden können, sind die hydraulischen und elektrischen Einrichtungen in den Hochbehältern Stubersheim, Aufhausen, Amstetten-Dorf und Scheitelbehälter Amstetten umzubauen.

4 Leitungsquerschnitte

In der Hauptverbindungsstrasse wird eine Doppelleitung DN 200/DN 200 (**Bild 1**) bzw. DN 200/DN 150 eingebaut. Die Anschlussleitungen zu den Hochbehältern Amstetten und Amstetten-Dorf sind in DN 150 gewählt, zur Landeswasserversorgung wird mit DN 200 angebunden. Insgesamt werden etwa 13.500 m Leitungen neu eingebaut.

Die Gesamtmaßnahme wird in drei Bauabschnitten in den Jahren 2007 bis 2009 durchgeführt. Der erste Abschnitt 2007 umfasst die Leitungstrasse vom HB Stubersheim zum HB Amstetten-Bahnhof (**Bild 3**). Hierbei werden etwa 2.100 m duktile Gussrohre DN 200 als Doppelleitung und 1.300 m duktile Gussrohre DN 150 als Einzelleitung gelegt.



Bild 1:
Doppelleitung DN 200 mit Zementmörtel umhüllten duktilen Gussrohren



Bild 2:
Einzelrohreinbau im Waldweg

5 Trassierung

Die Leitungstrassen wurden größtenteils parallel zu bestehenden Feld- und Waldwegen gewählt (**Bild 2**). Hierdurch werden die Privatgrundstücke nur geringfügig beansprucht.

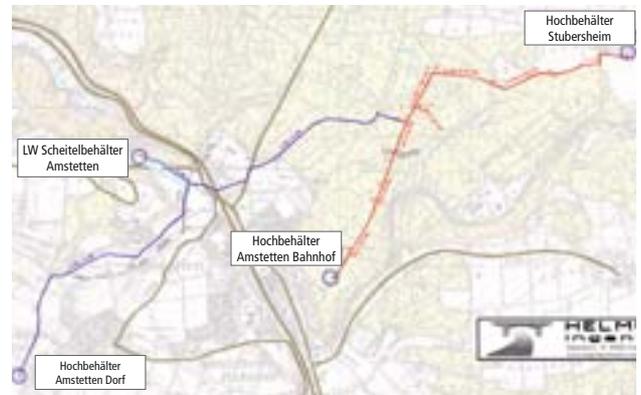


Bild 3:
Lageplan



Bild 4:
Schachtbauwerk außerhalb des Waldweges

Die erforderlichen Schachtbauwerke liegen neben befahrbaren Wegen (**Bild 4**) und sind somit jederzeit zugänglich. Nördlich der Gemeinde Amstetten wird die Bahnlinie Geislingen-Ulm sowie die Bundesstraße B 10 mit Schutzrohren aus Stahl im Bohrverfahren unterquert.

6 Schachtbauwerke

In den Hoch- und Tiefpunkten werden Schachtbauwerke mit Be- und Entlüftungseinrichtungen bzw. Entleerungsmöglichkeiten angeordnet (**Bild 5**). An den einzelnen Leitungsabzweigen werden Schachtbauwerke mit Absperrklappen zur Durchflusssteuerung der einzelnen Leitungsabschnitte vorgesehen.



Bild 5:
Armaturenschacht



Bild 6:
Rodungsfräse



Bild 7:
Gekrümmte Trassenführung –
Schutzmanschetten an den Muffen

7 Wahl des Rohrmaterials

Auf der Albhochfläche stehen erfahrungsgemäß steinig lehmige Böden an. In der Leitungstrasse ist teilweise auch mit schwer lösbarem Felsmaterial (Bodenklasse 6 und 7) zu rechnen. Vor allem im Bereich der Wald- und Wiesenflächen soll das anstehende Aushubmaterial größtenteils wieder zur Grabenverfüllung verwendet werden. Mit dem Einbau von grobstückigem Steinmaterial oberhalb der Rohrdeckung erhöht sich das Risiko von Punktlasten auf dem Rohr. Weiterhin war zu berücksichtigen, dass der Versorgungsdruck am tiefsten Punkt bei 23 bar liegt.

Aus diesen Gründen werden für die Leitungen duktile Gussrohre nach DIN EN 545 mit Zementmörtel-Umhüllung vorgesehen. Zur Herstellung einer planmäßigen Grabensohle und Sicherstellung einer fachgerechten Rohrbettung und -umhüllung, wird die Rohrleitungszone mit Kalkschotter Körnung 0/32 bis 0/45 mm hergestellt. Die Rohrverbindungen werden zusätzlich durch Schutzmanschetten gesichert.

Im Leitungsgraben wird zudem ein Kabelschutzrohr DN 110 x 3,2 mm mit eingebaut, in das ein Steuerkabel eingezogen wird. Damit können Wasserbehälter und Fördermengen fernüberwacht und die Daten in die Zentrale zur Betriebsstelle nach Gerstetten übertragen werden.

8 Bauausführung

Die Gesamtleistung des 1. Bauabschnittes wurde in zwei Baulosen ausgeschrieben.

- Los I: Erdarbeiten und Schächte
- Los II: Einbau von Rohrleitungen und Formstücken

Hierdurch konnte auch der lokalen Bauindustrie eine Teilnahme am Wettbewerb ermöglicht werden. Den Zuschlag erhielt die Firma Geiger + Schüle Bau GmbH, Ulm, für das Baulos I, Erdarbeiten und Schächte und die Firma Dorfner GmbH, Rohrleitungsbau, Pfronstetten, für das Baulos II, Einbau von Rohrleitungen und Formstücken.

Im Vorfeld der Grabarbeiten wurde in dem etwa 1,8 km langen Waldbereich neben dem bestehenden Waldweg ein ungefähr 6 m breiter Baustreifen frei geräumt. Hierbei wurde eine leistungsstarke Rodungsfräse eingesetzt (**Bild 6**).

Richtungsänderungen in der Leitungsführung wurden außerhalb der Schachtbauwerke mit der längskraftflüssigen Steckmuffen-Verbindung TYTON-SIT® ausgeführt (**Bild 7**). Dadurch erübrigte sich die Herstellung von Betonwiderlagern.

Die Baumaßnahme wurde im Juli 2007 begonnen und wird voraussichtlich bis Ende Oktober 2007 abgeschlossen sein. Die Kosten belaufen sich auf rd. 650.000 Euro.

9 Zusammenfassung

Mit der im Jahre 2007 begonnenen Maßnahme sichert der Zweckverband Wasserversorgung Ostalb langfristig die Versorgung der Verbandsgemeinden in dieser Region mit Trinkwasser. Durch zusätzliche Bezugs- und Fördermöglichkeiten können Störfälle problemlos überbrückt und somit die Versorgungssicherheit erheblich gesteigert werden.

Autoren

Dipl.-Verw.-Wirt (FH) Hans Günther Simon
Zweckverband Wasserversorgung Ostalb
Waldstraße 23
D-89543 Gerstetten
Telefon: +49 (0)73 23/96 32-11
E-Mail: info@wv-ostalb.de

Dipl.-Ing. (FH) Helmut Kolb
Ingenieurbüro Helmut Kolb
Zeppelinstraße 10
D-89555 Steinheim am Albuch
Telefon: +49 (0)73 29/92 03-0
E-Mail: info@ingenieurbuero-kolb.de

Bauherr

Zweckverband Wasserversorgung Ostalb
Dipl.-Verw.-Wirt (FH) Hans Günther Simon
Telefon: +49 (0)73 23/96 32-0
E-Mail: info@wv-ostalb.de

Planung

Ingenieurbüro Helmut Kolb
Dipl.-Ing. (FH) Helmut Kolb

Tiefbau

Geiger + Schüle Bau GmbH
Konrad Mezger
Postfach 2120
D-89011 Ulm
Telefon: +49(0)7 31/40 99-0
E-Mail: info@gsbau.eu

Rohrleitungsbau

Dorfner GmbH
Rohrleitungsbau
Johannes Schmid
Hauptstr. 52
D-72539 Pfronstetten
Telefon: +49 (0)73 88/2 85
E-Mail: dorfner-gmbh@t-online.de

Verbesserung der Druckverhältnisse in Wiesenbach – Erster Bauabschnitt

Von Holger Gersten

1 Einleitung

Der Zweckverband Hohenloher Wasserversorgungsgruppe mit Sitz in Gerabronn versorgt etwa 32.000 Einwohner der Hohenloher Ebene mit Trinkwasser. Das Versorgungsgebiet mit einer Fläche von 650 km² beginnt im Süden an der Autobahn A6 und reicht im Norden bis zur Landesgrenze des Freistaates Bayern. In der Vergangenheit wurden im Versorgungsbereich Wiesenbach mehrfach Maßnahmen zur Stabilisierung der Versorgungssituation in der Hochzone des Ortes durchgeführt. Infolge des steigenden Wasserbedarfes im Bereich Gewerbe und Sportanlagen wurde der Erfolg dieser Maßnahmen jedoch relativ schnell wieder aufgezehrt.

2 Planung

Aus diesem Grund wurde der Zweckverband Wasserversorgung Nordost-Württemberg, Sitz Crailsheim, mit der Planung von mehreren Varianten zu einer nachhaltigen Verbesserung der Versorgungsverhältnisse für Wiesenbach beauftragt. In den Gremien des Zweckverbandes entschied man sich im Jahr 2006 für die im **Bild 1** dargestellte Variante 4.

Diese weist außer der Versorgungsverbesserung für Wiesenbach noch folgende Vorteile für das gesamte südliche Versorgungsgebiet des Zweckverbandes auf:

- Für den Versorgungsbereich des Wasserturms (WT) Heufelwinden ist jetzt eine Ringversorgung möglich.
- Weiterreichende Verbesserungen sind für den Versorgungsbereich Süd durch den Bau einer neuen Leitung in den nächsten zwei Jahren vorgesehen.



Bild 1:
Übersichtslageplan

- Mit der neuen Verbindung zwischen drei Hauptversorgungspunkten des Zweckverbandes mit dem HB (Hochbehälter)/WT Lindlein, der Falleitung Süd DN 250 und der Falleitung HB Limbach DN 200 wird eine maximale Flexibilität des Leitungsnetzes erzielt.

Die Leitungstrasse führt vom Hochbehälter Lindlein (494 m ü. NN, 5.000 m³) entlang der Kreisstraße K 2532 über die Saalbacher Höhe zwischen Saalbach und Wiesenbach hindurch zur K 2677. Dort wird der Anschlussschacht für Wiesenbach platziert. Wegen seiner Größe wird er aus Ortbeton hergestellt (**Bild 2**). Von diesem Anschlussschacht führt die Trasse in Richtung Wiesenbach, wo an das bestehende Ortsnetz angeschlossen wird. Weiterhin ist in einem zweiten Bauabschnitt eine Verbindung zur Falleitung DN 200 Richtung HB Limbach und zur Falleitung Süd DN 250 geplant.



Bild 2:
Bodenplatte des Anschlussschachtes

Die vorhandene Versorgungsleitung DN 100 zwischen Saalbach und Wiesenbach wird ebenfalls mit eingebunden, womit eine zusätzliche Einspeisemöglichkeit entsteht.

Bis auf den Anschlussschacht sind die Schachtbauwerke als Fertigteilschächte konzipiert. An den Hochpunkten sind Be- und Entlüftungsschächte angeordnet. Am Tiefpunkt wurde aus Kostengründen auf eine Entleerungsmöglichkeit verzichtet, weil etwa 300 m entfernt im Anschlussschacht Wiesenbach eine Entleerungsmöglichkeit besteht. Die Trassenführung orientiert sich an den Kabel- und Leitungstrassen des Zweckverbandes, an Felddrainagen und an der Topografie.

3 Auswahl des Materials

Seit seiner Gründung im Jahre 1938 setzt der Zweckverband Hohenloher Wasserversorgungsgruppe Trinkwasserrohre aus Gusseisen ein. Der Anteil der Gussrohre am Rohrmaterial für die Fernleitungen beträgt etwa 84 %. Derzeit werden ab DN 150 Rohre aus duktilem Gusseisen eingebaut. Im Vergleich zu anderen Rohrmaterialien sind Gussrohre mit ihrer hohen dynamischen Belastbarkeit für den Einbau im Bereich des Muschelkalkgesteines im Vorteil. Sie können beispielsweise klüftige Bereiche überbrücken oder infolge ihres hohen Arbeitsvermögens und ihrer beweglichen Muffenverbindungen Bodenbewegungen aufnehmen.

Im Trassenbereich herrschen Bodenarten bis Bodenklasse 6 und 7 vor. Daher wurden für diese Maßnahme Rohre aus duktilem Gusseisen PFA 10 mit Zementmörtel-Auskleidung und Zementmörtel-Umhüllung nach DIN EN 15542 mit Verbindungstechnik TYTON® und TYTON-SIT PLUS® ausgewählt (**Bild 3**). Die Verbindungen sind mit einer Schutzmanschette

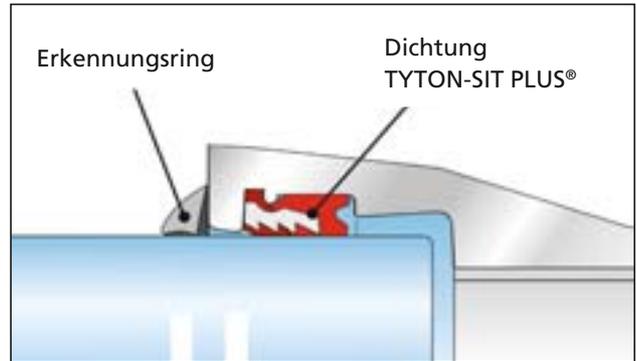


Bild 3:
TYTON-SIT PLUS® Steckmuffen-Verbindung

geschützt. Parallel zur eingebauten Trinkwasserleitung wird in einem Teilabschnitt auch ein Kabelleerrohr DN 50 eingebaut.

4 Bauausführung

Die Gesamtlänge der Leitungen im ersten Bauabschnitt für den neuen Anschluss Wiesenbach betragen etwa 2.700 m DN 300 und 950 m DN 200. Die Maßnahme wurde im Frühjahr 2007 in einem Los für Tiefbau und Rohrleitungsbau ausgeschrieben. Den Zuschlag erhielt die Firma Steinbrenner GmbH & Co. KG mit ihrem Nachunternehmer, Firma Becher in Mudersbach, für den Rohrleitungsbau.

Mit dem Bau wurde nach der Ernte im August 2007 in der Ortslage Wiesenbach begonnen. Beim Aushub war vor allem auf die Felddrainagen zu achten, die im Falle einer Beschädigung zur Vermeidung von Folgeschäden wieder ordnungsgemäß instand gesetzt werden müssen. Weiterhin galt es, den Baustreifen möglichst schmal zu halten, um Flurschäden zu minimieren und den Landwirten eine zumindest teilweise Ansaat zu ermöglichen.

Die Rohrbettung wurde aus Flusssand hergestellt. Für die Umhüllung wurde das anfallende Aushubmaterial wieder eingebaut, was im Bereich der Bodenklasse 7 durch die Verwendung einer Gabenfräse (**Bild 4**) möglich war. In Bereichen mit Bodenklasse 6 wurde Boden innerhalb der Baustelle ausgetauscht (**Bild 5**). Bisher wurde die Leitung DN 200 auf ihrer ganzen Länge eingebaut. Die Kreisstraße K 2677 wurde mittels Durchpressverfahren unterquert (**Bild 6**). Als Schutzrohr wurde ein Stahlrohr DN 500 gewählt, in welches das Mediumrohr auf Gleitkufen eingezogen wurde. Von der Rohrleitung DN 300 wurden bisher ungefähr 1.000 m gelegt.



Bild 4:
Aushub mit Grabenfräse



Bild 5:
Grabenverfüllung mit Aushubmaterial



Bild 6:
Querung der Kreisstraße K 2677
in geschlossener Bauweise

5 Schlussbemerkung

Für den Ort Wiesenbach werden sich nach Fertigstellung der Baumaßnahme Ende 2007 die Druckverhältnisse im Bereich der Ruhedrucke um etwa 0,5 bar und im Bereich der Fließdrücke um bis zu 2 bar verbessern, da die im Spitzenlastfall benötigten Wassermengen mit der neuen Versorgungsleitung nun zur Verfügung stehen.

Autor

Dip.-Ing. Holger Gersten
Zweckverband Wasserversorgung
Nordostwürttemberg
Schulstraße 54
D-74572 Blaufelden
Telefon: +49 (0)79 53/98 90-0
Email: h.gersten@now-wasser.de

Bauherr

Zweckverband Hohenloher
Wasserversorgungsgruppe
Isolde Ansorge
Rechenhausener Straße 2
D-74582 Gerabronn
Telefon: +49 (0)79 52/2 84
E-Mail: isolde.ansorge@wv-hohenlohe.krbf.de

Bauunternehmen

Firma Steinbrenner GmbH & Co. KG
Rudolf Steinbrenner
Gammesfelder Straße 23
D-74572 Blaufelden-Wiesenbach
Telefon: +49 (0)79 53/98 70 - 0
E-Mail: info@steinbrenner-bau.de

Stadtwerke Backnang GmbH

Äußere Erschließung Katharinenplaisir–Zeller Weg

Von Hans-David Riker und Jörg Schröder

1 Allgemeines zur Stadt Backnang

Backnang ist eine einzigartige Stadt. Durchfließen von der malerischen Murr liegt die Große Kreisstadt Backnang eingebettet in eine wunderschöne Landschaft. Durch ihre Lage am Rande des Schwäbisch-Fränkischen Waldes bildet sie überdies das Tor zum gleichnamigen Naturpark.

Die Stadtwerke wurden Anfang der 60er-Jahre aus dem allgemeinen Haushalt der Stadt Backnang herausgelöst und als Eigenbetrieb für die Gas- und Wasserversorgung geführt. Dieser Eigenbetrieb wurde ab dem 1. Januar 2003 in eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) umgewandelt. Frisches Trinkwasser gelangt durch ein 205 km langes Rohrnetz zu den Haushalten der 36.000 Einwohner.

Wasserabsatz:	etwa 1,7 Mio. m ³
Eigenförderung:	etwa 15 %
Fremdbezug:	etwa 75 %
Rohrnetz:	etwa 205 km
Hausanschlüsse:	8.646 Stück

2 Beschreibung der Baumaßnahme

Die hier beschriebenen Baumaßnahmen dienen primär zur Sicherung der Grundversorgung des Stadtgebietes und des Wohngebietes Katharinenplaisir mit Trinkwasser (**Bild 1**).

Im Norden von Backnang, im Bereich Plaisir – Berliner Ring – Zeller Weg, hat die Stadtwerke Backnang GmbH eine Wasserleitung aus duktilen Gussrohren DN 300 (bestehende Niederzone) erneuert und eine weitere Wasserleitung aus GGG DN 200 (künftige Hochzone) neu erstellt.

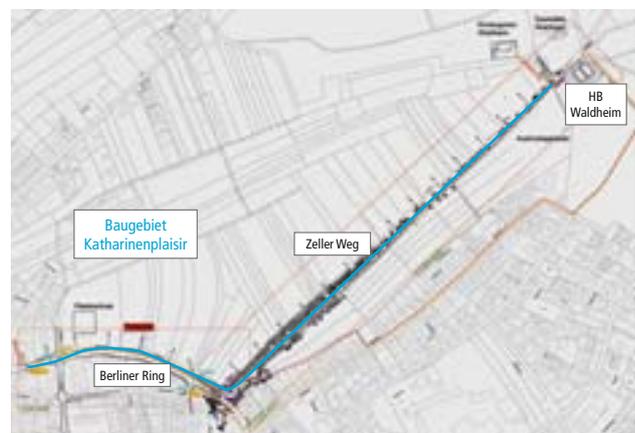


Bild 1:
Übersichtslageplan

Parallel zu diesen Leitungen wurden eine Mitteldruckgasleitung DN 200, insgesamt fünf Kabelleerrohre für die Straßenbeleuchtung, Energiekabel für die Fernmeldekabel der Stadtwerke sowie eine Abwasserdruckleitung eingebaut.

Der Einbau der etwa 750 m langen Trinkwasserleitung DN 300 begann im Bereich des Hochbehälters Waldheim und endete unter der Brücke am Berliner Ring. Hier wurde die Leitung auf die bestehende weiterführende Falleitung aufgebunden.

Die etwa 1.200 m lange Wasserleitung DN 200 wurde von der Brücke am Berliner Ring weiter im Berliner Ring bis in den Kreuzungsbereich mit der Straße „In der Plaisir“ eingebaut (**Bilder 2 und 3**). Die Einbindestelle war bereits bei einer früheren Baumaßnahme mit Absperrarmatur und Spülmöglichkeit für den Anschluss der neuen Hochzonenzuleitung vorbereitet worden.

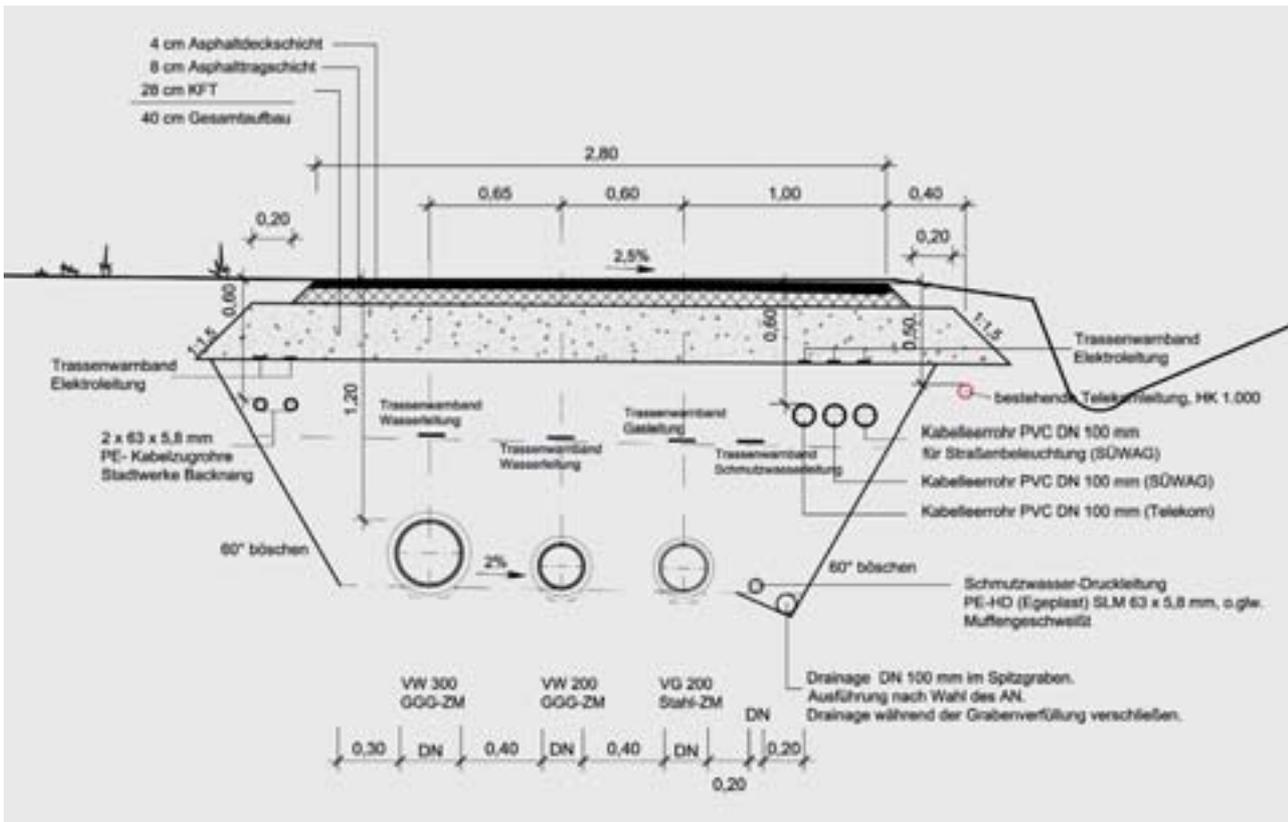


Bild 2:
Grabenregelquerschnitt



Bild 3:
Duktile Gussrohre mit Streckenschieber DN 300

3 Rohrmaterial und Qualifikation

Die einzubauenden Wasserleitungen entsprechen den Anforderungen der DIN EN 545. Die Zubringerwasserleitungen DN 300 und DN 200 PN 16 wurden aus duktilen Gussrohren (ZMU, K 9) hergestellt (**Bilder 4 und 5**).

Bei den Muffenverbindungen ist das längskraftschlüssige Steckmuffensystem NOVO-SIT® eingesetzt worden. Das ausführende Rohrleitungsbauunternehmen muss über eine gültige DVGW-Bescheinigung W 3 verfügen.

Sämtliche Bauteile, die in Berührung mit Trinkwasser kommen, müssen eine KTW-Zulassung besitzen. Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen erfüllen diese Forderung des Bauherrn. Duktile Gussrohre erfüllen auch eine weitere Forderung des Auftraggebers, ausschließlich Rohrmaterialien zu verwenden, die im Regelfall auf eine Rohrzone aus Fremdmaterial (Splitt/Sand) verzichten können. Die Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) der duktilen Gussrohre erfüllt diese Forderung in besonderem Maße durch ihre hohe mechanische Festigkeit.

Im Zeller Weg wurden die Rohre direkt auf die Grabensohle gelegt und mit dem anstehenden, zwischengelagerten Aushub verfüllt. Hier wurde



Bild 4:
Rohrgraben im Einschnitt



Bild 5:
Parallel eingebaute Wasserleitungen DN 300 und DN 200
sowie Gasleitung DN 200

lediglich der Straßenkoffer aus Fremdmaterial hergestellt. Infolge der hohen Verkehrsbelastung im Berliner Ring ist die Grabensohle bis Höhe Kämpfer mit Splitt ausgebildet worden. Oberhalb der Splittzone wurde aus Wirtschaftlichkeitsgründen der vorher ausgebaute Boden zur Grabenverfüllung verwendet. Darauf folgte der Straßenkoffer.

4 Zusammenfassung

Durch den nahezu vollständigen Verzicht von Ersatzfüllstoffen im Bereich der Rohrzone und des Rohrgrabens konnte diese Baumaßnahme kostengünstig und schnell – effektive Bauzeit etwa drei Monate – ausgeführt werden. Die dringend benötigten Leitungen sind bereits in die Wasserversorgung der Stadtwerke Backnang integriert und versorgen somit viele Tausend Bürger der Murrmetropole.

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Hans-David Riker
Ingenieurbüro Riker + Rebmann
Hofberg 21
D-71540 Murrhardt
Telefon: + 49 (0)71 92/93 59 90
E-Mail: riker@riker-rebmann.de

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Schröder
Stadtwerke Backnang GmbH
Schlachthofstraße 6–10
D-71522 Backnang
Telefon: + 49 (0)71 91/1 76-0
E-Mail: joerg.schroeder@
stadtwerke-backnang.de

Bauherr

Stadtwerke Backnang GmbH
Dipl.-Ing. (FH) J. Schröder

Ingenieurbüro:
Ingenieurbüro Riker + Rebmann – Partnerschaft
Dipl.-Ing. (FH) Hans-David Riker

Bauausführung

Fritz Müller GmbH Bauunternehmung
Roland Lämmle
Im Kusterfeld 22
D-71522 Backnang
Telefon: +49 (0)71 91/33 50-0
E-Mail: info@fritzmueller.biz

Trommler Rohrleitungsbau GmbH
Wolfgang Koslowski
Seestraße 53
D-70794 Filderstadt
Telefon: +49 (0)71 58/17 16 25
E-Mail: Peter.Trommler@
Trommler-Rohrleitungsbau.de

Neue Verbundleitung von Ludwigshafen nach Altrip

Von Bernd Frank und Oliver Scharffenberger

1 Einleitung

Die Technischen Werke Ludwigshafen AG (TWL) versorgen die Stadt Ludwigshafen am Rhein mit Erdgas, Strom, Wasser und Wärme. Das Leitungsnetz besteht aus 648 km Gasleitung (davon 545 km im Niederdruck- sowie 103 km im Mitteldruck- und Hochdruckbereich), 500 km Wasserleitung und 2.600 km Stromkabel, verteilt auf die verschiedenen Spannungsnetze. Das Fernwärmenetz umfasst ein über 50 km langes Leitungssystem mit über 1.000 Übergabestationen, soll aber in Zukunft stetig ausgebaut werden. Die Netze versorgen insgesamt 22.000 Erdgas-, 27.000 Wasser- und 28.000 Strom-Hausanschlüsse. Im Bereich der Fernwärme gibt es über 2.500 Hausanschlüsse mit FW-Zähler.

Das nachfolgend vorgestellte Projekt war tief- und rohrbautechnisch anspruchsvoll. Es kam die volle Bandbreite technischer und geographischer Herausforderungen zum Tragen. Als Beispiele seien Durchbohrungen unter dem Rheinhauptdeich, Rohr-Düker, Einspülungen, Spundungen, Einpflügen und Betonbauwerke genannt.

Die Gemeinde Altrip im Rhein-Pfalz-Kreis (bis 2003 Landkreis Ludwigshafen) mit etwa 7.800 Einwohnern war bisher nicht an das Netz der TWL angeschlossen, sondern wurde von einem einzigen, eigenen Wasserwerk aus versorgt. Dadurch war eine Versorgungssicherheit (n-1) nicht gegeben. Die neu gebaute Wasserleitung dient der Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Gemeinde Altrip und soll außerdem das Naherholungsgebiet Blaue Adria erschließen.

Am 17. Mai 2004 schlossen die Gemeinde Altrip und die TWL einen Vertrag über die Trinkwasserlieferung und Betriebsführung der Wasserversorgungsanlagen. Im Zusammenhang mit der Verpflichtung der Gemeinde Altrip, das Naherholungsgebiet Blaue Adria abwasserseitig zu erschließen, hat sich die Gemeinde entschlossen, auch Trinkwasser in diesem Gebiet bereitzustellen.

Der Ausbau der gemeindeeigenen Wasserversorgung wäre für die Gemeinde Altrip mit hohen Investitionskosten verbunden gewesen. Zum einen hätte eine Druckerhöhungsanlage zwischen dem bestehenden Ortsnetz und dem Naherholungsgebiet errichtet werden müssen, zum anderen wäre der Bau einer Verbindungsleitung erforderlich geworden. Außerdem hätte zur Deckung der zu erwartenden Bedarfsspitzen die Netzpumpenanlage im Wasserwerk Altrip erweitert werden müssen. Wegen der Randlage des Naherholungsgebietes und der jahreszeitlich bedingt starken Abnahmeschwankungen wären zusätzliche Betriebskosten zur Spülung der Verbindungsleitung und zur Überwachung der Trinkwasserqualität angefallen. Die Gemeindeverordnung verpflichtet die Gemeinde zur Realisierung der wirtschaftlichsten Variante. Die Alternative „Verbundleitung Ludwigshafen nach Altrip“ ist die einzige Möglichkeit, bei der auf die Bürger von Altrip keine Kostenerhöhung für die Trinkwasserversorgung zukommt. Nicht zuletzt deswegen hat sich die Gemeinde für diese Variante entschieden.

Mit dem Bau der Verbundleitung konnte außerdem die Forderung der Gesundheitsbehörde nach einer zweiten, sicheren Versorgungsmöglichkeit gemäß Trinkwasserverordnung (TrinkwV) erfüllt werden. Laut Vertrag zwischen der Gemeinde Altrip und der TWL wird das



Bild 1:
Lageplan

Wasserwerk Altrip in vollem Umfang betriebsbereit gehalten. Somit liegen zwei voneinander unabhängige Versorgungsmöglichkeiten vor. Die Investitionen für den Bau der Verbundleitung wurden durch die TWL getätigt und über einen Lieferungsvertrag mit der Gemeinde Altrip verrechnet. Hierdurch ist es möglich, trotz der hohen Investitionen den Trinkwasserpreis für die Bürger von Altrip konstant zu halten.

2 Planung, Trassierung

Die von der TWL AG projektierte Wassertransportleitung zwischen dem Stadtgebiet Ludwigshafen und der Gemeinde Altrip besteht aus zwei Abschnitten:

- 1) Wassertransportleitung aus duktilen Gussrohren DN 400 PN10 nach DIN EN 545 von Ludwigshafen–Rheingönheim zum Druckerhöhungswerk Naherholungsgebiet „Blaue Adria“ in Altrip, Länge etwa 3,2 km
- 2) Ortsanbindeleitung da 225 PE vom Druckerhöhungswerk „Blaue Adria“ bis Ortseingang Altrip, Rheingönheimer Straße, Länge ungefähr 1,4 km

Die unter 1) genannte Wassertransportleitung ist aufgrund ihrer Länge unter die Regelung der standortbezogenen Vorprüfung im Einzelfall nach UVP-Gesetz, Anlage 1, § 3c, Ziffer 19.8.2 gefallen und war somit Bestandteil dieses Genehmigungsantrags bei der Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd.

3 Bau der Leitung

Mit dem Bau der Leitung sollte bereits 2004 begonnen werden. Aufgrund der Länge der Leitung und der Trassenführung – auch über Grundstücke einer unbeteiligten dritten Gemeinde – war ein umfangreiches Planfeststellungsverfahren mit Umweltverträglichkeitsprüfung und weiteren Gutachten notwendig.

Vor Baubeginn musste der gesamte Trassenbereich auf einer Breite von 3 m mittels Magnetik oder Georadar auf Kampfmittel sondiert werden. Grund dafür: Entlang der Trasse befanden sich im 2. Weltkrieg viele Flak-Stellungen. Geortete Anomalien wurden durch Aufgrabung überprüft. Einige auffällige Stellen wurden gefunden, die sich aber beim Freilegen glücklicherweise nur als Metallschrott erwiesen.

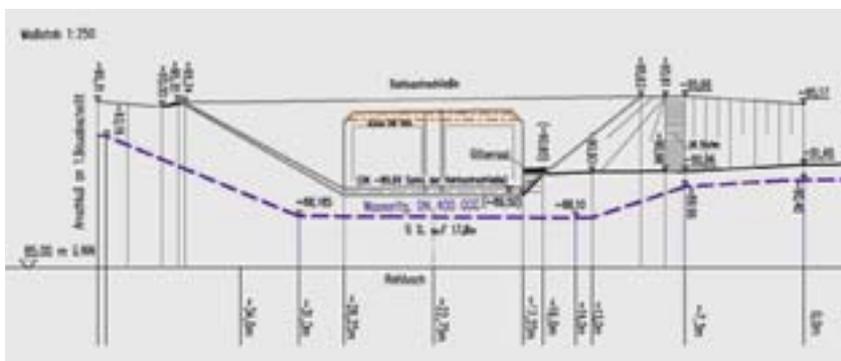


Bild 2:
Querung des Rehbaches

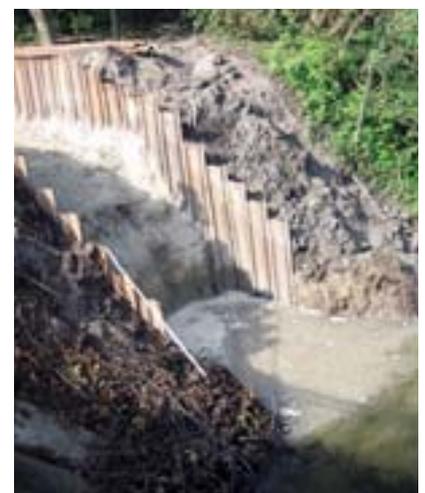


Bild 3:
Böschungsabtrag und Spundung am Rehbach



Bild 4:
Ausbaggern des Rehbaches
und Herstellung der Dükerrinne

Insgesamt verzögerte sich der Baubeginn bis zum Frühjahr 2006.

Begonnen wurde mit einem etwa 800 m langen Teilstück, das außerhalb des Landschaftsschutzgebietes liegt (**Bild 1**). Dieser erste Bauabschnitt konnte nicht kostengünstig neben die Straße in den Feldrand gelegt, sondern musste in den Straßenkörper eingebracht werden. Grund hierfür war, dass auf den Feldflächen links und rechts der K 7 Reste früherer Römerlager vermutet werden. Die Bauzeit für diesen Abschnitt betrug etwa zwei Monate.

Mit dem zweiten Bauabschnitt konnte gemäß der Auflage des Planfeststellungsverfahrens zu Beginn der vegetationsarmen Zeit im Oktober 2006 fortgefahren werden. Gleich am Anfang der Trasse galt es, die erste Aufgabe zu bewältigen: Die Querung des Rehbaches mit Hilfe eines Dükers (**Bild 2**). Hier musste die Böschung links

und rechts teilweise abgetragen und der Rehbach gespundet werden. Das Bachbett wurde dann mit dem Bagger ungefähr 2 m tief ausgebagert (**Bilder 3 und 4**).

Der Düker wurde außerhalb des Baches montiert, druckgeprüft und desinfiziert. Am 20. Oktober 2006 wurde mit einem 130-t-Autokran ein etwa 30 m langes Leitungsstück angehängt, ausgerichtet und eingehoben (**Bild 5**). Parallel zu der Einhebephase wurde die Leitung dann mit Trinkwasser gefüllt, um beim Absenken den Auftrieb zu kompensieren.

Die nächste Herausforderung war die Durchquerung des Rheinhauptdeiches (**Bilder 6 und 7**). Hier wurden auf eine Länge von 60 m einmal ein Schutzrohr DN 700 für die Wasserleitung und ein Rohr DN 400 für eine in diesem Bereich parallel einzubauende Abwasserleitung eingebracht. Die beiden Stahlschutzrohre wurden im Pressbohrverfahren unter dem Deich eingebaut. Die Schutzrohre enden beidseitig in einem Schacht (**Bild 8**).

Dieser Bauabschnitt wurde aufgrund des Rhein-Hochwasserschutzes gutachterlich geplant und auch während der Bauzeit betreut. Die Aufbauschichten des Erdreiches haben die Tiefenlage der Querung wesentlich mit beeinflusst. Ab der Deichunterquerung wurden zusätzlich zur Wasserleitung eine Abwasserdruckleitung und ein Steuerkabel eingebaut. Die Trinkwasserleitung führt weiterhin zur Druckerhöhungsanlage. Von hier aus wird zu einem späteren Zeitpunkt das Naherholungsgebiet Blaue Adria mit Trinkwasser versorgt (**Bild 9**).



Bild 5:
Einheben des Dükers aus duktilen Gussrohren



Bild 6:
Durchpressung des Rheinhauptdükers



Bild 8:
Schachtbauwerke am Rheinhauptdeich –
Übergang Schutzrohr zu Mediumrohr

4 Schlussbetrachtung

Die Leitung aus duktilen Gussrohren ist am 30. April 2007 in Betrieb genommen worden. Die Gesamtbauzeit betrug neun Monate. Trotz der vielen Auflagen konnte das Projekt reibungslos durchgeführt werden.

Autoren

Bernd Frank
Technische Werke Ludwigshafen AG
Industriestr. 3/3a
D-67063 Ludwigshafen
Telefon: +49 (0)6 21/5 05-22 97
E-Mail: bernd.frank@twl.de

Dipl.-Ing. (FH) Oliver Scharffenberger
Technische Werke Ludwigshafen AG
Industriestr. 3/3a
D-67063 Ludwigshafen
Telefon: +49 (0)6 21/5 05-24 95
E-Mail: oliver.scharffenberger@twl.de

Bauherr

Verbandsgemeinde Altrip
Ludwigstraße 48
D-67122 Altrip
Telefon: +49 (0)62 36/39 99-0
E-Mail: info@altrip.de



Bild 7:
Leitungsbau im Bereich
des Rheinhauptdeiches



Bild 9:
Einbindung Altrip

Bauunternehmen

Sax und Klee GmbH Bauunternehmung
Dipl.-Ing. (FH) Paul Brauch
Dalbergstr. 30-34
D-68159 Mannheim
Telefon: +49 (0)6 21/18 21 38
E-Mail: pbrauch@sax-klee.de

Neubau einer Wasserversorgungsleitung DN 400 für die Stadt Sonthofen

Von Hans Mahlau und Thomas Schneider

1 Entscheidungskriterien

Die Stadtväter von Sonthofen geben selbst bei kalkulatorischer Kostenneutralität einer eigenständigen und unabhängigen Wasserversorgung den Vorzug vor einer Belieferung durch die Fernwasserversorgung Oberes Allgäu (FWAO). Hierzu ist die Förderung der notwendigen Grundwassermenge von 2 Mio. m³ durch Ausbau des bestehenden städtischen Brunnens Altstädten sicherzustellen. Dies macht den Neubau einer Wasserversorgungsleitung vom Brunnen Altstädten bis zur „Hager“-Kreuzung erforderlich. Die Leitungstrasse ist im Übersichtsplan (Bild 1) dargestellt.

2 Planung der Wasserversorgungsleitung

Ursprünglich wurde Sonthofen über zwei Brunnen im Ortsteil Binswangen und über einen Hochbehälter von 2.600 m³ südlich von Binswangen versorgt. Die Binswanger Brunnen liegen im Einflussbereich des Ostrach-Hochwassers. Deshalb sollte der städtische Brunnen bei Altstädten ausgebaut und Sonthofen künftig von dort über eine neue Wasserleitung versorgt werden. Aus diesem Grund planten die

Stadtwerte Sonthofen den Neubau einer Versorgungsleitung vom umgebauten Brunnen Altstädten bis zur „Hager“-Kreuzung.

Mit den ingenieurtechnischen Leistungen für Planung und Ausführung wurde das Ingenieurbüro Schneider & Theisen, Sonthofen, beauftragt. Die Wasserleitung wurde auf der Grundlage des Wasserverbrauchs der Stadt Sonthofen und in Abhängigkeit von Leistung und Laufzeit der im Brunnen neu installierten Pumpen mit DN 400 bemessen. Als Rohrmaterial wurde duktiler Gusseisen vorgegeben.

2.1 Ausführungsplanung

Die Wasserversorgungsleitung ist vom bestehenden Brunnen in Altstädten bis zur „Hager“-Kreuzung (Bild 2) neu zu legen.

Das zum Einbau der geplanten Wasserversorgungsleitung vorgesehene Gelände ist wie folgt beschaffen:

- Vom Brunnen Altstädten bis südlich des Freizeitbades Wonnemar liegt die Trasse innerhalb des größtenteils asphaltierten Wiesenweges. Nur im Bereich des Brunnens und im Bereich der bestehenden Brücke über den Leybach (Station 1 + 030 km)



Bild 1: Übersichtsplan der Leitungstrasse vom Brunnen Altstädten bis zur „Hager“-Kreuzung

- verläuft die geplante Wasserleitungstrasse außerhalb des Straßenbereiches und innerhalb der angrenzenden Wiese.
- b) Südlich des Freizeitbades Wonnemar unterfährt eine Rammbohrung die Bahnlinie Immenstadt-Oberstdorf, den Ghaubach, den Abwasserkanal DN 1200 aus Stahlbeton des Abwasserverbandes Obere Iller, die Starkstromleitung der Allgäuer Überlandwerke, die Leitung der Fernwasserversorgung Oberes Allgäu und der asphaltierten Straße. Die Startgrube dieser Rammbohrung (Länge 8 m) wurde im Wiesenbereich südlich des Wonnemar angelegt. In dieser Startgrube konnte zudem das für die Spülung und Entleerung benötigte Schachtbauwerk untergebracht werden. Zur Entleerung wurde im Wiesenbereich nochmals ein Schacht DN 1000 notwendig, der zur Entleerung der geplanten Leitung über den Deckel oder durch Pumpen entwässert.
- c) Von der genannten Rammbohrung bis zum Schwarzenbach wurde die Rohrleitung innerhalb des Wiesengeländes parallel zu den bestehenden Trassen von Abwasserverband Obere Iller, Allgäuer Überlandwerke und Fernwasserversorgung Oberes Allgäu eingebaut.
- d) Von der Freibadstraße wurde wiederum eine Rammbohrung zur Unterquerung des Stadionweges, des verbauten Schwarzenbaches und der hier bestehenden Leitungen der Versorgungsträger ausgeführt. Die Startgrube wurde innerhalb der Freibadstraße positioniert. In diesem Bereich wurde zwischen Schwarzenbach und Stadionweg das für die Be- und Entlüftung notwendige Schachtbauwerk eingeplant.
- e) Im weiteren Verlauf wurde der Einbau der Wasserleitung innerhalb der asphaltierten Freibadstraße parallel zur bestehenden Wasserleitungstrasse geplant. Wegen der notwendigen seitlichen Wasserleitungsanschlüsse mit Straßenaufbruch und wegen der bestehenden Einlaufschächte der Straßenentwässerung war die Asphaltrestbreite zwischen Wasserleitungsgraben und Straßenrandeinfassung so gering, dass den Stadtwerken die Erneuerung der bituminösen Trag- und Deckschichten auf einer Breite von 3,30 m empfohlen wurde.
- f) Im Bereich des 2004 erstellten Kreisverkehrs (Kreuzung Oberstdorfer-/Freibadstraße) war die Wasserleitung bereits im Zuge der damaligen Baumaßnahme mitgelegt worden.
- g) Von diesem bereits bestehenden Teil der Wasserversorgung im Bereich des Kreisverkehrs (Kreuzung Oberstdorfer-/Freibadstraße) bis zur „Hager“-Kreuzung liegt die Trasse innerhalb der asphaltierten Freibadstraße. Hier wurden die bituminösen Trag- und Deckschichten auf einer Breite von 1,80 m (= Rohrleitungsbreite von 1,20 m + 2 x 0,30 m) erneuert.
- Über den Untergrund war bekannt, dass die Wasserleitung vom Brunnen Altstädten bis zur Kreuzung Freibadstraße/Rudolf-Harbigstraße innerhalb von Seetonschichten zu liegen kommt. Im weiteren Verlauf bis zum Bauende „Hager“-Kreuzung steht überwiegend Kies an. Eine vom Rohrlieferanten durchgeführte Bodenuntersuchung kam zum Ergebnis, dass für den anstehenden Baugrund ein Rohraußenschutz auf Zink-Aluminium-Basis uneingeschränkt geeignet ist.

2.2 Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserverhältnisse im Bereich vom Wonnemar bis zur „Hager“-Kreuzung sind aus der Grundwasserkarte der Stadt Sonthofen bekannt. Zwischen dem Brunnen Altstädten und dem Wonnemar ist der Grundwasserstand etwa mit dem Wasserstand der hier verlaufenden Bäche gleichzusetzen. Es war also davon auszugehen, dass vom Brunnen Altstädten bis etwa 130 m südlich des Stadionweges mit Grundwasser zu rechnen und eine Wasserhaltung sowohl für die Leitung als auch für die Bauwerke vorzusehen ist. Nach Abwägung der verschiedenen Alternativtrassen wurde die beschriebene Leitungsführung mit den Stadtwerken in der geplanten Form festgelegt, weil sie die kürzeste und damit auch kostengünstigste Trasse ist.



Bild 2:
Einbau eines Schieberkreuzes
im Bereich der „Hager“-Kreuzung

Nach Zustimmung zur Planung des Bauentwurfes wurden die Anträge zur wasserrechtlichen Genehmigung der Leitungsquerung von insgesamt drei Bächen sowie zur Leitungslegung in der Schutzzone des Wasserschutzgebietes gestellt. Weiterhin mussten die Querungen der Bahnlinie sowie des Abwassersammlers des Abwasserverbandes Obere Iller genehmigt werden.

3 Technische Daten der Versorgungsleitung

Es wurden Muffendruckrohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 mit einem Außenschutz auf Zink-Aluminium-Basis eingebaut. Die Nennweite beträgt DN 400. Die Rohrverbindungen sind komplett als NOVO-SIT®-Verbindung ausgeführt worden (**Bild 3**). Der Betriebsdruck der neuen Rohrleitung beträgt 16 bar.

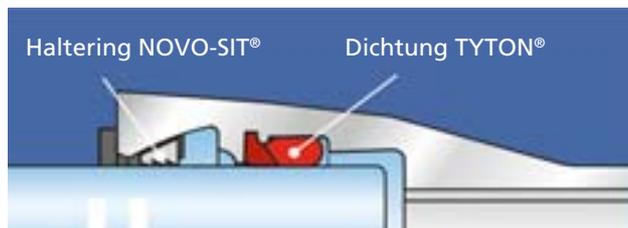


Bild 3:
Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung NOVO-SIT®

Zusammenfassung

- **Dimension:** DN 400
- **Rohrmaterial:** Muffendruckrohre aus duktilem Gusseisen mit Zementmörtel-Auskleidung und Zink-Aluminium-Überzug mit Epoxi-Deckbeschichtung
- **Rohrverbindungen:** Längskraftschlüssige Ausführung mit NOVO-SIT®-Steckmuffen-Verbindung
- **Betriebsdruck:** 16 bar
- **Länge der Rohrleitung:** 2.892 m (davon wurden 205 m Leitung bereits im Jahr 2004 erstellt)
- **Regelsohlentiefe:** 1,90 m

4 Beschreibungen der Bauwerke

Folgende Bauwerke/Einbauten wurden innerhalb der geplanten Versorgungsleitung notwendig:

- a) Schachtbauwerk zur Spülung und Entleerung südlich des Wonnemar (**Bild 4**).

Das Stahlbetonbauwerk mit den lichten Maßen 2,40 m x 2,20 m und einer Höhe von gesamt 5,15 m hat eine lichte Standhöhe von 2,10 m. Die Zu- und Abläufe der GGG-Wasserleitungsrohre wurden druckwasserdicht hergestellt. Alle Armaturen im Schacht sind aus Edelstahl.

- b) Zur Entleerung im Wiesenbereich südlich des oben genannten Schachtbauwerkes und südlich des Wiesenwegs wurde nochmals ein Schacht DN 1000 (Tiefe etwa 4,65 m) erforderlich. Im Fall der Entleerung der geplanten Leitung kann hier das Wasser durch den dann zu öffnenden Schachdeckel über die angrenzende Geländemulde in den Ghaubach abgeschlagen werden. Zur vollständigen Entleerung der Leitung wird der Schacht ausgepumpt.
- c) Schachtbauwerk zur Be- und Entlüftung südlich des Stadionweges und nördlich des Schwarzenbaches. Das Stahlbetonbauwerk mit den lichten Maßen 1,70 m x 1,70 m und einer Höhe von gesamt 3,65 m hat eine lichte Standhöhe von 2,10 m.
- d) Entleerung über einen Überflurhydrant DN 100 im Bereich der Kreuzung Freibad-/ Hörnerstraße.

Die Höhe der Be- und Entlüftungsrohre wurde auf die Hochwasserschutzplanung des Wasserwirtschaftsamtes Kempten unter Berücksichtigung eines HQ 300 abgestimmt. Der gewählte Freibord beträgt 1,00 m.



Bild 4:
Baustellenbesichtigung mit (von links) Herrn Werkleiter Hägele, Herrn Sacirovski, Herrn Johnne (beide Fa. Dobler), Herrn Bürgermeister Buhl und Herrn Schneider (Ing. Büro Schneider & Theisen) im Bereich des Schachtbauwerkes zur Spülung und Entleerung südlich des Wonnemar.

5 Bauausführung

Im Bereich der Querungen von Bächen, Straßen, Bahnlinie bzw. Leitungstrassen wurden folgende Rammbohrungen ausgeführt:

- a) Vom Wiesengelände südlich des Wonnemar unter der Bahnlinie, Ghaubach, AOI- Kanal, AÜW-Starkstromleitung, FWOA-Wasserleitung, Straße „Auf der Gerbe“. Die Startgrube dieser Rammbohrung (Länge 8 m) lag im Wiesenbereich südlich des Wonnemar.
- Länge der Rammbohrung: 37,50 m
 - Mantelrohr: Stahl DN 600
 - Mediumrohr: GGG DN 400 (eingebracht mit Gleitkufen)

Der Hohlraum zwischen Pressrohr und Mediumrohr bzw. zusätzlich noch eingebrachten Kabelleerrohren wurde mit fließfähigem Dämmverfüllungsmittel verfüllt.

- b) Von der Freibadstraße zur Querung des Stadionweges (**Bild 5**) des verbauten Schwarzenbaches und der hier bestehenden Leitungen der Versorgungsträger. Die Startgrube (Länge 8 m) wurde innerhalb der Freibadstraße angelegt.
- Länge der Rammbohrung: 22,50 m
 - Mantelrohr: Stahl DN 600
 - Mediumrohr: GGG DN 400 (eingebracht mit Gleitkufen)

Der Hohlraum zwischen Pressrohr und Mediumrohr bzw. zusätzlich noch eingebrachten Kabelleerrohren wurde ebenfalls mit Dämmverfüllungsmittel verfüllt.



Bild 5:
Rammbohrung von der Freibadstraße zur Querung des Stadionweges

6 Übergabe der Wasserversorgungsleitung an die Stadt Sonthofen

Mit den gewählten Rohren aus duktilem Gusseisen konnte die Baumaßnahme wirtschaftlich durchgeführt werden, weil wegen der Baulänge der Rohre und ihrer Verbindungen kurze Grabenlängen möglich waren. Dies bedeutet, dass der Grundwasseranfall und die damit verbundene Wasserhaltung in der Bauphase relativ gering gehalten werden konnten. Zudem blieb der als Rettungsweg benötigte und vom Fremdenverkehr stark genutzte Wiesenweg durch die kurzen Grabenöffnungen immer befahrbar.

Die Bauausführung lief vom 3. Juli bis 20. Oktober 2006. Schlussabnahme und Übergabe der Wasserleitung an die Stadt Sonthofen fanden am 16. November 2006 statt.

Autoren

Hans Mahlau
Stadtwerke Sonthofen
Imberger Straße 19
D-87527 Sonthofen
Telefon: +49 (0)83 21/6 15-4 24
E-Mail: hans.mahlau@sonthofen.de

Dipl.-Ing. Thomas Schneider
Ing. Büro Schneider & Theisen GmbH
Zur Alten Zollbrücke 3
D-87527 Sonthofen
Telefon: +49 (0)83 21/45 09
E-Mail: info@schneider-theisen.de

Bauherr

Stadt Sonthofen
Stadtwerke
Hans Mahlau

Planung

Ing. Büro Schneider & Theisen GmbH
Dipl.-Ing. Thomas Schneider

Bauunternehmen

J. Dobler GmbH & Co.
Dipl.-Ing. (FH) Rolf Johne
Heisinger Str. 12
D-87437 Kempten
Telefon: +49 (0)8 31/57 58-3 80
E-Mail: johne@dobler.de

Instandsetzung der Talsperre Klingenberg Ersatzrohwasserversorgung während der Bauzeit

Von Matthias Krug und Michael Humbsch

1 Planungsgebiet

Die Talsperre Klingenberg wurde in den Jahren 1908–1914 nach einer Planung der Königlich Sächsischen Wasserbaudirektion zur Sicherstellung des Hochwasserschutzes, zur Verbesserung der Niedrigwasserregelung im Unterlauf sowie zur Versorgung des unterhalb der Talsperre (TS) gelegenen Weißeritzgebietes mit Trinkwasser erstellt. Sie bildet mit der in den Jahren 1926–1931 errichteten Talsperre Lehmühle das Talsperrensystem Klingenberg/Lehmühle.

Die Talsperre befindet sich etwa 20 km südlich der Landeshauptstadt Dresden im Regierungsbezirk Dresden, im Weißeritzkreis, in einem Landschaftsschutzgebiet. Nach nahezu einhundertjähriger Betriebszeit sind die Bauwerke und Anlagen dringend sanierungsbedürftig. Die Instandsetzung der Talsperre nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik ist mit einer Anpassung an die geänderten hydrologischen Randbedingungen verbunden. Die Bauarbeiten für die komplette Instandsetzung der TS Klingenberg sind nur bei einer vollkommenen Entleerung des Stauraumes realisierbar.

2 Ziel

Gegenwärtig und auch zukünftig soll die TS Klingenberg im Verbund mit der TS Lehmühle die Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Rohwasser für die Trinkwasserversorgung im Raum Dresden und Freital absichern. Die Bedeutung für die Wasserversorgung ergibt sich aus der Tatsache, dass durch das Talsperrensystem etwa 60 % des Wasserbedarfs der Landeshauptstadt Dresden und nahezu 100 % des Wasserbedarfs des Trinkwasserzweckverbandes Weißeritzgruppe zur Versorgung von Freital und

Umgebung bereitgestellt werden müssen. Aufgrund dieser hohen Versorgungsanteile ergibt sich zwangsläufig die Forderung nach einer kontinuierlichen Bereitstellung von Trinkwasser im Sanierungszeitraum der Talsperre.

Für die Rohwasserbereitstellung der Wasserwerke Klingenberg und Coschütz ist deshalb vom Beginn der Entleerung bis zum Wiedereinstau eine Ersatzwasserversorgung zu errichten und zu betreiben.

3 Technische Lösung Gesamtsystem

Das Gesamtsystem ist dem **Bild 1** zu entnehmen. Mit Beginn der Entleerung der TS Klingenberg werden etwa 80 % des benötigten Rohwassers aus der neuen Vorsperre entnommen und über den Hochwasserentlastungsstollen (HWE-Stollen) an der entleerten Hauptsperre vorbei zum Überleitungsstollen des Wasserwerkes Coschütz geleitet.

Die technische Lösung für die Bereitstellung der restlichen 20 % Rohwassers für das Wasserwerk Klingenberg sieht eine Verlängerung des bestehenden Rohwasserüberleitungssystems (RWÜL) der Talsperren Rauschenbach und Lichtenberg und die direkte Anbindung an das Wasserwerk Klingenberg vor. Das Rohwasser aus den TS Rauschenbach und Lichtenberg liegt seit 2004 an der Stauwurzel der Vorsperre der TS Klingenberg auf dem Gelände des ehemaligen Forsthauses Beerwalde an. Hier wird es aus einem Schachtbauwerk direkt in die Wilde Weißeritz abgeschlagen. Für die Verbindung mit dem Wasserwerk Klingenberg wurde zunächst eine ungefähr 900 m lange erdüberdeckte Rohrleitung im Stauraum der Vorsperre vom Schachtbauwerk bis zum Einlaufbauwerk

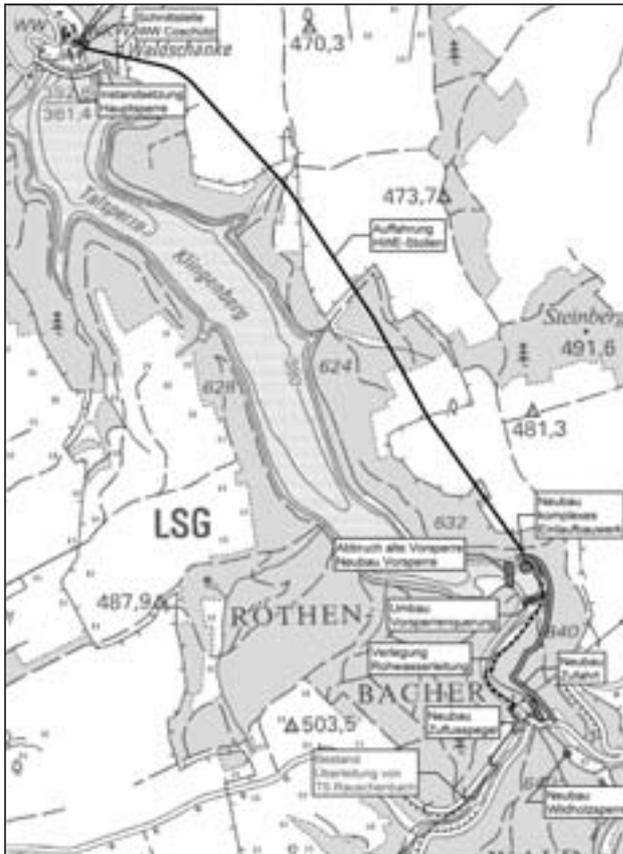


Bild 1:
Übersicht Gesamtsystem



Bild 2:
Am Tunnelboden fixierte duktile Gussrohre DN 500

des HWE-Stollens gebaut. Von hier aus wurde die Rohrleitung auf der Sohle des etwa 3.300 m langen HWE-Stollens weitergeführt (**Bild 2**) und vollständig einbetoniert.

Im Auslaufbereich des Stollens erfolgten eine seitliche Verschwenkung der Rohrleitung aus dem Stollen und der Einbau der Rohre parallel zum Stollenauslaufbauwerk.

Die Rohrleitung endet in einem Schachtbauwerk, das die Armaturen für die Druckreduzierung und die erforderlichen Stellhandlungen aufnimmt.

Abschließend wird die Rohrleitung an die bestehende Rohwasserleitung des Wasserwerkes Klingenberg angeschlossen. Dadurch wird sichergestellt, dass das Wasserwerk Klingenberg eine qualitativ und quantitativ gleichwertige Rohwasseralternative erhält.

4 Bemessung

Die Überleitungskapazität des bestehenden Systems von den Talsperren Rauschenbach und Lichtenberg am vorhandenen Endpunkt beträgt $Q = 350 \text{ l/s}$. Entsprechend der Rohwasserlieferverpflichtungen der Landestalsperrenverwaltung mit dem Betreiber des Wasserwerkes Klingenberg ist eine maximale Rohwasserlieferungsmenge von $Q = 200 \text{ l/s}$ zu garantieren. Zur vollständigen Ausnutzung der Rohwasserressourcen aus den TS Rauschenbach und Lichtenberg sollen deshalb im Bedarfsfall noch zusätzlich 150 l/s für das Wasserwerk Coschütz aus der verlängerten Überleitung bereitgestellt werden können.

Die neue Rohrleitung war deshalb auch für einen maximalen Durchfluss von 350 l/s ausulegen. Wegen der bei bestimmten Betriebsweisen möglichen hohen Betriebsdrücke wurde zur Eingrenzung der Fließgeschwindigkeiten (Vermeidung von Druckstößen bei Stellhandlungen) die Nennweite mit DN 500 festgelegt.

5 Rohreinbau im Stollen

Der HWE-Stollen für die Talsperre Klingenberg wurde aufgrund der sehr guten geologischen Verhältnisse maschinell mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM-Vortrieb) für Hartgestein aufgeföhren.

Der HWE-Stollen ist mit einer bewehrten, wasserundurchlässigen Innenschale aus Ortbeton ausgestattet (**Bild 3**) und kann als Druck- oder Freispiegelstollen betrieben werden. Als Schalungssystem wurde eine Full-Round-Schalung eingesetzt. Das fahrbare und einklappbare Schalungssystem bestand aus zwei 12 m langen Vollquerschnittschalungen, die über Bolzen gekoppelt und in 6-m-Stöße für die Herstellung von Kurvenradien geteilt werden konnten. Die fertige Stollenauskleidung hat einen Innendurchmesser von 3,2 m. Wegen der sich daraus ergebenden logistischen Probleme beim Einbau der Rohrleitung in den 3,3 km langen Stollen wurden Rohre mit Muffenverbindungen eingesetzt, um aufwendige Schweißarbeiten



Bild 3:
Druckstollen mit wasserundurchlässiger
Betoninnenschale

unter den beengten Platzverhältnissen zu vermeiden. Durch den Einsatz von Muffenverbindungen wurde außerdem sichergestellt, dass kein starres Rohrleitungssystem entstand.

Spannungen in der Rohrleitung, z. B. durch Temperaturdifferenzen des zu transportierenden Rohwassers, die bis zu 15 °C betragen können, werden durch die Muffenverbindungen kompensiert.

Vor dem Hintergrund möglicher hoher Betriebsdrücke (bis zu 20 bar) wurden aus technischen und wirtschaftlichen Gründen duktile Gussrohre nach DIN EN 545 mit einer Zementmörtel-Auskleidung auf Basis von HOZ eingesetzt (**Bild 4**).

An den äußeren Korrosionsschutz wurden keine Ansprüche gestellt, die Standardbeschichtung nach DIN 30674-3 (verzinkt/bituminiert) war ausreichend.

Aufgrund des nahezu geradlinigen Verlaufes des HWE-Stollens, bzw. wegen der großen Kurvenradien waren keine Längskräfte in den Muffen aufzufangen. Es kamen deshalb TYTON®-Verbindungen zum Einsatz. Die geringen Krümmungsradien des Stollens wurden durch Abwinkelungen in den Muffen nachvollzogen.

Eine Ausnahme bildet der Auslaufbereich, an dem die Rohrleitung durch Formstücke (MMK-45°) aus dem Stollen geführt wird. In diesem Bereich werden die an den Bögen auftretenden resultierenden Kräfte durch die mit zugfesten TIS-K Verbindungen angeschlossenen Rohre mittels Aktivierung des Erdwiderstandes und Mantelreibung in den Baugrund



Bild 4:
Duktile Gussrohre mit Steckmuffen-Verbindungen
nach DIN EN 545

eingeleitet. Die Bemessung erfolgt nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 368. Für das Sicherungssystem wurde eine formschlüssige Verbindung mit Schweißraupe auf dem Einsteckende vorgeschrieben.

Die Erfahrungen haben gezeigt, dass die weichen und wenig gepufferten Talsperrenwässer des Osterzgebirges dazu neigen, mit dem Calciumhydroxid aus dem Zement alkalisch zu reagieren. Dies kann vor allem in der Einfahrphase zur Überschreitung des Grenzwertes von $\text{pH} \leq 9,5$ der TVO führen. Deswegen wurde entsprechend dem DVGW Arbeitsblatt W 346 eine Carbonatisierung der Zementmörtel-Auskleidung durch eine CO_2 -Behandlung der Rohrleitung vor Ort vorgenommen, wodurch für den Betrieb der Rohrleitung eine Stabilisierung des pH-Wertes erreicht wurde.

6 Bauverfahren

Die Rohrleitung wird auf der fertigen Ortbetoninnenschale des HWE-Stollens eingebaut. Ein einseitiger Bau, von der Vorsperre beginnend, war vorgeschrieben. Es wurden jeweils Teilabschnitte von 120 m realisiert. Folgende Bauverfahrenstechnik wurde umgesetzt:

- Einbringen der Rohre in den Stollen mit einem Spezialfahrzeug (**Bilder 5 und 6**).
- Rohr mit Schutzflies auf Basis von PP vollständig umhüllen (**Bild 7**).
- Trennfolie im Bereich des Füllbetons auslegen (**Bild 8**).
- Rohr mit Schelle aus Flachstahl auf der Ortbetoninnenschale fixieren. Die Schelle diente gleichzeitig als Auftriebssicherung beim Betonieren.



Bilder 5 und 6:

Einbringen der Rohre in den Stollen mit einem Spezialfahrzeug



Bild 7:

Rohr mit Schutzflies auf Basis von PP vollständig umhüllen



Bild 8:

Sohlblock vor dem Betonieren

- Herstellung der konstruktiven Bewehrung für den Füllbeton.
- Dichtheitsprüfung des Abschnittes mit Luft (Überdruckverfahren) (**Bild 9**).
- Einbringen des Füllbetons. Der Querschnitt des Füllbetons wurde so gestaltet, dass eine für Begehungen des Stollens sichere Lauffläche zur Verfügung steht (**Bild 10**).

Nach vollständiger Fertigstellung der Rohrleitung und des Sohlbetons erfolgten die CO₂-Behandlung und die Hauptdruckprüfung mit Wasser.

7 Ausführung und Kosten

Mit dem Einbau der duktilen Gussrohre im HWE-Stollen und der Herstellung des Sohlbetons wurde im März 2007 begonnen. Nach erfolgreicher CO₂-Behandlung konnte bereits Anfang August 2007 die Hauptdruckprüfung abgenommen werden.

Die Herstellung eines 120 m langen Teilabschnittes mit vollständiger Betonierung der Sohle dauerte etwa eine Arbeitswoche, wobei auf den eigentlichen Einbau der Rohre ungefähr zwei Arbeitstage fielen. Bei dem praktizierten Schichtbetrieb wurden die Rohre in der Nacht montiert (Einbauleistung pro Schicht etwa zehn Rohre). In der Tagschicht wurde die Bewehrung des Sohlbetons hergestellt bzw. betoniert und geprüft. Bau und Abnahme der Rohrleitung verliefen ohne Probleme und Komplikationen. Zum Ende der Rohrlegung war das Montageteam so eingespielt, dass in einer Arbeitswoche 200 m Rohrleitung incl. 200 m Sohlbeton hergestellt wurden.

Für den Einbau der Rohrleitung in den HWE-Stollen werden Investitionskosten von etwa 750.000 Euro brutto bereitgestellt.

Der Probetrieb des Gesamtsystems ist für August 2008 geplant.



Bild 9:
Dichtheitsprüfung
eines Abschnittes mit Luft

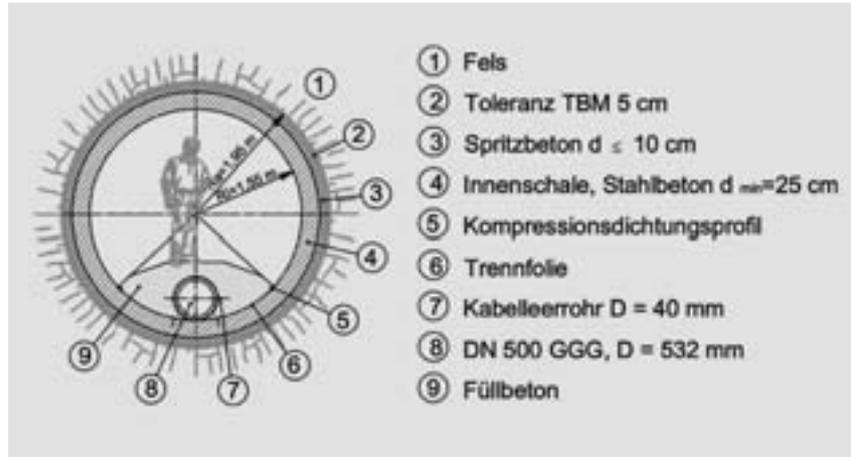


Bild: 10
Regelquerschnitt

Autoren

Dipl.-Ing. Matthias Krug
SPIEKERMANN GmbH
Turnerweg 8
D-01097 Dresden
Telefon: + 49 (0)3 51/8 28 22-10
E-Mail: m.krug@spiekermann.de

Dipl.-Ing. Michael Humbsch
Landestalsperrenverwaltung
des Freistaates Sachsen,
Betrieb Oberes Elbtal
Postfach 100234
D-01796 Pirna
Telefon: +49 (0)35 01/7 96-4 49
E-Mail: michael.humbsch@ltv.smul.sachsen.de

Bauherr

Landestalsperrenverwaltung
des Freistaates Sachsen
Betrieb Oberes Elbtal
Dipl.-Ing. Michael Humbsch
Bahnhofstraße 14
D-01796 Pirna
Telefon: + 49 (0)35 01/7 96-3 40
E-Mail: betrieboe@ltv.smul.sachsen.de

Planer

SPIEKERMANN GmbH
Dipl.-Ing. Matthias Krug
Turnerweg 8
D-01097 Dresden
Telefon: +49 (0)3 51/8 28 22-10
E-Mail: info@spiekermann.de

Baufirma

STRABAG AG
Siegburger Straße 241
D-50679 Köln

Ausführung durch:
Direktion IT - Tunnelbau -
Dipl.-Ing. Norbert Riedel
Donau-City-Straße 9
A-1220 Wien
Telefon: +43 (0)6 64/2 34 70 42
E-Mail: tunnel@strabag.at

Zustandsbewertung von Gussrohrleitungen anhand materialtechnischer Kenndaten

Von Hans-Christian Sorge

1 Einleitung

Eine kooperative Promotion zwischen der Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, und der Fachhochschule Erfurt befasste sich mit umfangreichen Untersuchungen von geschädigten Rohrproben metallischer Wasserversorgungsleitungen. Ziel der drei Jahre dauernden Arbeit war die Zustandsbewertung des jeweiligen Netzabschnittes, dem die Proben entstammten. So entstand ein Untersuchungs- und Prognosekonzept zur Erfassung und Bewertung materialtechnischer Kenndaten, welches 2007 als Dissertation an der Bauhaus-Universität Weimar erfolgreich verteidigt wurde [1].

Grundlage waren die Arbeiten von Roscher bzw. Brussig [2, 3], die vorrangig nach Entscheidungskriterien für Zeitpunkt und Technologie der optimalen Rehabilitation von Rohrnetzabschnitten gesucht hatten. In der vorliegenden Arbeit wurde zusätzlich der Einfluss der fortschreitenden Entwicklung der Gussrohrtechnik auf die Zustandsbewertung von Gussrohrleitungen untersucht. Mit dieser Methode können alte, bereits seit mehreren Jahrzehnten im Dienst stehende Leitungsabschnitte daraufhin untersucht werden, wie weit sie von ihrem Nutzungsende noch entfernt sind und damit auch, welchen Sachwert ein betrachteter Leitungsabschnitt noch besitzt.

Die wesentlichen Ergebnisse sind in den folgenden Kapiteln zusammengefasst.

2 Einteilung in Rohrgenerationen

Ein WVU sucht nach zustandsorientierten und nachhaltigen Instandhaltungs- und Rehabilitationsmaßnahmen an seinem Verteilungsnetz.

Hierzu ist sowohl eine differenzierte Zustandsbewertung als auch eine möglichst genaue Prognose der technischen Nutzungsdauer der bestehenden Rohrleitungen unerlässlich [4]. Die technische Nutzungsdauer von liegenden Gussrohrleitungen hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- der Fortschritt in der Herstelltechnik von Gussrohren (z. B. Sandformguss oder Schleuderguss)
- der „Innovationssprung“ beim Werkstoff (sprödes Gusseisen mit Lamellengraphit zum duktilen Gusseisen mit Kugelgraphit)
- die Entwicklung der Verbindungstechnik (von der Stemmuffe zur zugfesten Steckmuffen-Verbindung)
- die verbesserten Ausführungen des inneren und äußeren Korrosionsschutzes

Der Fortschritt in Herstelltechnik und Materialeigenschaften lässt sich am sinnvollsten mit den sogenannten Rohrgenerationen kennzeichnen; sie sind in **Tabelle 1** chronologisch aufgeführt.

3 Zu berücksichtigende Merkmale

Gussrohre als Wegbegleiter der Wasserversorgung seit über hundert Jahren lassen sich aufgrund folgender Merkmale den verschiedenen Generationen zuordnen:

3.1 Abmessungen und Strukturen der Rohroberfläche, Rohrverbindingssysteme

Erste Werte bei den Abmessungen wurden bereits um 1873 vereinheitlicht und genormt [5]. Änderungen in den Normen und somit neue Rohrmaße zu späteren Zeitpunkten sind erkennbar.

Tabelle 1:

Einteilung der Gussrohrwerkstoffe in Rohrgenerationen [1; 2]

Rohrwerkstoffgruppe	Merkmal (KS = Korrosionsschutz)	Charakteristischer Verlegezeitraum
Grauguss mit Lamellengraphit	in liegender Sandform gegossen	bis 1880
	in stehender Sandform gegossen	1880–1930
	in rotierender Kokille geschleudert	1926–1965
	in stehender Sandform gegossen, DDR-Produktion	1949–1985
Grauguss mit Kugelgraphit (Duktilguss)	geschleudert, mangelhafter KS	1964–1980
	geschleudert, optimaler KS	ab 1980
	geschleudert, mangelhafter KS, DDR-Produktion	1980–1990

Die verschiedenen Gussrohr-Herstellverfahren hinterlassen typische Strukturen und Abdrücke an der Rohrwand. Wenn diese Strukturen noch erkennbar sind, kann ein Rohr einem bestimmten Herstellverfahren bzw. Generation zugeordnet werden.

Bild 1 zeigt eine solche typische Struktur an der Innenseite eines Rohres. Bei stehenden Sandformen wurde der Kern zum besseren Zerfall nach dem Guss sowie zur Verbesserung der Oberflächengüte mit einem wässrigen Gemisch (Aufschlämmung von Graphit, Koksstaub und Bindeton) per Pinsel angestrichen (geschlichtet). Die Abdrücke der Pinselspuren (Schlichtespuren) waren somit auch später auf der Rohrinneinnenseite zu sehen [6]. Die Schlichtespuren verlaufen meist spiralförmig, seltener geradlinig axial.

Ein weiteres Merkmal zur Bestimmung des maximalen Alters eines Rohrstrangs ist die Verbindungsart (z. B. Schraubmuffe von 1931 bis etwa 1980).



Bild 1:
Graugussrohrabschnitt mit Schlichtespuren auf der Rohrinneinnenseite

3.2 Gefügeausbildung und Herstellverfahren

Mit metallographischen Untersuchungsmethoden lässt sich das Gefüge darstellen. Man unterscheidet die metallische Grundmasse und die Form des elementar ausgeschiedenen Graphits. Mit Hilfe eines metallographischen Schliffbildes wird der Rohrwerkstoff (Gusseisen mit Lamellengraphit oder Kugelgraphit) bestimmt. Graphitform und Graphitgröße (**Bild 2**) beim grauen Gusseisen mit Lamellengraphit sind Ergebnis der Herstelltechnologie. Der Graphit beim Kokillenschleuderguss ist feiner (links oben) als beim Sandformguss [7].

Über die Ausbildung von oxidischen bzw. silikatischen Oberflächenschichten nimmt die Art der Rohrherstellung (Sandguss oder Schleuderguss) auch Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit. Mit der Einführung des duktilen Gusseisens verbesserte sich zudem das Tragverhalten der Rohre

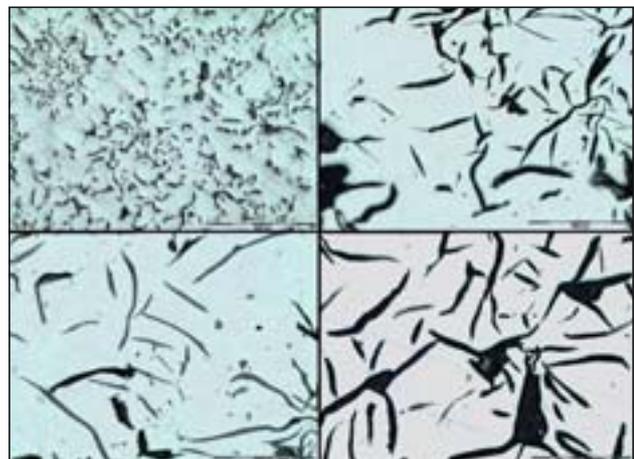


Bild 2:
Graphitform und Graphitgröße beim Grauguss

3.3 Korrosionsschutz

Im Laufe der Zeit wurde der Korrosionsschutz verbessert. Über Reste des Korrosionsschutzes an der Rohrwand können bestimmte Rohrgenerationen erkannt werden. Diese Verbesserung zeichnet sich auch bei den Schadensraten einer jeweiligen Generation ab. Die Verbesserungen in der Ausführung des inneren und äußeren Korrosionsschutzes sind besonders bei der Bildung von Leitungsgruppen mit Rohren aus duktilem Gusseisen zu beachten.

Die differenzierte Einteilung metallischer Rohrwerkstoffe in Gruppen mit annähernd gleichen Werkstoffeigenschaften, Herstellverfahren und zugehörigem Korrosionsschutz macht **Bild 3** deutlich, wo die Schadensrate mit dem verbesserten Korrosionsschutz abnimmt.

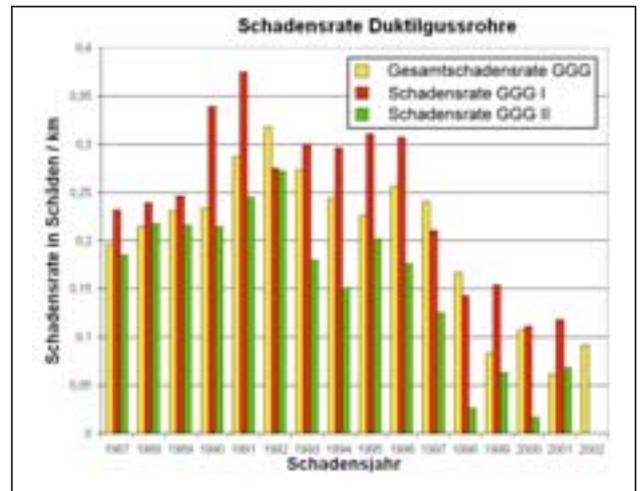


Bild 3: Verbesserter Korrosionsschutz erzeugt geringere Schadensraten. Differenzierte Darstellung der Schadensrate an Duktigussrohren. Die Gesamtschadensrate bezieht sich auf alle metallischen Leitungen im Leitungsnetz (Grauguss, Duktiguss, Stahl).

Tabelle 2:
Werkstoffeigenschaften je Gussrohr-Generation

Generation	Zugfestigkeit (R_m)	Druckfestigkeit (R_p)	E-Modul (E)	Bruchdehnung (A)
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%
GGL I				
Geschätzt	~120	~480	~90.000	<1
Abgeglichen	60	~240	71.000	<1
GGL II				
Gefordert	~160	~640	~100.000	<1
Gemessen	67	~268	71.000	<1
GGL III				
Gefordert	~200	~800	~110.000	<1
Gemessen	100	~400	~110.000	<1
GGL IIa				
Gefordert	150	~600	~90.000	<1
Abgeglichen	75	~300	71.000	<1
GGG I				
Gefordert	390 (294)	~507	~170.000	>10
Abgeglichen	390 (294)	~507	~170.000	>10
GGG II				
Gefordert	420 (300)	550	170.000	>10
Abgeglichen	420 (300)	550	170.000	>10
GGG Ia¹⁾				
Gefordert	500 (320)	~650	~160.000	>7
Gemessen	500 (320)	~650	~160.000	>7
Die Werte in Klammern geben die 0,2 %-Dehngrenze ($R_{p0,2}$) an				
¹⁾ Es handelt sich um einen ferritisch-perlitischen Sandguss nach TGL 8189/1, der mit der Kombination $R_m = 500$ N/mm ² und einer Bruchdehnung A = 7 % für Gussrohre verwandt wurde.				

Es handelt sich hier um die Schadensraten an Rohren aus duktilem Gusseisen der Jahre 1987 bis 2002 eines mittelgroßen städtischen Wasserversorgungsnetzes. Da der Außenschutz bei den Duktulgussrohren der II. Generation (GGG II) weiterentwickelt und verbessert wurde, nimmt der Wert dieser Rohre im Vergleich zu Duktulgussrohren der I. Generation (GGG I) langsamer ab, was sich in den fallenden Schadensraten von GGG II widerspiegelt.

3.4 Werkstoffeigenschaften

Die Werkstoffparameter Zugfestigkeit und E-Modul gehen in die Berechnung der Tragfähigkeit ein. Sie werden an Rohrproben bestimmt und erlauben die statische Berechnung der Resttragfähigkeit. (Abnutzungsvorrat, Sanierungsfähigkeit). Im Rahmen der o.g. Dissertation wurden zahlreiche Rohrproben nach Bestimmung der Werkstoffeigenschaften den Gussrohr-Generationen zugeordnet. In **Tabelle 2** sind die entsprechenden Durchschnittswerte aufgelistet und den im Herstellungszeitraum geltenden Normwerten gegenübergestellt.

4 Folgerungen

Eine Einteilung der Gussrohre in charakteristische Gruppen (Generationen) ist für eine Rohrnetzbewertung bzw. Zustandsbestimmung und den daraus resultierenden Instandhaltungsmaßnahmen nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-3 erforderlich [4]. Durch die Einteilung in Generationen wird die chronologische Entwicklung des Herstellverfahrens einschließlich der Entwicklung des Korrosionsschutzes,



Bild 4:
U-Stück mit Schraubmuffen-Keilschubsicherung zwischen zwei Leitungsabschnitten

der Verbindungstechniken und der Festigkeits- und Werkstoffeigenschaften des Gussrohrwerkstoffes seit Errichtung der zentralen Wasserversorgung berücksichtigt. Die in der Arbeit vorgenommene Unterteilung in Rohrgenerationen muss u.U. im jeweiligen Wasserversorgungsunternehmen auf die dort vorherrschenden Bedingungen abgestimmt werden. Dies wäre z. B. der Fall, wenn genau bekannt ist, ab welchem Zeitpunkt bestimmte Rohrgenerationen erstmals eingebaut wurden.

Bei einem Wasserversorgungsnetz gehören Aufgrabungen im Rahmen der Instandhaltungsarbeiten (**Bild 4**) zur täglichen Routine. Zunächst lässt sich der Allgemeinzustand des freigelegten Rohres leicht feststellen. Weiterhin können relativ leicht Proben entnommen werden.

Mit Hilfe der Einordnung vorhandener Rohre in die unterschiedlichen Generationen sowie parallel dazu angestellter materialtechnischer Zustandsuntersuchungen können differenzierte und belastbare Aussagen zur Restlebensdauer bzw. zum Ausfallzeitpunkt eines Rohrleitungsabschnitts getroffen werden.



Bild 5:
Ausgewechselte Grauguss-Rohre

Damit wird dem Wasserversorgungsunternehmen bzw. dem Planungsbüro ermöglicht, Finanzmittel für Instandhaltungs- bzw. Rehabilitationsmaßnahmen (**Bild 5**) gezielt und effizienter an den entsprechenden Rohrleitungsabschnitten einzusetzen.

Weiterhin wurde mit dem beschriebenen Verfahren ein Werkzeug entwickelt, mit dem sich der Wert eines Versorgungsnetzes recht genau abschätzen lässt, was bei den heute viel diskutierten Beteiligungen privater Betreiber von großer Bedeutung sein dürfte. Es steht fest, dass Wasserversorgungsnetze aus Gussrohren infolge ihrer erwiesenen Langlebigkeit, ihrer geringen Schadensrate und der damit verbundenen geringen Instandhaltungskosten an vorderster Stelle stehen, wenn es um Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit geht.

Literatur

- [1] Sorge, H.-C.:
Technische Zustandsbewertung metallischer Wasserversorgungsleitungen als Beitrag zur Rehabilitationsplanung;
Diss. Erfurt/ Weimar 2007.
- [2] Roscher, H.; Sorge, H.-C.:
Materialtechnische Zustandsuntersuchung von Wasserrohrleitungen.
In: bbr-Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau, 9/ 2005, S. 18–24.
- [3] Brussig, P.:
Die Sanierung erdverlegter Druckwasserleitungen aus Stahl und Grauguss – Untersuchungs- und Entscheidungskriterien für eine Auskleidung mit Zementmörtel
In: 3R international,
Jg. 33 (1994), Nr. 7, S. 350–355.
- [4] Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen,
Teil 3: Betrieb und Instandhaltung, Arbeitsblatt W 400-3, September 2006.
- [5] Müller, W.:
Die Entwicklung der Gussrohrverbindungen an Beispielen aus Baden-Württemberg in: Fachgemeinschaft Gusseiserne Rohre (Hrsg.): FGR GUSSROHR-TECHNIK, Nr. 19 (1984), S.19–24.
- [6] Pasternak, M. u. a.:
Fachkunde für Former und Gießer, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1969.
- [7] Schuhmann, H.:
Metallographie, 13. Aufl., Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1991.

Autor

Dr.-Ing. Hans-Christian Sorge
Werkstoffprüflabor für metallische
Rohrleitungen der FITR-Gesellschaft
für Innovation im Tief- und Rohrleitungsbau
Weimar mbH
Georg-Haar-Straße 5
D-99427 Weimar
Telefon: +49 (0)36 43/82 68 57
E-Mail: christian.sorge@fitr.de

Glacier 3000 – Oldenkessel

Von Thomas Ammon

1 Vorwort

Die stetig ansteigenden Durchschnittstemperaturen machen sich bemerkbar. Der Schnee, der viele Wintersportler in die Berge lockt, bleibt aus. Die schneearmen und milden Winter häufen sich und die Bergregionen in tieferen Lagen, die auf den Wintersport angewiesen sind, sehen ihre Existenz bedroht. Die Betreiber der Skigebiete in höheren, schneesicheren Lagen müssen die Pisten bereits in der Vorsaison in gut befahrbarem Zustand anbieten können, um konkurrenzfähig zu bleiben. Viele Bergbahnen stehen vor der Entscheidung, ihre Pisten mittels technischer Beschneigungsanlagen zu präparieren. Österreich, Italien und Frankreich beschneien bereits über 50 % ihrer Pisten. In Schweizer Skiorten sind es bis heute nur rund 20 %.

Die Glacier 3000 AG investierte in die Zukunft der Region Gstaad, Les Diablerets. Sie realisierte im Jahr 2006 die seit langem geplante Beschneigungsanlage im Oldenkessel und besitzt nun mit fast 4 km die längste in der Vorsaison beschneite Piste der Region (**Bild 1**).

Die enorme Investition in Höhe von 20 Mio. Schweizer Franken machte sich bereits bezahlt. Die Piste konnte trotz großen Schneemangels in der Vorsaison, dank der Beschneigungsanlage, Mitte Dezember 2006 geöffnet werden. Die jährliche Betriebsdauer umfasst etwa 250 Stunden.

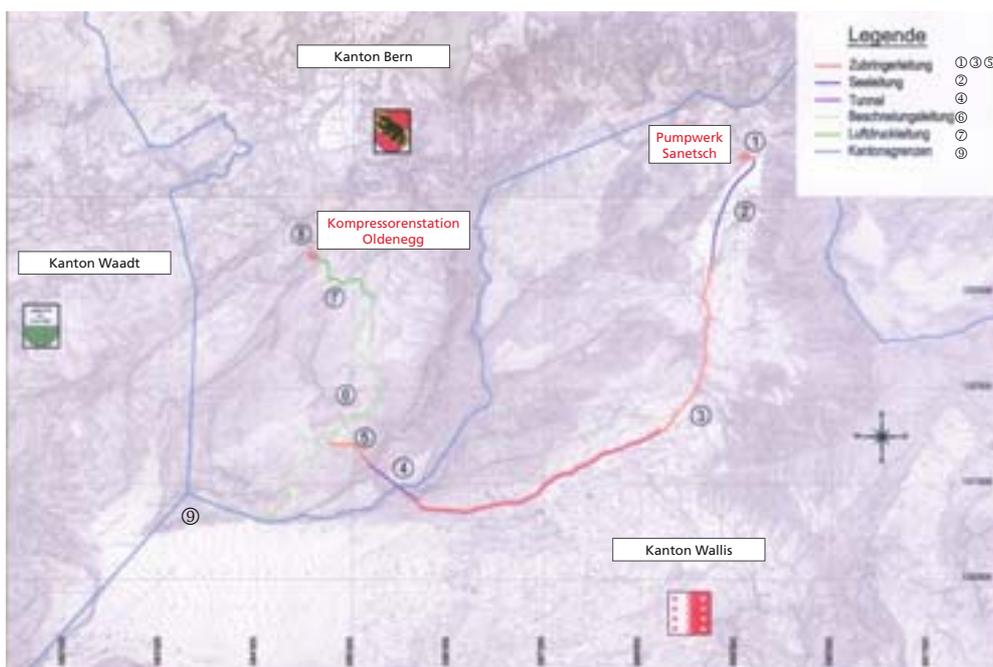


Bild 1:
Leitungstrasse der
Beschneigungsanlage
Oldenkessel

2 Projektplanung – Organisation, Eckdaten, Umfang

Die Weiss + Appetito Rohrleitungstechnik AG und der technische Support des Rohrlieferanten waren bereits während der Projektierungsarbeiten involviert und unterstützten die Bauherrschaft sowie das zuständige Planungsbüro bei technischen Fragen und der Fachplanung für den gesamten Rohrleitungsbau. Partnerschaftlich mussten diverse, höchst anspruchsvolle Problemlösungen erarbeitet werden.

Die Zielvorgabe der Glacier 3000 AG war, die Beschneigungsanlage im Dezember 2006 in Betrieb zu nehmen. Die sehr kurze Vorlaufzeit von der Auftragserteilung bis zum Baubeginn verlangte von den Produktionsstätten vollen Einsatz und höchste Flexibilität. Die sehr enge Terminplanung konnte dank optimaler Zusammenarbeit von Rohrlieferant und Rohrleitungsbaufirma eingehalten werden. Das Großprojekt wurde in nur vier Monaten Bauzeit realisiert!

Insgesamt wurden 11,5 km Wasserleitungen (**Tabelle 1**) aus duktilem Gusseisen in den Nennweiten DN 100 bis 250 eingebaut, mit einer maximalen Druckstufe von 100 bar.

Tabelle 1:
Übersicht der eingebauten Wasserleitungen

Nennweite	Länge	Druckstufe	Wanddickenklasse
DN 250	7 km	30 bar	K 11
		100 bar	K 18
DN 150	3 km	60 bar	K 10
DN 100 / DN 125	1,5 km	50 bar	K 10

Leitungsbauten mit solch enormen Belastungen sind sehr selten und äußerst komplex. Mit Druckrohren aus duktilem Gusseisen stand das optimale Rohrmaterial zur Verfügung. Als Verbindung wurde das flexible, sichere und effiziente BLS®-Steckmuffen-System gewählt. Die topographischen Gegebenheiten (Höhenlage, Steilheit, felsiger Untergrund, Steinschläge, Lawinengefahr) und das launische Wetter im hochalpinen Gelände, deutlich mehr als 2.000 m ü. NN, verlangten eine perfekte Planung, Logistik und Flexibilität der Arbeitsabläufe. In Summe mussten 1.000 t Material an den Bestimmungsort – mehrheitlich mit Helikopterflügen – transportiert werden. .

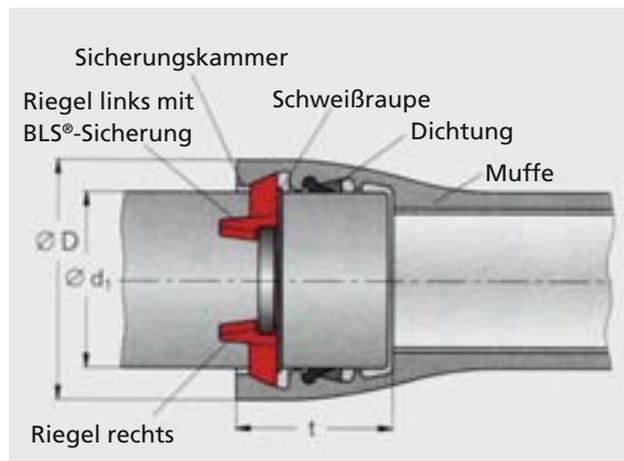


Bild 2:
Formschlüssige Steckmuffen-Verbindung BLS®

3 BLS®-Verbindungstechnik

Die längskraftschlüssige BLS®-Doppelkammer-Steckmuffen-Verbindung ist formschlüssig und hochbelastbar. Sie findet Einsatz bei Wasserversorgungsleitungen und wird auch bei extremen Anwendungsbereichen, wie Schnee- und Turbinenanlagen, verwendet.

Die BLS®-Schubsicherung (**Bild 2**) zeichnet sich durch ihre Montagefreundlichkeit aus. Nach dem Herstellen der Verbindung werden durch Öffnungen in der Muffenstirn die Verriegelungselemente eingelegt. Die konische Form der Riegel und der Schubsicherungskammer bewirken den sogenannten „Kugelgelenkeffekt“. Sie ist je nach Nennweite bis 5° abwinkelbar. Durch diese Eigenschaft können sehr enge Einbauradien ausgeführt werden.

4 Rohrleitungsbau

4.1 Seeleitungsbau Sanetschsee

Ein vergleichbares Referenzobjekt für die 1 km lange Seeleitung DN 250, Verbindungssystem BLS®, Wanddickenklasse K 18 (**Bild 3**) existierte nicht. Die Druckstufe von 100 bar sowie die rechnerisch praktisch nicht zu erfassenden Wechselwirkungen beim Füllen und Entleeren der Leitung waren äußerst heikel. Im Weiteren waren Taucharbeiten in 2.000 m ü. NN im Vorfeld sorgfältig zu planen, um die Arbeiter keiner Gefahr auszusetzen.

Die Rohrleitung wurde an Land zusammengebaut (**Bild 4**) und danach mit Auftriebskörpern an der Wasseroberfläche gehalten. Als die Leitung in die vorbestimmte Einbauachse gebracht worden war, konnte sie kontrolliert abgesenkt



Bild 3:
Seeleitung im Überblick



Bild 4:
Montage der Leitung an Land und Einschwimmen

werden. Die Leitung wurde auf dem Seegrund mit in Gewebeschalungen gehaltenem Mörtel verankert und stabilisiert. Pro Rohr betrug die Verankerungsmasse ungefähr 2,5 t.

4.2 Konventioneller Rohrleitungsbau

Ab dem Austritt der Seeleitung am Ufer wurde die Transportleitung DN 250 mit Verbindungssystem BLS® konventionell über fast 6 km von 2.000 bis 2.700 m ü. NN gelegt (**Bilder 5 bis 7**). Für den Einbau wurde ein 25 t Bagger, ein Helikopter (**Bild 8**) und ein 8,5 t Schritt-

bagger (**Bild 9**) eingesetzt. Als Verfüllmaterial wurde das Aushubmaterial verwendet. Die Überdeckungshöhe der Transportleitung betrug 60 cm. Die maximale Druckstufe in diesem Bereich liegt bei 95 bis 100 bar. Die größten Herausforderungen dieses Leitungsabschnitts waren die Logistik, das zum Teil sehr steile Gelände und die strikt einzuhaltenden Boden- und Landschaftsschutzvorschriften des Kantons Wallis. In enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden konnten die negativen Einwirkungen infolge der Bauarbeiten auf ein Minimum reduziert werden.



Bild 5:
Beliebtes Wander- und Naturschutzgebiet Sanetschsee



Bild 6:
Duktile Gussrohre DN 250 bereit zum Einbau



Bild 7:
Eingebaute Gussrohre in 2.000 m ü. NN

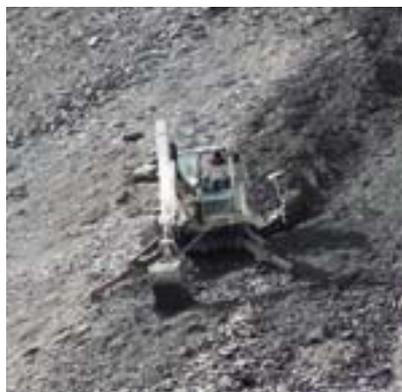


Bild 9:
Schrittbagger im extremen Gelände



Bild 8:
Rohrlieferung mittels Helikopter im steilen Gelände



Bild 10:
Einbau der duktilen Rohre im
Stollen



Bild 11:
Extremes Gelände -
vertikale Felswand



Bild 12:
Arbeiten im Steilhang



Bild 13:
Befestigung mit einer
Spezialkonstruktion aus Stahl



Bild 14:
Stahlseile und fixierte Rohrbrücke



Bild 15:
Spezialrohrleitungsbau in der
vertikalen Felswand



Bild 16:
Mittagspause im Steilhang

4.3 Tunnel- und Felsleitung

Als Verbindung zwischen dem Kanton Wallis und dem Skigebiet auf dem Boden des Kantons Bern wurde ein 260 m langer Tunnel im Sprengvortrieb (**Bild 10**) erstellt.

Das anspruchsvollste, kniffligste und gefährlichste Teilstück des ganzen Bauwerks war die Leitung über die nackte Felswand mit teilweise vertikalen Abschnitten bis zum Verteil- und Druckreduktionsschacht Oldenalp (**Bilder 11 und 12**). Der Fels in dieser Höhe von 2.300 m ü. NN ist sehr instabil und brüchig; deshalb mussten die Arbeiten unter strengsten Sicherheitsmaßnahmen ausgeführt werden. Da

in diesem Bereich Innendrucke von 50 bar vorherrschen, war die Befestigung in diesem felsig lockeren Gestein äußerst problematisch. Die Rohre wurden an einer Spezialkonstruktion aus Stahl (**Bild 13**) aufgehängt, die mit Vergussmörtel verankert ist. Im vertikalen Bereich wurde mittels vorgespannter Stahlseile, die oben und unten an Betonwiderlagern gehalten und vorgespannt waren, eine Rohrbrücke von 270 m Länge erstellt. Die Stahlseile dienen zur Fixierung der Gussrohre mittels Schellen (**Bilder 14 und 15**). Der Zusammenbau der Rohrbrücke war nur durch Einsatz eines Hubschraubers möglich. Mit Betonsockeln gesicherte Krümmer schafften den Übergang der Rohrbrücke in horizontales Gelände. Die Längskraft, bzw. die

Zugbelastung der BLS®-Rohrverbindung war enorm, speziell in den verschiedenen Bauzuständen vor der endgültigen Verankerung.

Die Zusammenarbeit mit den Spezialisten (**Bild 16**), Bergsteigern und Bergführern aus der gesamten Schweiz lief tadellos. Das Rohrmaterial erfüllte die hohen Anforderungen, und das vorher noch nie in dieser Form dagewesene Bauwerk wurde den Erwartungen gerecht.

4.4 Beschneigungsleitung

Die eigentliche Beschneigungsleitung, DN 100 bis DN 200, Verbindungssystem BLS®, PN 50, mit 62 Abgängen zu den Schächten mit Beschneigungsanlagen hat eine Länge von knapp 4 km. Beim Einbau der Leitung wurde das Aushubmaterial als Verfüllmaterial wieder eingebracht. Auch dieses Teilstück ist unbegebar und steil, sodass das gesamte Rohrmaterial, alle Werkzeuge und das Arbeitspersonal nur mit Helikoptern zum Bestimmungsort gebracht werden konnten. Die größten Probleme entstanden immer bei schlechtem und unbeständigem Wetter im alpinen Gelände. Dann konnten keine Helikopterflüge durchgeführt werden und die bereits enge Terminplanung wurde zusätzlich strapaziert.

5 Schlusswort

Dank der partnerschaftlichen Zusammenarbeit von Planung, Lieferanten, Logistik (**Bild 17**) und Ausführung ist es uns gelungen, dieses außergewöhnliche Bauwerk ohne große Zwischenfälle erfolgreich zu realisieren. Die hohen



Bild 17:
Umschlagplatz und Zwischenlager

Anforderungen bezüglich Terminen, Qualität und Kosten konnten zur vollsten Zufriedenheit der Glacier 3000 AG erfüllt werden. Die Bauzeit betrug nur 14 Wochen. Von Anfang an wurde auf eine seriöse Planung gesetzt. Der erfolgreiche Abschluss des 4,6 Mio. Schweizer Franken teuren Rohrleitungsprojektes ist Belohnung für einen engagierten Einsatz aller Beteiligten.

Autor

Dipl.-Ing. Thomas Ammon
Weiss + Appetito Rohrleitungstechnik AG
Statthalterstrasse 46
CH-3018 Bern
Telefon: +41 (0)31/9 85 23 23
Website: www.weissappetito.ch

Bauherr

Glacier 3000 AG
Le Chalet
CH-3780 Gstaad
Telefon: +41 (0)24/4 92 09 23
Website: www.glacier3000.ch

Planungsbüro

Egger Ingenieure AG
Chalet Segona
CH-3780 Gstaad
Telefon: +41 (0)33/7 48 84 22
Website: www.eggering.ch

Rohrleitungsbau

Weiss + Appetito Rohrleitungstechnik AG
Dipl.-Ing. Thomas Ammon
Website: www.weissappetito.ch

Grabarbeiten

Jungen Baggerbetrieb und Transport AG
CH-3780 Gstaad
Telefon: +41 (0)33/7 44 56 56
Website: www.jungen-ag.ch

DSK Bergwerk Saar

Schacht Primsmulde – Zentrale Kälteanlage

Von Herbert Drost und Thomas Kessler

1 Einleitung

Die DSK (Deutsche Steinkohle) ist eine Tochtergesellschaft der RAG und fördert umweltgerecht deutsche Steinkohle und leistet dabei ein Stück Versorgungssicherheit. Förderstandorte sind im Bundesland Nordrhein-Westfalen und im Bundesland Saarland (**Bild 1**). Das Bergwerk Saar fördert im Jahr über 3,5 Mio. t Steinkohle.



Bild 1:
Zeche Ens Dorf

2 Klimatisierung auf dem Bergwerk Saar – Anlage Ens Dorf Nordschacht

2.1 Grubenklima

Unter dem Begriff Grubenklima versteht man die Einwirkung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Wetter (= Wind-)geschwindigkeit auf die Belegschaft. Die tages- und jahreszeitlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen treten sowohl über als auch unter Tage auf. Dabei werden vor allem die Temperaturänderungen auf dem Weg der Wetter durch die Grube abgeschwächt, sodass vielfach an der Abbaustelle nur noch relativ geringe Änderungen vorliegen. Bedeutsamer ist hier die jahreszeitliche Änderung der absoluten Feuchtigkeit der Wetter. Ohne Wasserverdunstung steigt die Wassertrockentemperatur alle 102 m Teufenzunahme um 1 °C an und zwar unabhängig von der Wet-

termenge. Die Wettererwärmung hängt neben der Höhe der Gebirgstemperatur von der Wärmeleitfähigkeit des Gebirges und vom Bewetterungsalter der Grubenbaue ab. Für das Bergwerk Saar errechnet sich aus einer Vielzahl von Gebirgstemperaturmessungen für das Baufeld Primsmulde Süd eine vergleichsweise günstige geothermische Tiefenstufe von etwa 43 m/°C. Dabei liegen die absoluten Gebirgstemperaturen hier zwischen ungefähr 38 °C im Niveau der 20. Sohle und etwa 50,5 °C im Niveau der 24. Sohle.

2.2 Wirkung des Klimas auf den Menschen

Der Mensch muss die durch den Stoffwechsel und den Arbeitsenergieumsatz erzeugte Körperwärme an seine Umgebung abführen, da sonst die Gefahr eines Hitzekollapses besteht. Solange die Wassertrockentemperatur niedriger als die Hauttemperatur (32 bis 34 °C) ist, kann dies durch Konvektion, Strahlung und Verdunstung von Schweiß (Hauptanteil) geschehen. Steigt die Wassertrockentemperatur über die Hauttemperatur an, kann die Wärme nur noch über Verdunstung abgeführt werden. Liegt die Taupunkttemperatur der Wetter über der Hauttemperatur, kann der Körper keine Wärme mehr abgeben, er heizt sich auf und es kann zu einem gefährlichen Hitzekollaps kommen. Zulässige Beschäftigungszeiten hängen von den jeweiligen Klimawerten ab. Der Einsatz menschlicher Arbeitskraft in großen Teufen ist nur mit Bewettern der Streben möglich.

2.3 Maßnahmen zur Klimaverbesserung

Die Wettermenge ist die wichtigste Einflussgröße auf das Grubenklima bei gegebener Gebirgstemperatur. Die stärkste Erwärmung der

Wetter findet im Streb statt. Die Abwärtsführung der Wetter ist klimatisch einer Aufwärtsbewetterung vorzuziehen, da hier die Wetter dem Abbau über ausgekühlte Strecken von einer höher gelegenen Sohle zugeführt werden. Die Wetterkühlung ist zusammen mit großen Wettermengen die wirksamste Maßnahme zur Klimatisierung. Klimavorausberechnungen stellen heute ein unerlässliches Hilfsmittel zur wettertechnischen Planung untertägiger Betriebspunkte dar.

Im Bergbau haben zwei Verfahren Bedeutung erlangt, die **Verdunstungskühlung** zur Abfuhr von Abwärme (offene Kühltürme) sowie die **Kompressionskaldampfmaschine** für die Wetterkühlung.

Die Wirkungsweise dieser Maschinen besteht darin, dass in einem thermodynamischen Kreisprozess der zu kühlenden Luft Wärme entzogen wird, wobei entweder das Kältemittel direkt kühlt oder durch Zwischenschaltung eines durch die Kältemaschine gekühlten Kaltwasserkreislaufs die Wetter in Wärmetauschern (Wetterkühlern) gekühlt werden.

2.4 Kaltwasseranlage Bergwerk Saar – Standort Nordschacht

Die auf dem Bergwerk Saar, Standort Nordschacht, auf der 20. Sohle installierte Kaltwasseranlage zeigt **Bild 2**.

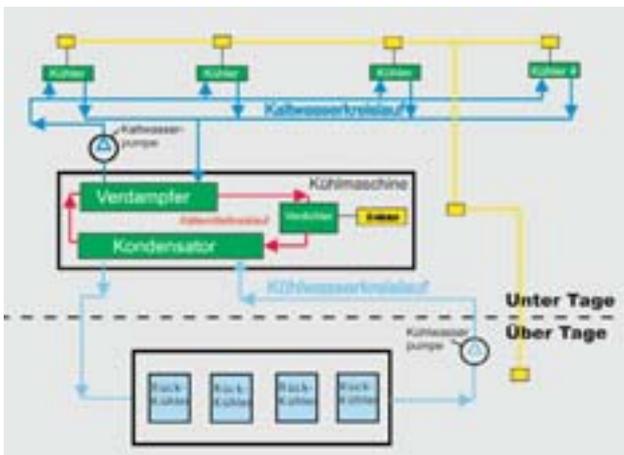


Bild 2:
Kaltwasseranlage – geschlossener Kühlwasserkreislauf

Der **geschlossene Kühlwasserkreislauf** stellt die Verbindung zwischen Kältemaschine unter Tage und Rückkühlern über Tage dar. Das Kühlwasser hat die Aufgabe, im Kondensator die Abwärme der Kälteanlage aufzunehmen. Das dabei erwärmte Kühlwasser wird über die Kühlwasserpumpen nach über Tage gepumpt und in

den Rückkühlern wieder heruntergekühlt. Die Kühlwassermenge beträgt rund 500 m³/h, dabei hat das Kühlwasser eine Austrittstemperatur von 28 °C und eine Eintrittstemperatur von etwa 42 °C. Das Kältemittel nimmt im Verdampfer die Wärme vom Kaltwasserkreislauf auf und gibt die Wärme im Kondensator an den Kühlkreislauf ab.

Der **geschlossene Kaltwasserkreislauf** stellt die Verbindung zwischen Kältemaschine und den Wärmetauschern (Wetterkühler) dar. Wetterkühler als Verbraucher sind umso leistungsfähiger, je niedriger die Eintrittstemperatur des Kälteleiters ist. Deswegen ist eine Isolation der Vorlaufleitung unerlässlich. Auch die Rücklaufleitungen sollten isoliert werden, damit sich die vorbeiströmenden Frischwetter nicht aufwärmen.

3 Zentrale Kälteanlage Primsschacht

Aufgrund eingetretener Klimaprobleme muss das Bergwerk Saar zusätzlich zu der bereits am Nordschacht vorhanden untertägigen Kälteanlage am Standort Primsschacht eine übertägige zentrale Kälteanlage (ZKA) aufbauen, um damit den deutlich erhöhten Kältebedarf des Bergwerks mittel- und langfristig decken zu können. Die jetzige untertägige Kälteanlage mit einer max. Kälteleistung von 5,5 MW ist nicht mehr erweiterbar, da ihre Rückkühlung übertage erfolgt und kein Querschnitt für zusätzliche Kühlrohre im Nordschacht zur Verfügung steht. Die zukünftig benötigten Kälteleistungen an den Betriebspunkten benötigen eine Kälteanlagengröße, die nur Übertage realisiert werden kann, wobei der Primsschacht die einzige Möglichkeit bietet, die Kälte in die Grube zu transportieren.

3.1 Anlagen- und Funktionsbeschreibung

Zur kältetechnischen Versorgung werden in der ersten Baustufe zwei und in der zweiten Baustufe drei Kältemaschinen mit einer Gesamtleistung von 10 MW (15 MW) in Betrieb genommen.

Über diese Kältemaschinen wird dem untertägigen Kälteverteilungssystem (**Bild 3**) ein Kaltwasservolumenstrom von 660 m³/h (990 m³/h) mit einer Temperatur von 2 °C zugeführt. Das Kaltwasser gelangt nach dem Durchfluss durch die Wetterkühler vor Ort und Rückführung durch das Verteilungssystem mit einer Temperatur von ungefähr 15 °C nach über Tage.

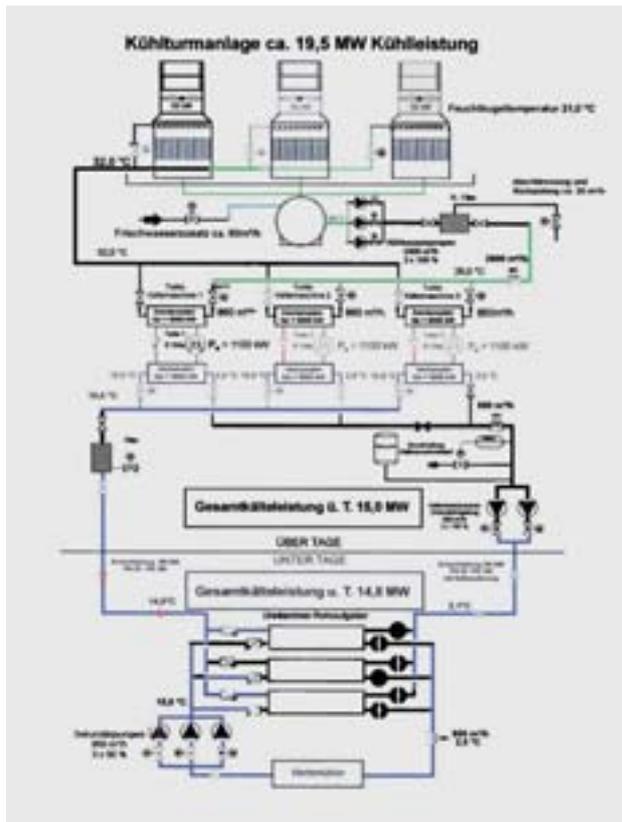


Bild 3:
Anlagenschema

In den Verdampfern der Kältemaschinen wird das erwärmte Wasser dann wieder zurückgekühlt. Die Kondensatorwärme der Kältemaschinen wird über die neben dem Kältemaschinenraum aufzustellenden zwei (drei) Kühltürme abgeführt. Die bei der Verdunstung und Abschlämmung auftretenden Kühlwasser-verluste werden über eine Frischwasserstation nachgespeist. Zur Vermeidung von Kalkausfällungen und Algenwachstum werden Impfstoffe eingesetzt.

3.2 Kaltwasservor- und Rücklaufleitungen DN 400

Damit duktile Gussrohre DN 400 nach DIN EN 545 für die Kaltwasser-Vor- und Rücklaufleitungen eingesetzt werden konnten, wurden sie mit Hilfe der Erfahrungen eines Gussrohrherstellers den bergbauspezifischen Anforderungen angepasst. Als formschlüssiges Steckmuffensystem wurde die TIS-K-Verbindung gewählt. Entsprechend der Auslegung des Kältesystems (**Bild 4**) werden die duktilen Rohre in den Druckstufen PN 40 und PN 63 (**Bild 5**) unter Tage eingebaut. **Tabelle 2** gibt einen Überblick über die einzusetzenden Rohrlängen. Sie sind außen isoliert (**Bild 6**).

Zentrale Klimatisierung Primsmuldeschacht

Übersicht der Bau-Phasen im Sekundärkreislauf

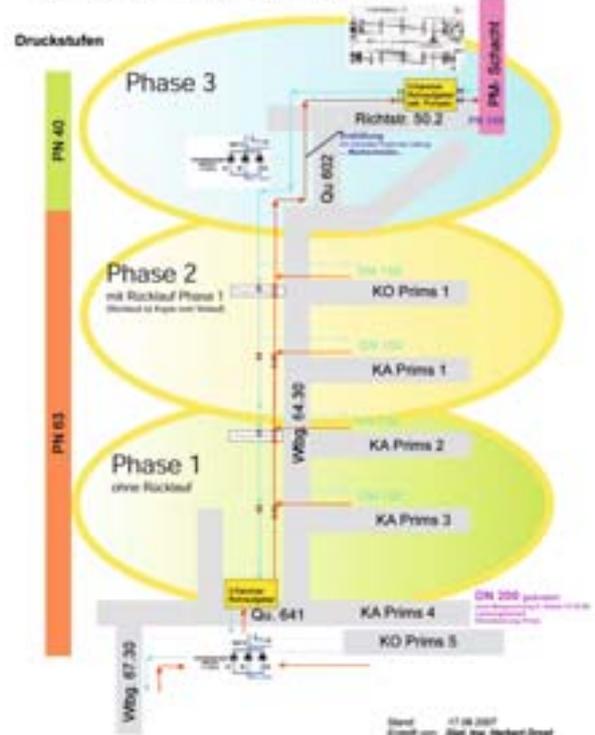


Bild 4:
Betriebsdruckauslegung des Kältesystems

Um die derzeitige Wasserversorgung der Strebe Prim 1 und Prim 2 zu verbessern, wurde mit dem Einbau der Kaltwasservorlaufleitung an der KA Strecke Prim 2 in der Druckstufe PN 63 begonnen. Der Einbau verläuft von der KA Prim 2 in Richtung 24. Sohle. Danach wird die Kaltwasserrücklaufleitung eingebaut.



Bild 5:
Duktile wärmegegedämmte Gussrohre K 12, PN 63



Bild 6:
Außenisolierte duktile Gussrohre DN 400

Tabelle 2:
Einzubauende Rohrlängen

Druckstufe	Wanddickenklasse	Einbaulängen
Druckstufe PN 40	K 10	850 m
Druckstufe PN 63	K 12	2.395 m

Die Leitungen werden, wie in **Bild 7** dargestellt, im First aufgehängt. Jedes Rohr wird standardmäßig mit Ketten am Ausbau befestigt. Zusätzlich zur Standardaufhängung werden die Leitungen über Rückverlagerungen abgespannt (**Bild 8**).

Die Rückverlagerungen sind statisch notwendig, um Hangabtriebskräfte und Vorspannkräfte abzufangen und damit ein Ausknicken der Leitung auszuschließen. Aufgrund behördlicher Vorgaben musste für den gesamten Leitungsverlauf eine zugelassene Statik erstellt werden, vor allem für die speziellen Aufhängungen und Verlagerungen.

4 Rohrzulassungsverfahren – Isolierschaum

Die Kaltwasservor- und Rücklaufleitung DN 400 ist außen zu isolieren. Als Isoliermaterial sollte zunächst PU-Isolierschaum in Verbindung mit Mantelrohren aus Stahl (0,6 mm) oder Aluminiumblech (1 mm) eingesetzt werden. Die Isolierfirma TING mbH, Bad Lausick, war bereits im Besitz eines „Allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses“ (Baustoffklasse B1 gemäß DIN 4102-1, B1 = schwerentflammbar), ausgestellt von der MFPA Leipzig.

Über dieses Prüfzeugnis hinaus wurde vom Oberbergamt Saarbrücken für den Einsatz außen isolierter duktiler Gussrohre im Untertagebereich von Steinkohlebergwerken eine Prüfung der Zersetzungsprodukte des PU-Schaumes bei Wärme- oder Brandeinwirkung auf die Schutzwirkung von Filterselbstrettern gefordert. Der Prüfumfang ist in der DIN 22100-5, Abschnitt 4.2.2 bzw. DIN 22100-3 festgelegt. Der Grenzwert für den Einatemwiderstand des Filterselbstretters (Anstieg während der Prüfung ≤ 5 mbar) ist in Abschnitt 4.9.2.2 „Auswirkung der thermischen Zersetzungsprodukte auf Filterselbstretter“ der DIN 22100-7 festgelegt.

Die EXAM BBG Prüf- und Zertifizier GmbH (Fachstelle für Atemschutz) wurde von der Fa. TING beauftragt, diese Prüfungen durchzuführen. Bestanden hat die Isoliervariante B, bestehend aus einem äußeren Wickelfalzrohr und einem 40 mm dicken Schaum aus nicht brennbaren Mineralfasermatten (Brandschutzklasse A 1) aufgetragen auf das duktile Gussrohr (**Bild 9**).

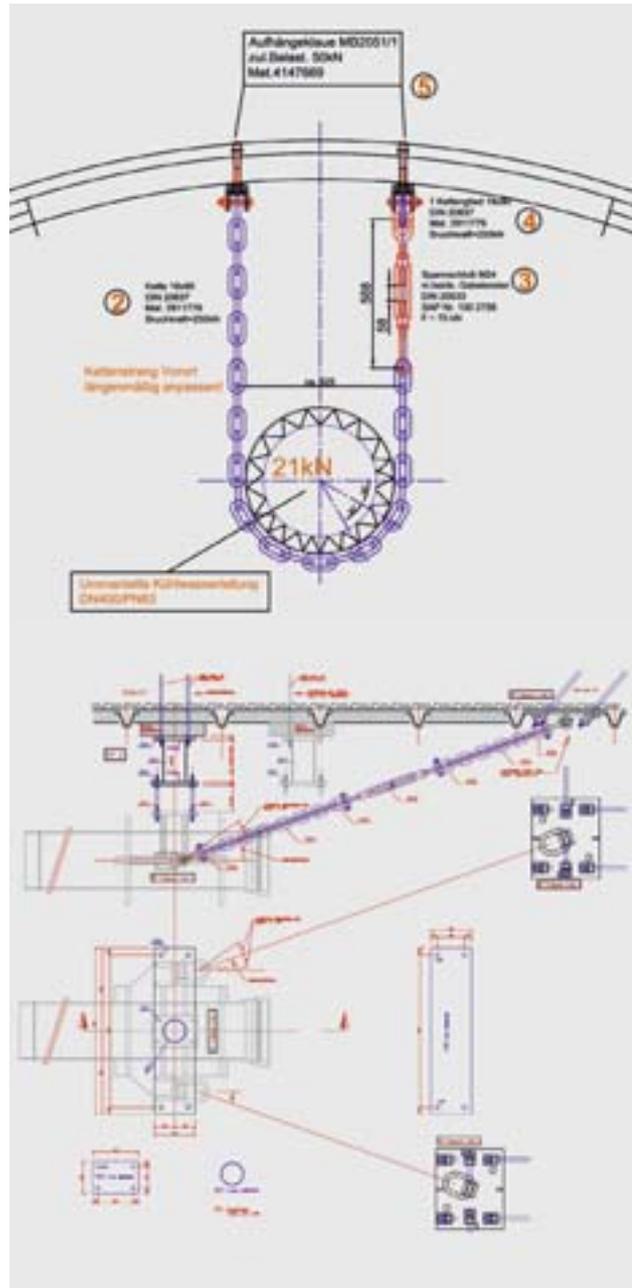


Bild 7:
Im First verhängtes Rohrleitungssystem



Bild 8:
Verhängte duktile Gussrohre mit Rückverlagerung



Bild 9:

Isoliervariante B

Wärme gedämmte duktile Gussrohre TIS-K, DN 400 mit Wickelfalz-Mantelrohr Ø 560 x 1,2 mm

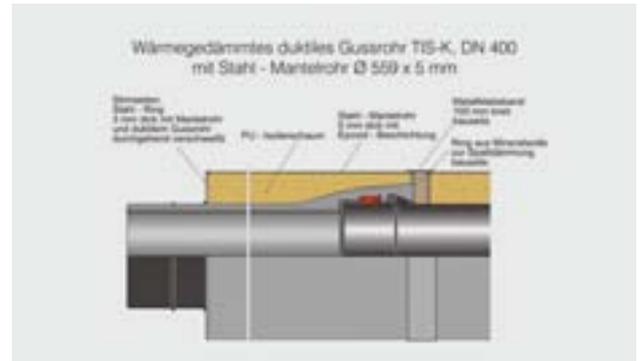


Bild 10:

Isoliervariante C

Wärme gedämmte duktile Gussrohre TIS-K, DN 400 mit Stahl-Mantelrohr Ø 559 x 5 mm

Ergebnis Isoliervariante B:

- Einatemwiderstand zu Beginn der Prüfung: 6,4 mbar
- Max. Einatemwiderstand: 9,1 mbar
- Veränderungsdifferenz: 2,7 mbar ≤ 5 mbar zul.

Anforderung bestanden

An den Stirnseiten sollte der PU Schaum mit 60 mm Mineralfaserscheiben + Stahlverschlußkappen brandtechnisch geschützt werden.

Für die in **Bild 10** gezeigte Isoliervariante C lag bereits eine Genehmigung vor. Hier wird gefordert, dass der verarbeitete Kunststoff allseitig durch Stahl von mindestens 3 mm Wanddicke umschlossen ist. Somit gab es eine Entscheidung hinsichtlich der in **Bild 10** dargestellten Isoliervariante C. Entscheidungskriterien waren:

- Die Herstellung der Variante mit einem Wickelfalzrohr ist sehr aufwendig.
- Eine höhere mechanische Belastbarkeit im rauen Alltag des Bergbaus ist bei Einsatz von Stahlrohren mit 5 mm Wanddicke gegenüber dem Einsatz von Wickelfalzrohren mit 1,2 mm Wanddicke gegeben.

Aus Kostengründen wurden Stahlrohre mit 5 mm Wanddicke gewählt, da Stahlrohre mit 3 mm Wanddicke in dieser Nennweite (Innendurchmesser 559 mm) Sonderprodukte sind.

5 Einbau der duktilen Gussrohre unter Tage

Die Leitung wird unter Tage in einem Wetterberg in einer Tiefe von -999 m bis -1.428 m unter NN gebaut. Die zu verbauenden Rohre werden über Tage auf der Anlage Nordschacht zwischengelagert und je nach Baufortschritt vom Gussrohrhersteller nachgeliefert. Der Transport nach unter Tage erfolgt über den Nordschacht im Förderkorb hängend. Unter Tage werden die Rohre zunächst mit der Grubenbahn zum Wetterberg transportiert und anschließend mit einer Kulibahn (zwangsgeführte Schienenflurbahn) (**Bild 11**) zur Einbaustelle gebracht.

Die Rohre werden im Vorfeld im Wetterberg ausgelegt (**Bild 12**) und anschließend von den Mitarbeitern mit Druckluftzuggeräten hochgezogen und montiert.

Die Montagestellen und die Höhe der Einbauten werden zuvor von der Markscheiderei nach Plänen des Planungsbüros markiert. Für die Anschlüsse in die Abbaubegleitstrecken werden entsprechend notwendige Formstücke verwendet. Die eingebauten Teilabschnitte werden vor der Inbetriebnahme durch die DMT GmbH (Deutsche Montan Technologie) geprüft.

6 Ausblick

Der Leitungsverlauf wurde in drei Bauabschnitte unterteilt. Der erste Bauabschnitt, gebaut mit duktilen Gussrohren DN 400 PN 63, wurde zur Erweiterung des vorhandenen Leitungsnetzes dringend benötigt und ist seit Juli 2007 in Betrieb. Nach dem jetzigen Stand der Planung soll die zentrale Kälteanlage Primschacht im Jahre 2008 in Betrieb gehen.



Bild 11:
Abrollen der Rohre von der Grubenbahn

Der zweite Bauabschnitt wird zurzeit ebenfalls in der Druckstufe PN 63 gebaut und im November durch die DMT abgenommen. Im Anschluss erfolgt der Bau der Druckstufe PN 40. Das noch zu bauende Leitungssystem hat ein Investitionsvolumen von mehr als 2 Mio. Euro.

Autoren

Dipl.-Ing. Herbert Drost
DSK Servicebereich Technik und Logistik
In den Rothecken
D-66280 Sulzbach
Telefon: +49 (0)6 81/4 05-60 33
E-Mail: herbert.drost@dsk.de

Dipl.-Ing. Thomas Kessler
DSK Bergwerk Saar
Provinzialstrasse 1
D-66806 Ensdorf
Telefon: +49 (0)6 81/4 05-34 47
E-Mail: thomas.kessler@dsk.de



Bild 12:
Ausgelegte Rohre im Stollen

Bauherr

DSK
Dipl.-Ing. Markus Lessmöllmann
Projektverantwortlich BW Saar
Am Shamrockring 1
D-44623 Herne
Telefon: +49 (0)6 81/4 05-60 21
E-Mail: markus.lessmöllmann@dsk.de

Planungsbüro

IBZ GmbH Beratende Ingenieure
Dipl.-Ing. Joachim Ring
Trierer Straße 225
D-66663 Merzig
Telefon: +49 (0)68 61/93 12-7 20
E-Mail: j.ring@ibz-gmbh.de

Einsatz duktiler Gussrohre für alpine Triebwasserleitungen

Wasserkraftwerk Dorferbach der TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG

von Andreas Moser und Robert Boes

1 Allgemeines

Im Rahmen der österreichischen Förderung von sogenannten Ökostromanlagen errichtete der Tiroler Landesenergieversorger TIWAG von Frühjahr 2005 bis Herbst 2006 ein Hochdruck-Wasserkraftwerk am Dorferbach in der Gemeinde Prägraten am Großvenediger in Osttirol. Bei einem Ausbaubfluss von 1,8 m³/s und einer Bruttofallhöhe von 686 m beträgt die maximale Leistung 10 MW. Die Druckleitung wurde in teilweise extrem alpinem Gelände mit Neigungen bis zu 48° (111 %) eingebaut, was eine besondere Herausforderung an Planer und Ausführende darstellte. Das Kraftwerk speist im Regeljahr rund 40 Mio. kWh in das TIWAG-Netz ein. Die Investitionskosten betragen rund 15 Mio. Euro.

2 Anlagenkonfiguration

Das Ökostromkraftwerk Dorferbach ist das erste österreichische Wasserkraftwerk mit einer in der Krafthausfassade integrierten Photovoltaik-



Bild 1:
Krafthaus Dorferbach mit Photovoltaikanlage

anlage (Leistung 2,8 kWp) und wandelt daher gleich auf zweifache Weise die Energie der Sonne in 100 % CO₂-freie elektrische Energie um (**Bild 1**).

Das Triebwasser wird auf 2007 m Meereshöhe mit einem sogenannten Tirolerwehr aus dem Dorferbach entnommen, der bis zur Wehranlage ein stark vergletschertes Einzugsgebiet von 27,2 km² auf der Südseite des Großvenedigers entwässert. Geschiebe und Schwebstoffe größer als 0,3 mm Korndurchmesser werden in einem Langfangentsander abgeschieden. Von dort führt eine rund 4.420 m lange Druckrohrleitung (duktiler Gussrohre mit TYTON®-Langmuffen-Verbindung DN 800) zum Krafthaus Hinterbichl im Virgental (**Bild 2**). Etwa 120 m unterhalb der Mündung des Dorferbaches wird das Wasser in den Talfluss Isel zurückgegeben.

Der erzeugte Strom wird über ein 21 km langes Erdkabel, in das auch andere Kleinkraftwerke im Virgental einspeisen, zu einem neuen 110 kV-Umspannwerk in Matrei i. O. transportiert und dort in das Landesnetz der TIWAG eingespeist.

3 Druckrohrleitung

Beim vorliegenden Projekt handelte es sich um eine Gebirgsbaustelle mit besonderen Herausforderungen:

- Gelände mit über weite Strecken großem Längsgefälle, abschnittsweise bis 48° (111 %) (**Bild 3**);
- sowie teilweise großem Quergefälle bis zu 35° (70 %);
- Einbau großteils in hartem Fels, dadurch Sprengabtrag notwendig (**Bild 4**);
- abschnittsweise schwierige geologische Verhältnisse (Kriechhang, klüftiger Fels) erforderten aus Gründen der Arbeits- und



Bild 2:
Luftbild des Dorfertales mit Verlauf der Druckleitung

Bauwerkssicherheit eine regelmäßige geodätische Überwachung auf allfällige Setzungen und Bewegungen;

- bei zwei Steilabschnitten Baustellenerschließung nur mit Materialseilbahnen möglich;
- zweimaliges Queren des Dorferbaches mittels Rohrbrücken;
- Überlagerungshöhen geländebedingt bis zu 7 m, was in Lockermaterial Vorabtrag des Geländes erforderte, um Rohrgraben ausheben zu können (**Bild 5**);
- teilweise enge Platzverhältnisse mit fehlenden Möglichkeiten für seitliche Materiallagerungen;
- lawinenbedingt kurze Bauzeit zwischen Schneeschmelze (Mai/Juni) und Wintereinbruch (Oktober/November);
- teilweise extreme Witterungsverhältnisse und Naturgefahren während des Baus, z. B. ein etwa 30-jähriges Hochwasser im Dorferbach sowie Murabgang in Rohrleitungsnähe am 28. Juli 2006;
- im unteren Bereich wegen Nähe zur Besiedlung keine Sprengarbeiten in der touristischen Hauptsaison von Juli bis Mitte September;

- tägliches Schließen der Rohrgräben im Almweg, um Zugänglichkeit für eine Alpenvereinschütte und einen Steinbruch sicherzustellen;
- zur Sicherstellung der permanenten Zugänglichkeit des Dorfertales für Touristen mit Hüttentaxis wurde durch die Baufirma ein Shuttledienst oberhalb der wegunterbrechenden Tagesbaustelle eingerichtet (Touristen passierten die Baustelle zu Fuß).



Bild 3:
Steilhang auf über 1.900 m ü. NN



Bild 4:
Sprengabtrag zum Aushub des Rohrgrabens



Bild 5:
Tiefer Rohrgraben mit Betonfestpunkten

Die Druckleitung besteht mit Ausnahme von Sonderbauwerken (Rohrbrücken, Hydrantenanschlüsse, Turbinenzuleitung am Krafthaus) und Stahl-Formstücken hoher Druckstufe aus duktilen Gussrohren DN 800 der Wanddickenklassen K8 bis K18 mit TYTON®-Langmuffen-Verbindungen und einer Regelüberdeckung von 0,80 m. Die duktilen Gussrohre sind mit Zementmörtel ausgekleidet und mit Faserzementmörtel umhüllt. Neun von 17 Guss-Krümmern wurden mit einer Epoxipulverbeschichtung versehen. Da die Muffenverbindungen keine Längskräfte übertragen, mussten an den insgesamt 24 Knickpunkten zur Aufnahme der Kräfte aus Innendruck Betonfestpunkte angeordnet werden, die mit bis zu 20 m langen Litzen-Dauerankern mit einer Vorspannkraft von 750 kN rückverankert wurden (**Bild 6**).

An zwei Stellen wird der Dorferbach mittels Rohrbrücken aus Stahl gequert, einmal als freitragende Konstruktion (**Bild 7**), das andere Mal im Brückquerschnitt einer bestehenden Straßenbrücke.

Mit dem Ziel eines einfachen Einbaus wurde die Druckleitung möglichst in bestehenden Wegen im Dorfertal trassiert. Dadurch folgt die Leitung im Längsriss in etwa dem Bachgefälle und weist keinen eindeutigen Druckabstieg auf kurzer Länge auf, wie es bei alpinen Triebwasserwegen mit Druckstollen, Wasserschloss und Druckschacht meist üblich ist. Durch die Trassierung entlang des Bachlaufes konnte auf aufwendige Bauwerke wie Hangkanal oder Wasserschloss verzichtet werden. Dem steht jedoch ein gro-

ßer Reflexionsweg wegen der langen wirksamen Druckstoß-Leitungslänge gegenüber, der besondere Vorkehrungen bezüglich Turbinen-Stellzeiten erforderlich machte. Für die bei TIWAG-Kleinkraftwerken übliche Stellzeit von 40 Sek. ergab sich im vorliegenden Fall am Krafthaus ein Druckstoßzuschlag auf die statische Druckhöhe von knapp 14 %.

Die „Auf-Zu-Methode“ erleichterte den Einbau im steilen und geologisch schwierigen Gelände enorm und ermöglichte kurze Sperrzeiten beim Einbau im Almweg, was bei einer geschweißten Stahlleitung unmöglich gewesen wäre (**Bild 8**).

Besondere Anforderungen an die Bauausführung stellten drei Steilstrecken, von denen zwei mit Materialeilbahnen erschlossen wurden. Zur Aufnahme der zusätzlichen Hangabtriebskräfte sowie zum Rückhalt des Verfüllmaterials während des Baus wurden Querriegel errichtet, die z.T. als Betonscheiben, z.T. als Sandsackbarrieren (**Bild 9**) ausgeführt wurden. An insgesamt fünf Stellen ist die Druckleitung für betriebliche Zwecke zugänglich, nämlich von drei Druckprobeschächten sowie von einem Zugangsschacht bergseitig des obersten Steilhanges und von der Entnahmekammer der Entsanderanlage aus (**Bild 10**).



Bild 6:
Betonfestpunkt mit Hüllrohren zur Aufnahme der Daueranker



Bild 7:
Montage einer 23 m langen Stahlrohrbrücke



Bild 8:
Kurzer Rohrgrabenabschnitt
beim Rohreinbau im Almweg



Bild 9:
Querriegel aus Sandsäcken in einem Steilhang

4 Druckprüfung

Die Leitung wurde in vier Abschnitten mit dem behördlich vorgeschriebenen Prüfdruck (1,2-facher maximaler Betriebsdruck) über 24 Stunden auf Dichtheit geprüft, was auf Anhieb erfolgreich verlief. Mit einem Prüfdruck von 91,8 bar am Krafthaus ist ein für Rohre aus duktilem Gusseisen DN 800 bisher einmaliger Druckbereich erreicht worden (**Bild 11**).

5 Zusammenfassung

Im Wasserkraftwerksbau wird heute häufig duktiler Gusseisen als Material für die Rohrleitungen gewählt, weil es einen breiten Einsatzbereich mit Vorteilen bei der Baudurchführung und Wirtschaftlichkeit verbindet.

Viele Planungs- und Ausführungsdetails erfordern jedoch vom Planer eine möglichst fundierte Erfahrung im Rohrleitungsbau, um ein langfristig zufrieden stellendes Ergebnis zu erzielen.

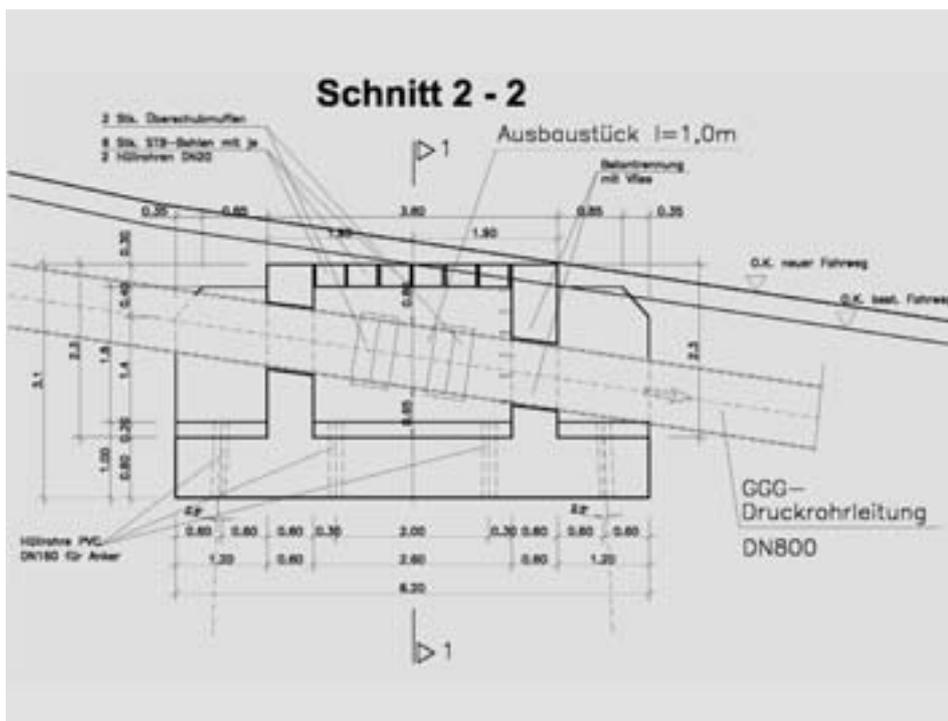


Bild 10:
Längsschnitt durch einen
Druckprobenschacht

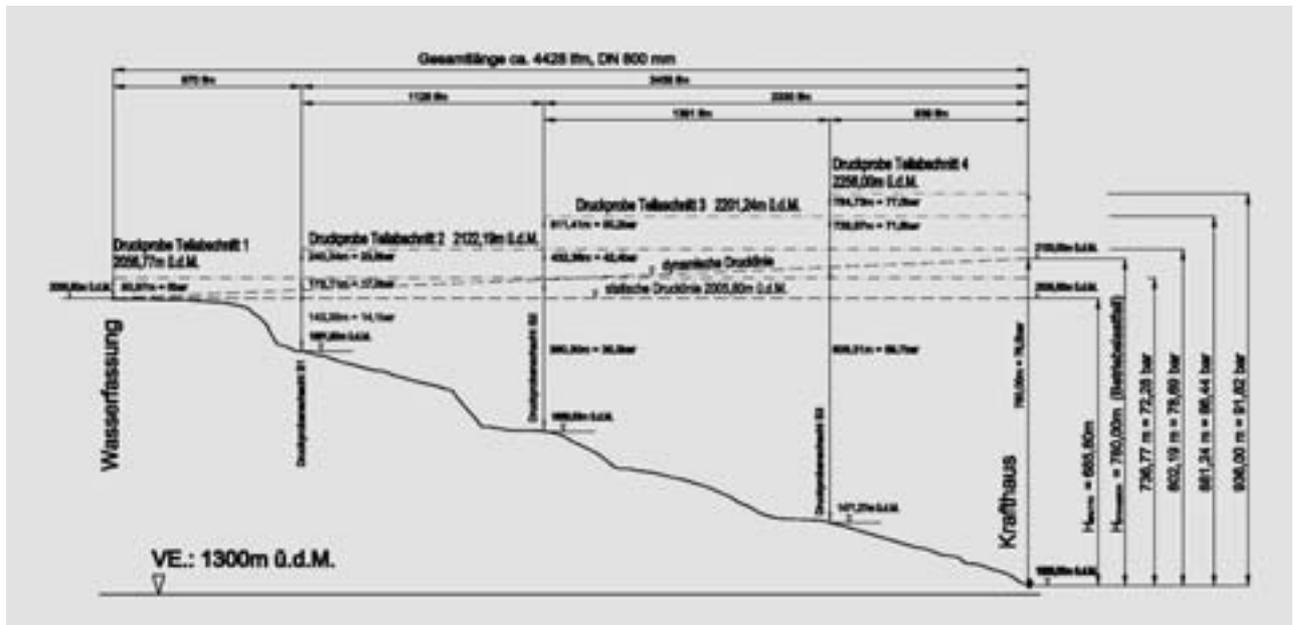


Bild 11:
Druckprobenlängsschnitt mit Prüfdrücken

Bei diesem realisierten Kraftwerk der TIWAG – Tiroler Wasserkraft AG wurde ersichtlich, dass dank der Verwendung von duktilen Gussrohren mit Steckmuffen-Verbindungen sowie des Innovationsgeistes und der Flexibilität aller am Bau Beteiligten auch außergewöhnliche Herausforderungen und Randbedingungen wie witterungsbedingt kurze Bausaison, schwierige Topographie und Geologie und weitgehende Aufrechterhaltung des Fahrverkehrs gemeistert werden können.

Beim Kraftwerk Dorferbach wurde mit den während der Druckprobe herrschenden Prüfdrücken von bis zu 92 bar Neuland beim Einsatz von duktilen Gussrohren der Nennweite DN 800 beschritten.

Autoren

Ing. Andreas Moser
Tiroler Röhren- und Metallwerke AG
Innsbrucker Straße 51
A-6060 Hall in Tirol
Telefon: +43 (0)52 23/5 03-4 53
E-Mail: andreas.moser@trm.at

Dr. sc. techn. Robert Boes
Bereich Engineering Services
TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG
Eduard-Wallnöfer-Platz 2
A-6020 Innsbruck
Telefon: +43 (0)5 06 07/2 13 59
E-Mail: robert.boes@tiwag.at

Bauherr + Planung

TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG
Dr. sc. techn. Robert Boes
Eduard-Wallnöfer-Platz 2
A-6020 Innsbruck
Telefon: +43 (0)5 06 07/2 13 59
E-Mail: robert.boes@tiwag.at

Relining DN 800 im Bereich Ostharz bei Güsten

Moderne Verfahren der Rohrleitungssanierung im Netz der Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH

Von Michael Haupt

1 Einleitung

Die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH (FWV GmbH) mit Sitz in Torgau/Elbe im Bundesland Sachsen ist ein überregionales Trinkwasserversorgungsunternehmen und gehört zu den großen Fernwasserversorgern Deutschlands. Beträchtliche Wasserressourcen in der Elbaue (Uferfiltratwasser der Elbe und Grundwasser der Dübener und Dahleiner Heide) sowie das Oberflächenwasser des Rappbode-Talsperrensystems (**Bild 1**) im Harz dienen als Entnahmekquellen.

Seit 1946 wurde über Jahrzehnte hinweg das leistungsfähige Versorgungssystem der FWV GmbH errichtet. Dieses regionale System ergänzt die örtlichen Wasserlieferanten und sichert zu jeder Zeit die Trinkwasserversorgung im Versorgungsgebiet. Das eigene, heute etwa 700 km umfassende und großzügig dimensionierte Leitungsnetz ist teilweise als redundantes Parallel- oder Verbundsystem ausgebaut und bietet höchste Versorgungssicherheit für den Kunden.



Bild 1:
Rappbode-Talsperre

2 Ausgangssituation

Die Erhaltung oder Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Wasserverteilungsanlagen (Rehabilitation) im Rahmen einer zustandsorientierten Instandhaltung gewinnt auch für die Netze der FWV GmbH an Bedeutung. Über die Hälfte der Fernwasserleitungen wurde bis 1980 gebaut, etwa 38 % sind länger als 40 Jahre in Betrieb. Das Netz besteht zu rund 31 % aus Beton- und Spannbetonrohren und etwa zu 60 % aus Stahlrohren.

Nach den Entscheidungshilfen des DVGW-Arbeitsblattes W 401 [1] sind die Anlagen vor allem hinsichtlich

- technischer Kriterien
 - wirtschaftlicher Kriterien
 - externer Einflüsse
- zu bewerten und Maßnahmen festzulegen.

Im Folgenden soll der Weg von der Bewertung eines Leitungsabschnittes über den Entscheidungsprozess bis zum Abschluss einer Sanierungsmaßnahme dargestellt werden.

2.1 Technische Kriterien

Die betrachtete Fernwasserleitung im Versorgungsbereich Ostharz ist Teil des Systems vom Wasserwerk Wienrode zum Hochbehälter Hamelberge bei Halle/Saale im Bundesland Sachsen-Anhalt. Nach der Rohwasserentnahme aus der Rappbode-Talsperre und Aufbereitung im Wasserwerk wird das Trinkwasser über etwa 100 km im freien Gefälle bis zum Hochbehälter transportiert. Das zu untersuchende Teilstück der Transportleitung, welche zu großen Teilen als Parallelleitung existiert, befindet sich bei Güsten (**Bild 2**) im Landkreis Bernburg, etwa in der Mitte dieser Leitungsstrecke.



Bild 2:
Versorgungsgebiet
bei Güsten

Netzstatus und Rohrwerkstoff sind wesentliche Kriterien für die Entscheidung über Notwendigkeit und Art einer Sanierung.

Die Trasse verläuft zum Teil über landwirtschaftlich genutzte Flächen, aber auch durch ein nach dem Rohrleitungsbau übersiedeltes Gebiet. Die Leitung wurde 1966 aus Spannbetonrohren DN 1000 (**Bild 3**) „Variante 5a“, Baulänge 3 m gebaut. Sie stammen aus dem Rohrwerk Laußig (ehem. DDR). Die Leitung wird mit einem Versorgungsdruck von 12–14 bar betrieben.

Einige Abschnitte waren in den letzten Jahren wegen eines großräumigen Straßenbauvorhabens umgelegt und dabei erneuert worden. Dabei wurde der Rohrwerkstoff Spannbeton durch Stahl ersetzt. Auf einer Länge von 760 m befand sich die Trinkwasserleitung noch im Altzustand. Von 1982–1992 wurde die auch hier existierende Parallellleitung (in Stahl) gebaut. Dies ist natürlich eine wesentliche Randbedingung für die Planung und Durchführung von Rehabilitationen.



Bild 3:
Ausgebaute Spannbetonrohre

2.2 Wirtschaftliche Kriterien

In Anlehnung an [1] sollen hier besonders die Kriterien **Reparaturen, Vorhaltungen, Image** herausgestellt werden. Aufgrund ihres Alters und ihrer Materialbeschaffenheit war auf der Gesamtstrecke die zu untersuchende Rohrleitung zuletzt durch eine erhöhte Schadenshäufigkeit aufgefallen. Sowohl Schalenbrüche als auch undicht gewordene Muffenverbindungen waren zu verzeichnen. Damit ergaben sich neben der Imageverschlechterung durch Versorgungsunterbrechungen in hohem Maße finanzielle Aufwendungen zur Beseitigung der Havarien des groß dimensionierten Leitungssystems. Entleerungs- und Wiederinbetriebnahmezeiten, technisches Equipment, Flurschäden und personeller Einsatz seien beispielhaft genannt. Sowohl an den Schadensstellen als auch im Zusammenhang mit planmäßigen Baumaßnahmen (z. B. bei Umlegungen) werden seit längerem ausgebaute Rohre einschließlich ihrer Bettung und des Baugrundes analysiert, um systematisch eine Aussage zur materialtechnischen Sicherheit eines Rohrleitungsabschnittes zu erhalten.

Beim Güstener Abschnitt war eine nur noch vergleichsweise kurze Restnutzungsdauer prognostiziert und damit Handlungsbedarf angezeigt worden.

2.3 Externe Einflüsse

Für den gesicherten Betrieb des Fernleitungsnetzes sind **Rechte und Ansprüche Dritter** genau zu prüfen. Trotz erteilter Bauerelaubnis, vermeintlichen Bestandsschutzes und im Grundbuch eingetragener dinglicher Sicherungen zu Gunsten des Versorgers entstehen im Schadensfall immer Unannehmlichkeiten für beide Parteien. Daneben kann es lange dauern, bis eventuelle Gewährleistungsforderungen bewertet und erfüllt sind. Die möglichen negativen Auswirkungen für das Versorgungsunternehmen sollten minimiert werden.



Bilder 4 und 5:
Leitungsverlauf in Grundstücken

Im konkreten Fall war nach dem Bau der Trinkwasserleitung etwa die Hälfte der betrachteten Rohrleitungslänge im 10 m breiten Schutzstreifen übersiedelt worden, und private Bauwerke befanden sich unmittelbar an der Leitungsachse (**Bilder 4 und 5**). Mit einem Relining könnten betriebstechnische Probleme oder Gefährdungen im Havariefall deutlich gemindert werden.

3 Technische Angaben und Entscheidungsprozess

Die FWV GmbH beschloss den Planungsbeginn der Sanierungsmaßnahme im Jahr 2005. In einer ersten Machbarkeitsstudie eines externen Ingenieurbüros wurden mögliche, dem Stand der Technik entsprechende Technologien und Rohrwerkstoffe untersucht. Zu den technischen und wirtschaftlichen Abwägungen in dieser Planungsphase gehörte auch die Gegenüberstellung teilweiser oder vollständiger offener oder geschlossener Bauweisen.

Für das übersiedelte Gebiet kam nur eine grabenlose Sanierung in Frage. Im übrigen Bereich der unbebauten Ackerfläche war das Verfahren jedoch frei wählbar. Die hydraulische Betrachtung des Versorgungssystems ließ eine Reduzierung der Nennweite bis zu einer Mindestgröße zu. Hier gab die vorhandene Parallelleitung den Ausschlag.

Erste Ergebnisse und Festlegungen innerhalb der **Vorplanung** stellten sich wie folgt dar:

- Baulänge gesamt: 760 m
- Medienrohr „alt“ wird Mantelrohr „neu“: DN 1000, Spannbeton
- **Medienrohr „neu“: DN 800 – 900, metallisch, Statisch selbst tragendes System**
- Druckstufe: MDP 16 (Maximal Design Pressure)
- Prüfdruck: STP 21 (System Test Pressure)

Zu diesem Zeitpunkt wurden folgende Entscheidungen bewusst offen gehalten:

- vollständig grabenlose oder offene Bauweise (auch anteilig)?
- Rohrmaterial (mit Auswirkungen auf die endgültige Nennweite)?
- Rohreinbauverfahren (z. T. materialabhängig)?
 - Stahlrohr ⇒ Einziehen
 - Gussrohr (GGG) ⇒ Einziehen (längskraftschlüssig), nur DN 800
 - Gussrohr (GGG) ⇒ Einschieben (nicht längskraftschlüssig), nur DN 800



Bild 6:
Rohrleitung DN 1000 innen



Bild 7:
Betonwiderlager freigelegt

Intern favorisierten wir das Einschieben von Rohren aus duktilem Gusseisen DN 800. Auf diese Weise wollten wir als großer Fernwasserversorger an der technischen Weiterentwicklung moderner Verfahren der Rohrleitungssanierung mitwirken. Neu war dabei die Bewältigung von Haltungslängen über 300 m.

Bereits zu Beginn der technischen Planung untersuchten wir die Spannbetonleitung mit einer Videobefahrung. Die Leitung war frei von jeglichen Inkrustationen und Höhenversätzen (**Bild 6**). In diesem Abschnitt war bisher auch noch keine Sanierung von undichten Verbindungen mittels Einbau der bekannten Innendichteinsätze erforderlich gewesen. Eine Richtungsänderung der Rohrleitungstrasse mit einem Stahlrohrbogen und einem Betonwiderlager (**Bild 7**) bildete einen Zwangspunkt.

Noch nicht vollständig geklärt, jedoch besonders für die beschriebene Vorzugslösung technisch bedeutsam, war die Baugrundsituation. Für eine nicht längskraftschlüssige Rohrleitung sind Widerlager notwendig, welche u. a. höhere bau-

technische Aufwendungen, Grundstücksbedarf und damit Kosten hervorrufen. Der maximale Lasteintrag durch die Rohrleitung war dabei im unverfüllten Zustand während der Druckprobe zu bemessen. Die schlechten bzw. unsicheren Ausgangswerte des vorliegenden Bodengutachtens stellten für Widerlager eine Verschärfung des Baugrundrisikos für den Bauherrn und damit eine unklare Kostenentwicklung dar. Beim Einbau einer vollständig zugfesten Rohrleitung würden wir zwar höhere Rohrliefer- und -montagepreise tragen, jedoch Aufwendungen für Widerlager mit mehreren hundert Kubikmeter Beton vollständig einsparen und weiter bestehende Risiken des Tiefbaus ausschließen. In der komplexen Abwägung aller Komponenten entschieden wir uns für den Einbau einer längskraftschlüssigen Rohrleitung als wirtschaftlichste Lösung für dieses Vorhaben.

Große Beachtung schenken wir auch der technischen Lösung einer nachweisbar sicheren Verdämmung des verbleibenden Ringraumes zwischen Mantelrohr und neuem Medienrohr, am besten in einem technologischen Arbeitsgang. So beträgt dieser Zwischenraum im Bereich einer Gussrohrmuffe DN 800 nur etwa 35 mm. Der einzusetzende Dämmerbaustoff musste also eine hohe Fließfähigkeit bei größtmöglicher Volumenstabilität besitzen.

In der sich anschließenden Vertiefung des Entscheidungsprozesses nahmen neben obligatorischen Kostenschätzungen für unterschiedliche Bauverfahren, Bauabschnitte und Rohrleitungsmaterialien umfassende Marktrecherchen und vor allem Konsultationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen und Fachverbänden einen großen Raum ein. Als besonders hilfreich erwiesen sich der enge Kontakt zur Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR) und die Bewertungen tiefbautechnischer Fragen (Gründungen, Widerlager, Verdämmung des Ringraumes) durch das Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau (FITR) Weimar.

In der **Tabelle 1** sind die wesentlichen Entscheidungsschritte schematisch dargestellt. Wichtig für uns war, mit jeder weiteren Phase das Projekt technisch und wirtschaftlich zu optimieren und somit die Risiken des Bauherrn für Planung, Bau und Betrieb der Fernwasserleitung zu minimieren.

Tabelle 1:
Darstellung der zeitlichen Abfolge der Entscheidungsschritte

Vorplanung	<ul style="list-style-type: none"> – Machbarkeitsstudie – Einengung Bauverfahren – Einengung Rohrwerkstoff
Planungsphase	<ul style="list-style-type: none"> – Kostenschätzungen – Recherchen (Fachforen, Literatur) – Konsultationen (FGR, FITR, VU)
1. Festlegungen Bauherr	<ul style="list-style-type: none"> – Sanierung vollständig grabenlos – Beistellung der Rohre aus Stahl oder GGG – Wettbewerb Rohrmaterial (VOL, beschränkt, Materialentscheidung bleibt offen)
2. Angebote	<ul style="list-style-type: none"> – Auswertung Vergleich Widerlager / zugfeste Leitung – Vergleich Einbaukosten Stahl geschweißt/ GGG zugfeste Verbindung
3. endgültige Festlegung der Technik	<ul style="list-style-type: none"> – Relining durch Einziehen von Rohren GGG DN 800 mit zugfesten Verbindungen – Wettbewerb Bauausführung (VOB, beschränkt, nach öffentlichem Teilnehmerwettbewerb)

3.1 Phase der Vorplanung

Erst mit der Vergabe des Rohrleitungsmaterials haben wir entschieden, die Sanierung durch Einziehen einer (längskraftschlüssigen) Gussrohrleitung durchzuführen. Die Bedingungen für den Wettbewerb zur Bauausführung waren nun eindeutig und die Risiken für den Bauherrn am geringsten.

4 Technische Ausführung

Die technische Ausführungsplanung legte die Einziehlängen, die Lage und Größe der Montage- und Ziehgruben und ganz besonders die Maßnahmen einer permanenten Qualitätssicherung und deren Nachweise fest. Die Rohrleitung sollte in drei Haltungen von 120 m, 270 m und 370 m Länge eingezogen werden.

Eine Einziehlänge von mehr als 300 m wurde in dieser Konstellation (DN 800 GGG, STP 21, Trinkwasser) in Deutschland bisher technisch noch nicht realisiert. Besonders die Vorunter-



Bild 8:
Baugrube



Bild 9:
Schneiden des Spannbetonrohres

suchungen zur Belastbarkeit der Muffenverbindungen, u. a. nach [2], wiesen eine deutliche Sicherheit gegenüber den Werten für die zulässige Zugkraft von etwa 1.400 kN und damit auch eine prognostizierte Systemsicherheit für den Bauherrn aus.

Die Bauarbeiten begannen Anfang Juli 2006 und verliefen die gesamte Zeit unter optimalen äußeren Bedingungen. Die Abstimmungen mit den privaten Eigentümern und Nutzern zur Herstellung der Baugruben (**Bilder 8 und 9**) sowie verkehrsrechtliche Anordnungen für eine stark befahrene Bundesstraße mit drei Baustellenabfahrten waren für die Bauablaufplanung und Logistik des Vorhabens problemlos.

Vor Beginn der Rohrmontage wurden die Einzugsstrecken durch den Bauauftragnehmer nochmals kalibriert bzw. mit der Videokamera befahren. Eine Reinigung des Mantelrohres war nicht erforderlich. Nach Aufbau der Grundoburst-Anlage und Einschieben des Zugstangensystems wurden die einzelnen Rohrstränge in den Montagegruben zusammengefügt und eingezogen (**Bild 12**). Der vom Rohrerhersteller bereitgestellte spezielle Zugkopf (**Bild 10**) und das Zugkraftmesssystem (**Bild 11**) wurden montiert. Jede mit Verriegelungssegmenten (**Bild 13**) gesicherte Muffenverbindung wurde mit einem Blechkonus mechanisch geschützt. Der Rohrstrang wurde dann auf der Sohle des Mantelrohres ohne Gleitkufen eingezogen.

In der **Tabelle 2** sind die wesentlichen Daten der Bauausführung zusammengefasst.

Tabelle 2:
Zusammenstellung der wesentlichen Daten für das Sanierungsprojekt

Medium	Trinkwasser
Mantelrohr	DN 1000 (Spannbeton)
Medienrohr	DN 800
Auslegungsdruck (MDP)	16 bar
Prüfdruck (STP)	21 bar
Baulänge gesamt	760 m
Einziehlängen	120 m, 270 m, 370 m
Rohrmaterial	GGG ZM / ZnBit mit Verbindung BLS® (TYTON®)
Equipment	Tracto-Technik „Grundoburst® 800 G“ mit Zugkraftsicherung (max. Zugkraft 769 kN), Zugkraftmesssystem GRUNDOLOG III (0 ... 1.250 kN), Zugstangen „Quicklock“
Zugkräfte	Zugkraftmessprotokoll: bei 160 m = 137,50 kN (10 % Ausnutzung der zulässigen Zugkraft.)
Baufortschritt	Montagezeit 15–20 min/Rohr
Bauzeit gesamt	Effektiv 7 Wochen
Druckprüfung	DVGW W 400-2, Normalverfahren, 21 bar
Inbetriebnahme	Spülung 5-fach mit Trinkwasser, Probenahmen durch eigenes akkreditiertes Labor, Einbindung in Netz nach Freigabe
Verdämmung	DoroFlow-H® (Dornburger Zement)



Bild 10:
Montage Zugkopf



Bild 11:
Zugkopf mit Zugkraftmesseinrichtung

5 Zusammenfassung und Fazit

Die Erhaltung oder Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Wasserverteilungsanlagen (Rehabilitation) gewinnt auch für unsere Netze, welche zu einem Großteil über vierzig Jahre in Betrieb sind, an Bedeutung.

Für die Planung dieser Maßnahmen ist auch von Belang, ob und wie lange betreffende Leitungsabschnitte außer Betrieb genommen werden können. Vorhandene Verbundsysteme oder Parallelleitungen wirken sich hier positiv aus. Wenn es der technische Zustand der Netze und die Versorgungsbedingungen erlauben, planen wir statisch selbst tragende Inliner.

Das durchgeführte Relining bei Güsten war die erste Sanierungsmaßnahme dieser Art in unserem Unternehmen. Als wesentlichen Faktor für den erfolgreichen Abschluss sehen wir die in unserem Haus sehr hoch bewertete Phase der Vor- und Entwurfsplanung, um vor allem die technische Situation sicher zu erfassen.

Daraus leiteten sich die klaren Vorgaben bzw. Zielstellungen für den Wettbewerb des Rohrleitungsmaterials und der auszuführenden Bauleistungen ab.

Der Einzug einer längskraftschlüssigen Leitung aus duktilen Gussrohren DN 800 verlief in allen Phasen ohne Probleme, sodass dem Verfahren der Stand der Technik bescheinigt werden kann. Dies gilt vor allem für die erstmals ausgeführte



Bild 12:
Montage des nächsten Rohres



Bild 13:
Einschieben der Verriegelungssegmente

Einzugslänge von 370 m. Die Kontrolle und Dokumentation des Einziehvorganges waren lückenlos. Damit kann das Verfahren in das Technische Regelwerk des DVGW aufgenommen werden, was mit der Überarbeitung des Arbeitsblattes GW 320-1, „Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Reliningverfahren mit Ringraum; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung“ geschehen soll.

Literatur

- [1] DVGW-Hinweis W 401, Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserrohrnetzen (09/1997)

- [2] Falter, B. und Strotmann, A.: Beanspruchungen und Verformungen in der TIS-K-Verbindung beim grabenlosen Auswechseln; GUSSROHR-TECHNIK 40 (2006) S. 41

Autor

Dipl.-Ing. Michael Haupt
Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH
Naundorfer Straße 46
D-04860 Torgau
Telefon: +49 (0)34 21/7 57-3 13
E-Mail: michael.haupt@fwv-torgau.de

Bauherr

Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH
Dipl.-Ing. Michael Haupt

Planungsbüro

Baur Consult GbR
Niederlassungen Suhl/Teltow
Dipl.-Ing. Uwe Witschel
Odenstraße 56 a
D-14513 Teltow
Telefon: 49 (0)33 28/31 07 15
E-Mail: uwewitschel@baurconsult.com

Bauunternehmen

J. Pfaffinger Bauunternehmung GmbH
Franz Schaffarczyk
Torgauer Straße 12-15
D-10829 Berlin
Telefon: +49 (0)30/78 89 33 20
E-Mail: berlin@pfaffinger.com

Einbau duktiler Gussrohre mit gesteuerter Horizontalbohrtechnik HDD

Rekordbohrung DN 900 in Valencia

Von Steffen Ertelt, Hermann Lübbers und Pablo Ramón

1 Vorwort

Der grabenlose Einbau duktiler Gussrohre mit der gesteuerten Horizontalbohrtechnik (HDD) hat sich in den letzten Jahren zu einem der meist genutzten geschlossenen Verfahren im Rohrleitungsbau entwickelt. Dank der hervorragenden Werkstoffeigenschaften, der Dichtheit der millionenfach bewährten TYTON®-Verbindung und der einfachen und dennoch sicheren Montage der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung BLS® werden diese Rohre immer häufiger mit der gesteuerten Horizontalbohrtechnik eingebaut.

In Alzira, einem kleinen Städtchen in der Nähe von Valencia, stießen duktile Gussrohre wieder einmal in eine neue Dimension der grabenlosen Bauweise vor. Zum ersten Mal wurde weltweit eine Gussrohrleitung der Nennweite DN 900 mit dem HDD-Verfahren eingebaut!

2 Projektbeschreibung

Zur Wasserversorgung in der Region um La Ribera wurde eine neue Rohrleitung der Nennweite DN 900 erforderlich. Mit einem Teilstück der Leitung waren der Fluss Júcar, die parallel dazu verlaufende Eisenbahnlinie von Valencia nach Alicante sowie ein Fabrikgebäude zu unterqueren. Wegen der Bahnlinie war eine offene Bauweise dieses Leitungsabschnittes ausgeschlossen. Die Neulegung über eine nahegelegene Brücke kam aus statischen Gründen ebenfalls nicht in Frage.

Die spanischen Auftraggeber entschieden sich somit für den Bau eines Dükers mit dem HDD-Verfahren. Als Rohrmaterial wurden Rohre aus duktilem Gusseisen vorgegeben.

Die Ausschreibung für Bohrung und Einzug gewann das Unternehmen Nacap B.V., 9761 – TK Eelde; Construtec Canalizaciones S.L., Bilbao, wurde mit Lieferung und Einbau der Rohre beauftragt.

3 Verfahrensbeschreibung

Das gesteuerte Horizontalspülbohrverfahren unterteilt sich in der Regel in die drei Arbeitsschritte:

- Pilotbohrung
- Aufweitbohrung(en) und
- Rohreinzug.

Für die Pilotbohrung wird der Bohrkopf von einem Bohrgerät entlang eines vorgegebenen Bohrprofils vorangetrieben. Zu Beginn der Pilotbohrung wird der erste Teil des Bohrstranges – bestehend aus Bohrmeißel, Knick-Stück (Bent Sub) und nicht magnetischen Bohrstangen – von der Bohranlage in dem vorher festgelegten Eintrittswinkel ins Erdreich gedrückt. Dabei wird die i. A. aus einer Wasser-Bentonit-Suspension bestehende Bohrspülung durch das Gestänge zu den Meißeldüsen gepumpt und tritt dort unter hohem Druck aus. Der damit gelöste Boden wird von der durch den Ringraum zurückfließenden Bohrspülung nach Übertage transportiert.

Der Bohrstrang wird über eine ständige Änderung der Arbeitsrichtung des Meißels, hervorgerufen durch gezielte Drehungen des Bohrgestänges um kleine Beträge, gesteuert. Eine Messsonde im Bohrkopf ermöglicht seine permanente Ortung.

Nachdem die gesteuerte Pilotbohrung am Zielpunkt wieder zutage getreten ist, werden Bohrmeißel und Messsonde entfernt und ein Räum



Bild 1:
Das Bohrgerät
erreicht Alzira

vorgebaut. Hierbei handelt es sich um ein Bohrwerkzeug zum Aufweiten des Bohrkanals auf einen größeren Durchmesser. Je nach der vorgefundenen Bodenformation werden hierzu Barrel-Reamer, Fly-Cutter oder Hole-Opener eingesetzt.

Das Räumwerkzeug wird in der Regel drehend und spülend von der Austrittsseite der Bohrung zur Bohranlage zurückgezogen. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis das Bohrloch den vorgesehenen Enddurchmesser erreicht hat.

Beim letzten Arbeitsschritt wird die vorbereitete Rohrleitung in das fertig aufgeweitete Bohrloch eingezogen. Zum Einziehen des Rohrstrangs wird der Räumrer in Rotation versetzt und spülend zur Bohranlage zurückgezogen. Durch die Verbindung über ein Drehgelenk wird nur die Zugkraft auf die Rohrleitung übertragen, nicht jedoch das Drehmoment. Dadurch folgt die Rohrleitung dem Räumrer praktisch ohne Drehbewegung durch das Bohrloch bis zur Eintrittsgrube vor dem Bohrgerät.

4 Bohrspezifische Daten des Projektes

Gebohrt wurde mit einem Maxi-Rig (**Bild 1**), welches eine Rückzugskraft von 2.500 kN zur Verfügung stellen kann. Bei der Pilotierung kam ein 9½“ „Milled Tooth“-Bohrmeißel zum Einsatz. Die Bohrspülmengenge betrug etwa 600 l/min. Insgesamt wurden 49 Bohrstangen abgebohrt, was einer Bohrlänge von ungefähr 456 m entspricht. Der Bohrkanal hatte einen Bohrradius von 600 m.

Der Bohrkanal wurde mit drei Räumvorgängen aufgeweitet. Der erste Räumgang wurde mit einem 32“ Flycutter durchgeführt. Die Spülmengenge betrug im Mittel etwa 1.500 l/min.

Der Räumvorgang konnte ohne technische Probleme mit einem Drehmoment von ungefähr 4 kNm und einer Rückzugskraft von 80 kN beendet werden.

Im zweiten Schritt wurde auf einen Durchmesser von 46“ aufgeweitet. Zur Stabilisierung und Zentrierung des Fly-Cutters wurde diesem ein 28“-Barrel-Reamer vorgeschaltet (**Bild 2**). Das Drehmoment wurde mit ungefähr 7,5 kNm gemessen.

Der Enddurchmesser der Bohrung betrug 54“ bzw. 1,37 m. Das Räumwerkzeug wurde mit einem Drehmoment von etwa 10 kNm beaufschlagt und mit einer Zugkraft von etwa 120 kN durch das Bohrloch gezogen.



Bild 2:
Fly-Cutter mit vorgeschaltetem Zentrierbarrel

5 Eingesetztes Rohr, Rohrverbindung und Rohraußenschutz

In der gesteuerten Horizontalbohrtechnik haben sich Rohre aus duktilem Gusseisen mit längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen bereits in vielen Projekten hervorragend bewährt. Im vorliegenden Projekt wurden duktile Gussrohre der Nennweite DN 900 mit der längskraftschlüssigen BLS®-Steckmuffen-Verbindung (**Bild 3**) und Zementmörtel-Umhüllung nach DIN EN 15542 [1] eingesetzt.

Bei der BLS®-Steckmuffen-Verbindung übernimmt eine an der Rohrmuffe angegossene Schubsicherungskammer die Sicherung der Verriegelungssegmente. An diesen Verriegelungssegmenten stützt sich anschließend die werksseitig auf das Einsteckende aufgebrachte Schweißbraupe ab (**Bild 4**). Dadurch können mit den aus duktilem Gusseisen bestehenden Verriegelungssegmenten sehr hohe Kräfte übertragen werden, die für die BLS®-Verbindung DN 900 bis zu 1845 kN beträgt [2]. Durch die Abwinkelbarkeit der Muffenverbindungen DN 900 bis zu $1,5^\circ$ ist ein minimaler Kurvenradius von 230 m möglich.

Um die extrem hohen Sicherheitsanforderungen bei dem weltweit erstmaligen HDD-Projekt mit Rohren aus duktilem Gusseisen dieser Nennweite zu erfüllen, wurden die BLS®-Verriegelungssegmente zusätzlich mit Fixierungsschellen gesichert (**Bild 5**). Diese Fixierungsschellen stellen eine feste Anlage der Verriegelungssegmente an den Einsteckenden während des Rohreinzugs sicher.

Der Rohraußenschutz Zink-Überzug mit kunststoffmodifizierter Zementmörtel-Umhüllung nach DIN EN 15542 hat sich bei äußeren mechanischen Belastungen, wie sie vor allem beim grabenlosen Einbau in nicht vorhersehbarer Größenordnung auftreten können, bestens bewährt. Durch die beigemischten Fasern im Zementmörtel und die PE-Netzbandage (**Bild 6**) ist die Zementmörtel-Umhüllung extrem widerstandsfähig gegenüber mechanischen Beanspruchungen. Dieser Rohraußenschutz kann in Böden jeder beliebigen Aggressivität eingesetzt werden [3].

Als Muffenverbindungsschutz diente ein PE-Schrumpfmateriale. Dieser Verbindungsschutz wurde durch einen aufgeschobenen Blechkegel zusätzlich vor mechanischen Beschädigungen geschützt (**Bild 7**).

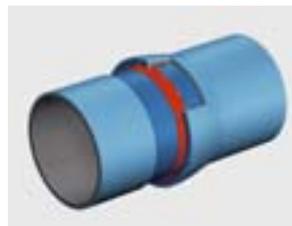


Bild 3:
BLS®-Steckmuffen-Verbindung

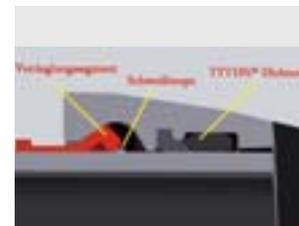


Bild 4:
Verriegelte BLS®-Steckmuffen-Verbindung



Bild 5:
Fixierungsschelle für Verriegelungssegmente



Bild 7:
Schrumpfmuffe mit Blechkegel



Bild 6:
Zementmörtel-Umhüllung

6 Rohreinzug

Gemäß den Ausführungsplanungen der Nacap B.V. sollte der Rohrstrang „schwimmend“ eingezogen werden. Diese Vorgehensweise reduziert die Reibungskräfte, die den größten Teil der erforderlichen Rohreinzugskräfte ausmachen, erheblich. Zu diesem Zweck wurde vor der Montage des gesamten Rohrstranges ein Rohrgraben (**Bild 8**) ausgehoben, in dem die einzelnen Rohre zusammengebaut wurden (**Bild 9**).



Bild 8:
Rohrgraben



Bild 9:
Einbau der Rohre

Unter der fachlichen Aufsicht des Rohrlieferanten wurde der Rohrstrang montiert und einer abschließenden Druckprobe (**Bild 10**) unterzogen. Die Druckprüfung mit einem Druck von 21 bar wurde ohne Beanstandung der zuständigen Abnahmebehörde durchgeführt und abgenommen.

Über die Rückführungsleitung der Bohrspülung wurde der Rohrgraben anschließend mit Bohrsuspension geflutet. Ein Volumen von etwa 1.600 m³ musste aufgefüllt werden, bevor der Rohrstrang die endgültige Schwimmlage erreichte (**Bild 11**).

Parallel zu den Füllarbeiten wurde noch ein „Cleaningrun“ mit einem 44“ Barrel-Reamer durchgeführt (**Bild 12**). Dieser Arbeitsschritt kontrolliert letztmalig den freien Durchgang des Bohrkanals und bringt im Bohrkanal noch verbliebene Restmengen an Feststoffen nach Übertage.

Nach Ankoppeln der Einzugs garnitur (**Bild 13**) an den Zugkopf wurde am 14. März 2007 um 18.33 Uhr mit dem Rohreinzug begonnen (**Bild 14**). Um 21.00 Uhr erreichte das Rohr die Startgrube vor dem Bohrrig.

Die Rohreinzugs kraft (**Bild 15**) wurde mit maximal 750 kN gemessen und betrug somit nur etwa das 0,4-fache der Gewichtskraft (1.830 kN) des eingezogenen Rohrstranges. Die gute Abstimmung zwischen Auftraggeber, Rohrlieferant und Bohrunternehmen führte zum erfolgreichen Abschluss dieser nicht alltäglichen Horizontalbohrung.

7 Zusammenfassung

Erstmalig gelang der Nachweis, dass duktile Gussrohre mit längskraftschlüssigen BLS®-Steckmuffen-Verbindungen DN 900 mit dem HDD-Verfahren grabenlos eingebaut werden können. Das Verfahren ist zu anderen Einbaumethoden eine wirtschaftlich interessante Alternative.



Bild 10 links:
Druckprüfung



Bild 11:
Gefluteter Rohrgraben



Bild 12:
Barrel-Reamer



Bild 13:
Einzugsgarnitur



Bild 14:
Beginn des Einzugs

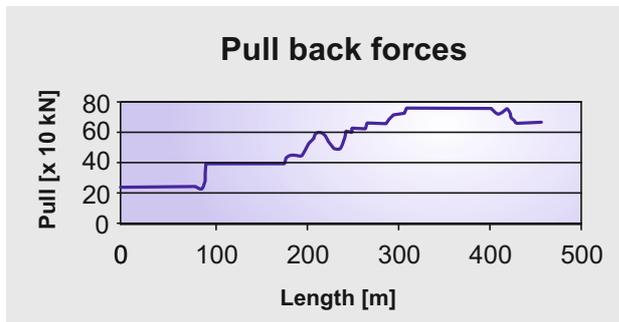


Bild 15:
Rohreinzugskräfte

Dipl.-Ing. / EWE Hermann Lübbers
Nacap B.V., TK Eelde, Niederlande
Machlaan 5
NL-9761 TK Eelde
Telefon: +31 (0)50/5 99 12 00
E-Mail: h.luebbers@nacap.nl

Pablo Ramón
Dpto. Comercial, Construtec
Canalizaciones S.L., Bilbao, Spanien
Jose Ma Olabbarri, 6 Plta 2a – Of.9
E-48001 Bilbao
Telefon: +34 (0)94/6 61-26 40
E-Mail: pramon@construtec.es

Literatur

- [1] DIN EN 15542, Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtel-Umhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren
- [2] DVGW-Arbeitsblatt GW 321 „Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung“ (10/2003)
- [3] DIN EN 545, Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und Ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 545, 2006

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Ertelt
Buderus Giesserei Wetzlar GmbH
Sophienstraße 52-54
D-35573 Wetzlar
Telefon: +49 (0)64 41/49-12 67
E-Mail: steffen.ertelt@guss.buderus.de

Bauherr

Conselleria De Infraestructuras Y Transportes
José Vicente Agusti
Avda. Blasco Ibañez 50
Edif. Seccion De Obras II
E-46010 Valencia
Telefon: +34 (0)96/3 86 60 00
E-Mail: agusti_jos@gva.es

Planungsbüro und Bauunternehmen

UTE Ribera (Dragados + Ocide)
Jose Raul Tornero
Plaza Legion Española 12
E-46010 Valencia
Telefon: +34 (0)6 52 90 25 20 (mobil)
E-Mail: jotorn@hotmail.com

Impressum

Bildnachweis

Die Bilder im Text stammen von den Autoren.

Layout und Gesamtherstellung

Schneider Media GmbH, Erfurt

Herausgeber und Copyright:

Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e. V.
Wittestraße 30 K
13509 Berlin
Telefon: +49 (0)30/43 57 24 13
Telefax: +49 (0)30/43 57 24 00
E-Mail: r.moisa@fgr-gussrohrtechnik.de

Neue Adresse der Geschäftsstelle der Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e.V. ab dem 1. April 2008

Im Leuschnerpark 4
64347 Griesheim
Telefon: +49 (0)61 55/60 52 25
Telefax: +49 (0)61 55/60 52 26
E-Mail: r.moisa@fgr-gussrohrtechnik.de

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt.
Belegexemplar erbeten.

Redaktionsschluss:
18. Januar 2008

www.fgr-gussrohrtechnik.de



www.fgr-gussrohrtechnik.de

