

# GUSS-ROHRSYSTEME

Information of the European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®



Nachhaltig überlegen –  
duktile Guss-Rohrsysteme.

# 46



- 4            **Brief des Herausgebers/Letter from the editor**
- 5            **Schnellübersicht/Abstracts**
- Moderner Werkstoff mit Tradition**
- 10           **Duktile Guss-Rohrsysteme:  
Nachhaltig überlegen**  
*Von Ulrich Päßler*
- Abwasserdüker DN 500**
- 15           **Duktile Gussrohre stehen für eine dauerhaft  
sichere Unterquerung des Mains**  
*Von Stephan Hobohm und Heinz-Jörg Weimer*
- Reinabwasser-Leitung DN 700**
- 21           **Auf Pfählen gegründete Reinabwasser-Leitung  
aus duktilen Gussrohren im Grundwasser**  
*Von Roger Saner*
- Neubau - Kanal DN 800 mit Pfahlgründung**
- 26           **Gemeinde Kutzenhausen – Neuverrohrung Schüttgraben,  
Kanal DN 800 mit Pfahlgründung**  
*Von Simon Hähnlein und Manfred Schmied*
- Sanierung mit Absperrklappen DN 200 und DN 250**
- 30           **Einbau von Absperrklappen in Anlagenteilen  
des Wasserwerks Bad Zwischenahn**  
*Von Tim Hobbiebrunken*
- Gummidichtungen für duktile Guss-Rohrsysteme**
- 32           **Was gab es zuerst – Rohr oder Dichtung?**  
*Von Felice Pavan*
- Die neue EN 545 – Auswirkungen auf die Planungspraxis**
- 35           **Auswirkungen der neuen EN 545 auf die Planungspraxis  
für Trinkwasserleitungen aus duktilem Gusseisen**  
*Von Jürgen Rammelsberg*
- Neubau von Wasserleitungen DN 100, DN 150 und DN 200**
- 40           **Neuordnung der Wasserversorgung Wertheim –  
Zuleitung zum Ortsteil Eichel/Hofgarten**  
*Von Erich Amrehn und Frieda Elenberger*

- 44 **Druckleitung DN 200, PFA 40, für ein Trinkwasserkraftwerk**  
**Stromgewinnung mit Wasserkraft –**  
**ein wichtiger Beitrag zum Ausstieg aus der Atomenergie**  
*Von Andreas Schütz*
- 47 **Dükerleitung DN 400**  
**Traun-Düker bei Linz**  
**Leistungsfähigkeit duktiler Guss-Rohrsysteme**  
*Von Ingo Krieg*
- 50 **Fernwasserleitung DN 500**  
**Zweckverband Gruppenwasserwerk Dieburg –**  
**Fernwasserleitung Süd von Hergershausen nach Groß-Zimmern**  
*Von Heinz-Jörg Weimer*
- 53 **Press-/Zieh-Verfahren DN 500**  
**Weltneuheit auf der WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 –**  
**Press-/Zieh-Verfahren mit Bodenentnahme**  
*Von Stephan Hobohm und Franz Schaffarczyk*
- 61 **Horizontales Spülbohrverfahren DN 700**  
**Größtes Spülbohrprojekt in Deutschland**  
**mit duktilen Gussrohren DN 700**  
*Von Lutz Rau*
- 67 **Triebwasserleitung DN 500**  
**Einzug einer Triebwasserleitung DN 500 quer durch einen Berg**  
*Von Andreas Moser*
- 71 **Beschneigungssysteme DN 80 bis DN 250**  
**Der Liftverbund Feldberg wird schneesicher**  
*Von Stefan Wirbser, Christian Weiler und Alexander Bauer*
- 75 **Duktile Gussrammpfähle**  
**25 Jahre duktile Gussrammpfähle**  
*Von Jérôme Coulon und Erich Steinlechner*
- 81 **Impressum**
- 82 **Logos der FGR® / EADIPS® –**  
**Mitglieder**
- 83 **In eigener Sache**



Liebe Leserinnen und Leser,

die Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e.V./ European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS® hat auf der internationalen Fachmesse WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 in Verbindung mit den ausstellenden Mitgliedsunternehmen die Fachöffentlichkeit darüber informiert, was duktile Guss-Rohrsysteme in den verschiedenen Anwendungsbereichen der Wasserwirtschaft zu leisten vermögen.

Hierzu zählen neben der klassischen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung auch jüngere Anwendungen bei Hochdrucksystemen, wie z. B. Fernwasserleitungen, Triebwasserleitungen und Leitungen für Beschneidungsanlagen. Nennenswerte Fortschritte bei den geschlossenen Bauweisen mit duktilen Guss-Rohrsystemen haben ihre öffentliche Anerkennung durch die Verleihung des GSTT-Awards 2011 erhalten. Zu nennen ist das Press-/Zieh-Verfahren mit Bodenentnahme (2. Platz) und eine HDD-Baumaßnahme in Berlin (3. Platz); lesen Sie hierzu die Beiträge in diesem Heft.

Alle durchgeführten Baumaßnahmen sind unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit zu sehen. Ich berichtete Ihnen zu diesem Thema bereits im Heft 45.



Mit dieser Aussage bekräftigt die FGR®/EADIPS® ihren Anspruch, dass duktile Guss-Rohrsysteme im Sinne der Nachhaltigkeit ökonomisch, ökologisch und technisch überlegen sind. Die Fachbeiträge dieser Ausgabe untermauern diesen Anspruch.

Viel Freude beim Lesen im neuen Heft 46 **GUSS-ROHRSYSTEME** wünscht Ihnen Ihr

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Raimund Moisa'.

Raimund Moisa



Dear readers,

at the WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 international trade fair, the Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e.V./ European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS® and its member companies who were exhibiting at the fair, briefed the professionals attending about what ductile iron pipe systems are capable of doing for them in the various applications the systems have in the water industry.

These include not only the traditional fields of water supply and sewage disposal, but also more recent applications to high-pressure systems such as trunk mains for water, penstock pipelines and pipelines for snow-making systems. Some notable advances in trenchless installation using ductile iron pipe systems were given public recognition by the conferring of the German Society for Trenchless Technology's GSTT Award 2011. Prize-winners included the press-pull technique with soil removal (2<sup>nd</sup> prize) and an HDD installation operation in Berlin (3<sup>rd</sup> prize); you can find articles on these in this issue of the Journal.

Sustainability is one aspect of all the installation operations carried out. I have already reported on this subject in issue 45.

In making this assertion, the FGR®/EADIPS® substantiates its claim that, from the point of view of sustainability, ductile iron pipe systems are economically, environmentally and technically superior. The technical articles in this issue will confirm this claim.

I hope you will find plenty to enjoy in the new 46<sup>th</sup> issue of **DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS**.

Yours sincerely,  
Raimund Moisa

### **Duktile Guss-Rohrsysteme: Nachhaltig überlegen**

*Ulrich Päßler ..... 10*

Bei Investitionen in die Versorgungsinfrastruktur wiegt die technische Nutzungsdauer der installierten Güter besonders schwer. Kein anderer Rohrwerkstoff kann es in dieser Hinsicht mit dem Gusseisen aufnehmen, weil es schon mehrere Jahrhunderte in der Trinkwasserversorgung eingesetzt wird. Die Nachhaltigkeit duktiler Guss-Rohrsysteme in ökologischer und ökonomischer Hinsicht wird dargestellt, dazu kommt ihr zunehmender Einsatz in grabenlosen Einbauverfahren und in Hochdruckanwendungen.

### **Duktile Gussrohre stehen für eine dauerhaft sichere Unterquerung des Mains**

*Stephan Hobohm und Heinz-Jörg Weimer ..... 15*

Das Abwasser von 1 Mio. Menschen in der Metropole Frankfurt a. Main wird in zwei Kläranlagen behandelt. Wegen der Topografie sorgen auch Druckleitungen für den Abwassertransport. Eine den Main kreuzende Druckleitung benötigt zur Erhöhung der Betriebssicherheit eine Parallel-Leitung. Planung, Materialwahl und Bau des erforderlichen Mäindükers mit duktilen Gussrohren in offener Bauweise werden beschrieben: ein Lehrstück für gründliches Planen als Voraussetzung für ein gelungenes Bauwerk.

### **Auf Pfählen gegründete Reinabwasser-Leitung aus duktilen Gussrohren im Grundwasser**

*Roger Saner ..... 21*

Kaum tragfähiger, dafür stark aggressiver Baugrund, Leitungszone unterhalb des Grundwasserspiegels, Topografie mit extrem geringen Gefälle – unter diesen Umständen kann man eigentlich kaum eine dauerhaft funktionierende drucklose Abwasserleitung bauen. Mit duktilen Gussrohren von Rollgeoecopur geht das aber doch! Sie mussten auf Pfählen gegründet werden, damit das ohnehin geringe Gefälle von < 3‰ nicht durch Setzungen gefährdet wird.

### **Ductile cast iron pipe systems: sustainably superior**

*Ulrich Päßler ..... 10*

A particularly important consideration for capital investments in supply infrastructure is the technical operating life of the items installed. No pipe material is a match for cast iron in this respect, because it has already been used in the supply of drinking water for several centuries. The sustainability of ductile cast iron pipe systems from the environmental and economic points of view is demonstrated; additionally it's increasing use in trenchless installation techniques and in high-pressure applications is considered.

### **Ductile iron pipes across the river Main guarantee safety and security in the long term**

*Stephan Hobohm and Heinz-Jörg Weimer ..... 15*

The sewage from a million people in the city of Frankfurt am Main is treated in two treatment plants. Because of the topography, pressure pipelines have to be used to transport the sewage. For increased reliability of operation, a pressure pipeline crossing the river Main needed another pipeline in parallel. The planning and selection of the material for the installation of the culvert pipeline required under the river Main, using ductile iron pipes installed in an open trench is described as: a good lesson in thorough planning as a prerequisite for a successful installation.

### **Pile foundations for a pipeline of ductile iron pipes carrying uncontaminated wastewater below the water table**

*Roger Saner ..... 21*

Ground with hardly any bearing capacity yet still highly corrosive, a pipeline zone below the water table, and topography giving only a very slight gradient – hardly the conditions under which you would expect to install a non-pressurised wastewater pipeline able to operate successfully in the long term. Yet it has been done with vonRollgeoecopur ductile iron pipes! They had to have pile foundations so that the gradient, slight anyway at < 3‰, would not be jeopardised by settlement.

**Gemeinde Kutzenhausen –  
Neuverrohrung Schüttgraben, Kanal DN 800  
mit Pfahlgründung**

*Simon Hähnlein und Manfred Schmied ..... 26*

Manchmal konzentrieren sich in einer relativ kleinen Maßnahme mehrere schwierige Einzelprobleme, wie z. B. bei der Sanierung einer maroden Bachverrohrung in einem Untergrund ohne ausreichende Tragfähigkeit unter einer vom Schwerlastverkehr belasteten Straße. Nach einer Baugrunderkundung konnte eine Trassenvariante festgelegt werden, und danach stand die technische Lösung fest: Die neue Bachverrohrung aus duktilen Gussrohren DN 800 wurde auf duktilen Rammpfählen gegründet.

**Einbau von Absperrklappen in Anlagenteilen  
des Wasserwerks Bad Zwischenahn**

*Tim Hobbiebrunken ..... 30*

Weniger spektakulär als die Rohre, aber umso wichtiger ihr zuverlässiges Funktionieren – Absperrklappen, oft im Verborgenen. Dazu die wechselhafte Geschichte eines Wasserwerks, das mit der Trinkwasserversorgung eines Militärflugplatzes des 3. Reiches begann. Heute ist es die wesentliche Ressource im heute so friedlich prosperierenden Kurbad Bad Zwischenahn. Absperrklappen aus duktilem Gusseisen sind Garanten für eine sichere Trinkwasserversorgung.

**Was gab es zuerst – Rohr oder Dichtung?**

*Felice Pavan ..... 32*

Die erstaunliche Entwicklung von so unterschiedlichen Werkstoffen wie Eisen und Gummi – bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen verläuft sie zeitweise parallel. Rohrleitungen für Trinkwasser und Abwasser bilden eben die Voraussetzung für den Aufbau einer Infrastruktur, wie sie von einem wirtschaftlich blühenden Gemeinwesen benötigt wird.

**Auswirkungen der neuen EN 545 auf die  
Planungspraxis für Trinkwasserleitungen  
aus duktilem Gusseisen**

*Jürgen Rammelsberg ..... 35*

Nach der Einführung der Druck-Klassen für längskraftfreie Rohre enthält die neue Produktnorm für Trinkwasserrohre aus duktilem Gusseisen EN 545:2010 noch keine praktikable Lösung für die Behandlung und Kennzeichnung des Rohrsystems mit längskraftschlüssigen Verbindungen. Bei derartigen Verbindungen ist der

**The municipality of Kutzenhausen –  
New pipes for ducting the Schüttgraben,  
a DN 800 pipeline on pile foundations**

*Simon Hähnlein and Manfred Schmied ..... 26*

Sometimes in a relatively small operation a number of individual and difficult problems may arise simultaneously, for example: when a stream is ducted into pipes which are dilapidated and have to be replaced; in ground with inadequate bearing capacity, below a road carrying heavy goods traffic. After a survey of the ground, it was possible to make a decision on an alternative route and that in turn provided the technical solution: the new pipeline of DN 800 ductile iron pipes for ducting the stream was given foundations formed by driven ductile iron piles.

**Installation of butterfly valves in plant  
equipment at the Bad Zwischenahn waterworks**

*Tim Hobbiebrunken ..... 30*

Butterfly valves, may be less spectacular than the pipes and are often not seen, but that is why it is all the more important for them to operate reliably. The waterworks has had a varied history, which began when it supplied drinking water to a military airfield during the Third Reich. Today it is a vital resource in what is now the peaceful and prosperous spa town of Bad Zwischenahn. Ductile iron butterfly valves are the guarantee for a safe and secure supply of drinking water.

**Which came first – the pipe or the seal?**

*Felice Pavan ..... 32*

It is amazing how materials as different as iron and rubber have developed; in the case of ductile iron pipelines the development has sometimes gone on in parallel. This is because pipelines for drinking water and sewage are important infrastructures, which all communities with flourishing economies need.

**The impact of the new EN 545 on  
practical planning and design  
for ductile iron drinking water pipelines**

*Jürgen Rammelsberg ..... 35*

Having introduced pressure classes for pipes not subject to longitudinal forces, EN 545:2010, the new product standard for ductile iron drinking water pipes, still does not contain a practical solution for dealing with and marking the pipe system which has joints restrained against longitudinal forces. With such joints,

zulässige Bauteilbetriebsdruck meist deutlich geringer als der Druck, den die Druck-Klasse benennt. Die FGR®/EADIPS® wird in Kürze mit einer eigenen Verbandsnorm eine praktikable Behandlung und unmissverständliche Kennzeichnung vorschlagen, um die Zeit bis zur Überarbeitung der EN 545 zu überbrücken.

**Neuordnung der Wasserversorgung  
Wertheim – Zuleitung zum Ortsteil  
Eichel/Hofgarten**

*Erich Amrehn und Frieda Elenberger .....40*

Manchmal geben Änderungen amtlicher Vorschriften den Anlass, ein bestehendes Versorgungsnetz neu zu ordnen und qualitativ besseres Wasser zu günstigeren Kosten zu verteilen. So auch in Wertheim, wo unter schwierigen Randbedingungen sogar eine weitere Druckzone hinzukam. Die Materialwahl war beispielhaft: In felsigem Boden bieten robuste Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen die besten Voraussetzungen für eine langlebige Investition.

**Stromgewinnung mit Wasserkraft –  
ein wichtiger Beitrag zum Ausstieg  
aus der Atomenergie**

*Andreas Schütz .....44*

Bergige Regionen in der Schweiz sind häufig mit beträchtlichen Höhenunterschieden zwischen der Quelfassung und dem kommunalen Trinkwasserbehälter gesegnet. In sogenannten Trinkwasserkraftwerken lassen sich zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen: Die örtliche Wasserversorgung wird mit einer örtlichen Erzeugung von Ökostrom kombiniert. Mit garantierten Einspeisevergütungen amortisiert sich die Installation der Anlage schnell. Duktile Gussrohre mit zugfester Steckmuffen-Verbindung sind den hohen Betriebsdrücken gewachsen, sie lassen sich auch im schwierigen Gelände leicht einbauen und trotzen mit ihrem robusten Werkstoff allen äußeren Belastungen.

**Traun-Düker bei Linz  
Leistungsfähigkeit duktiler Guss-Rohrsysteme**

*Ingo Krieg .....47*

Duktile Gussrohre als Problemlöser – so werden sie oft gesehen, weil sie in spektakulären Spezialfällen von sich reden machen. Dabei werden oft die vielen Kilometer Guss-Rohrleitungen vergessen, die bei einem Butter-und Brot-Geschäft unbeachtet in die Erde kommen und dort über Jahrzehnte unauffällig ihren Dienst verrichten. Aber die am Bau Beteiligten

the allowable operating pressure is generally appreciably lower than the pressure given by the pressure class. In an association standard of its own, the FGR®/EADIPS® will shortly be proposing a practicable procedure for dealing with and an unmistakable marking for these pipes, to cover the period until EN 545 is revised.

**Re-organization of the Wertheim  
water supply system – Feeder pipeline  
to the Eichel/Hofgarten district**

*Erich Amrehn and Frieda Elenberger .....40*

Changes to official rules and regulations are sometimes the reason for an existing supply network being re-organized and for new and better quality water being distributed at a lower cost. This is what happened in Wertheim where, although the constraints were difficult, a further pressure zone was even added. The selection of the material was exemplary: in rocky ground, rugged ductile iron pipes and fittings are the ideal prerequisites for a viable long-term investment.

**Generating electricity by water power –  
An important contribution to the phasing out  
of nuclear energy**

*Andreas Schütz .....44*

Mountainous regions in Switzerland are often blessed by considerable differences in height between intake structures at springs and the drinking water reservoir serving a local community. What are referred to as drinking water power stations can kill two birds with one stone, the local water supply is combined with the local generation of green electricity. With guaranteed feed-in tariffs, the installation of the station soon pays for itself. Ductile iron pipes with restrained push-in joints are equal to the high operating pressures, are easy to install even in difficult terrain, and their robust material will withstand any external loads.

**Culvert pipelines under the river Traun near Linz  
High performance by ductile iron pipe systems**

*Ingo Krieg .....47*

Ductile iron pipes as problem solvers – that is how they are often seen, because they become a talking point in spectacular special cases. Often forgotten though are the many kilometres of ductile iron pipeline which go into the ground unnoticed under “bread and butter” contracts and quietly do their duty there for decades. But the real source of pride to those involved in the

sind natürlich vor allem stolz auf erfolgreich bewältigte Probleme, so wie hier an der Traun mit gleich mehreren Arten von Flussquerungen – ein Lehrbeispiel für die Universalität duktiler Guss-Rohrsysteme.

**Zweckverband Gruppenwasserwerk Dieburg – Fernwasserleitung Süd von Hergershausen nach Groß-Zimmern**

*Heinz-Jörg Weimer ..... 50*

Oft fehlt für ein technisch anspruchsvolles Problem die optimal passende Lösung. Man stellt es zurück, das Problem wird drängender. Kleinräumige und komplizierte Trassenführungen, in denen andere Baulastträger mitzusprechen haben, können dabei besonders kritisch werden. Mit duktilen Gussrohren lassen sich fast alle praktischen Leitungsprobleme lösen – einfach, preiswert und dauerhaft. Ein typischer Projektbericht, der für zahlreiche ähnliche Fälle steht.

**Weltneuheit auf der WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 – Press-/Zieh-Verfahren mit Bodenentnahme**

*Stephan Hobohm und Franz Schaffarczyk ..... 53*

Wie so oft ist Berlin das Pflaster für Innovationen beim Rohrleitungsbau. Das seit langem bewährte grabenlose Rohrauswechslungsverfahren musste modifiziert werden, weil das Aufweitmaß der neuen Druckleitung bei der gegebenen Überdeckung die sonst übliche Bodenverdrängung nicht mehr zuließ.

So wurde das Press-/Zieh-Verfahren um eine Bodenentnahme erweitert, womit Aufwerfungen an der Geländeoberfläche sicher vermieden werden konnten. Das neue Verfahren feierte seine Premiere auf dem Baustellentag bei der Messe WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011.

Am 07.12.2011 wurde dieses Projekt mit dem 2. Preis des GSTT-Awards 2011 ausgezeichnet.

**Größtes Spülbohrprojekt in Deutschland mit duktilen Gussrohren DN 700**

*Lutz Rau ..... 61*

Ein neuer Rekord in Deutschland: Eine 490 m lange Rohwasserleitung DN 700 wurde in einem schwer zugänglichen Uferstreifen an der Havel mit dem HDD-Verfahren eingebaut.

Auf einer eingehausten Montagerampe wurden die 82 Rohre mit BLS® - Steckmuffen-Verbindung innerhalb von 34 Stunden montiert und eingezogen.

installation is of course problems successfully overcome, as here on the Traun where there were several types of river crossing – an instructive example of the universality of ductile iron pipe systems.

**Zweckverband Gruppenwasserwerk Dieburg supply utility – Southern trunk water main from Hergershausen to Groß-Zimmern**

*Heinz-Jörg Weimer ..... 50*

Often there is not an easy solution for a technically demanding problem. Things are deferred and the problem becomes more urgent. Restricted and complicated routes for pipelines in which other construction and installation companies and agencies have a say, may be particularly critical in this case. Almost all the practical problems arising with pipelines can be solved with ductile iron pipes – easily, inexpensively and for the long term. Here is a project report which is typical of many similar cases.

**World premiere at WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 – The press-pull technique with soil removal**

*Stephan Hobohm and Franz Schaffarczyk ..... 53*

As so often in the past, Berlin has been the scene of an innovation in pipeline installation. The press-pull technique, a tried and trusted trenchless pipeline replacement technique, had to be modified because the soil displacement needed for the upsizing required for the new pressure pipeline was impossible with the given height of cover. The press-pull technique was therefore expanded to include soil removal, a reliable way of preventing a hump from being formed above the pipeline on the surface of the ground. The new technique made its debut on the Construction Site Day which formed part of the WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 fair. On 07.12.2011, this project was awarded 2<sup>nd</sup> prize under the GSTT Award 2011.

**Germany's biggest HDD project, using DN 700 ductile iron pipes**

*Lutz Rau ..... 61*

A new record in Germany: on a strip of land on the banks of the river Havel where access was difficult, a 490 m long DN 700 pipeline for raw water has been installed using the horizontal direction drilling technique.

The 82 pipes with BLS® push-in joints were assembled and pulled in, on an enclosed assembly ramp, in 34 hours.

Obwohl ein heftiger Wintereinbruch mit Hochwasser die Arbeiten zwei Monate unterbrach, konnte das Projekt in der vorgesehenen Zeit fertiggestellt werden.

Das Projekt wurde mit dem 3. Preis des GSTT-Awards 2011 ausgezeichnet.

### **Einzug einer Triebwasserleitung DN 500 quer durch einen Berg**

*Andreas Moser* ..... 67

Die Förderung erneuerbarer Energien durch feste Einspeisevergütungen bewirkt häufig, dass manches bestehende Kleinwasserkraftwerk auf Steigerungsmöglichkeiten seiner Kapazität untersucht wird. So auch das erst neun Jahre alte „E-Werk Tasser“ in Südtirol, dessen Leistung durch Verlängerung der bestehenden Triebwasserleitung um 1.225 m und einer damit verbundenen Drucksteigerung von 15 bar auf 28 bar um 60 % gesteigert werden konnte. Der extrem schwierige Bau dieser Verlängerung mit 174 m Felsbohrung machte die Materialwahl für die Triebwasserleitung einfach: Duktile Guss-Rohrsysteme sind jeder Herausforderung gewachsen.

### **Der Liftverbund Feldberg wird schneesicher**

*Stefan Wirbser, Christian Weiler und Alexander Bauer* ..... 71

Duktile Gussrohre für Beschneiungsanlagen – diese Anwendung zeigt erfreuliche Zuwächse. Die äußeren Randbedingungen, Steilstrecken, schwierige Böden, schwer zugängliche Leitungstrassen, hohe Betriebsdrücke, diese Herausforderungen sind für duktile Guss-Rohrsysteme wie geschaffen. Am Feldberg im Hochschwarzwald konnte der Beweis hierfür wieder einmal erbracht werden.

### **25 Jahre duktile Gussrammpfähle**

*Jérôme Coulon und Erich Steinlechner* ..... 75

Die Erfolgsgeschichte von 25 Jahren duktiler Gussrammpfähle – von der Erfindung in einer schwedischen Rohrgießerei bis zu 5 Millionen gerammter Meter heute – ist nicht zu denken ohne die Materialeigenschaften des duktilen Gusseisens, ohne die Herstellung quasi monolithischer Gründungspfähle beliebiger Länge aus Serien-Einzelstücken, ohne den minimalen Montage- und Baustellenaufwand. Selbst sehr strenge Bauherren wie die Schweizer Bundesbahn SBB gründen ihre Netzstrukturen – teilweise unter laufendem Betrieb – mit duktilen Gussrammpfählen.

The onset of severe winter weather and high water levels interrupted the work for two months but the project was still completed within the time scheduled.

The project was awarded 3<sup>rd</sup> prize at the GSTT Awards 2011.

### **A DN 500 penstock pipeline pulled in straight through a mountain**

*Andreas Moser* ..... 67

The encouragement to generate renewable energy which is provided by fixed feed-in tariffs, often results in existing small hydroelectric power stations looking at ways of increasing their capacity. Though it is only nine years old, this was achieved at the Tasser power station in South Tyrol, whose output has been boosted by 60 % by lengthening the existing penstock pipeline by 1,225 m and thus increasing the pressure in it from 15 bars to 28 bars. The installation of the extra length was extremely difficult, involving drilling through 174 m of rock, but it meant that the material for the penstock pipeline was easy to select: ductile iron pipe systems are equal to any challenge.

### **The operators' association Liftverbund Feldberg makes sure of snow**

*Stefan Wirbser, Christian Weiler and Alexander Bauer* ..... 71

Ductile iron pipes for snow-making systems – this is an application which is showing satisfying levels of growth. The external conditions, steep runs of pipe, difficult ground, routes which are difficult to access, and high operating pressures: these are challenges which are just right for ductile iron pipe systems. This has once again been demonstrated on the Feldberg mountain in the Black Forest.

### **25 years of ductile iron driven piles**

*Jérôme Coulon und Erich Steinlechner* ..... 75

The 25 year success story of ductile iron driven piles – from their invention in a Swedish pipe foundry to today's 5 million metres of driven piles – is inconceivable without the properties of ductile cast iron, without the production of virtually monolithic foundation piles of all lengths from individual to mass-produced pieces, and without the minimal installation and site costs. Even very strict clients such as SBB (Swiss Federal Railways) use ductile iron driven piles as foundations for their network structures – sometimes while services continue running.

## Duktile Guss-Rohrsysteme: Nachhaltig überlegen

*Von Ulrich Päßler*



Dieser Artikel wird z.Z. aktualisiert.

# Duktile Gussrohre stehen für eine dauerhaft sichere Unterquerung des Mains

Von Stephan Hobohm und Heinz-Jörg Weimer

Die Fachleute der Frankfurter Stadtentwässerung (SEF) nannten es eine Besonderheit, die nur alle Jahrzehnte einmal vorkommt. Am 10. März 2011 wurde ein neuer Abwasserdüker durch das Bett des Mains gezogen.

Seit Juni 2011 fließt das Abwasser der Stadt Kelsterbach durch diese Leitung zur Abwasserreinigungsanlage (ARA) in Frankfurt-Sindlingen. 3,3 Millionen Euro investierte der Frankfurter Eigenbetrieb Stadtentwässerung in diese neue 267,5 m lange Rohrleitung einschließlich der Anbindung an die bestehenden Leitungen auf beiden Seiten des Mains.

## 1 Ausgangssituation

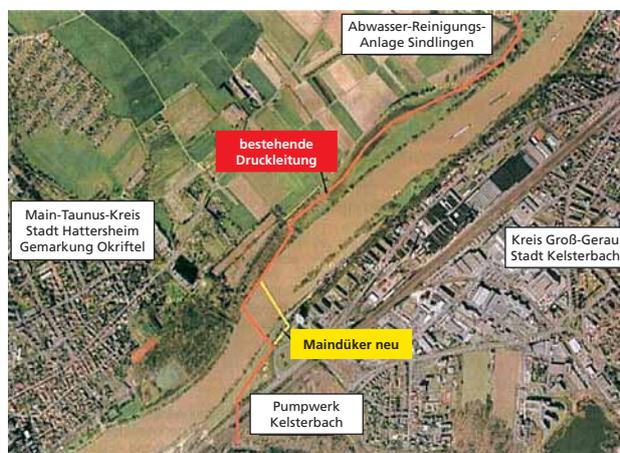
Das Abwasser von fast einer Million Menschen im Frankfurter Ballungsgebiet – bei Trockenwetter etwa 300.000 m<sup>3</sup> oder 15.000 Tanklastzüge pro Tag – fließt in der Kanalisation zu den Abwasserreinigungsanlagen (ARA) Niederrad/Griesheim und Sindlingen. Nur das Abwasser von Nieder-Erlenbach fließt wegen der topografischen Gegebenheiten zur Kläranlage der Stadt Bad Vilbel. Aber nicht nur im Stadtgebiet fällt Abwasser an, auch der Abwasserverband Main-Taunus, der Westerbachverband sowie fünf weitere Städte (Offenbach, Kelsterbach, Neu-Isenburg, Steinbach, Maintal Ortsteil Bischofsheim) sind an das Kanalnetz von Frankfurt angeschlossen.

Bislang wurde das Abwasser der am südwestlichen Stadtrand der Mainmetropole gelegenen Stadt Kelsterbach vom linksmainischen Pumpwerk bis zur ARA Sindlingen durch eine Druckleitung der Nennweite DN 500 gepumpt. Die maximale Fördermenge betrug circa 240 L/s. Diese Druckleitung quert nach ungefähr 450 m auf der Höhe der zu Okriftel gehörenden

Bonnemühle den Main und wird noch 2.250 m auf der rechten Seite des Mains bis zur Einmündung in einen Freispiegelkanal an der ARA Sindlingen geführt. Auf der kompletten Länge von rund 2.700 m existieren weder Umleitungs- noch Rückhaltungsmöglichkeiten.

Die Leitung war 1981 gebaut worden. Bei der letzten Prüfung, die gemäß Abwasserkontrollverordnung durchgeführt worden war, hatten sich leichte Schäden gezeigt, sodass die SEF Handlungsbedarf sah. Eine Behebung der Schäden wäre zwangsläufig mit einer vorübergehenden Stilllegung der Druckleitung verbunden gewesen, was ohne Ersatz für die Leitungskreuzung des Mains nicht möglich gewesen wäre.

Der Neubau einer Druckleitung war erforderlich, um die Betriebssicherheit der Druckleitung sicherzustellen und auch im Störfall strategisch vorgehen zu können (**Bild 1**).



**Bild 1:** Leitungsverlauf der Abwasserdruckleitung und Lage des neuen Dükers

## 2 Planungsphase

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden verschiedene Varianten zur Kreuzung des Mains auf unterschiedlichen Trassen mit diversen Bauverfahren und Werkstoffen untersucht. Der Vergleich beschränkte sich daher auf den Leitungsabschnitt zwischen linkem und rechtem Mainufer sowie die beidseitigen Leitungstische bis zum Anschluss an die bestehende Leitung. Es stellte sich heraus, dass die offene Querung des Mains die einfachste Lösung war. Dabei braucht nur ein Graben durch das Flussbett gebaggert zu werden, in dem später die Leitung ihren Platz findet. Dieses Verfahren bot folgende Vorteile:

- geringste Eingriffe in Natur und Umwelt,
- vergleichsweise geringe Trassenlänge,
- niedrige Baukosten,
- minimales Verfahrensrisiko.

Bei der offenen Querung des Mains wird im Trocken- und Nassbaggerverfahren die Dükerinne ausgehoben, der Düker eingebaut und die Baugrube wieder verfüllt. Es sind zwar umfangreiche Eingriffe an der Geländeoberfläche erforderlich, aber das Baugrundrisiko ist bei diesem Verfahren am geringsten. Selbst Hindernisse wie Findlinge, Bauwerksreste etc. können jederzeit von oben beseitigt werden, sodass der Einbau des Dükers immer sichergestellt ist.

Nach der Entscheidung für das Einbauverfahren folgte der übliche Aufwand, um alle Genehmigungen zu erhalten. Als die Kreise, Gemeinden und Behörden grünes Licht gegeben hatten, musste eine weitere Hürde überwunden werden: Noch immer liegen auf dem Grund des Mains Bomben und Munition aus dem 2. Weltkrieg. Also galt es zu überprüfen, ob



**Bild 2:**  
Duktiles Kanalrohr mit  
BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung

hier noch gefährliche Erbschaften zu beseitigen waren. Es wurde ein Areal von 4.500 m<sup>2</sup> im Main und 500 m<sup>2</sup> an Land und im Uferbereich abgesehen. Dabei fanden die Taucher zwar allerlei Gegenstände – Fahrräder und sogar Mopeds – aber zum Glück keine explosiven Altlasten.

Bezüglich des Werkstoffes entschied man sich letztendlich für duktile Gussrohre DN 500 nach EN 598 [1] mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung und Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15542 [2] (**Bild 2**). Gründe für diese Entscheidung waren unter anderem:

- kurze Lieferzeiten für Rohre und Formstücke,
- einfache und schnelle Montage,
- witterungsunabhängige Montage (Frost und Schnee),
- maximaler Korrosionsschutz durch Zinküberzug und ZM-U,
- wirtschaftliche Attraktivität,
- hohe Lebensdauer,
- maximale Sicherheitsreserven gegenüber ungeplanten Lasten,
- Standortnähe des Herstellers (technischer Support).

Im Verlauf umfangreicher technischer Beratungsgespräche durch die Anwendungstechnik des Rohrlieferanten mit der bauausführenden Firma Hülskens aus Wesel wurden im Vorlauf der Baumaßnahme alle Details hinsichtlich Materialspezifikation, Einbaumodalitäten und Dichtheitsprüfung umfassend geklärt. Unter Berücksichtigung des verwendeten Rohrmaterials konnten anschließend durch die Firma Hülskens die genauen technischen Spezifikationen für die Dükerkonstruktion festgelegt und berechnet werden. Das Gesamtgewicht des Dükers aus Rohren, Unterkonstruktion und Dükerästen belief sich danach auf rund 82 t.

Die Auftriebsberechnung wies eine knapp 1,3-fache Sicherheit während der Bauphase (Rohrleitung leer, keine Erdüberdeckung) auf. Für die aus dem Gewicht der Dükerkonstruktion und dem Einbauverfahren resultierende maximal zu erwartende Zugkraft wurden 15,22 t ermittelt, sodass zwei Seilwinden zu je 16 t Zugkraft eingeplant wurden. Die maximale Zugkraft errechnet sich kurz vor der Endstellung (komplett eingezogen) aus dem Gesamtgewicht des Dükers unter Auftrieb, multipliziert mit einem Haftreibungsbeiwert  $\mu = 0,65$ . Die gesamte Zugkraft wurde von den Seilwinden über Umlenkrollen in einen Zugkopf geleitet, der mit der Unterkonstruktion des Dükers verbunden war. Somit wurden keine Zugkräfte auf das Rohrleitungsmaterial übertragen.



**Bild 3:**  
Setzen der Spundwände



**Bild 5:**  
Unterkonstruktion auf Rollenböcken



**Bild 4:**  
Nassbaggerarbeiten

Ein weiterer Punkt in der eigentlichen Ausführungsplanung war die Festlegung der minimalen Radien. Die BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung der duktilen Kanalrohre DN 500 lässt eine Abwinkelung von  $3^\circ$  zu. Das entspricht einem minimalen Radius von 115 m. Die Unterkonstruktion hatte nach Berechnungen der Firma Hülskens einen minimal zulässigen Biegeradius von 102 m. Sicherheitshalber legte man für die Leitungsführung bzw. für die Erstellung der Grabensohle und der Einzugsrampe einen minimalen Radius von 150 m fest.

### 3 Bauphase

#### 3.1 Vorbereitende Maßnahmen

Nach der bereits beschriebenen längeren Planungsphase, wurde im Oktober 2010 mit den Bauarbeiten begonnen.

Vor dem eigentlichen Einzug wurde eine etwa 2,5 m bis 3 m tiefe und knapp 150 m lange Rinne durch den Main gebaggert. Hierfür kam ein spezieller Nassbagger zum Einsatz, der den vorgegebenen minimalen Radius der Rohrsohle von 150 m genau einhielt. Der Grabenaushub wurde per Schiff abtransportiert und später als Verfüllmaterial wiederverwendet. Der Außenschutz der Rohre (werkseitig aufgebraute Zementmörtel-Umhüllung) lässt dies zu. Gussrohre mit ZM-U können gemäß EN 545 [3] in Böden beliebiger Korrosivität, also auch unterhalb der Flusssohle, eingebaut werden. Das zulässige Größtkorn des Verfüllmaterials ist dabei nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 [4] auf 100 mm begrenzt. Während des Baggers der Rinne wurden auf beiden Seiten des Mains Spundwände geschlagen, die Start- und Zielgruben, sowie die Einzugsrampe erstellt (**Bilder 3 und 4**). In die Zielgrube wurde ein Umlenkrahmen integriert, über den das Zugseil von den beiden Seilwinden durch die Rinne zum Zugkopf der Düker-Unterkonstruktion geführt wurde. Zeitgleich zu diesen Maßnahmen konnte bereits mit dem Aufbau der Unterkonstruktion des Dükers und mit der Rohrmontage begonnen werden.

#### 3.2 Dükermontage

Zur Minimierung der Einzugskräfte wurde der gesamte Düker, inkl. Unterkonstruktion auf Rollenböcken mit einem Abstand von 3 m montiert (**Bild 5**). Die Tragkraft jedes einzelnen Rollenbockes betrug 13 t. Auf die Rollen wurde die Unterkonstruktion gelegt.

Im Wesentlichen bestand sie aus dem unten liegenden Zugblech mit einer Breite von 1.000 mm, zwei Randschalungswinkeln mit einer Höhe von 100 mm und dem Ballastbeton

(1.000 mm x 100 mm). Am Anfang und am Ende wurden noch die aufsteigenden Unterkonstruktionen für die Dükerräste angeschweißt (**Bild 6**).

Im nächsten Schritt konnte trotz des frühzeitig einsetzenden Winters mit Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt und Schnee, nicht zuletzt wegen des Vorteils der witterungsunabhängigen Einbaubarkeit von Gussrohren, fristgerecht mit der Montage der Rohre begonnen werden. Die duktilen Gussrohre DN 500 wurden zusammen mit zwei Leerrohren DN 100 auf der ausbetonierten Unterkonstruktion mit Sattelhölzern und Stahlbügeln befestigt (**Bild 7**). An beiden Dükereenden sind Äste ausgebildet, weil die späteren Anschlüsse an die landseitige Leitung etwa 2,5 m höher liegen als die Achse des Dükers. Die Enden der Leitung waren mit Formstücken aus dem BLS®/VRS®-T - Programm verschlossen (**Bild 8**). Somit war eine spätere Druckprüfung ohne weitere Verbaumaßnahmen möglich. Mit der Montage der Rohre wurde die

mit dem Einbau von Gussrohren sehr erfahrene Firma Vorwerk aus Halle/Saale beauftragt. Der eigentliche Aufbau des Dükers und seiner Äste nahm lediglich drei Tage in Anspruch. Der starke Frost und das anschließende Hochwasser verhinderten jedoch eine unmittelbare Druckprüfung (**Bild 9**). Sie wurde Anfang Februar ohne Beanstandungen nachgeholt.

### 3.3 Dükereinzug

Die beschriebene Unterkonstruktion diente neben der Aufnahme der Zugkräfte auch der Lagestabilität während des Einzuges und der Erhöhung des Gewichtes, um ein Aufschwimmen der Leitung während des Einzuges zu verhindern. Am mainseitigen Ende der Unterkonstruktion wurde der Zugkopf montiert (**Bild 10**). An diesem wurde eine Umlenkrolle für das Zugseil befestigt, welches durch den Main, über eine Umlenkkonstruktion zu den beiden Seilwinden lief (**Bild 11**). Am 10. März 2011 war es dann



**Bild 6:**  
Dükerräste mit Unterkonstruktion



**Bild 8:**  
Montage eines Endverschlusses



**Bild 7:**  
Dükerquerschnitt



**Bild 9:**  
Hochwasser



**Bild 10:**  
Zugkopf



**Bild 11:**  
Blick vom Umlenkrahmen über die Seilwinden zum linken Mainufer

soweit, es konnte mit dem Einzug begonnen werden. Unter Beobachtung von ungefähr 100 anwesenden fachkundigen Zuschauern begann um Punkt 10.00 Uhr der Einziehvorgang.

Die gesamte Konstruktion wurde von den Rollenböcken in Richtung Main gezogen. Die Rollenbahn endete etwa 20 m vor der Wasserlinie, sodass in diesem Bereich der Düker über den Boden gezogen wurde. Dann begann der vordere Dükerast in das Wasser zu gleiten, um nach circa 2,5 Stunden auf der linken Mainseite wieder aufzutauchen. Während des Einziehvorganges wurde eine Zugkraft von maximal 14 t gemessen.

Aus Sicherheitsgründen blieb der Main an diesem Tag für den Schiffsverkehr gesperrt.

**Tabelle 1:**  
Technische Daten im Überblick

<b>Regelüberdeckung</b>	≥ 1,2 m im Landbereich, ≥ 2,0 m im Main
<b>Rohrmaterial</b>	duktile Gussrohre DN 500 nach EN 598 [1] mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung und TYTON®-Dichtung nach DIN 28603 [5] aus NBR
<b>Umhüllung</b>	Zinküberzug (200 g/m <sup>2</sup> ) mit Zementmörtel-Umhüllung nach EN 15542 [2]
<b>Auskleidung</b>	Zementmörtel-Auskleidung auf Basis Tonerde-Zement nach DIN 2880 [7] und EN 598 [1] Schichtdicke ≥ 5,0 mm
<b>Muffenschutz</b>	ZM-Schutzmanschette
<b>Formstücke</b>	duktile Formstücke DN 500 nach EN 545 [3] mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung und TYTON®-Dichtung nach DIN 28603 [5] aus NBR
<b>Innen- und Außenbeschichtung der Formstücke</b>	Epoxidharzpulver-Beschichtung (≥ 250 µm) nach EN 14901 [6]
<b>Bauzeit</b>	Oktober 2010 bis Mai 2011
<b>Projektkosten</b>	3,3 Mio. Euro

## 4 Abschlussarbeiten

Mit dem Einzug des Dükers war die Maßnahme noch nicht beendet. Zusätzlich zum eigentlichen Düker wurden links und rechts vom Main weitere 112 m duktile Gussrohre, sowie zwei Schächte mit Molchschleusen eingebaut. Von hier aus kann der Düker in Zukunft gereinigt werden. Es folgten noch die Anschlüsse der neuen an die vorhandene Leitung und das Verfüllen des Rohrgrabens.

### 4.1 Daten im Überblick

Die Länge des Dükers durch den Main beträgt gestreckt etwa 155,50 m. Zusätzlich sind links- und rechts des Mains circa 112 m Rohrleitungen im Landbereich eingebaut worden. Die Gesamtlänge der neuen Trasse beträgt somit 267,50 m (**Tabelle 1**).

## 4.2 Was ist ein Düker?

Ein Düker (niederdeutsch, entspricht „Taucher“, niederländisch „duiker“) ist die Unterführung eines Rohres, z. B. einer Abwasser- oder Trinkwasserleitung, unter einer Straße, einem Deich, einem Tunnel oder einem Fluss.

Die Flüssigkeit kann so Hindernisse überwinden, ohne dass Pumpen eingesetzt werden müssen. Dabei nutzt man das Prinzip der kommunizierenden Röhren, wonach sich Flüssigkeiten in Röhren, die miteinander verbunden sind, stets auf das gleiche Niveau einpegeln. Fließt nun auf einer Seite immer neue Flüssigkeit hinzu, so erreicht sie auf der anderen Seite dasselbe Höhenniveau und kann fast ohne Höhenverlust dort weitergeleitet werden. Schon die Römer nutzten diverse Düker aus Blei- und Tonrohren, um mit Trinkwasserleitungen Schluchten ohne Aquädukt überwinden zu können.

### Literatur

- [1] EN 598  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren  
2007 + A1:2009
- [2] EN 15542  
Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtelumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren  
2008
- [3] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren  
2010
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 400-2  
Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRVV)  
Teil 2: Bau und Prüfung  
2004-09
- [5] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen  
2002-05

- [6] EN 14901  
Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Epoxidharzbeschichtung (für erhöhte Beanspruchung) von Formstücken und Zubehörteilen aus duktilem Gusseisen – Anforderungen und Prüfverfahren  
2006
- [7] DIN 2880  
Anwendung von Zementmörtel-Auskleidung für Gußrohre, Stahlrohre und Formstücke  
1999-01

### Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Hobohm  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)64 41 / 49-12 48  
E-Mail: stephan.hobohm@duktus.com

Heinz-Jörg Weimer  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)64 45/6 12 03 03  
E-Mail: heinz-joerg.weimer@duktus.com

### Bauherr

Stadt Frankfurt am Main  
Stadtentwässerung  
Siegfried Lemke  
Goldsteinstraße 160  
60528 Frankfurt/Deutschland  
Telefon: +49 (0) 69/2 12-3 27 54  
E-Mail: siegfried.lemke@stadt-frankfurt.de

### Ausführende Firma

Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG  
Klaus Bresser  
Maaßenstraße 5  
46483 Wesel/Deutschland  
Telefon: +49 (0)351/4 98 21 34  
E-Mail: klaus.bresser@huelskens.de

### Planung

Planungsgesellschaft für Rohrvortrieb und Dükerbau  
Moll-prd GmbH & Co. KG  
Weststraße 21  
57392 Schmallenberg/Deutschland  
Telefon: +49 (0)29 72/9 78 43-0  
E-Mail: schmallenberg@moll-prd.com

# Auf Pfählen gegründete Reinabwasser-Leitung aus duktilen Gussrohren im Grundwasser

Von Roger Saner

## 1 Das Gebiet „Großes Moos“ im Schweizer Seeland

Die Region im Dreieck zwischen dem Bieler-, dem Murten- und dem Neuenburgersee wird als Schweizer Seeland bezeichnet. Ein Teil davon ist das „Große Moos“, welches früher bei Hochwasser dem größten Nebenfluss des Rheins, der Aare, als Überschwemmungsgebiet diente und daher unwegsames Sumpfland war. Die Überschwemmungen führten immer wieder zu enormen Ernteaufschlägen und zu hohen Gebäudeschäden.

Nach der ersten Juragewässerkorrektur von 1868 bis 1891, einem der größten Flussbauprojekte der Schweiz, wurde das „Große Moos“ über Kanäle in die drei Juraseen entwässert. Ungünstige Verhältnisse zwischen Zu- und Abfluss der Seen sowie Setzungen der vorhandenen Torfböden verursachten trotzdem immer wieder großflächige Überschwemmungen.

Erst nach der zweiten Juragewässerkorrektur (1962 bis 1973), bei der die drei Juraseen durch die Verbreiterung und Vertiefung der Kanäle zu einem kommunizierenden System zusammengeschlossen waren, konnten weiträumige Überschwemmungen verhindert und große Kulturlandflächen im „Großen Moos“ dauerhaft entwässert werden [1].

Die Oberböden (Humus) im „Großen Moos“ bestehen aus schwarzen, fruchtbaren Torfschichten, die zum Teil von Deckschichten überzogen sind (künstliche Dammschüttungen, rezente Schwemmkegel). Daher ist heute das Seeland und vor allem das „Grosse Moos“ das wichtigste Gemüseanbauggebiet der Schweiz. Über 60 Gemüsesorten werden hier angebaut. Der unter den Oberböden liegende Baugrund besteht hauptsächlich aus schluffigen (siltigen)

Deckschichten und Seekreide, die wie die Torfschichten sehr schwach tragfähig und stark setzungsempfindlich sind [2].

## 2 Ausgangslage: Erschließung Rämismatte, Ins

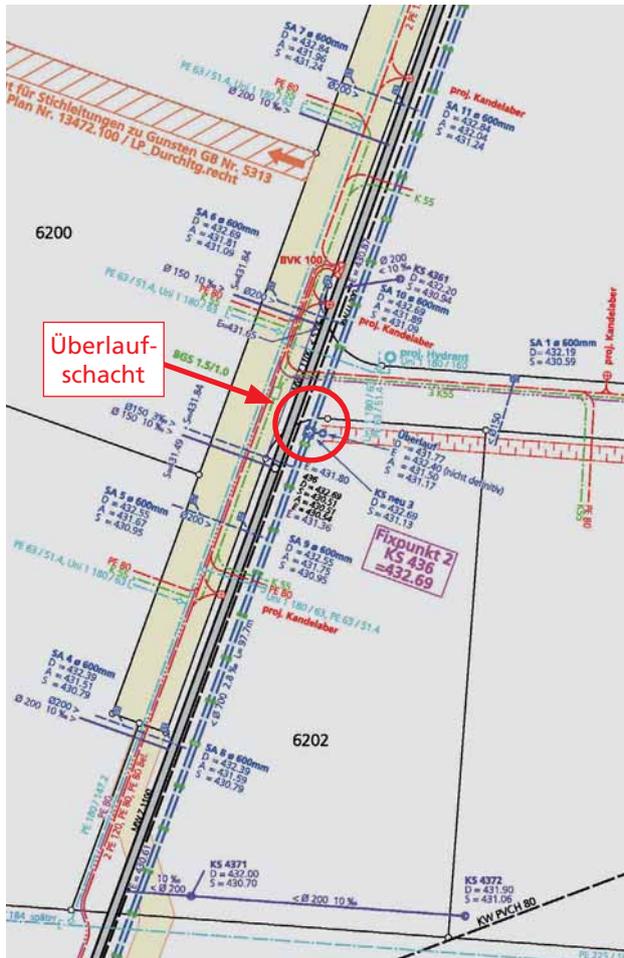
Inmitten des „Großen Moos“ liegt die Gemeinde Ins, in welcher das Gebiet Rämismatte erschlossen werden sollte. Die Rämismatte liegt nach dem rechtsgültigen Bauzonenplan von Ins in der Arbeitsplatzzone für Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe.

### 2.1 Baugrund

Baugrunduntersuchungen mittels Baggerschlitten bestätigten die in diesem Gebiet bekannten geologischen Bedingungen. Der Baugrund erwies sich nur als bedingt tragfähig. Unter dem Oberboden (Deckschicht) liegt eine stark setzungsempfindliche Torfschicht mit einer Schichtdicke zwischen 1,20 m bis 2,80 m. In den tiefer liegenden Abschnitten befinden sich schluffige (siltige) und tonige Schichten sowie die bekannte Seekreide. Erst rund 10 m unter dem gewachsenen Terrain ist eine tragfähige Schotterdecke vorhanden.

### 2.2 Grundwasserverhältnisse

Neben den ungünstigen Baugrundverhältnissen ist das Gebiet Rämismatte zusätzlich durch einen hochliegenden Grundwasserspiegel gekennzeichnet. Dieser wird durch ein Kanalsystem geregelt, das bei der zweiten Juragewässerkorrektur erstellt wurde. In der tiefsten Zone des Gebietes liegt der Grundwasserspiegel rund 1,50 m unterhalb des gewachsenen Terrains.



**Bild 1:**  
Ausschnitt Werkleitungsplan

### 2.3 Erschließungsplan

Für die Erschließung des Areals wurde durch die beauftragte Bauingenieur-Unternehmung das Bauprojekt ausgearbeitet. Neben der üblichen Tiefbau-Infrastruktur (Straßenbau, Mischabwasser, Trink- und Löschwasser, Elektrizität, Telefon und TV) mussten auch eine Reinabwasser-Leitung und Retentionsmaßnahmen für Niederschlagswasser in der Planung berücksichtigt werden (**Bild 1**). Die neue Reinabwasser-Leitung dient neben der Ableitung des Sauber- und Oberflächenwassers aus der Rämismatte auch der Einleitung von zwei im Trennsystem entwässerten Einzugsgebieten, die nördlich der angrenzend verlaufenden Eisenbahnlinie liegen.

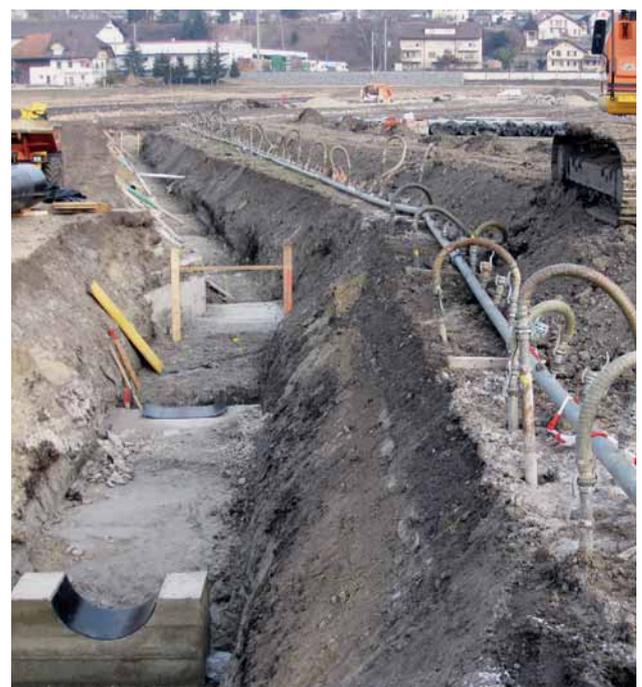
Die optimale Geometrie der Erschließung ergab sich im Zusammenhang mit der Grundstücksparzellierung. Die Rahmenbedingungen des Bauprojektes waren vor allem wegen der flachen Geländetopografie (Rückstauproblematik), dem hohen Grundwasserspiegel und den schlechten Baugrundeigenschaften schwierig.

### 3 Projektierung neue Reinabwasser-Leitung DN 700

Wegen des flachen Geländes konnte die neue Reinwasser-Leitung DN 700 mit einem minimalen Gefälle von lediglich 3 ‰ projiziert und ausgeführt werden. Damit die Leitung in dem stark setzungsempfindlichen Baugrund und dem hohen Grundwasserspiegel gemäß den hydraulischen Berechnungen funktioniert, musste sie auf Pfähle gestellt werden.

Um den Graben für die neue Leitung ausheben zu können, musste der Grundwasserspiegel abgesenkt werden. Dies geschah in einem kombinierten Verfahren, einerseits über das im „Großen Moos“ vorhandene Kanalsystem, andererseits über eine örtliche Vakuum-Entwässerung, das sogenannte Wellpoint-Verfahren. Dieses hat den Vorteil, dass der Graben ohne Verbau geböschet ausgeführt werden kann. Das Wellpoint-Verfahren konnte mit einer kurzen Installationszeit jeweils abschnittsweise mit dem Fortschritt des Leitungsbaus in Betrieb genommen werden (**Bild 2**) und ermöglichte so einen raschen Baufortschritt.

Zusätzlich wurde am tiefsten Punkt der im Bankett entlang der neuen Erschließungsstraße angeordneten Wasserrückhaltegrube ein Überlaufschacht (**Bild 1**) erstellt, der im Fall einer Überlastung das anfallende Oberflächenwasser (hauptsächlich Straßenentwässerung) in die Reinabwasser-Leitung leitet.



**Bild 2:**  
Grundwasserabsenkung im Wellpoint-Verfahren

#### 4 Vorteile des Rohrmaterials duktiles Gusseisen

Die Wahl des richtigen Rohrmaterials für die neue Reinwasser-Leitung wurde durch die vorhandenen Baugrundverhältnisse im Grundwasser dominiert. Folgende Anforderungen mussten zwingend erfüllt sein:

- absolut dichte Muffen-Verbindung, auch gegen von außen drückendes Grundwasser,
- gegen saurehaltige, stark korrosive Böden resistente Außenbeschichtung,
- flexibles Muffensystem zur Aufnahme von Erdbewegungen,
- höchste statische Festigkeitseigenschaften,
- geeignet für Pfahlgründungen, selbsttragend,
- hydraulisch glatte Innenbeschichtung für Gefälle  $\leq 3\text{‰}$ ,
- einfache und rasche Montage einschließlich der Seitenanschlüsse.

Da nur sehr wenige Rohrmaterialien über die Summe dieser Eigenschaften verfügen, schränkte dieses anspruchsvolle Anforderungsprofil die Wahl des richtigen Materials bereits stark ein. Nach Abwägung der wichtigsten Kriterien wie Einbauzeit, Betriebssicherheit, Nachhaltigkeit und Lebensdauer fiel die Entscheidung des projektierenden Bauingenieurs und des Bauherrn einstimmig auf das duktile Vollschutz-Rohr von Rollgeoecopur DN 700, Wanddicken-Klasse K 9 nach EN 598 [3]. Unterstützt wurde die Entscheidung auch durch die Tatsache, dass bereits im Jahr 2008 im gleichen Gebiet eine Abwasserleitung für Mischabwasser mit Gussrohren von Rollgeoecopur DN 400, ebenfalls auf Pfählen gegründet mit einem Gefälle von  $< 5\text{‰}$ , gebaut worden war.

Duktile Gussrohre mit ihrer hohen Ringsteifigkeit sind sehr widerstandsfähig gegen Ovalisierung durch mechanische Belastungen. Bewegungen durch Setzungen im Untergrund werden in den gelenkig ausgebildeten Steckmuffen der flexiblen Guss-Rohrsysteme vollumfänglich aufgenommen. Die notwendige Wanddicken-Klasse K 9 ergab sich aus den statischen Berechnungen nach der Schweizer Norm SIA 190 [4].

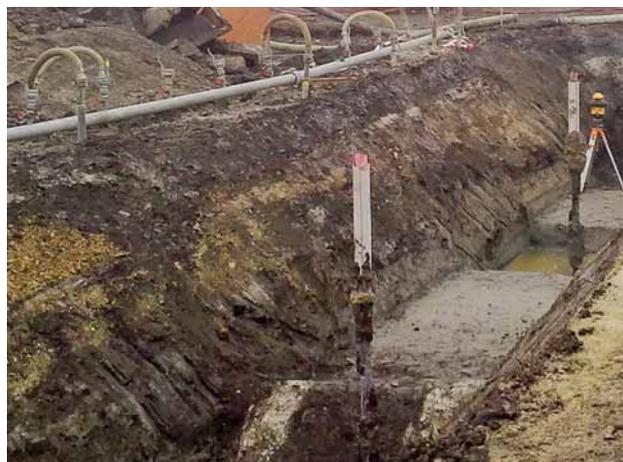
Die Dichtheit gegen positiven Außendruck bei duktilen Gussrohren wird bei der Funktionsprüfung nach EN 598 [3] mit 2 bar während zwei Stunden geprüft, im Dauerbetrieb müssen sie einem positiven Außendruck von 1 bar (= 10 m Wassersäule) widerstehen können.

Der Korrosionsschutz wird beim duktilen Gussrohr von Rollgeoecopur durch eine integral aufgebraute Polyurethan (PUR)-Beschichtung sichergestellt, die innen und außen nach den Normen EN 15655 [5] und EN 15189 [6] auf die Gussrohroberfläche aufgetragen wird. Nach Norm betragen die Schichtdicken des Polyurethans nominell innen 1,5 mm und außen 0,9 mm, die Haftfestigkeit auf dem Gusseisen ist mit  $\geq 8\text{ MPa}$  gefordert; die gemessenen Ist-Werte waren immer größer als 14 MPa. Zudem ist das von Rollgeoecopur-Rohr gemäß EN 598, Anhang B.2.3 [3], ein Vollschutz-Rohr mit verstärkter Umhüllung und damit in Böden aller Korrosionsstufen einsetzbar, also auch in den vorhandenen, saurehaltigen Torfböden.

#### 5 Bauausführung

Als erster Arbeitsschritt wurden die Pfahlgründungen für die neue Reinabwasser-Leitung und die Kontrollschächte erstellt. Sämtliche Pfahlstandorte sind anhand der Landeskoordinaten durch den Geometer mittels GPS-Navigationsdaten ins Gelände übertragen worden.

Die vorgefertigten Micropfähle  $\varnothing 220\text{ mm}$  mussten bis auf die tragfähige Schotterschicht in einer Tiefe von 12 m bis 14 m eingerammt werden. Die Pfähle wurden im Werk etwas länger als erforderlich hergestellt, sie ragten dadurch etwas aus dem Erdboden heraus und konnten anschließend auf die genau definierte Endlänge gekürzt werden (**Bild 3**). Für die Definition der genauen Projekthöhen der Reinabwasser-Leitung wurden Stahlplatten millimetergenau auf ein in den Pfählen integriertes Stahlrohr geschweißt. Sämtliche Micropfähle sind auf eine Gebrauchslast von 500 kN ausgelegt.



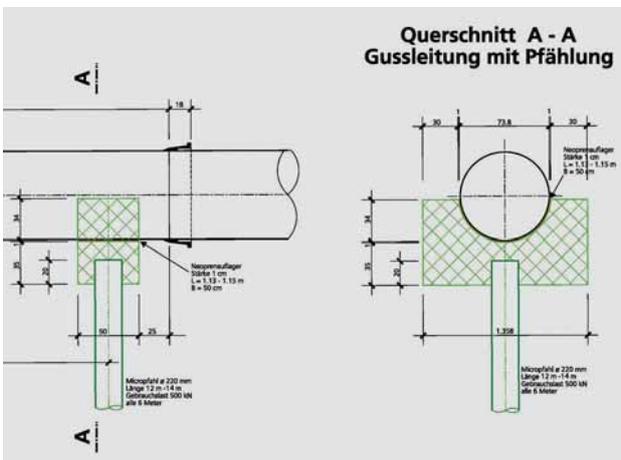
**Bild 3:**  
Aus dem Erdreich ragender Pfahlkopf



**Bild 4:**  
Ortbeton-Sattel mit Neoprenauflage



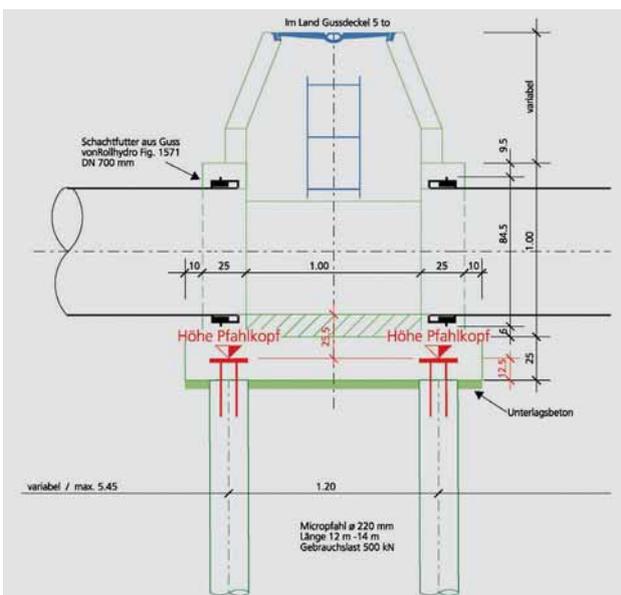
**Bild 7:**  
Montage duktiler Gussrohre von Rollgeocopur bei Tiefsttemperaturen auf einem Ortbeton-Sattel



**Bild 5:**  
Detail Pfahlkopf  
mit Ortbeton-Sattel



**Bild 8:**  
Duktile Gussrohre DN 700 –  
einfache, zeitsparende Montage



**Bild 6:**  
Detail Pfahlgründung Ortbeton-Schacht



**Bild 9:**  
Seitenanschlüsse spielend erstellen:  
links: Kernbohrung mit Epoxidharz-Anstrich  
rechts: fertig montiertes Anbohrersattelstück 90°

Die 6 m langen duktilen Gussrohre benötigen jeweils unmittelbar hinter der Muffe ein Pfahlaufleger mit einem Ortbeton-Sattel. Als Gleit- und Schutzschicht für die von Roll *geoecopur*-Rohre wurde eine Neoprenauflage von 1 cm Stärke in das Rohraufleger eingelegt (**Bilder 4 und 5**). Zudem ist jeder Ortbeton-Kontrollschacht auf drei Pfähle gegründet worden (**Bild 6**).

Die Montage der duktilen Vollschutz-Rohre DN 700 begann am tiefsten Punkt der neuen Leitung (Muffe „unten“), damit beim Umstellen des Wellpoint-Verfahrens das Pumpwasser direkt in die neue Leitung eingeleitet werden konnte. Wieder einmal überzeugte die Montagefreundlichkeit duktiler Gussrohre alle Beteiligten: Im vergangenen Winter 2011 bei tiefsten Temperaturen von  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  konnte der Leitungsbau ohne Unterbrechung ausgeführt werden (**Bild 7**).

Der Bauingenieur wie auch der Bauunternehmer waren beeindruckt, wie einfach, zeitsparend und dadurch kostengünstig die Montagearbeiten der von Roll *geoecopur*-Rohre mit der von Roll *hydrotight* - Steckmuffen-Verbindungstechnik durchgeführt werden konnten (**Bild 8**). Seitenzuläufe konnten problemlos mittels Anbohr-sattelstücken von  $90^{\circ}$ , ohne Abschälen der PUR-Beschichtung, sehr einfach angeschlossen werden (**Bild 9**).

## Literatur

- [1] Wikipedia, Seeland (Schweiz)  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Seeland\\_\(Schweiz\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Seeland_(Schweiz))
- [2] Baugrunduntersuchung Ingenieurbüro E. Hunziker, Ins
- [3] EN 598  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren 2007 + A1:2009
- [4] SIA 190; SN 533190: 2000-07  
Kanalisationen; Leitungen, Normal- und Sonderbauwerke 2000-07-01
- [5] EN 15655  
Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen – Polyurethan-Auskleidung von Rohren und Formstücken – Anforderungen und Prüfverfahren 2009

- [6] EN 15189  
Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Polyurethanumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren 2006

## Autor

Dipl.-Ing. Roger Saner  
vonRoll hydro (suisse) ag  
Von Roll-Strasse 24  
4702 Oensingen/Schweiz  
Telefon: +41 (0)62/3 88 12 37  
E-Mail: roger.saner@vonroll-hydro.ch

## Bauherr

fenaco  
Areale und Technik  
Martin Beutler  
Erlachstrasse 5  
3001 Bern/Schweiz  
Telefon: +41 (0)58/4 34 03 01  
E-Mail: martin.beutler@fenaco.com

## Bauingenieur/Planer

BSB + Partner  
Ingenieure und Planer  
Simon Friedli  
Von Roll-Strasse 29  
4702 Oensingen/Schweiz  
Telefon: +41 (0)62/3 88 38 38  
E-Mail: simon.friedli@bsb-partner.ch

## Bauunternehmer/Rohreinbau

F. Gugger AG  
Pascal Ackermann  
Gampelengasse 71  
3232 Ins/Schweiz  
Telefon: +41 (0)32/3 13 19 12  
E-Mail: info@gugger-ag.ch

## Gemeinde Kutzenhausen – Neuverrohrung Schüttgraben, Kanal DN 800 mit Pfahlgründung

Von Simon Hähnlein und Manfred Schmied

### 1 Einleitung

In der Gemeinde Kutzenhausen, Ortsteil Agawang, im schwäbischen Landkreis Augsburg, musste die nicht mehr funktionstüchtige Bachverrohrung des Schüttgrabens ersetzt werden (**Bild 1**).

Zwei Varianten einer Trassenänderung standen bei den zuständigen Gremien der Gemeinde zur Diskussion: Die Variante 1 führt im Bereich eines Flurstückes dicht an der auf den Nachbargrundstücken vorhandenen angrenzenden Bebauung vorbei, die Variante 2 verläuft über den angrenzenden Friedhof. Wegen der enormen Kosten für einen verformungsarmen Verbau bei der Variante 1 und der trotzdem nicht auszuschließenden Schäden an den Gebäuden fiel die Entscheidung zugunsten der Variante 2 (**Bild 2**). Die Trassenlänge beträgt etwa 160 m.

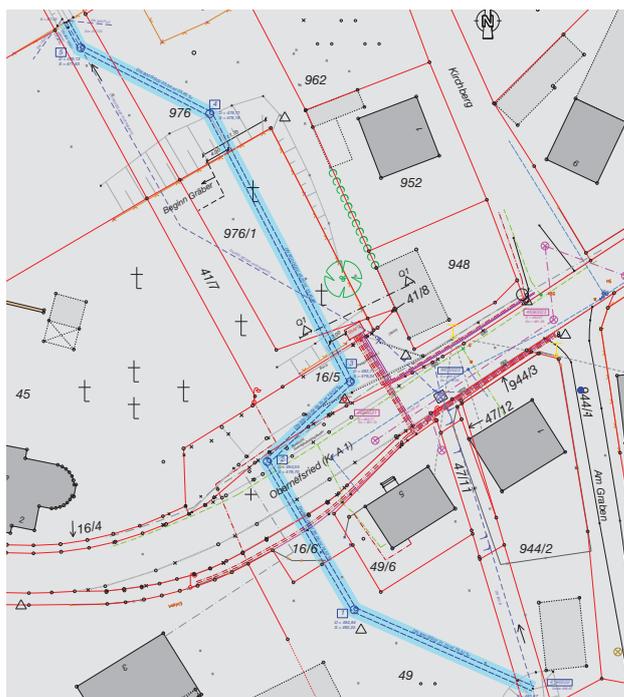
### 2 Planung

Beide Trassenvarianten sind gekennzeichnet durch einen problematischen, nicht tragfähigen Boden. Daher wurde das Baugrundinstitut Kling Consult (BIKC) mit Baugrunduntersuchungen beauftragt. BIKC brachte auf der Trasse der Variante 2 drei Kleinrammbohrungen nieder. Die Lage der Bohrungen wurde aus der vorliegenden Kanalplanung des Ingenieurbüros Endres ermittelt.

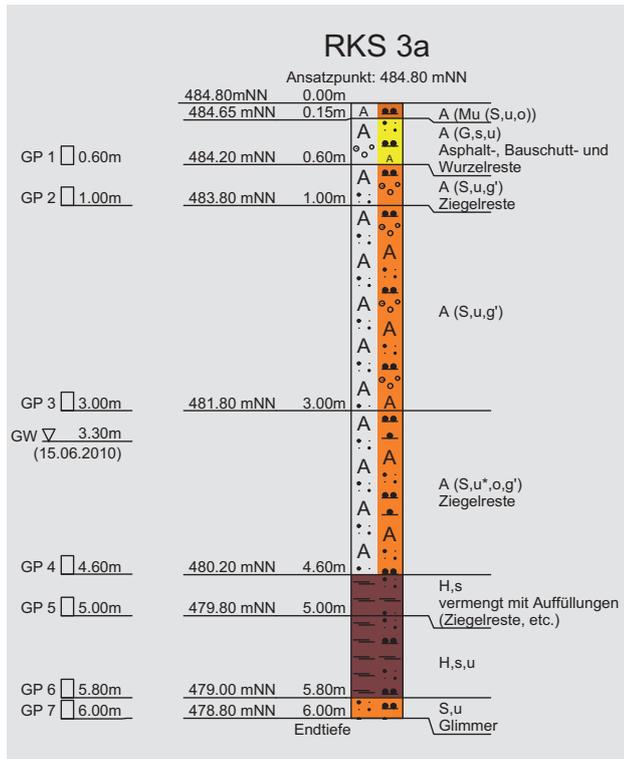
In den Bohrproben wurden anthropogene Auffüllungen (Aufschüttungen mit Anteilen aus Fremdstoffen wie Bauschutt, Ziegelbruch usw.) angetroffen. Unterlagert werden diese Auffüllungen von natürlichen Deckschichten und Torfen.



**Bild 1:**  
Alter Betonkanal – Bachverrohrung Schüttgraben



**Bild 2:**  
Lageplan – Trasse der neuen Kanalleitung DN 800



**Bild 3:**  
Schüttgraben Agawang –  
Schichtenverzeichnis RKS 3a

Die erkundeten Auffüllungen und Deckschichten sind durchweg nicht tragfähig und zur Aufnahme von Bauwerklasten nicht geeignet (**Bild 3**). Aufgrund der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen wurde eine Gründung der Kanalrohre und Schächte auf Ramppfählen aus duktilem Gusseisen gewählt.

Die Gussrammpfähle in den Abmessungen 118 mm x 7,5 mm wurden als mantelverpresste Pfähle geplant, jedoch als Aufstandspfähle bemessen. Der beim Rammen der Pfähle mit einzupressende alkalische Mörtel, Körnung 0–4 mm, dient als Korrosionsschutz im aggressiven Boden. Die Pfähle werden in den tragfähigen Bodenhorizont (Baugrund) bis zum Erreichen des Rammabbruchkriteriums ( $< 10 \text{ mm}/20 \text{ s}$ ) eingerammt. Es ist eine mittlere Pfahlänge von 9 m erforderlich. Weil größere Mächtigkeiten von undrännierten Böden mit einer zu geringen Scherfestigkeit ( $c_u \leq 15 \text{ N/mm}^2$ ) nicht auszuschließen waren, wurde ein Knicksicherheitsnachweis der Pfähle erforderlich.

Als Kanalrohre wurden Rohre aus duktilem Gusseisen nach EN 598 [1] ausgeschrieben. Diese Rohre sind hochbelastbar und ermöglichen einen Pfahlabstand von 6 m. Sie sind mit der bewährten Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A) auf Basis Tonerde-Zement (TZ)



**Bild 4:**  
Vorgefertigte Betonaufleger zur Aufnahme von  
duktilen Gussrohren DN 800

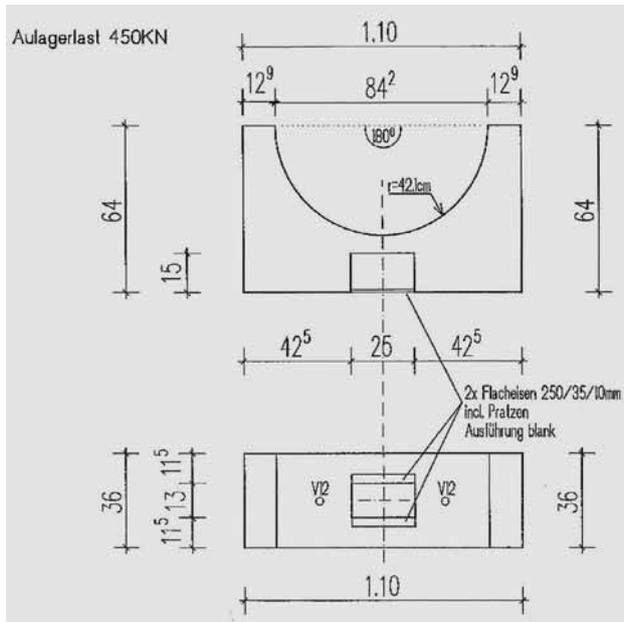
ausgekleidet und außen mit einem Zink-Überzug und einer Epoxidharz-Deckbeschichtung geschützt. Die Erdüberdeckung der duktilen Gussrohre beträgt 5 m.

### 3 Bauausführung

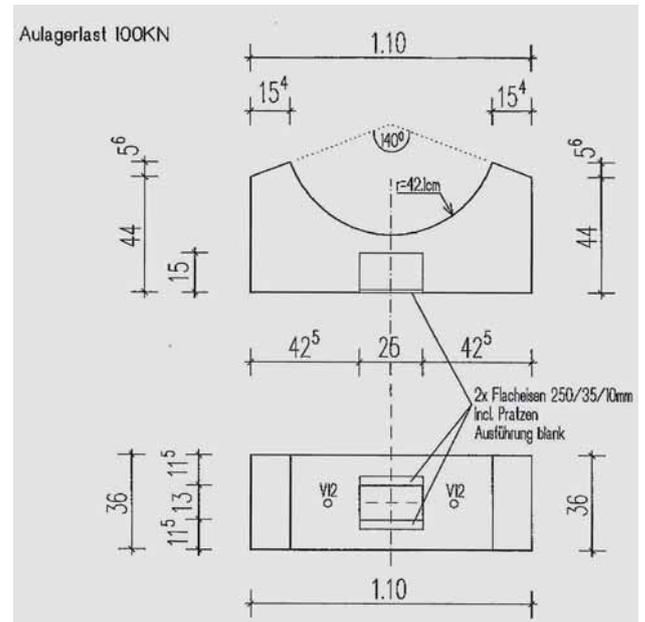
Mit der Bauausführung wurde die Firma Carl Heuchel GmbH & Co. KG aus Nördlingen beauftragt. Die Baulänge der duktilen Kanalrohre beträgt 6 m. Die vom Rohrhersteller mitgelieferte Rohrstatik ergab, dass je Kanalrohr, bei noch vorhandenen hohen Sicherheiten, ein Ramppfahl (Rohraufleger) ausreichte. Das Rohraufleger musste immer im Abstand von 88 cm von der Rohrverbindung angeordnet werden (**Bild 4**).

Die Kanalleitung kreuzt die Kreisstraße A 1, auf der Schwertransporte mit bis zu 80 t schweren Gussteilen fahren. Während der Bauphase musste die Kreisstraße eine Woche für Schwertransporte gesperrt werden. Obwohl auch im Kreuzungsbereich der Kreisstraße laut Statik ein Pfahl (Rohraufleger) je Kanalrohr ausgereicht hätte, wurden dort zwei Pfähle (Rohraufleger) eingebaut. Es war im Kreuzungsbereich lediglich ein größerer Auflagerwinkel des Pfahljoches von  $180^\circ$  (Rohraufleger) erforderlich (**Bild 5**). Im Trassenbereich ohne Verkehrslast betrug er  $140^\circ$  (**Bild 6**).

Als Pfahljoch dienten Stahlbetonfertigteile mit integrierten Füllstützen. In den Bereichen ohne Belastung durch Straßenverkehr sind die Rohraufleger 36 cm breit, in den Bereichen mit Verkehrslasten (Schwerlastverkehr) 80 cm. Zwischen Rohrauflegersattel (Beton) und Gussrohr liegt eine Neoprenaufleger (**Bild 7**).



**Bild 5:**  
Fertigungszeichnung der Betonaufleger  
für duktile Gussrohre DN 800  
mit einem Auflagerwinkel von 180°



**Bild 6:**  
Fertigungszeichnung der Betonaufleger  
für duktile Gussrohre DN 800  
mit einem Auflagerwinkel von 140°

Die Schächte sind auf jeweils drei Rammpfählen gegründet. Die Pfähle wurden mit einem Schnellschlaghammer eingerammt (**Bild 8**).

Mit dem von der Firma Heuchel eingesetzten Trägersystem mit Schnellwechsellkupplung kam der gesamte Arbeitsablauf – Aushub, Rammen der Pfähle, Einbauen der Rohrleitung und Wiederverfüllung des Rohrgrabens – mit einem einzigen Bagger aus. Während des Bauens war eine Vakuumwasserhaltung erforderlich.

#### 4 Zusammenfassung

Bei der beschriebenen Maßnahme hat das System, duktile Kanalrohre auf duktilen Rammpfählen zu gründen, Auftraggeber und Planer deswegen überzeugt, weil für die Bewältigung der vorhandenen sehr schwierigen Randbedingungen (Baugrund) eine relativ einfache Lösung gefunden werden konnte. Die gute Koordination zwischen allen Beteiligten ermöglichte eine Bauzeit von nur sechs Wochen für die gesamte Maßnahme.



**Bild 7:**  
Einbau der duktilen Gussrohre DN 800 –  
Auflagerung der Rohre auf Betonaufleger  
mit Neoprenauflege



**Bild 8:**  
Rammen der duktilen Pfähle  
118 mm x 7,5 mm

## Literatur

- [1] EN 598  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duk-  
tilem Gusseisen und ihre Verbindungen für  
die Abwasser-Entsorgung –  
Anforderungen und Prüfverfahren  
2007+A1:2009

## Autoren

Dipl.-Ing. Simon Hähnlein,  
Carl Heuchel GmbH & Co. KG  
Augsburger Straße 53  
86720 Nördlingen/Deutschland  
Telefon: +49 (0)90 81/21 98-56  
E-Mail: s.haehnlein@heuchel.de

Dipl.-Ing. Manfred Schmied  
Duktus S.A.  
Sigmundstraße 26  
86562 Berg im Gau/Deutschland  
Telefon: +49 (0)84 54/9 15 87 32  
E-Mail: manfred.schmied@duktus.com

## Bauherr

Gemeinde Kutzenhausen  
Silvia Kugelmann  
Schulstraße 10  
86500 Kutzenhausen/Deutschland  
Telefon: +49 (0)82 38/96 01-20  
E-Mail: bgm@kutzenhausen.de

## Planung und Bauüberwachung

Ingenieurbüro Andreas Endres  
Dipl.-Ing. Christian Kästner  
Alte Reichsstraße 2  
86356 Neusäß-Steppach/Deutschland  
Telefon: +49 (0)8 21/4 80 78-0  
E-Mail: c.kaestner@ib-endres.de

## Baugrunduntersuchung

Kling Consult Planungs- und  
Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH  
Dipl.-Ing. Holger Jeckle  
Burgauer Straße 30  
86381 Krumbach/Deutschland  
Telefon: +49 (0)82 82/9 94-1 39  
E-Mail: holger.jeckle@klingconsult.de

## Baufirma

Carl Heuchel GmbH & Co. KG  
Dipl.-Ing. Simon Hähnlein  
Augsburger Straße 53  
86720 Nördlingen/Deutschland  
Telefon: +49 (0)90 81/21 98-56  
E-Mail: s.haehnlein@heuchel.de

# Einbau von Absperrklappen in Anlagenteilen des Wasserwerks Bad Zwischenahn

Von Tim Hobbiebrunken

## 1 Einleitung und Historie

Das Wasserwerk Bad Zwischenahn wurde im Jahre 1938 in Betrieb genommen; es diente hauptsächlich der Versorgung eines Militärflugplatzes mit Trinkwasser. Die Gemeinde Bad Zwischenahn hatte sich seinerzeit mit in die Planungen eingebracht und damit die Trinkwasserversorgung des vorgelagerten Ortes Bad Zwischenahn gesichert.

Wegen des bevorstehenden Krieges und der damit verbundenen militärischen Aufrüstung und Bautätigkeiten war es zu jener Zeit sehr schwierig, Baumaterialien zu beschaffen. Trotz aller Schwierigkeiten wurde die Baumaßnahme durchgeführt und das Wasserwerk am 1. August 1938 mit einem Wasserturm in Betrieb genommen. Der Flugplatz verursachte in den folgenden Jahren eine Steigerung des Wasserbedarfs, sodass schon zwei Jahre später das Wasserwerk um einen weiteren Brunnen vergrößert werden musste. Im Jahre 1944 und 1945 wurde der Flugplatz mehrfach bombardiert und zerstört, auch der neue Wasserturm wurde durchschossen, nur das Wasserwerk wurde nicht angegriffen. Nach Kriegsende wurde der Flugplatz durch die alliierten Truppen als Notflugplatz genutzt und 1955 zu einem Bundeswehrkrankenhaus umgebaut, welches seit 2006 außer Betrieb ist.

## 2 Wasserbedarfsentwicklung

Wegen des Bevölkerungszuwachses von Bad Zwischenahn wurde das Wasserwerk im Jahre 1958 erweitert und die Aufbereitungsmengen um ein Drittel erhöht.

Durch den zunehmenden Wasserverbrauch wurde im Jahre 1979 ein weiterer Bauabschnitt zur Erweiterung des Wasserwerkes in Betrieb genommen. Bei diesem Bauabschnitt wurde die Wasserversorgung u. a. um eine neue Belüftung, eine neue Filterhalle mit offenen Filtern sowie eine Flockungsanlage erweitert. Im Jahre 1990 wurde eine Kalk-Kohlensäure-Anlage eingebaut.

Seit 1990 wurde im Wasserwerk keine Sanierung oder Erweiterung mehr vorgenommen. Der Wasserverbrauch hält sich seither weitgehend konstant.

## 3 Sanierung der technischen Anlagen des Wasserwerks Bad Zwischenahn

Das Wasserwerk Bad Zwischenahn bereitet aus vier Grundwasserbrunnen jährlich etwa 800.000 m<sup>3</sup> Wasser auf. Aus diesem Wasser werden ungefähr 150 t Eisen entfernt.

Das Wasserwerk arbeitet mit drei Aufbereitungsstufen, die sich aufteilen in eine Belüftung, eine Kalkfällung und die nachgeschalteten Kiesfilter.

Aufgrund des baulichen Zustandes entschlossen sich die Gemeindewerke Bad Zwischenahn, die anlagentechnischen Ausrüstungen des Wasserwerks zu sanieren. Das Projekt wird gemeinsam mit dem Bremer Ingenieurbüro Lührs geplant und befindet sich derzeit im dritten Bauabschnitt. Es stehen noch weitere Sanierungsmaßnahmen an.

Bei den verschiedenen Sanierungsmaßnahmen, die unter laufendem Betrieb stattfinden und sich üblicherweise in den Wintermonaten abspielen, werden aufgrund



**Bild 1:**  
Ablauf Beruhigungskammer



**Bild 2:**  
Ablauf Beruhigungskammer  
mit Probenahmeverrichtung

der sehr guten Erfahrungen im Rohrnetz, das ebenfalls durch die Gemeindewerke unterhalten wird, Absperrklappen der Firma Keulhütte GmbH, Krauschwitz, eingebaut. Sie dienen überwiegend als Vorabsperren vor den Aufbereitungsanlagen.

Eingebaut wurden weichdichtende doppelt-exzentrische Absperrklappen nach EN 593 [1] (Baulänge GR 14 entsprechend EN 558 [2]) der Nennweiten DN 200 und DN 250 in der Druckstufe PN 16. Alle Klappen sind mit einer Epoxidharzpulver-Beschichtung nach GSK-Richtlinie [3] (Schichtdicke  $\geq 250 \mu\text{m}$ ) versehen und verfügen über eine medienfreie Lagerung der Klappenscheibe. Die Getriebe der Absperrklappen sind mittels Handrad für die Handbetätigung vorgesehen (**Bilder 1 und 2**).

Auch die weiteren Bauabschnitte werden mit Absperrklappen des gleichen Herstellers ausgestattet.

## Literatur

- [1] EN 593  
Industriearmaturen - Metallische Klappen  
2009+A1:2011
- [2] EN 558  
Industriearmaturen - Baulängen von  
Armaturen aus Metall zum Einbau in Rohr-  
leitungen mit Flanschen - Nach PN und  
Class bezeichnete Armaturen  
2008/FprA1:2011
- [3] Güte- und Prüfbestimmungen RAL-GZ 662  
Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen  
und Formstücken durch Pulverbeschich-  
tung  
2008-01

## Autor

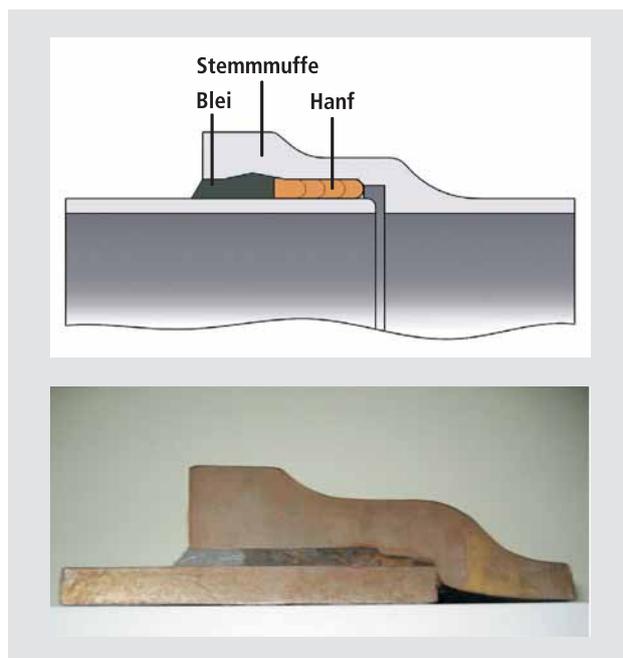
Tim Hobbiebrunken  
Gemeindewerke Bad Zwischenahn  
für Wasser und Abwasser  
Wasserwerk  
Am Heldenhain 1  
26160 Bad Zwischenahn/Deutschland  
Telefon: +49 (0)44 03/26 00  
E-Mail: wasserwerk@bad-zwischenahn.de

## Was gab es zuerst – Rohr oder Dichtung?

Von Felice Pavan

### 1 Einleitung

Selbst falls Rohre am Anfang gestanden haben sollten – erst mit Dichtungen ließen sie sich zu Rohrleitungen verbinden. Die Geschichte des Trinkwassertransports durch Rohrleitungen ist deswegen auch eine Geschichte der Dichtungen. Leupold [1] beschreibt 1724 in seinem Lehrbuch des Wasserbaus das Problem einer dauerhaft dichten Verbindung von Rohren. Wurde der Muffenspalt zunächst mit einer Art dauerelastischem Kitt gedichtet, so wurde später der Muffenspalt mit Blei und Hanf verstemmt (**Bild 1**). Eine weitere Entwicklung waren Dichtungen aus vulkanisiertem Naturkautschuk (NR = Natural Rubber).



**Bild 1:**  
Schnitt durch eine Stemmmuffen-Verbindung

Heute werden Dichtungen ausschließlich aus synthetischem Gummi angewendet. Bei Trinkwasser wird EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Monomer), bei Abwasser NBR (Nitril-Butadiene-Rubber) eingesetzt.

### 2 Anforderungen an Gummidichtungen

#### 2.1 Mechanisch-physikalische Anforderungen

Die wichtigste Größe einer Elastomerdichtung hinsichtlich ihrer Langzeitfunktion ist ihre Dauerelastizität. Diese Größe wird in zeitraffenden Versuchen als sogenannter Druckverformungsrest (DVR) bestimmt.

Man komprimiert dabei eine Gummiprobe um einen festen Betrag und lässt sie so bei verschiedenen Temperaturen über 24 bzw. 72 Stunden altern. Nach Entlastung wird die wieder erreichte Probendicke gemessen und der bleibende Dickenverlust auf die Ausgangsdicke bezogen.

Die in EN 681-1 [2] aufgeführten Anforderungen an den Druckverformungsrest von Dichtungen in Trinkwasserleitungen der Härteklasse von TYTON®-Verbindungen (**Bild 2**) lauten:

- 72 h bei 23 °C: DVR < 12 %
- 24 h bei 70 °C: DVR < 20 %

Ein weiteres Maß für die Alterungsbeständigkeit ist die Zunahme der Härte sowie die Abnahme von Zugfestigkeit und Reißdehnung gegenüber dem Ausgangszustand bei einer Kurzzeitalterung von sieben Tagen bei 70 °C.



**Bild 2:**  
Abwasserformstück MMI,  
TYTON®-Muffe mit eingelegter TYTON®-Dichtung (NBR)

Für die Gummisorten der TYTON®-Verbindung lauten die Anforderungen:

- Alterung über sieben Tage bei 70 °C, maximale Änderung der Ausgangswerte:
  - Härte +8/-5 IRHD
  - Zugfestigkeit -20 %
  - Reißdehnung +10 %/-30 %

## 2.2 Trinkwasserhygienische Anforderungen

Organische Materialien im Kontakt mit Trinkwasser unterliegen strengen gesetzlichen Regelungen, damit keine schädlichen Substanzen in das Trinkwasser übergehen.

Die Anforderungen in der Elastomerleitlinie des Umweltbundesamtes [3] gelten als Prototyp für ein künftiges europäisches Zulassungsmuster für Dichtungen aus Gummi. Neben den Grundanforderungen dieser Leitlinie

- **die äußere Beschaffenheit**
  - Geruch/Geschmack,
  - Klarheit/Färbung/Schaumbildung
- die Abgabe **von organischen Substanzen, (TOC)** darf bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten,

dürfen zur Herstellung von Gummidichtungen nur Stoffe eingesetzt werden, die auf einer Positivliste eingetragen sind.

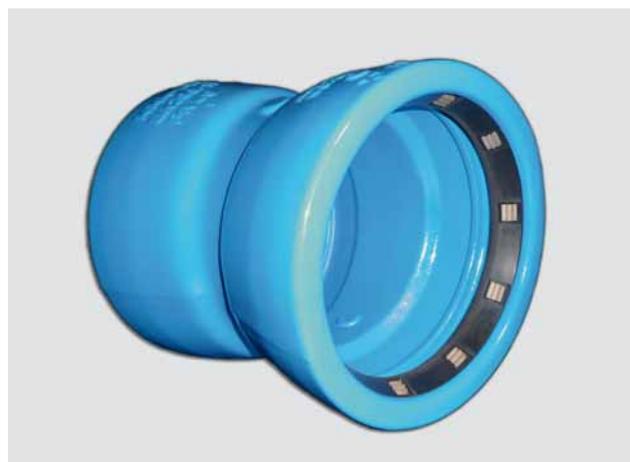
An den Dichtungen ist außerdem ihre Neigung zur Bildung mikrobiellen Bewuchses nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 [4] zu bewerten.

## 3 Dichtungen mit Zusatzfunktion „Längskraftschlüssigkeit“

Bereits vor etwa 40 Jahren wurde eine Dichtung entwickelt, in der metallische „Zähne“ mit gehärteten Schneiden einvulkanisiert sind. Diese Zähne greifen einerseits in die Oberfläche des Einsteckendes ein und stützen sich auf der anderen Seite von innen am Zentrierbund der Muffe des anderen Rohres ab und verhindern so das ungewollte Auseinanderziehen der Rohrverbindung unter der Wirkung des Innendrucks (TYTON SIT PLUS®-Dichtung). **Bilder 3 und 4** zeigen die üblicherweise eingesetzte TYTON SIT PLUS®-Dichtung.



**Bild 3:**  
Trinkwasserformstück MMB,  
TYTON®-Muffe mit eingelegter  
TYTON SIT PLUS®-Dichtung (EPDM)



**Bild 4:**  
Trinkwasserformstück MMK 11°,  
DN 200 mit TYTON SIT PLUS®-Dichtung (EPDM)

Das Einvulkanisieren der metallischen Halteelemente war eine große Herausforderung an die Dichtungshersteller, weil weitere Anforderungen an die Dichtung gestellt wurden. Die Anforderungen an die Funktion sowie die Prüfmethode für die Längskraftschlüssigkeit sind in den Produktnormen EN 545 [5] und EN 598 [6] detailliert beschrieben.

#### 4 Fazit

Alle Anforderungen an eine moderne Dichtung für duktile Guss-Rohrsysteme lassen sich in folgender Liste zusammenfassen:

- **Einhaltung der mechanisch-physikalischen Anforderungen**  
Sie stellen die dauerhafte Dichtfunktion im Zusammenhang mit der Konstruktion der Verbindung sicher.
- **Einhaltung der trinkwasserhygienischen Anforderungen**  
Sie stellen sicher, dass die Qualität des in der Leitung transportierten Trinkwassers nicht nachteilig beeinflusst wird.
- **Einhaltung der Anforderungen an die Funktion**  
Sie stellen sicher, dass eine Verbindungskonstruktion mit der richtigen Gummidichtung jahrzehntelang dicht bleibt, auch wenn ungünstige Bedingungen (Erdbebewegungen, Maßtoleranzen etc.) vorliegen sollten.
- **Einhaltung der Anforderungen an die Funktion „Längskraftschlüssigkeit“**  
Sie stellen sicher, dass eine Leitung unter dem Einfluss des Innendrucks auch an Richtungsänderungen, Endverschlüssen etc. stabil in ihrer Lage gehalten wird.

In diese Liste gehört nicht zuletzt die Anforderung, dass sich eine gummigedichtete Verbindung einfach, schnell und zuverlässig montieren lässt und zudem gegenüber kleinen Fehlern des Monteurpersonals tolerant ist.

Diese Aufzählung zeigt, dass alle drei Elemente optimal zusammenwirken müssen, damit eine dauerhaft dichte und haltbare Rohrleitung entstehen kann:

- das Rohr und seine Verbindung,
- die passende Dichtung,
- der gewissenhafte Monteur.

#### Literatur

- [1] Leupold, J.:  
Theatrum Machinarum Hydrotechnicarum der Wasserbaukunst; Leipzig  
1724
- [2] EN 681-1  
Elastomer-Dichtungen – Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung –  
Teil 1: Vulkanisierter Gummi  
1996 + A1:1998 + A2:2002 + AC:2002 + A3:2005
- [3] Umweltbundesamt UBA  
Entwurf: Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von Elastomeren im Kontakt mit Trinkwasser (Elastomerleitlinie)  
2011-08-10  
<http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/trinkwasser/20110810Elastomerleitlinie.pdf>
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 270  
Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung  
2007-11
- [5] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren  
2010
- [6] EN 598  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren  
2007+A1:2009

#### Autor

Felice Pavan  
SATTEC DBS GOMMA SRL  
Via E. Mattei, 12  
33080 Prata di Pordenone (PN)/Italien  
Telefon: +39 (0)4 34/62 01 00  
E-Mail: tecnicoqualita@sattecgomma.it

# Auswirkungen der neuen EN 545 auf die Planungspraxis für Trinkwasserleitungen aus duktilem Gusseisen

Von Jürgen Rammelsberg

## 1 Einleitung

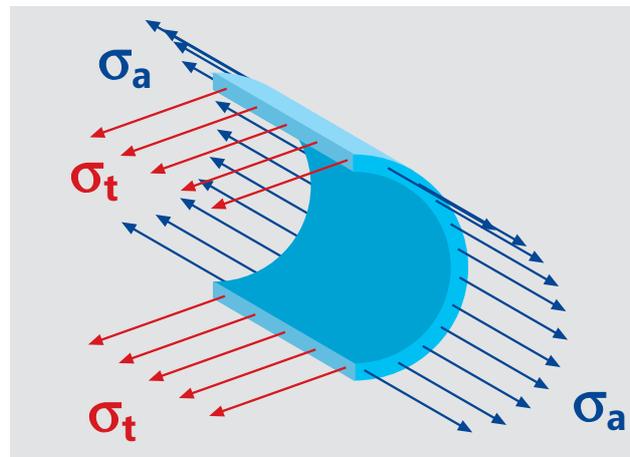
Die folgenschwerste Änderung bei der Revision der EN 545:2010 [1] ist die generelle Einführung der Druck-Klassen und der Entfall der alten K-Klassen (Wanddicken-Klasse). Dies entsprach einer Empfehlung der EN 14801 [2], wonach zur Vereinfachung der Planung von erdüberdeckten Rohrleitungen neben der Festlegung des Arbeitsdruckes noch drei typische Einbauvarianten

- ländliche Wirtschaftswege,
- Anliegerstraßen mit geringen Verkehrslasten und
- Hauptstraßen mit hohen Verkehrslasten als Repräsentanten verschiedener Scheitellasten als Kriterien zur Auswahl des geeigneten Rohres aufgeführt sind.

Während in der EN 14801 [2] die üblichen Parameter, welche zur Aufstellung einer Rohrstatik erforderlich sind, ausführlich diskutiert und bewertet werden, finden Angaben zu Längskräften in Rohrleitungen nur im informativen Anhang A ihren eher bescheidenen Platz. Ähnlich unvollständig sind die Regelungen zu längskraftschlüssigen Verbindungen in der neuen EN 545:2010 [1].

## 2 Kräfte und Spannungen in Rohrleitungen

Bei einer Rohrleitung oder einem Druckbehälter entstehen entsprechend **Bild 1** aus dem Innendruck Spannungen in der Behälterwand und zwar Umfangs- oder Tangential-Spannungen  $\sigma_t$  und Längs- oder Axial-Spannungen  $\sigma_a$ .



**Bild 1:** Spannungen aus Innendruck in einer Rohrwand

Die beiden Spannungen berechnen sich wie folgt:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot e} \quad [N / mm^2] \quad (1)$$

$$\sigma_a = \frac{p \cdot D}{4 \cdot e} \quad [N / mm^2] \quad (2)$$

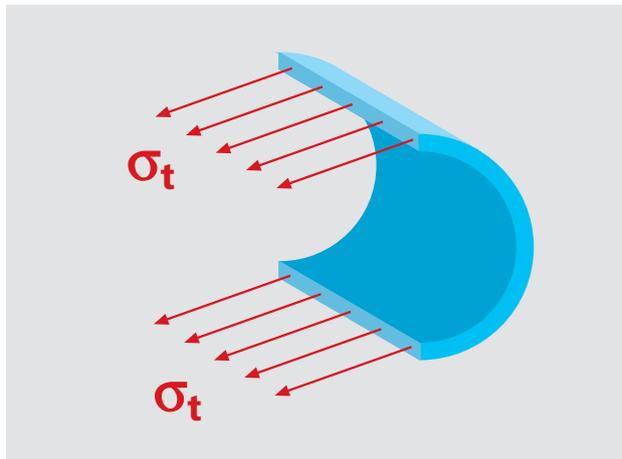
- $p$  Innendruck [bar]  
1 bar = 0,1 MPa = 0,1 N/mm<sup>2</sup>
- $D$  Mittel-Durchmesser [mm]  
 $D = (DE + D_i) / 2 = DE - e$
- $DE$  Außendurchmesser [mm]
- $D_i$  Innendurchmesser [mm]
- $e$  Wanddicke [mm]
- $\sigma_t$  Tangential-Spannung in der Wand [N/mm<sup>2</sup>]
- $\sigma_a$  Axial-Spannung (Längsrichtung) in der Wand [N/mm<sup>2</sup>]

Duktile Gussrohre nach EN 545:2010 [1] werden zum größten Teil durch Steckmuffen-Verbindungen zu Rohrleitungen gefügt. Dabei sind zu unterscheiden

1. bewegliche Steckmuffen-Verbindungen,
2. bewegliche längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen.

Die unter 1. genannten beweglichen Steckmuffen-Verbindungen übertragen keine Axialkräfte. Sollte der Wasser-Innendruck Axialkräfte erzeugen, müssen sie mit geeigneten Mitteln in den Baugrund eingeleitet werden, z. B. durch Betonwiderlager an Endverschlüssen, Abzweigen, Reduzierungen oder Richtungsänderungen.

Bewegliche Steckmuffen-Verbindungen haben das Bild des Gussrohres in den letzten sechs Jahrzehnten maßgeblich geprägt; sie sind preiswert und einfach zusammenzuschieben, sie entlasten das Rohr, gerade weil sie keine axialen Kräfte weiterleiten können.



**Bild 2:**  
Umfangs-Spannungen in einem Rohr mit beweglicher längskraftfreier Muffen-Verbindung

Das typische Muffenrohr ohne Längskraft nimmt nur die aus dem Wasser-Innendruck entstehenden Umfangs- oder Tangential-Spannungen  $\sigma_t$  auf (**Bild 2**), für deren Höhe die folgende Gleichung gilt:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot e} \left[ N / mm^2 \right] \quad (1)$$

oder nach dem Innendruck aufgelöst:

$$p = \frac{2 \cdot e \cdot \sigma_t}{D} [bar] \quad (3)$$

wobei  $D$  der Durchmesser in der Mitte der Rohrwand ist. Bei der Wanddicke  $e$  und dem Außendurchmesser  $DE$  ergibt sich daraus die bekannte Gleichung, die wir seit Jahrzehnten in der EN 545 [1] benutzen, um die Wanddicke  $e_{min}$  aus dem Innendruck abzuleiten:

$$p = \frac{2 \cdot e_{min} \cdot \sigma_t}{(DE - e_{min})} [bar] \quad (4)$$

$e_{min}$  Mindestwanddicke [mm]  
des gewählten Rohrtyps  
nach EN 545 [1]

Duktiles Gusseisen hat eine Mindestzugfestigkeit  $R_m = 420$  MPa, und mit einem Sicherheitsfaktor  $S_F = 3$  soll die Umfangs-Spannung in der Wand von der Mindestzugfestigkeit Abstand halten. Mit diesen Festlegungen ergibt sich der Innendruck, der jetzt zulässiger Bauteilbetriebsdruck  $PFA$  genannt wird:

$$PFA = \frac{2 \cdot e_{min} \cdot 420}{(DE - e_{min}) \cdot 3} = \frac{2800 \cdot e_{min}}{(DE - e_{min})} [bar] \quad (5)$$

#### Definition aus der EN 805 [3]

Zulässiger Bauteilbetriebsdruck  $PFA$  [bar]:

Höchster hydrostatischer Druck, bei dem ein Rohrleitungsteil im Dauerbetrieb standhält.

Diese Definition gilt nur ohne Druckstoß und ausschließlich für längskraftfreie Verbindungen.

### 3 Bisherige Methode zur Festlegung der Wanddicken

Mit zunehmendem Durchmesser nehmen die Wanddicken für einen bestimmten Betriebsdruck zu. Damit man nicht andauernd eine Tabelle befragen musste, wurden Wanddicken-Klassen eingeführt, die für alle Durchmesser oder Nennweiten das Niveau der Leistungsfähigkeit eines Rohres mit einer ganzen Zahl  $K$  kennzeichnen.

Der Wert von  $K$  kann frei gewählt werden, z. B.  $K = \dots 8, 9, 10, \dots$  und verbindet Nennweite und Wanddicke  $e$  mit folgender Gleichung:

$$e = K \cdot (0,5 + 0,001 \cdot DN) [mm] \quad (6)$$

Diese Nennwanddicke hat noch ein unteres Grenzmaß  $\Delta e$  („Minus-Toleranz“), welches dann zur Mindestwanddicke  $e_{min}$  führt:

$$\Delta e = -(1,3 + 0,001 \cdot DN) [mm] \quad (7)$$

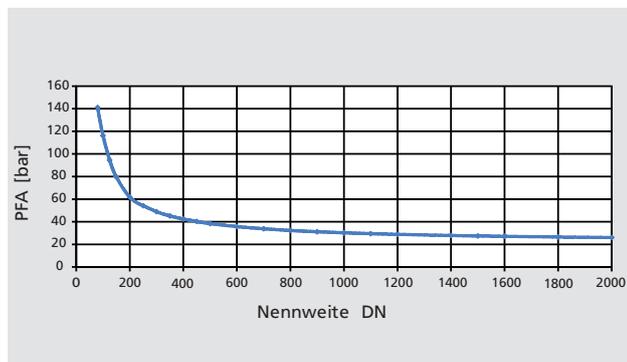
Damit die Wanddicken der kleinen Nennweiten praktisch überhaupt herstellbar blieben, wurde

die Nennwanddicke auf  
 $e \geq 6 \text{ mm}$

und die Mindestwanddicke auf  
 $e_{min} \geq 4,7 \text{ mm}$

nach unten begrenzt.

Mit den Mindestwanddicken für  $K = 9$  stellt sich der zulässige Bauteilbetriebsdruck  $PFA$  in Abhängigkeit von der Nennweite  $DN$  wie folgt dar (**Bild 3**).



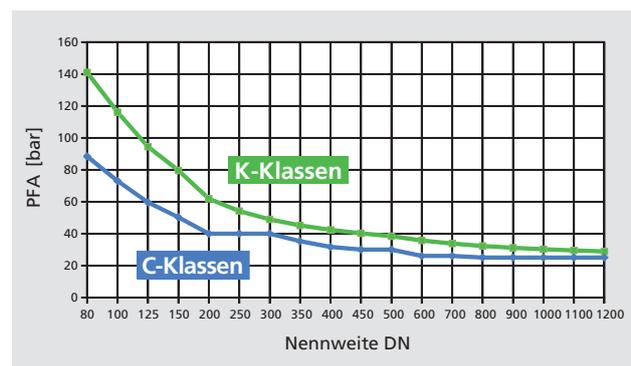
**Bild 3:**  
Zulässiger Bauteilbetriebsdruck  $PFA$  für längskraftfreie Rohre der Wanddicken-Klasse K 9

Das Diagramm zeigt, dass die Rohre im unteren Nennweitenbereich DN 80 bis DN 200 wegen der unteren Begrenzung der Mindestwanddicke auf 4,7 mm zumindest gegenüber dem Innendruck, der in Trinkwasserverteilungsnetzen

üblicherweise bei 10 bar liegt, etwas überdimensioniert sind, vor allem, wenn man bedenkt, dass in der Bemessungsgleichung bereits ein Sicherheitsfaktor von  $S_F = 3$  gegenüber der Mindestzugfestigkeit enthalten ist.

Dies führte dazu, dass für die Mindestwanddicke die untere Begrenzung von 4,7 mm auf einen Wert von 3,0 mm abgesenkt wurde. In diese Phase fiel die Forderung der EN 14801 [2], Rohrleitungsteile nach ihrem Druck zu klassifizieren, gewissermaßen ihre Belastbarkeit gegenüber dem Innendruck als Leistungsmerkmal im Namen oder in der Bezeichnung darzustellen. Die Druck-Klassen waren damit geboren. Ein längskraftfreies Rohr der Druck-Klasse C 40 ist also für einem Innendruck von  $PFA = 40 \text{ bar}$  ausgelegt.

Im Hinblick auf die Bemessung für den Innendruck längskraftfreier Rohre ist dies bis zur DN 300 eine gravierende Änderung, wie das nächste Diagramm zeigt (**Bild 4**). Ab DN 400 sind die Unterschiede eher zu vernachlässigen.



**Bild 4:**  
Vergleich der K-Klassen (Wanddicken-Klasse) mit den C-Klassen (Druck-Klassen)

Der Effekt beruht allein darauf, dass der Grenzwert der Mindestwanddicke von 4,7 mm auf 3,0 mm (um etwa ein Drittel) abgesenkt wurde. Die zur Wanddickenberechnung gültige Gleichung (5) gilt wie bisher.

Wer über lange Jahre seines Berufslebens als Planer, Rohrleger oder Netzbetreiber Erfahrungen mit duktilen Gussrohren gesammelt hat, dessen Bild wird vom Rohr der Wanddicken-Klasse K 9 geprägt sein.

Es bildet nämlich einen guten Kompromiss aus

- Belastbarkeit aus Innendruck,
- Beständigkeit gegen Längsbiegung (Längsbiegefestigkeit),
- Beständigkeit gegen Ovalisierung (Ringsteifigkeit).

Wenn er jetzt sein bewährtes (wohlgemerkt: längskraftfreies!) Rohr normgerecht beschreiben will, braucht er die Tabelle 2 in [4], die ihm für jede Nennweite die alte K-Klasse in die neue Druck-Klasse übersetzt, wobei natürlich die in Millimeter gemessene Wanddicke die für beide gemeinsame Größe ist. In dieser Tabelle sind die Bereiche mit ähnlichen Wanddicken und den Druck-Klassen entsprechende Bereiche für den zulässigen Bauteilbetriebsdruck *PFA* in gleichen Farben gehalten.

Damit besteht für den Rohrleitungsplaner die Möglichkeit, seine auf K-Klassen basierende Erfahrung mit der neuen Betrachtung der Druck-Klassen abzugleichen und dabei immer die tatsächliche **Mindestwanddicke als gemeinsame Bezugsgröße** im Auge zu behalten.

## 4 Längskraftschlüssige Verbindungen

Zitat aus der EN 545:2010 [1]:

### 4. Technische Anforderungen

#### 4.2 Druckklasse

*Entsprechend 3.21 wird die Druckklasse eines Bauteils durch eine Kombination der konstruktionsbezogenen Funktionsfähigkeit und der Funktionsfähigkeit der längskraftfreien beweglichen Verbindung festgelegt.*

*Längskraftschlüssige Verbindungen können den *PFA* verringern; in diesem Fall ist der *PFA* vom Hersteller anzugeben.*

Die konstruktionsbezogene Funktionsfähigkeit bedeutet schlicht die nach Gleichung (5) mit Zugfestigkeit, Sicherheitsfaktor und Durchmesser für den *PFA* berechnete Mindestwanddicke.

Die Funktionsfähigkeit der **längskraftfreien** beweglichen Verbindung bedeutet nichts anderes, als dass die Steckmuffen-Verbindung mindestens bis zu diesem *PFA* dicht bleibt.

Der zweite Satz mit dem Bezug zu **längskraftschlüssigen** Verbindungen stiftet eher Verwirrung, denn das Rohr ist ja bereits mit einer druckbasierten Angabe versehen, der C-Klasse.

Wenn nun z. B. neben der in der Norm geforderten Angabe C 40 ein *PFA* = 16 steht, kann das zu Fehlinterpretationen führen, vor allem dann, wenn es sich um ein Rohr mit beweglicher Steckmuffen-Verbindung handelt, die nach Bedarf mit einer Dichtung mit metallischen Haltekrallen längskraftschlüssig gemacht werden kann.

### 4.1 Einsatz längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen

Längskraftschlüssige bewegliche Steckmuffen-Verbindungen werden beim Bau von Rohrleitungen in zwei unterschiedlichen Weisen eingesetzt:

1. Zur **Lagesicherung** bei erdüberdeckten Rohrleitungen (DVGW-Arbeitsblatt GW 368 [5]).  
Kräfte aus Innendruck an Richtungsänderungen, Endverschlüssen, Abzweigen, oder Reduzierungen werden in den Baugrund eingeleitet. Der Spannungszustand im Rohrschaft ist zweiachsig. Die Angabe des *PFA* neben der Druck-Klasse reicht aus. Die Druck-Klasse steht nur noch als Synonym für die Mindestwanddicke, das maßgebliche Leistungskriterium ist der *PFA*.
2. Beim **Einzug** mit grabenlosen Bauverfahren (DVGW-Arbeitsblätter GW 321 [6] ff.) werden leere, drucklose Rohrstränge in vorgegebene Trassen eingezogen. Der Spannungszustand im Rohrschaft ist einachsig. Die Angabe des *PFA* neben der Druck-Klasse (sie steht wiederum nur noch für die Mindestwanddicke) reicht nicht aus. Zusätzlich muss noch die Angabe der zulässigen Zugkraft dazukommen. Die maßgeblichen Leistungskriterien sind *PFA* und zulässige Zugkraft.

Im deutschsprachigen Raum beträgt der Anteil längskraftschlüssiger Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen immerhin mehr als 75 %.

## 4.2 Kennzeichnung

Zitat aus der EN 545:2010 [1]:

### 4.7 Kennzeichnung der Rohre, Formstücke und Zubehörteile

#### 4.7.1 Rohre und Formstücke

*Alle Rohre und Formstücke müssen leserlich und dauerhaft gekennzeichnet und mindestens mit folgenden Angaben versehen sein:*

- Name oder Kennzeichen des Herstellers;
- Kennzeichen des Herstellungsjahres;
- Kennzeichen für duktilen Gusseisen;
- DN;
- Nenndruck PN bei Flanschen für Flanschbauteile;
- Verweisung auf diese Europäische Norm, d. h. EN 545;
- Druckklasse von Schleudergussrohren.

*Die ersten fünf Angaben müssen eingegossen oder eingeschlagen sein. Die übrigen Kennzeichnungen können durch ein beliebiges anderes Verfahren aufgebracht werden, z. B. auf dem Gussstück aufgemalt sein.*

Eine eindeutige und unmissverständliche Festlegung zur Kennzeichnung von Rohren mit **längskraftschlüssiger** Verbindung gibt es in der EN 545:2010 [1] nicht.

## 5 Folgerungen

Die EN 545:2010 [1] setzt mit Einführung der Druck-Klassen für längskraftfreie Rohre eine Empfehlung der EN 14801 [2] um.

Für Rohre mit formschlüssigen Verbindungen, wie sie bei grabenlosen Bauweisen gebraucht werden, reichen die Aussagen der Norm nicht aus. Für Rohre mit reibschlüssigen Verbindungen in einem normalen Muffenprofil gibt es überhaupt keine Regelung.

Die EN 545:2010 [1] muss für die Belange der Praxis dringend überarbeitet werden, weil sie im jetzigen Zustand irreführend ist.

Die FGR®/EADIPS®, der europäische Interessensverband der Gussrohrindustrie, wird in Kürze eine Verbandsnorm veröffentlichen, in welcher die unklaren Angaben präzisiert und fehlende Angaben ergänzt werden. Bis zur

Veröffentlichung der überarbeiteten Produktnorm empfiehlt der Verband seinen Mitgliedern, für längskraftschlüssige Rohre die bewährte K-Klassen-Kennzeichnung beizubehalten.

## Literatur

- [1] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren  
2010
- [2] EN 14801  
Bedingungen für die Klassifizierung von Produkten für Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nach auftretenden Drücken  
2006
- [3] EN 805  
Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden  
2000
- [4] Rammelsberg, J.: Wanddickenklassen und Druckklassen in der DIN EN 545 – Vergleich zwischen den Versionen von 2007 und 2010  
GUSS-ROHRSYSTEME 45 (2011), S. 26
- [5] DVGW-Arbeitsblatt GW 368  
Längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gußeisen oder Stahl  
2002-06
- [6] DVGW-Arbeitsblatt GW 321  
Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung  
2003-10

## Autor

Dr.-Ing. Jürgen Rammelsberg  
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®) e. V./European Association for Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®  
Im Leuschnerpark 4  
64347 Griesheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)61 55/6 05-2 25  
E-Mail: rammelsberg@arcor.de

# Neuordnung der Wasserversorgung Wertheim – Zuleitung zum Ortsteil Eichel/Hofgarten

Von Erich Amrehn und Frieda Elenberger

## 1 Einleitung

Die Stadtwerke Wertheim GmbH betreiben die Wasserversorgungsanlagen der Stadt Wertheim und des Zweckverbands Wasserversorgung Main-Tauber. Der Zweckverband Wasserversorgung Main-Tauber wurde 1971 als Körperschaft des öffentlichen Rechts mit Sitz in Freudenberg am Main gegründet und nahm 1972 seine Tätigkeit auf. Zur Sicherstellung der Wasserversorgung mit Eigenwasser wurde 2011 im Aalbachtal ein hochmodernes Wasserwerk neu gebaut und

in Betrieb genommen. Aus sechs Brunnen im Aalbachtal wird das Rohwasser gefördert und in diesem Wasserwerk zu Trinkwasser mit einer hervorragenden Qualität aufbereitet.

Das übergeordnete Ziel dieses ersten gemeinsamen Großprojektes ist die Verteilung von Trinkwasser mit gleicher Qualität im gesamten Versorgungsgebiet des Verbandes, bestehend aus der Stadt Freudenberg mit zugehörigen Ortsteilen sowie der Stadt Wertheim mit ihren 18 Ortsteilen.

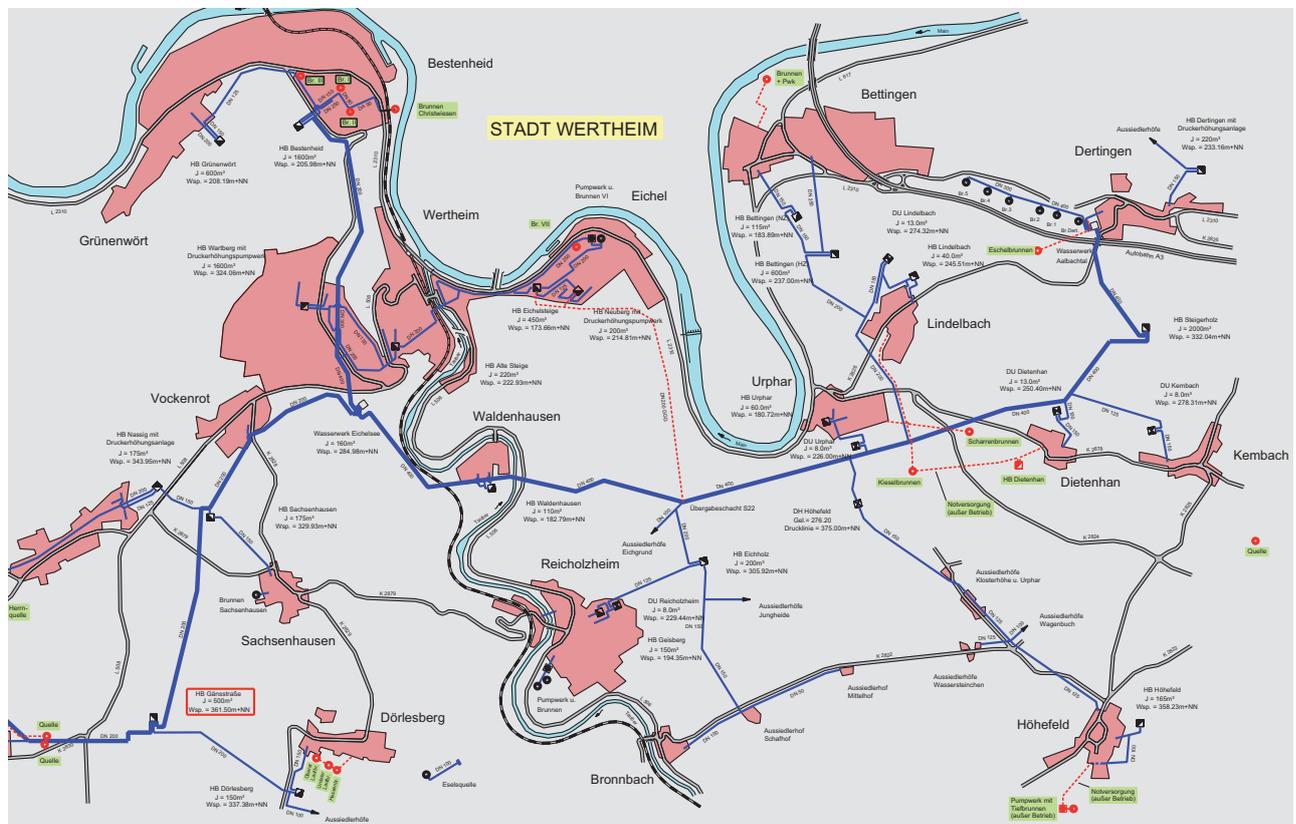


Bild 1:  
Wasserversorgungsnetz Wertheim

**Tabelle 1:**

Zusammenstellung der vier Druckzonen – Einstellungen für die Druckreduzierventile

Verbrauchszone	Ventil	Geländehöhen Druckregel- bauwerke [m ü. NN]	Vordruck [m ü. NN/bar]	Nachdruck [m ü. NN/bar]	Geländehöhen im Versorgungsgebiet		Einstellung für Sicher- heitsventile
					[m ü. NN/bar]	[m ü. NN/bar]	
	Nr.				max.	min.	
Hochzone HZ III Hofgarten	DR3	234	317/8,3	268/3,4	238/3,0	211/5,7	um ca. 0,8 bar höher als der ein- gestellte Nachdruck
Hochzone HZ II Hofgarten	DR2	234	317/8,3	250/1,6	225/2,5	181/6,9	
Hochzone HZ I Hofgarten (= HB CMS) (Wsp = 215,00)	DU	211	215/-	215/0,4	179/3,6	149/6,6	
Niederzone Hof- garten /Altstadt	DR1	170	317/14,7	185/1,5	155/3,0	137/4,8	

Das Leitungssystem des Verbandes ist so ausgelegt, dass das Wasser mit nur drei Pumpstationen zentral gefördert und dabei in die verschiedenen Speicheranlagen gehoben wird. Die dafür notwendige Druckerhöhung beträgt 15 bar.

2. Verbindungsleitung von der geplanten Druckminderstation bis zum bestehenden Hochbehälter Eichelsteige, DN 200, Druckstufe PN 16, Länge 425 m,
3. Leitungsverbindungen zur Zonentrennung für die neu eingerichteten Druckzonen im Ortsteil Hofgarten, DN 100 und DN 150, Druckstufen PN 10 und PN 16, Länge 385 m.

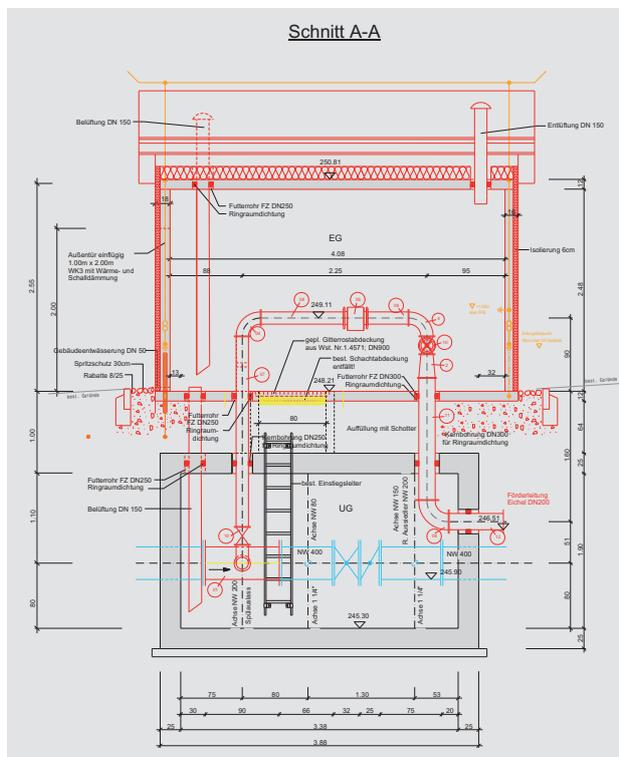
## 2 Planung der Zuleitung Eichel/Hofgarten

Der Ortsteil Eichel/Hofgarten sowie Teile der Altstadt von Wertheim wurden bisher aus zwei Brunnen in der Main-Aue mit Trinkwasser versorgt. Nach der Novellierung der Trinkwasserverordnung überschritten verschiedene Parameter ihre Grenzwerte, sodass diese Wassergewinnungsanlagen stillgelegt werden mussten. Die Versorgung erfolgt künftig aus der Brunnengalerie im Aalbachtal über das neu errichtete Wasserwerk Eichel mit zentraler Aufbereitung (**Bild 1**).

Wegen seiner großen Höhenunterschiede wird das erweiterte Versorgungsgebiet, bestehend aus der Altstadt Wertheim sowie dem Stadtteil Eichel mit vier verschiedenen Druckzonen (bisher drei), neu geordnet (**Tabelle 1**).

Zur Bewältigung dieser Aufgaben mussten folgende Rohrleitungen gebaut werden:

1. Zuleitung zum Ortsteil Eichel/Hofgarten ab dem Schacht 22 (Eichgrundsiedlung) bis zum Druckminderbauwerk am Oberen Neuberg, DN 200, Druckstufe PN 16, Länge 2.740 m,



**Bild 2:** Erweiterung des Schachtbauwerks S 22 für die Steuerung der neuen Zuleitung zum Ortsteil Eichel/Hofgarten

Dank der bisher beim Auftraggeber vorliegenden guten Erfahrungen wurden für alle Leitungen Rohre aus duktilem Gusseisen nach EN 545 [1] ausgeschrieben. Die duktilen Gussrohre sind mit einer Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A) und einem äußeren Zink/Aluminium (Zn/Al)-Überzug mit Epoxidharz-Deckbeschichtung versehen.

Im Zusammenhang mit der Maßnahme mussten einige Bauwerke umgebaut werden wie das Schachtbauwerk S 22 (**Bild 2**), die Schieberkammer im Hochbehälter Caspar-Merion-Straße und das Pumpwerk Eichelsteige. Neu errichtet wurde das Betriebsgebäude der Druckminderstation Oberer Neuberg.

### 3 Bauausführung

Die Trasse der Leitung beginnt oberhalb des bestehenden Hochbehälters Eichelsteige und verläuft über die Erschließungsstraße Eichelsteige entlang der Gemeindeverbindungsstraße bis zur Eichgrundsiedlung im Stadtteil Reichholzheim. Im Trassenbereich kam die Anwesenheit von

- Fernmeldekabeln,
- Hoch- und Niederspannungskabeln,
- Wasserversorgungsleitungen,
- Abwasseranlagen und
- Gasleitungen

als Erschwernis hinzu (**Bild 3**). Alle Grundstückzufahrten mussten während der gesamten Bauphase zugänglich bleiben. Die entlang der Trasse ausgewiesenen Biotope waren besonders zu schützen.

Als Baugrund wurde auf 2/3 der Trasse Fels angetroffen, im restlichen Trassenbereich überwiegend rollige Böden (**Bild 4**). Die Rohrleitung, duktile Gussrohre mit einer Baulänge von 6 m, wurde konventionell im offenen Rohrgraben eingebaut. Die Rohre wurden nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 [2] mit Sand als zusätzlichem Korrosionsschutz umhüllt (**Bild 5**). Um an Hochpunkten Einschnitte (Übertiefen) zu vermeiden, war die Errichtung von vier zusätzlichen Be- und Entlüftungsventilen erforderlich. In der Regel hat die Leitung eine Erdüberdeckung von 1,2 m bis 1,5 m.

Um in Steilstrecken eine sichere und robuste Lage der Rohrleitung zu gewährleisten, sind in diesen Teilbereichen die duktilen Gussrohre und Formstücke mit der formschlüssigen BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung eingebaut worden. Im restlichen Trassenbereich wurden Rohre und Formstücke mit der reibschlüssigen



**Bild 3:**  
Fremdleitung im Bereich  
der Neubautrasse



**Bild 4:**  
Rolliger Boden im Bereich  
der Leitungszone



**Bild 5:**  
Zusätzlicher Korrosionsschutz  
durch Sandumhüllung

BRS®-Steckmuffen-Verbindung mit TYTON SIT PLUS®-Dichtung eingesetzt. Betonwiderlager konnten somit im gesamten Trassenbereich entfallen.

Beim Bau und der anschließenden Dichtheitsprüfung der Rohrleitung wurden die Vorgaben der EN 805 [3] und das DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 [2] beachtet und eingehalten.

#### 4 Zusammenfassung

Für die beschriebene Maßnahme wurden Rohre aus duktilem Gusseisen eingesetzt. Diese Rohre bieten unter den teilweise schwierigen Randbedingungen wie

- Baugrund,
- kreuzende Fremdleitungen,
- Sicherstellung von Zufahrten,
- zu schützende Biotope und
- Steilstrecken

höchste Sicherheit und eine lange Nutzungsdauer. Sie sind robust, unempfindlich gegenüber Punktauflagerungen und ermöglichen aufgrund ihrer Baulänge und der Abwinkelbarkeit der Verbindung flexible Problemlösungen.

Die gute Zusammenarbeit aller Beteiligten sowie das während der Bauphase gute Wetter erlaubten, die vorgesehene Bauzeit zu unterschreiten.

#### Literatur

- [1] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen –  
Anforderungen und Prüfverfahren  
2010
- [2] DVGW-Arbeitsblatt W 400-2  
Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRVV) –  
Teil 2: Bau und Prüfung  
2004-09
- [3] EN 805  
Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteilen außerhalb von Gebäuden  
2000

#### Autoren

Dipl.-Ing. Erich Amrehn  
Walter + Partner GbR  
Beratende Ingenieure VBI  
Krautgartenweg 6  
97941 Tauberbischofsheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)93 41/92 07-24  
E-Mail: erich.amrehn@wup-tb.de

Dipl.-Ing. Frieda Elenberger  
Walter + Partner GbR  
Beratende Ingenieure VBI  
Krautgartenweg 6  
97941 Tauberbischofsheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)93 41/92 07-20  
E-Mail: frieda.elenberger@wup-tb.de

#### Bauherr

Stadtwerke Wertheim  
Richard Diehm  
Mühlenstraße 60  
97877 Wertheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)93 42/9 09-0  
E-Mail:  
richard.diehm@stadtwerke-wertheim.de

#### Planung und Bauüberwachung

Walter + Partner GbR  
Dipl.-Ing. Erich Amrehn  
Krautgartenweg 6  
97941 Tauberbischofsheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)93 41/92 07-0  
E-Mail: erich.amrehn@wup-tb.de

#### Baufirmen

Zöller Bau GmbH  
Ruthard Schnarr  
Siemensstraße 11  
97855 Triefenstein/Deutschland  
Telefon: +49 (0)93 95/87 89-17  
E-Mail: r.schnarr@zoeller-bau.de

WaRoTec GmbH  
Wasser und Rohrleitungstechnik  
Günter Hasenstab  
Haselmühlweg 50  
63741 Aschaffenburg/Deutschland  
Telefon: +49 (0)60 21/4 42 98-2 14  
E-Mail: hasenstab@warotec.com

# Stromgewinnung mit Wasserkraft – ein wichtiger Beitrag zum Ausstieg aus der Atomenergie

Von *Andreas Schütz*

## 1 Einleitung

Dank der topografischen Bedingungen der Schweiz hat die umweltfreundliche Stromproduktion mit Wasserkraft vor allem in den Bergregionen nach wie vor ein großes Potenzial. Zudem wird diese Form der Energiegewinnung vom Bund schon seit Jahren mit Unterstützungsbeiträgen aktiv gefördert.

Der Beschluss des Schweizerischen Bundesrates vom Mai 2011, bis zum Jahr 2034 vollständig aus der Atomenergie auszusteigen, eröffnet nun eine völlig neue Ausgangslage. Laut Medienmitteilungen des Bundes wird in erster Priorität ein Ausbau der Wasserkraft geplant. Weitere wichtige Bestandteile der künftigen Energiepolitik sind Stromsparen, verbesserte Effizienz und vor allem Anstrengungen bei den erneuerbaren Energien.

## 2 Förderung der Wasserkraft

Als Folge des Bundesratsbeschlusses wird demnächst eine Revision des Schweizerischen Energiegesetzes erwartet. Das Energiegesetz schrieb schon vor dem Entscheid des Bundesrates vor, die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 um mindestens 5.400 GWh zu erhöhen. Es ist zu erwarten, dass diese Zahl nun deutlich nach oben korrigiert wird.

Das bisherige Energiegesetz enthielt bereits ein Paket von Maßnahmen zur Förderung der erneuerbaren Energien sowie zur Steigerung der Effizienz im Elektrizitätsbereich. Hauptpfeiler war dabei die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) für Strom aus erneuerbaren Energien. Jährlich wurden dafür rund 247 Mio. CHF für die Abgeltung der Differenz zwischen der Vergütung und dem Marktpreis

zur Verfügung gestellt. Die kostendeckende Vergütung ist bisher für folgende Technologien vorgesehen:

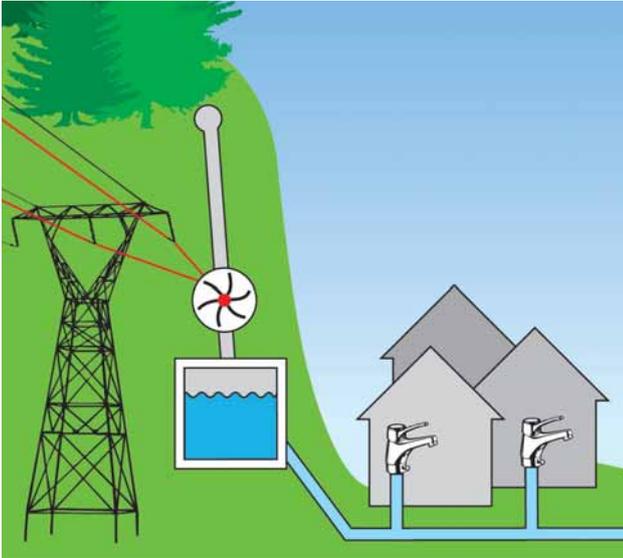
- Wasserkraft,
- Photovoltaik,
- Windenergie,
- Geothermie,
- Biomasse und Abfälle aus Biomasse.

Die Vergütungsdauer beträgt je nach Technologie 20 bis 25 Jahre.

## 3 Ökostrom aus Trinkwasserkraftwerken

Ein zentraler Bestandteil der neuen Energiestrategie des Bundes ist die Steigerung der Energieeffizienz. In dieser Hinsicht weist besonders die Stromerzeugung mit Trinkwasserkraftwerken eine hohe Energieeffizienz auf, weil die Trinkwasserleitungen neben ihrem Hauptzweck der Trinkwasserversorgung zusätzlich umweltfreundlichen Strom produzieren. Die Vorteile für den Betreiber sind offensichtlich. Der in Trinkwasserkraftanlagen erzeugte Strom wird lokal produziert, Natur und Wasserkreislauf bleiben praktisch unberührt. Zudem kann mit relativ geringem Aufwand ein wichtiger Beitrag für die Ziele des Bundes geleistet werden (**Bild 1**).

Durch die Stromproduktion wird die Qualität des Trinkwassers nicht beeinträchtigt. Außerdem ist die Umweltbelastung durch Trinkwasserkraftwerke nach der Bewertungsmethode des VUE (Verein für umweltgerechte Elektrizität) kaum messbar. Die produzierte Energie gilt somit als Ökostrom und kann auch als solcher verkauft werden.



**Bild 1:**  
Schematische Darstellung eines hydroelektrischen Kraftwerks (Kombination Trinkwasser- u. Kraftwerksleitungen)



**Bild 2:**  
Einbau des vonRollecopur-Vollschutz-Rohres DN 200, PFA 40, Wanddicken-Klasse K 9

#### 4 Projekt Kleinkraftwerk Herber in Giswil

Das Kleinkraftwerk Herber in Giswil (Kanton Obwalden) wurde neu gebaut und in eine bereits bestehende Trinkwasserdruckleitung von 1.270 m Länge integriert.

Da der bestehende Leitungsdurchmesser von 160 mm für die neuen Bedürfnisse nicht mehr ausreichte, wurde für die neue Druckleitung ein Durchmesser von 200 mm festgelegt.

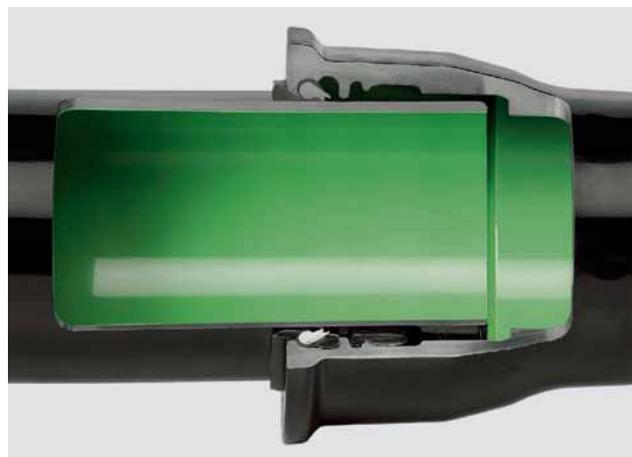
Es wurden duktile Gussrohre DN 200, PFA 40, K 9 (Wanddicken-Klasse) vonRollecopur mit längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindung und verstärkter Umhüllung gemäß EN 545 [1] mit integraler Umhüllung und Auskleidung aus Polyurethan, sogenannte Vollschutz-Rohre, eingesetzt. Dank der Flexibilität des bewährten Steckmuffen-Systems vonRollhydrotight konnten die Rohre einfach und sehr rationell montiert werden (**Bilder 2 bis 4**).

#### 5 Leistungsmerkmale

Das Nettogefälle des Kleinkraftwerks Herber beträgt 290 m. Damit ergibt sich ein Betriebsdruck von ungefähr 29 bar. Die Wassermenge beträgt 72 L/s. Die Turbine hat eine Drehzahl von 1000 U/min, die Leistung des Generators beträgt 150 kW.



**Bild 3:**  
Duktiles Gussrohr vonRollecopur mit Polyurethan-Auskleidung



**Bild 4:**  
Innenliegendes Schubsicherungssystem Fig. 2807 A vonRollhydrotight

## 6 Höchste Energieeffizienz

Das mit Polyurethan ausgekleidete Vollschutz-Rohr von *Rollecopur* weist eine Wandrauigkeit von  $k < 0,01$  mm auf und ist somit als hydraulisch glatt anzusehen. Dies ist eine Voraussetzung für minimale Druckverluste. Damit ist dieses Rohr prädestiniert für Wasserkraftwerke, bei denen ein hoher energetischer Wirkungsgrad entscheidend ist.

Die Steckmuffen-Verbindungen lassen sich bis zu  $3^\circ$  abwinkeln. Damit passt sich die Leitung ohne zusätzliche Formstücke kleinen Krümmungen an, womit die energietechnischen Eigenschaften eines Netzes weiter optimiert werden; für den Betreiber führen geringere Druckverluste zu einer höheren Turbinenleistung und damit zu einer merklich höheren Effizienz der Anlage, was im vorliegenden Fall sichergestellt werden konnte.

## 7 Hohe Anforderungen an die Druckleitung

Die Bauherrschaft stellte hohe Anforderungen an die Auskleidung der Rohre. Sie muss den trinkwasserhygienischen Anforderungen entsprechen, weichem Wasser standhalten und gleichzeitig mechanisch extrem stabil sein. Die PUR-Auskleidung nach EN 15655 [2] erfüllt diese Anforderungen.

Für den Bau einer Kraftwerksleitung mit hohen Drücken sind zudem hohe Betriebssicherheit, wirtschaftlicher Betrieb, einfacher Rohrleitungsbau im steilen Gelände sowie eine lange Lebensdauer der Rohrleitung entscheidende Faktoren bei der Wahl eines nachhaltigen Rohrleitungswerkstoffes.

Das Vollschutz-Rohr von *Rollecopur* mit dem bewährten Schubsicherungssystem von *Roll-hydrotight* erfüllt diese hohen Anforderungen und ist deshalb für den Einsatz bei Wasserkraftwerken geradezu ideal.

## Literatur

- [1] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihr Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren 2010
- [2] EN 15655  
Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen – Polyurethan-Auskleidung von Rohren und Formstücken – Anforderungen und Prüfverfahren 2009

## Autor

Dipl.-Ing. Andreas Schütz  
vonRoll hydro (suisse) ag  
Von Roll-Strasse 24  
4702 Oensingen / Schweiz  
Telefon: +41 (0)62 / 3 88 12 38  
E-Mail: andreas.schuetz@vonroll-hydro.ch

## Bauherr

Gemeinde Wasserversorgung Giswil  
Oskar Zumstein  
Grundwaldstrasse 13  
6074 Giswil / Schweiz  
Telefon: +41 (0)41 / 6 75 21 17  
E-Mail: oskar.zumstein@bluewin.ch

## Rohreinbau

ARMIN BERCHTOLD AG  
Armin Berchtold  
Sanitär + Heizung  
Mühlemattli 30  
6074 Giswil / Schweiz  
Telefon: +41 (0)41 / 6 75 19 19  
E-Mail: berchtold.ag@bluewin.ch

## Traun-Düker bei Linz

# Leistungsfähigkeit duktiler Guss-Rohrsysteme

Von Ingo Krieg

### 1 Einleitung

Duktile Guss-Rohrsysteme sind bei besonders schwierigen Einsätzen als erfolgreich bekannt. Beim Einbau einer Transportwasserleitung von Linz nach Ansfelden konnte das duktile Guss-Rohrsystem wieder einmal von sich reden machen, denn auf einer Strecke von 1,4 km war vieles zu bewältigen, was es an Besonderheiten beim Rohrleitungsbau gibt. Die volle Leistungspalette duktiler Guss-Rohrsysteme war gefragt.

### 2 Planung und Baudurchführung

In diesem Jahr hat kaum ein anderes Projekt der Wasserwirtschaft in Oberösterreich den Tiefbauingenieuren und dem Rohrwerkstoff so viel abverlangt wie der Bau dieser Transportwasserleitung, bei der nicht nur die Traun auf 92 m Länge gedükert wurde, sondern auch die Krems (Nebenfluss der Traun), der Mühlkanal und der Mühlbach. Sogar ein Kraftwerkskanal musste mit einer Rohrbrücke überquert werden.

Die LINZ AG als stadteigenes Versorgungsunternehmen führte alle Planungs- und die gesamten Einbauarbeiten durch.

Duktile Druckrohre DN 400 nach EN 545 [1] mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindungen und PUR TOP - Umhüllung waren die Protagonisten der Maßnahme, die vom 6. Februar bis Mitte April 2011 dauerte. Die Transportwasserleitung, die den Wasserverband Großraum Ansfelden, wvb, und den südlichen Teil von Linz versorgt, konnte im Juni 2011 erfolgreich in Betrieb genommen werden.

Nötig war das Projekt geworden, weil eine im Jahr 1960 zusammen mit der Linzer Stadtautobahn A 7 gebaute Brückenleitung (700 m aus

Stahl- und 700 m aus Asbestzement-Rohren) nicht mehr funktionstüchtig war. Die Sanierung hätte Mehrkosten von 350.000 Euro verursacht, so entschied sich die LINZ AG für den Neubau einer erdüberdeckten Leitung.

### 3 Trassenverlauf

Die neue Trasse verläuft entlang der A 7 in Richtung Ansfelden. Bei der Planung wurde vorausschauend die Verbreiterung der A 7 auf drei Spuren berücksichtigt. Aber nicht nur das beanspruchte die Planer, vielmehr mussten auch zahlreiche behördliche Auflagen erfüllt werden.

Dazu Wilhelm Riedlbauer, Betriebsmeister der LINZ AG, Bereich Wasser, der die Planung und Umsetzung des Sonderprojektes betreut hat:

„Die Leitung liegt größtenteils im Natura 2000 Naturschutzgebiet. Daher waren für diese sensiblen Bereiche besondere Auflagen hinsichtlich des Natur- und Fischereirechts zu berücksichtigen. Aber auch dem Wasserrecht musste Genüge getan werden, ganz zu schweigen von Rodungsbewilligungen und Auflagen der ASFINAG – AUTOBAHNEN- UND SCHNELLSTRASSEN-FINANZIERUNGSAKTIENGESELLSCHAFT, Wien, und des Stromanbieters VERBUND AG, Wien“.

### 4 Bau der Dükerleitung

Die große Herausforderung war der Bau der 92 m langen Unterquerung der Traun mit einer Dükerleitung in einem Krümmungsradius von 80 m. Dies geschah ohne Wasserhaltung. Bagger hoben eine Trasse in zwei Metern Tiefe aus und die mit Beton ummantelte duktile



**Bild 1 (links):**  
Dükerleitung DN 400 vor dem Einzug – mit Beton ummantelte duktile Gussrohre

**Bild 2 (rechts):**  
Um das Aufschwimmen der Leitung zu verhindern, war eine Betonummantelung nötig.

Gussrohrleitung DN 400 (**Bild 1**) wurde mit einer Seilwinde, deren Zuglast 80 t betrug, eingezogen. Die Betonummantelung war eine behördliche Vorgabe, um das Aufschwimmen der 76 t schweren Leitung bei der hohen Fließgeschwindigkeit der Traun zu verhindern (**Bild 2**).

Da die duktilen Gussrohre auf einem Stahlblechschlitten aufgebaut waren, wirkten die Zugkräfte auf den Schlitten und nicht auf die Rohrleitung. Bei der Montage wurde ein Dükerast mit eingezogen (**Bild 3**), um das Eindringen von Flusswasser in die Leitung zu verhindern. Zwei Taucher begleiteten den Einzug.

Bei den übrigen Bachkreuzungen brachte ein Schwerlastkran die vormontierten und an einer Traverse befestigten Dükerleitungen in ihre endgültige Lage (**Bild 4**). Teilweise wurden die duktilen Gussrohre in einem Stahlträgerkorb vormontiert (**Bilder 5 und 6**) und in die Gewässer gehoben.

Für diese Leitungsabschnitte wurden spezielle Glattröhre nach Herstellerwerksnorm mit zwei Schweißwülsten für längskraftschlüssige BLS®/VRS®-T-Steckmuffen-Verbindungen eingesetzt. Die Druckprüfungen wurden vor und nach dem Einziehen bzw. Einheben durchgeführt.



**Bild 3:**  
Fertig montierter Dükerast



**Bild 4:**  
Einheben eines fertig montierten Dükers – Arbeiten unter Flutlicht



**Bild 5:**  
Dükerpaket bestehend aus duktilen Gussrohren und einem Stahlblechkorb

## 5 Schlussbetrachtung

Der anspruchsvolle Einbau von duktilen Gussrohren an der Traun war nicht zuletzt wegen der Professionalität der beteiligten Firmen, GLS Bau und Montage GmbH, Perg, Hitthaller, Linz, und der LINZ AG, aber auch wegen der guten Eigenschaften der BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung und der Robustheit der mit Zementmörtel umhüllten Rohre (ZM-U) ohne jedes Problem möglich.



**Bild 6:**  
Bei den Bachquerungen wurden die Dükerleitungen von Schwerlastkränen abgesenkt.

## Literatur

- [1] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren 2010

## Autor

Ingo Krieg  
Duktus Tiroler Rohrsysteme GmbH  
Innsbrucker Straße 51  
6060 Hall in Tirol/Österreich  
Telefon: +43 (0)52 23/5 03-1 08  
E-Mail: ingo.krieg@duktus.com

## Zweckverband Gruppenwasserwerk Dieburg – Fernwasserleitung Süd von Hergershausen nach Groß-Zimmern

Von Heinz-Jörg Weimer

### 1 Einleitung

Der Zweckverband Gruppenwasserwerk Dieburg beliefert mehr als 120.000 Menschen aus der Region mit Trinkwasser. Über sein 1.000 km langes Rohrleitungsnetz – Fern-, Orts- und Hausanschlussleitungen – wird das Wasser an die Kunden verteilt. Von diesen insgesamt rund 1.000 km Trinkwasserleitungen erneuert der Zweckverband jährlich etwa 2 % mit duktilen Gussrohren der neuesten Generation.

### 2 Planung

Im südlichen Bereich seines Verteilungsnetzes war die Sanierung eines schwierigen Teilstückes wegen der hohen technischen Anforderungen bisher zurückgestellt worden. Auf kleinster Strecke war die Unterquerung einer wichtigen Schienenstrecke der Deutschen Bundesbahn, DB, und einer autobahnähnlichen Bundesstraße zu erneuern. Die bestehenden Schutzrohre konnten nicht genutzt werden, weil die Trinkwasserlieferung während der gesamten Bauphase aufrecht erhalten bleiben musste.

### 3 Trassenbeschreibung

Die Baumaßnahme liegt am Südostrand der Verbandskommune Dieburg. Die Trasse verläuft dort in Nord-Süd-Richtung auf einer Länge von rund 385 m zwischen der Bahnstrecke Darmstadt/Aschaffenburg entlang der Alheimer Straße bis zu einem Reglerschacht mit Ringkolbenventil auf Höhe der Kreisstraße K 128.

Die Trasse der neu einzubauenden Rohrleitung beginnt auf der Nordseite der Bahnstrecke Darmstadt/Aschaffenburg und unterquert diese.



**Bild 1:**  
Trassenführung

Von dort aus verläuft sie weiter auf einer Länge von 30 m entlang des Böschungsfußes des Fahrdammes der Bundesstraße B 45 und unterquert diese anschließend (**Bild 1**). Im Zuge der Weiterführung muss ein Staukanal DN 1500 mittels Düker unterquert werden.

### 4 Unterquerungen

Für die Unterquerungen des Bahndamms und der Bundesstraße B 45 wurden mittels gesteuerten Rohrvortriebs Stahlschutzrohre DN 900 eingebaut (**Bild 2**). Die Länge der Mantelrohrstrecken beträgt 20 m (Querung des Bahndamms) und 65 m (Querung der Bundesstraße).

Schichtwasser und eine kreuzende Gasleitung ließen nur geringfügige Höhenabweichungen zu (**Bild 3**). Nach Abschluss des Rohrvortriebs wurden die duktilen Gussrohre eingezogen (**Bilder 4 und 5**).



**Bild 2:**  
Entfernen des Bodens aus dem eingebauten Stahl-  
schutzrohr DN 900 mit einer Förderschnecke



**Bild 5:**  
Im Stahlschutzrohr DN 900 eingezogenes  
duktiles Gussrohr DN 500



**Bild 3:**  
Überbauung einer  
vorhandenen Rohrleitung



**Bild 6:**  
Längskraftschlüssige duktile Gussrohre DN 500 mit  
Zementmörtel-Umhüllung und Schrumpfmanschetten  
mit Schutzkonusen an den Muffen-Verbindungen



**Bild 4:**  
Montage der Gleitkufen am duktilen Gussrohr  
DN 500 – Vorbereitung des Einzuges



**Bild 7:**  
Verschluss des Ringraumes an den Enden des  
Stahlenschutzrohres – der Ringraum wurde nicht  
verdämmt.

Zum Einsatz kamen duktile Gussrohre DN 500 nach EN 545 [1] mit längskraftschlüssiger BLS®-Steckmuffen-Verbindung und Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15542 [2] als Außenschutz (**Bild 6**). Der Ringraum zwischen Medienrohr und Schutzrohr wurde nicht verdämmt (**Bild 7**).

## 5 Einbauvarianten

Durch den Einsatz der BLS®/ZM-U - Rohre konnte bei den drei Einbauvarianten

- offene Bauweise,
- Rohreinzug (geschlossene Bauweise) und
- Dükerung

auf kürzester Strecke der Einbau von Betonwiderlagern unterbleiben, obwohl häufig wechselnde Richtungs- und Höhenänderungen vorlagen.

## 6 Schlussbetrachtung

Während der Baumaßnahme traten weitere unvorhersehbare Schwierigkeiten auf. So wurden alte Brückenfundamente angetroffen, die eine Umplanung der ursprünglichen Leitungstrasse erforderlich machten.



**Bild 8:**  
Eingebaute Absperrklappe und Formstücke aus duktilem Gusseisen

In optimaler Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Rohrlieferanten konnten kurzfristig und ohne Baustellenstillstand die erforderlichen Formstücke geliefert und eingebaut werden (**Bild 8**).

Die neue Leitung konnte innerhalb des festgelegten Bauzeitenplanes in Betrieb genommen werden.

## Literatur

- [1] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren 2010
- [2] EN 15542  
Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtelumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren 2008

## Autor

Heinz-Jörg Weimer  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)64 45/6 12 03 03  
E-Mail: heinz-joerg.weimer@duktus.com

## Bauherr

Zweckverband Gruppenwasserwerk Dieburg  
Wasserwerk Hergershausen  
Dipl.-Ing. Wolfram Wittwer  
Außerhalb 2 Hergershausen  
64832 Babenhausen/Deutschland  
Telefon: +49 (0)60 73/6 03-24  
E-Mail: wittwer@wasserwerk.com

Bernd Suderleith  
Telefon: +49 (0)60 73/6 03-59  
E-Mail: suderleith@wasserwerk.com

## Bauausführung

HSE Technik GmbH & Co. KG  
Andreas Jürschik  
Dornheimer Weg 24  
64293 Darmstadt/Deutschland  
Telefon: +49 (0)61 51/7 01-70 47  
E-Mail: andreas.juerschik@hse.ag

## Weltneuheit auf der WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 – Press-/Zieh-Verfahren mit Bodenentnahme

Von Stephan Hobohm und Franz Schaffarczyk



### 1 Vorwort

Auf dem Baustellentag, den die Berliner Wasserbetriebe (BWB) anlässlich der WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 am 4. Mai ausrichteten, stellte die Firma Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH, Zweigniederlassung Berlin, dem interessierten Fachpublikum eine Neuentwicklung auf dem Gebiet der grabenlosen Auswechslung von Rohrleitungen vor. Durch eine Abwandlung des in Berlin zur Auswechslung von Wasserleitungen üblichen Press-/Zieh-Verfahrens, wurde eine Abwasserdruckleitung DN 300 durch eine neue Leitung aus duktilen Kanalrohren DN 500 trassengleich ersetzt. In enger Zusammenarbeit mit der Firma TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG aus Lenestadt wurde eigens für diese Maßnahme eine neue Maschinenteknik entwickelt (**Bild 2**).

### 2 Ausgangssituation

Berlin ist in Entwässerungsgebiete aufgeteilt, die nach Flussläufen und Schiffahrtskanälen ausgerichtet sind. Die Abwasserkanäle leiten das Abwasser zu den 150 Abwasserpumpwerken, von dort wird es durch ein etwa 1.200 km langes Druckrohrnetz zu den Klärwerken gepumpt. Der zur Auswechslung vorgesehene Abschnitt in der Walchenseestraße stammte aus dem Jahr 1944 bzw. in Teilabschnitten aus dem Jahr 1962.

Der Hauptgrund für die Erneuerung der Leitung war eine für die heutigen Verhältnisse nicht ausreichende hydraulische Leistungsfähigkeit. Durch die Vergrößerung des Durchmessers von DN 300 auf DN 500 können zukünftig der Doppelbetrieb mit einer weiteren Abwasserdruckleitung und Zwischenpumpwerke entfallen.

**Bild 1:**  
Pokal des GSTT-Awards 2011



**Bild 2:**  
Press-/Zieh-Verfahren DN 300/DN 500  
mit Bodenentnahme

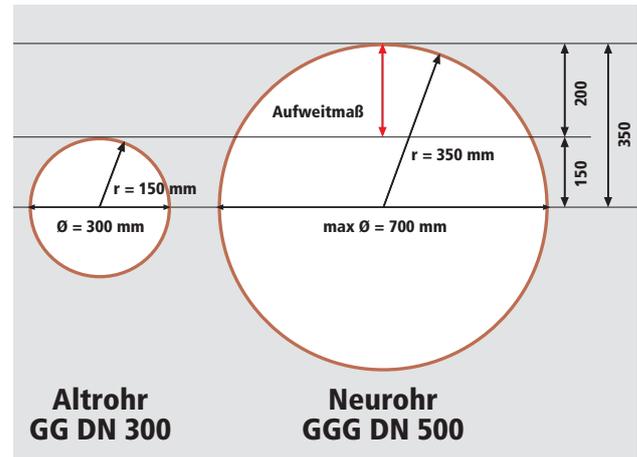
Die Leitung liegt mehrheitlich in öffentlichen Bereichen. Bei der Walchenseestraße (Berlin Köpenick, OT Grünau) handelt es sich um eine wenig befahrene Anwohnerstraße mit nur leicht befestigter Oberfläche. Auch Bäume oder andere bauliche Hindernisse sind nicht vorhanden. Die Rohrdeckung beträgt in diesem Abschnitt nur 1,40 m bis 1,50 m.

Eigentlich beste Voraussetzungen, um die Leitung in offener, konventioneller Bauweise auszuwechseln. Wäre da nicht ein Privatgrundstück, das unterquert werden musste. Unter Berücksichtigung der Belange des Grundstückseigentümers entschieden sich die Berliner Wasserbetriebe, das betroffene Grundstück in grabenloser Bauweise trassengleich zu unterqueren und damit die anstehenden Rechtsträgeransprüche zu minimieren.

Die Aufgabe bestand also darin, eine Abwasserdruckleitung DN 300 aus Grauguss auf einer Länge von 40 m durch eine neue Leitung aus duktilem Gusseisen der Nennweite DN 500 grabenlos und trassengleich zu ersetzen, dabei das Altrohrmaterial restlos aus dem Erdreich zu entfernen und dies ohne jegliche Beeinflussung des Privatgrundstückes durchzuführen. Die komplette Entfernung des Altrohrmaterials ist eine unabdingbare Randbedingung bei jeder Rohrauswechslung in Berlin. Seitens der Berliner Wasserbetriebe entschied man sich, das Verfahren zur Auswechslung der Leitung dem Auftragnehmer zu überlassen. Den Zuschlag bekam die Firma Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH, Zweigniederlassung Berlin, mit ihrem Vorschlag, die Leitung im Press-/Zieh-Verfahren unter zusätzlicher Bodenentnahme auszuwechseln.

Das Press-/Zieh-Verfahren hat in Berlin eine lange Tradition. Jährlich werden ungefähr 10.000 m Wasserleitungen der Nennweiten DN 80 bis DN 400 mit diesem Verfahren erneuert. Die Berliner Wasserbetriebe haben hierfür mit der Werksnorm WN 322 ein eigenes Regelwerk geschaffen. Dieses lehnt sich stark an das DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1 [1] an, lässt jedoch höhere Zugkräfte bei duktilen Gussrohren mit formschlüssigen Verbindungen zu.

Problematisch war bei diesem Bauvorhaben vor allem das durch den Dimensionswechsel über zwei Nennweiten sehr große Aufweitmaß in Verbindung mit der relativ geringen Rohrdeckung.



**Bild 3:**  
Ermittlung des Aufweitmaßes

Das Aufweitmaß ist gemäß DVGW-Merkblatt GW 323 [2] die Differenz zwischen dem Innenradius des Altrohres und dem Radius der erforderlichen Aufweitung (**Bild 3**). In diesem Fall hätte die Aufweitung bei etwa 700 mm, also 350 mm im Radius gelegen. Dieser Wert ergibt sich durch den Muffen-Außendurchmesser der BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung DN 500 von 636 mm, zuzüglich der 5 mm dicken Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) und des notwendigen Überschchnittes. Das Aufweitmaß hätte demnach 200 mm betragen. Dieses Aufweitmaß ist das Kriterium für die notwendige Rohrdeckung und für die Mindestabstände zu benachbarten Leitungen. So darf die Rohrdeckung den 10-fachen Wert des Aufweitmaßes nicht unterschreiten, um Schäden an befestigten Geländeoberflächen zu vermeiden. Bei dieser Baumaßnahme wären das mindestens 200 cm gewesen. Da jedoch eine Rohrdeckung von nur 1,40 m bis 1,50 m gegeben war, schied das normale Press-/Zieh-Verfahren aus.

Die Lösung lag also nicht im Verdrängen des überschüssigen Erdreiches, sondern in dessen Entnahme – in Kombination mit dem bekannten Press-/Zieh-Verfahren eine völlig neue Vorgehensweise.

Folglich musste die Firma Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH in Kooperation mit der Firma TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG eine neue Maschinenteknik entwickeln, um dem ehrgeizigen Vorhaben gerecht zu werden. Unterstützt wurden sie dabei vom Rohrlieferanten.

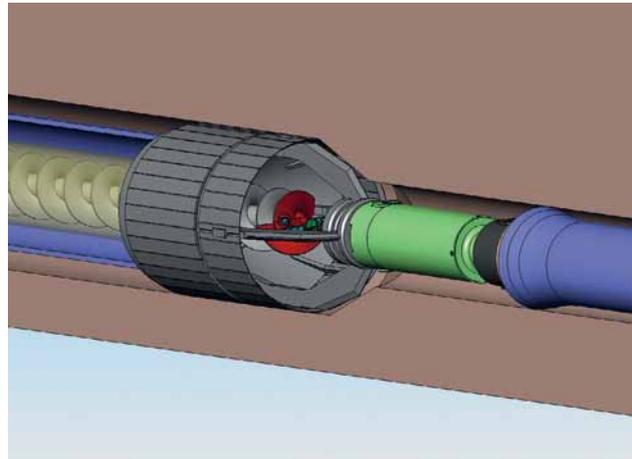
### 3 Maschinen- und Rohrtechnik

Wie sich im weiteren Verlauf der Baudurchführung zeigte, war der Einsatz einer Grundoburst 2500 G (**Bild 4**) die richtige Entscheidung. Eine solche Maschine verfügt über eine maximale Zugkraft von rund 250 t und schafft damit die Voraussetzungen zum Bersten von Rohren bis zur Nennweite DN 1000 oder aber zum Herauspressen von Rohren einer Nennweite DN 300 (oder größer) aus dem Erdreich. Diese gewaltige Zugkraft wird über das QuickLock-Berstgestänge, mit einem Durchmesser von 140 mm und einem Gewicht von circa 200 kg pro Segment, übertragen.



**Bild 4:**  
Grundoburst 2500 G mit Vorsatzrahmen

An das QuickLock-Gestänge wird, wie üblich, ein Press-/Zieh-Kopf gekoppelt. Dessen Aufgabe ist es, das Altrrohr vor sich her und aus dem Boden heraus auf einen Berstdorn zu schieben. An den Press-/Zieh-Kopf schließt sich die Zugkraftmesseinrichtung an. Ihr folgt die eigentliche Innovation, die Bodenentnahmeeinrichtung (Räumer) (**Bild 5**). Der Räumer besteht im Wesentlichen aus einem mit Schneiden besetzten Kopf, in dessen Inneres ein Rohr mit Förderschnecke zum Abtransport des gelösten Bodens mündet. Der Boden wird mittels



**Bild 5:**  
Schematische Darstellung  
des Bodenentnahmeverfahrens

Schneckengestänge und Förderrohr in Richtung Rohrmontagegrube abtransportiert. Im Räumer ist gleichzeitig die Kupplung zum Anschluss des neu einzubauenden Rohres integriert. Im Fall der Walchenseestraße wurde als Kupplung ein modifiziertes EU-Stück PN 40 mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung verwendet.

Da es sich um eine neu einzubauende Abwasserdruckleitung handelte, wurden an die Kupplung später die duktilen Kanalrohre nach EN 598 [3] angekoppelt und eingezogen. Den Vorgaben des GW 322-1 [1] und des Regelwerkes der Berliner Wasserbetriebe entsprechend, müssen die einzuziehenden Rohre formschlüssig miteinander verbunden sein.

Deshalb wurde auf die bewährte BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung zurückgegriffen. Diese wird in Berlin schon seit einigen Jahrzehnten für die grabenlose Erneuerung von Trinkwasserleitungen verwendet. Sie zeichnet sich vor allem durch ihre schnelle, sichere und einfache Montage aus und bietet zusätzlich sehr hohe Sicherheitsreserven beim Einzug. Die zulässige Zugkraft der BLS®/VRS®-T - Verbindung DN 500 beträgt 860 kN, bei einer maximalen Abwinkelung von 3°. Die Wanddicke entspricht der Wanddicken-Klasse K 9 nach EN 545 [4]. Der maximale Betriebsdruck (PFA) liegt bei 30 bar, was für den zu erwartenden Betriebsdruck von 4 bar bis 6 bar mehr als ausreichend ist. Grundsätzlich sollten bei allen grabenlosen Einbauverfahren duktile Gussrohre nur mit längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen auf formschlüssiger Basis verwendet werden.



**Bild 6:**  
ZMU-Plus-Rohr mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung und innenliegender Förderschnecke

Duktile Kanalrohre sind mit Tonerde-Zementmörtel ausgekleidet. Als Außenschutz wurde, wie für den grabenlosen Einbau üblich, die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15542 [5] gewählt. Aufgrund der geologischen Verhältnisse und um jegliche Gefahr von nachträglichen Setzungen zu minimieren, wurde diese jedoch speziell modifiziert.

Die Schichtdicke von üblicherweise 5 mm wurde am Rohrschaft auf rund 60 mm erhöht. Ergebnis war ein komplett zylindrisches Rohr vom Einsteckende bis zur Muffe – das sogenannte ZMU-Plus-Rohr (**Bild 6**). Die Zementmörtel-Umhüllung bietet neben einem hervorragenden mechanischen Schutz auch sehr gute chemische Schutzeigenschaften. Gemäß EN 598 [3] können duktile Gussrohre mit ZM-U in Böden beliebiger Korrosivität eingebaut werden. Die Baulänge beträgt 6 m bei einem Gesamtgewicht von etwa 2.000 kg.

#### 4 Bauphase

Da dieses neue Einbauverfahren im Zuge des Baustellentages der WASSER BERLIN INTERNATIONAL 2011 präsentiert werden sollte, wollten weder die ausführende Firma noch der Auftraggeber etwas dem Zufall überlassen.

Bereits im Vorfeld des Baustellentages wurde der erste Abschnitt aufgefahren und somit das Verfahren getestet. Auch der am 4. Mai 2011 präsentierte Teil war nicht derjenige, dessentwegen das Verfahren letztendlich entwickelt worden war. Er diente ausschließlich zu Zwecken der Veranschaulichung für die Fachbesucher und war natürlich ein weiterer Test für den

folgenden dritten Bauabschnitt, der nun unter dem bereits beschriebenen Privatgrundstück verlaufen sollte. Alle diese Teilabschnitte wiesen eine Haltungslänge von 40 m bis 50 m auf.

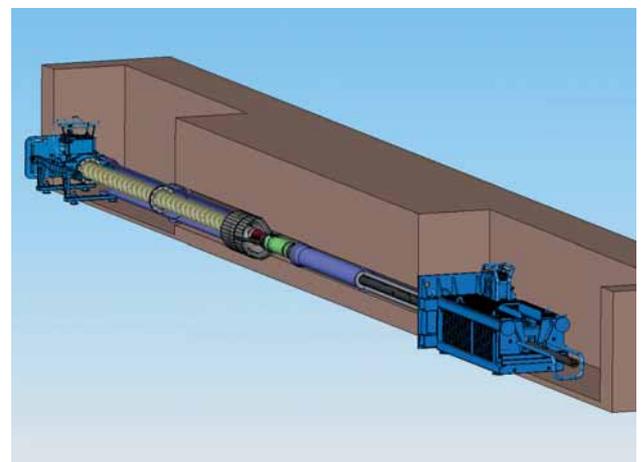
#### Die Baudurchführung selbst teilte sich im Wesentlichen in folgende sechs Schritte auf:

1. Herstellen der Start- und Zielgrube,
2. Inspektion der Altleitung und Feststellung des Zustandes,
3. Vorbereitung des Altrohres,
4. Installation der Maschinenteknik,
5. Einzug des Neurohres,
6. Zusammenschluss der Bauabschnitte und Verfüllung der Baugruben.

#### 4.1 Herstellen der Start- und Zielgrube

Für jeden Bauabschnitt waren jeweils eine Start- und eine Zielgrube notwendig, wobei soweit wie möglich die Zielgrube des vorhergehenden Abschnittes als Startgrube für den nächsten genutzt wurde. Aufgrund der Rohrlänge von sechs Metern, zuzüglich Montage-, Arbeitsraum und Gerätschaften, beziehungsweise der Dimension der verwendeten Maschine (Grundoburst 2500 G und Vorsatzrahmen) betragen die Abmessungen der Baugruben etwa 10 m x 2 m x 2 m.

Es wurde ein Berliner Verbau mit doppelter Gurtung verwendet. In Teilbereichen war eine Wasserhaltung notwendig. Hinzu kam die Umlegung von diversen kreuzenden Versorgungsträgern. Der letzte Schritt bestand im Betonieren des vorher berechneten Widerlagers in der Maschinengrube. Bedingt durch die zu erwartenden hohen Zugkräfte fiel dies mit rund 5 m<sup>3</sup> entsprechend groß aus (**Bild 7**).



**Bild 7:**  
Schematische Gesamtübersicht

## 4.2 Inspektion der Altleitung und Feststellung des Zustandes

Wie bei jeder grabenlosen Rohrauswechslung üblich, wurde auch in diesem Fall die auszuwechselnde Leitung einer eingehenden Kontrolle unterzogen.

Bereits im Zuge der Baugrubenerstellung wurden die dabei heraus getrennten Leitungsabschnitte auf ihren Verschmutzungsgrad, die Materialeigenschaften und die Resttragfähigkeit hin untersucht. Gerade die zuletzt genannte Resttragfähigkeit hat für die weitere Vorgehensweise besondere Bedeutung. Von ihr hängt es ab, ob das Rohr vor dem Austausch noch weiter stabilisiert werden muss. Die aufgetrennte Leitung wurde weiterhin einer optischen Kontrolle unterzogen, der Leitungsverlauf dokumentiert, und an Hand von Planunterlagen wurden mögliche Armaturen und sonstige Einbauten festgestellt. Diese waren zu entfernen, da ansonsten die Zugkraft unkontrolliert angestiegen wäre.

## 4.3 Vorbereitung des Altrohres

Wie sich herausstellte, reichte die Tragfähigkeit des Altrohres in Längsrichtung für das vorgesehene Auswechselverfahren nicht aus. Es bestand die große Wahrscheinlichkeit, dass die Rohrwandung beim Herausschieben der Leitung in sich kollabieren und somit einen weiteren Vorschub unmöglich machen würde. Daher entschied sich die bauausführende Firma für eine nachträgliche Stabilisierung.

Hierfür wurde ein KG-Rohr DN 150 auf Abstandshaltern zentrisch in das Altrohr eingeschoben. In den dadurch entstandenen Ringraum von rund 7 cm Breite wurde ein Spezialmörtel gepresst. Dieser Mörtel zeichnet sich durch gute Fließeigenschaften, hohe Quellfähigkeit und Druckfestigkeit aus. Die Abbindezeit des Mörtels betrug fünf Tage. Die Nennweite des KG-Rohres sollte einerseits einen möglichst großen Ringraum und damit einen möglichst großen Betonquerschnitt erzeugen, andererseits musste auch das Zuggestänge mit 140 mm Durchmesser hinein passen.

## 4.4 Installation der Maschinenteknik

Nach den vorbereitenden Arbeiten an der Altrohrleitung konnte mit dem Einbau der Maschinenteknik begonnen werden. In der Startgrube wurde ein schienenartiges Unterstell einbracht, auf dem die Bodenentnahmeeinrichtung leichtgängig gleiten und die Neurohre montiert werden konnten (**Bild 8**).



**Bild 8:**  
Start- bzw. Montagegrube

In die Zielgrube ließ man die Zugmaschine samt Vorsatzrahmen ein. Beides wurde gegen das bereits betonierete Widerlager verbaut. Der Vorsatzrahmen dient gleich mehreren Zwecken. Zum Ersten konnte hier der Berstdorn zum Aufspalten der Altrohrleitung untergebracht werden und zum Zweiten wurde der Platz zum Einzug des Neurohres in die Zielgrube benötigt. Das Zuggestänge wurde in die Altrohrleitung bzw. das KG-Rohr eingeschoben. An das Zuggestänge koppelte man den Press-/Zieh-Kopf



**Bild 9:**  
Montage des ersten Rohres am Räumler

gefolgt von der Zugkraftmessung und dem Räumer. Wegen des Außendurchmessers des folgenden duktilen Kanalrohres von knapp 650 mm wurde die Bodenentnahme auf 690 mm ausgelegt. Das entspricht einem Überschnitt vom 20 mm oder 5,7 %. Zur Verringerung der Mantelreibung zwischen Rohr und Erdreich wurde in den Räumer zusätzlich eine Bentonit-schmierung integriert. Dies verringerte im weiteren Verlauf der Baumaßnahme die Zugkräfte erheblich.

Nun konnte die Montage des Neurohres mit innenliegender Fördereinrichtung und damit der Einzug beginnen (**Bild 9**).

#### 4.5 Einzug des Neurohres

Der eigentliche Einzug des Rohres verlief zügig. Das Auffahren einer Haltungslänge von 40 m benötigte lediglich einen Tag. Montage und Einzug eines sechs Meter langes Rohres inklusive Fördereinrichtung dauerte etwa eine Stunde. Wie sich diese Stunde zusammensetzte, ist in **Tabelle 1** zu erkennen.

**Tabelle 1:**

Zeitaufteilung eines Montage- und Einzugtaktes

Vorgang	Dauer [min]
Koppelung des Förderrohres mit innenliegendem Schneckengestänge	20–25
Montage des duktilen Kanalrohres mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung	5
Nachisolierung der Muffen-Verbindung	5
Einzug des Neurohres, Entnahme des Bodens und Herauspressen/Entnahme des Altrohres	30

Für das erste Anfahren, das heißt, für das Lösen des Altrohres DN 300 vom umgebenden Erdreich, musste eine Zug- bzw. Schubkraft von 160 t aufgebracht werden. Für die verwendeten Zugmaschine mit 250 t Zugkraft kein Problem.

Im weiteren Ablauf des Einzuges verringerte sich die Zugkraft auf 40 t bis 60 t. Die Zugkräfte wurden mittels Datenlogger erfasst. Dieser war zwischen dem Press-/Zieh-Kopf und dem Räumer positioniert. Das Rohr und die BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung (zulässige Zugkraft 860 kN nach GW 322-1 [1]) wurden deutlich weniger belastet, da hier nur eine geringe Mantelreibung zu überwinden war.



**Bild 10:**  
Absaugen des Fördergutes

Der abgebaute Boden wurde durch das im Neurohr liegende Förderrohr in die Startgrube gefördert und dort mittels Saugbagger entnommen (**Bild 10**).

In der Zielgrube/Maschinengrube wurde das Altrohr samt KG-Rohr und Betonverstärkung auf einen Berstdorn gepresst und damit geborsten und zerkleinert. Anschließend wurden die Bruchstücke aus der Maschinengrube entnommen (**Bild 11**).



**Bild 11:**  
Berstdorn und Entnahme der Altrohrscherben

#### 4.6 Zusammenschluss der Bauabschnitte und Verfüllung der Baugruben

Die eingezogenen Teilabschnitte wurden mit längskraftschlüssigen EU- und F-Stücken PN 16 aus dem BLS®/VRS®-T – Programm verbunden. Die letzten Schritte bildeten der Rückbau des Verbaus, das Verfüllen der Baugruben und die Wiederherstellung der Oberflächen.

#### 5 Zusammenfassung und Ausblick

Da es sich beim Press-/Zieh-Verfahren mit Bodenentnahme um eine Neuentwicklung handelt, besteht natürlich noch Potenzial für Weiterentwicklungen und Verfeinerungen des Ablaufes. So entschied sich die Firma Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH zum Beispiel, ab dem folgenden Bauabschnitt auf die Förderschnecken zu verzichten und das entnommene Erdreich mittels Vakuum abzusaugen. Durch diesen Schritt entfällt die umständliche und langwierige Montage der Förderschnecke und man verringert gleichzeitig den Anteil an anfälligen und zur Verstopfung neigenden mechanischen Bauteilen.

Bisher wurden Abschnittslängen von 40 m bis 50 m realisiert. Haltungslängen von bis zu 100 m erscheinen, genau wie ein Außendurchmesser des Neurohres bis zu 1.000 mm, durchaus möglich.

Die verwendeten duktilen Kanalrohre mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung und ZMU-Plus sind aufgrund ihrer hohen mechanischen Belastbarkeit in Punkto Zugkraft und Abriebfestigkeit ohne jegliche Beschädigung eingebaut worden. Durch den geringen Überschnitt von gerade einmal umlaufend 20 mm konnten sichtbare Aufwerfungen der Oberfläche und nachfolgende Setzungen unterbunden werden.

Die ausgereifte Maschinenteknik der Firma TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG aus Lennestadt stellte, durch eine maximale und in diesem Fall auch erforderliche Zugkraft von 250 t, das Lösen des Alrohrstranges und den Einzug der neuen Leitung sicher.

Ein besonderer Dank gilt den Berliner Wasserbetrieben, die sich wieder einmal mehr als Vorreiter und Förderer grabenloser Einbauverfahren profiliert haben.



Bild 12: Urkunde des 2. Preises des GSTT-Awards 2011

#### 6 GSTT-Award 2011 für Press-/Zieh-Verfahren mit Bodenentnahme

Am 7. Dezember 2011 wurde das Projekt „Berlin-Walchenseestraße“ der Berliner Wasserbetriebe AöR mit dem 2. Preis des GSTT-Awards 2011 ausgezeichnet (**Bilder 1 und 12**). Die German Society for Trenchless Technology e.V. (GSTT) will mit der Preisverleihung an besondere Projekte geschlossener Bauweisen verdeutlichen, welche vielfältigen Möglichkeiten



Bild 13: Preisträger des 2. Preises des GSTT-Awards 2011

diese Technik bietet, welche finanzielle Einsparungsmöglichkeiten gegenüber der offenen Bauweise bestehen und welche große Ressourcen im Umgang mit der Umwelt hier vorhanden sind. Ausgezeichnet wurden die Berliner Wasserbetriebe AöR, die Firma Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH, Zweigniederlassung Berlin, und die Firma Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH (**Bild 13**).

Die FGR®/EADIPS® gratuliert allen Beteiligten recht herzlich.

## Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1  
Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen –  
Teil 1: Press-/Zieh-Verfahren –  
Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung  
2009-01
- [2] DVGW-Merkblatt GW 323  
Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining;  
Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung  
2009-01
- [3] EN 598  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung –  
Anforderungen und Prüfverfahren  
2007 + A1:2009
- [4] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen –  
Anforderungen und Prüfverfahren  
2007
- [5] EN 15542  
Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtelumhüllung von Rohren –  
Anforderungen und Prüfverfahren  
2008

## Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Hobohm  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)64 41/49-12 48  
E-Mail: stephan.hobohm@duktus.com

Franz Schaffarczyk  
Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH  
Zweigniederlassung Berlin  
Götelstraße 118-122  
13595 Berlin/Deutschland  
Telefon: +49 (0)30/78 89 33-20  
E-Mail: berlin@pfaffinger.com

## Auftraggeber und Planung

Berliner Wasserbetriebe  
Dipl.-Ing. Olaf Bork  
Neue Judenstraße 1  
10179 Berlin/Deutschland  
Telefon: +49 (0)30/86 44 98 00  
E-Mail: olaf.bork@bwb.de

## Bauunternehmung

Josef Pfaffinger Bauunternehmung GmbH  
Zweigniederlassung Berlin  
Franz Schaffarczyk  
Götelstraße 118-122  
13595 Berlin/Deutschland  
Telefon: +49 (0)30/78 89 33-20  
E-Mail: berlin@pfaffinger.com

## Maschinentechnik

TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG  
Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Schwarzer  
Reiherstraße 2  
57368 Lennestadt/Deutschland  
Telefon: +49 (0)27 23/8 08-2 96  
E-Mail: sebastian.schwarzer@tracto-technik.de

## Größtes Spülbohrprojekt in Deutschland mit duktilen Gussrohren DN 700

Von Lutz Rau



### 1 Vorgeschichte und Rahmenbedingungen

In Berlin Charlottenburg, am Ufer der hier über einen Kilometer breiten Havel, fördern die Berliner Wasserbetriebe aus der Brunnengalerie „Schildhorn“ Rohwasser und bereiten es im Wasserwerk „Tiefwerder“ zu Trinkwasser auf (Bild 2). Seit drei Jahren wurde für die Erneuerung der Brunnengalerie ein 2 km langer Abschnitt der Rohwasserleitung in offener Bauweise mit Rohren aus duktilem Gusseisen erneuert. Dabei sind strenge Auflagen der Berliner Wasserbehörde, der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz (Sen GUV) und des Naturschutzes zu befolgen sowie die besonderen Anforderungen, die für das Bauen innerhalb der sensiblen Trinkwasserschutzzone gelten.

Die Rohwassersammelleitung DN 700 musste in einem schmalen Streifen zwischen der Havelchausee und dem Ufer eingebaut werden (Bild 3).

Bild 1:

Pokal des GSTT-Awards 2011

Dies hatte zur Folge, dass die Leitung in einem 486 m langen Böschungsbereich das etwa 17 m hohe Ufer unterqueren musste (Bild 4).

Weitere Probleme:

- hoher Grundwasserstand,
- Anfahrt zum Ufer nur von einer Seite möglich,
- unbefestigte Zufahrt.

### 2 Problemstellung und Lösung

Bei allen geschilderten Forderungen und Rahmenbedingungen schied ein Einbau in offenem Graben von vornherein aus. Die alte Leitung war nicht bei laufendem Betrieb zu sanieren, der Betrieb musste aufrecht erhalten bleiben. Wegen der Einschränkungen der Zufahrtswege schieden Rohre größerer Länge aus, kurze

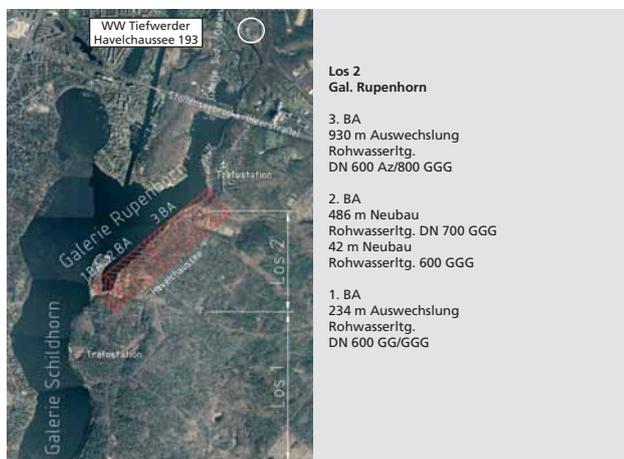


Bild 2:

Lage der Brunnengalerien am Havelufer

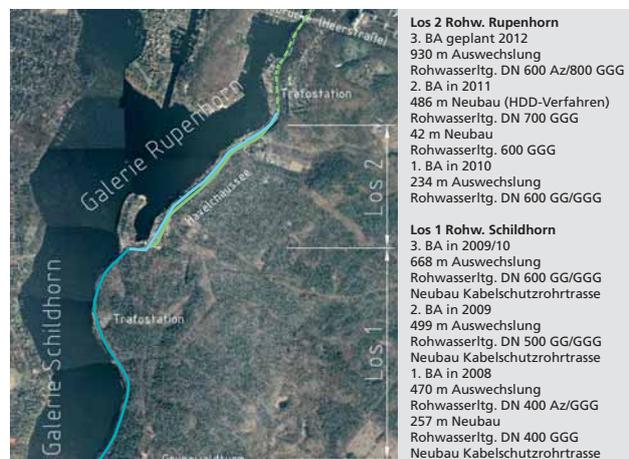
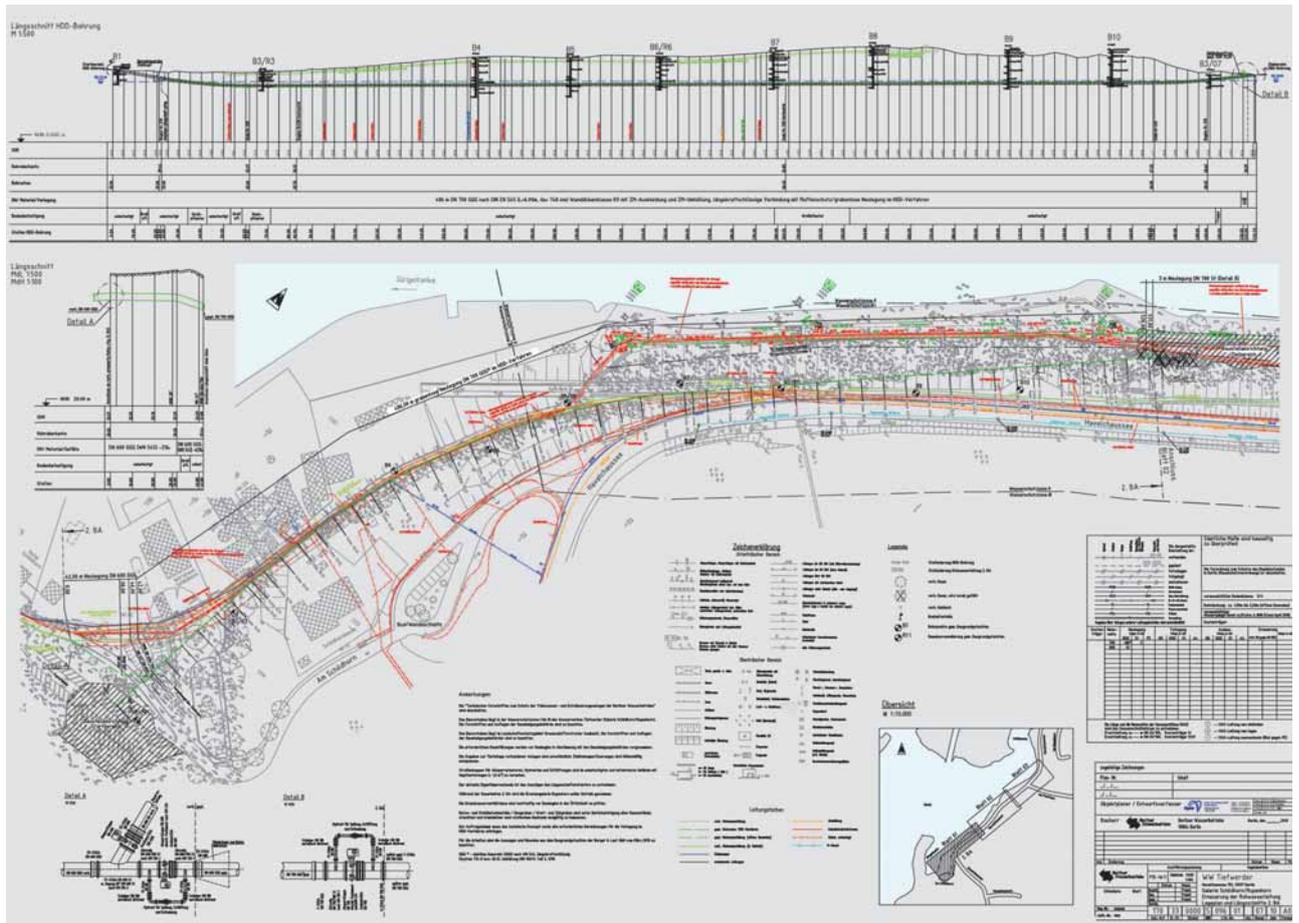


Bild 3:

Leitungstrasse entlang der Havel



**Bild 4:**  
HDD DN 700 – Lage- und Höhenplan

Montagezeiten waren gefordert. Ein Auslegen des Rohrstranges hätte die Zufahrt behindert, ein Ausschwimmen der Leitung auf das Gewässer war nicht genehmigt worden.

In vorangegangenen Bauabschnitten hatten die Berliner Wasserbetriebe bereits gute Erfahrungen mit duktilen Gussrohren gesammelt. Dabei hatten sich die relativ kurzen Baulängen von 6 m als vorteilhaft erwiesen. Die Abwinkelungen der längskraftschlüssigen Verbindungen erlauben eine flexible Anpassung an Zwangspunkte in der Trasse.

Mit dem Horizontalspülbohrverfahren (HDD-Verfahren) ließen sich diese unterschiedlichen Anforderungen elegant erfüllen. Das vorbereitende Planungsbüro, Hyder Consulting GmbH Deutschland, stufte das Verfahren auch nach kritischer Prüfung der Kosten als Vorzugsvariante ein. Erfahrungen mit Projekten ähnlicher Größe im Ausland verringerten das Risiko weiter.

### 3 Bauvorbereitung

Nach Planung und gewissenhafter Berücksichtigung der Interessen und Forderungen aller Beteiligten und Betroffenen durch die Projektleitung der Berliner Wasserbetriebe führte eine beschränkte Ausschreibung nach öffentlichem Teilnahmewettbewerb zur Wahl der bauausführenden ARGE und nach Ausschreibung auch zur Festlegung des Rohr- und Formstücklieferanten.

Es wurden 504 m duktile Gussrohre nach EN 545 [1] der Wanddicken-Klasse K 9 mit TYTON®-Steckmuffe und BLS®/VRS®-T-Schubsicherung und die erforderlichen Formstücke bestellt. Die mit Zementmörtel ausgekleideten Rohre sind außen verzinkt und mit einer robusten Zementmörtel-Umhüllung nach EN 15542 [2] versehen. Sie widersteht höchsten mechanischen und chemischen Beanspruchungen. Die Verbindungsbereiche werden mit wärmeschrumpfenden Bändern und Blechkonen geschützt.

## 4 Baudurchführung – Teil 1

Unter der Federführung der Firma Stehmeyer & Bischoff GmbH & Co. KG, Niederlassung Berlin, begannen die vorbereitenden Maßnahmen:

- Aufstellung und Abstimmung eines Bauzeitenplans,
- Baustelleneinrichtung,
- Errichtung der Startbaugrube mit Trägerbohlen-Verbau,
- Befestigungen/Sicherung der Baustellenbereiche,
- Rückbau/Umlegung mehrerer Leitungen bei den Start- und Zielruben.

Die Pilotbohrung und die nachfolgenden Aufweitschritte erstellte das ARGE-Mitglied BLK – Bohrteam GmbH. Dabei forderte der Auftraggeber, den zulässigen Radius von 230,00 m (max. Abwinklung der Muffen 1,5°) zwingend genau einzuhalten und mit Hilfe eines kabelgeführten Messsystems zu dokumentieren. Während die Bohrspezialisten den Bohrkandurchmesser aufweiteten, wurde die Zielgrube erstellt und die Rückspülleitung aufgebaut. Anfang November 2010 begannen die Arbeiten. Ende November war die Bohrung zuerst auf 500 mm und dann auf 850 mm aufgeweitet worden. Die Rohre wurden mittels kleinerer Fahrzeuge vom Lagerplatz zur Montagegrube verfahren.

## 5 Probleme bei der Baudurchführung

Anfang Dezember 2010 zwang der Wintereinbruch zur Unterbrechung der Arbeiten. Wegen des Frosts konnte keine durchgängige Rückspülung garantiert werden; auch die Start- und Zielruben vereisten. Zusätzlich überraschte ein



**Bild 5:**  
Hochwasser an der Havel –  
Arbeit im überfluteten Baustellenbereich

historisch hoher Wasserstand der Havel, sodass der Uferweg bis an die Montagebaugrube komplett überflutet war (**Bild 5**). Das Wasser drohte in die Montagegrube zu laufen. Sie musste zusätzlich mit Sandsäcken gesichert werden.

## 6 Baudurchführung – Teil 2

Ab Mitte Januar 2011 konnten die Arbeiten wieder aufgenommen werden. Die Aufweitung auf 850 mm wurde wiederholt und anschließend auf 1.100 mm aufgebohrt. Mit einem „Clean-Gang“ mit einem 6 m langem Proberohr DN 850 wurde endgeräumt und die Durchgängigkeit geprüft.

Die Forderungen des Uferschutzes ließen es nicht zu, einen vormontierten Strang einzuziehen. So kam nur die Einzelrohrmontage (**Bild 6**) mit einem steileren Eintauchwinkel an der Montagegrube in Frage. Hierzu wurde eine 12 m lange geneigte Montagerampe aus Stahl aufgebaut, die wegen der Witterungswidrigkeiten mit Gerüst und Planen eingehaust wurde (**Bilder 7 und 8**). Nach Einweisung durch den Technischen Dienst des Rohrlieferanten (**Bild 9**) und gemeinsamer Montage des Zugkopfes (**Bild 10**) konnte der eigentliche Einzug beginnen (**Bild 11**).

Schnell gewannen die Kollegen der Baufirma Routine und konnten die 486 m lange Rohrleitung in nur 34 Stunden montieren und einziehen einschließlich der Nachisolierung der Verbindungen (geplant waren 60 Stunden). Insgesamt waren im Mittel 14 Arbeitskräfte pro Schicht im Dreischichtsystem im Einsatz (**Bild 12**). Zur Regulierung des Auftriebs wurde die Leitung DN 700 fortlaufend mit Wasser gefüllt. Parallel wurden noch drei kleine Dämmerleitungen mit eingezogen. Die Einzugskraft lag unter den zulässigen 165 t.



**Bild 6:**  
Einzelrohrmontage – das erste duktile Gussrohr DN 700  
auf der Montagerampe



**Bild 7:**  
Montagerampe aus Stahl – Montage der Schrumpfmanschette und des Sicherungskonus



**Bild 10:**  
Montage des Zugkopfes



**Bild 8:**  
Einhausung im Montagebereich



**Bild 11:**  
Eintauchen der duktilen Gussrohrleitung DN 700 in die Bohrsuspension



**Bild 9:**  
Einweisung durch die Anwendungstechnik des Rohrlieferanten



**Bild 12:**  
Arbeiten im Dreischichtbetrieb bei Nacht

## 7 Restleistungen und Resümee

Die restliche Spülflüssigkeit zwischen Gussrohr und Tunnelwand wurde gegen eine hydraulisch erhärtende Suspension auf Zementbasis mit einer Endfestigkeit von 2,0 N/mm<sup>2</sup> ausgewechselt. Die Leitung wurde mit einer Kamera befahren, gemolcht, gespült, desinfiziert und druckgeprüft. Die Rohrenden wurden in das bestehende System eingebunden.

Trotz der ungünstigen Witterung konnte die Maßnahme erfolgreich bis Ende Februar 2011 fertig gestellt werden. Dabei erwies sich die Einzelrohrmontage mit dem montagefreundlichen BLS®/VRS®-T - System als vorteilhaft, selbst unter beengten Verhältnissen ließ sich der geforderte Eintauchwinkel leicht einstellen und ermöglichte trotzdem hohe Einbauleistungen. Die zulässigen Zugkräfte überzeugen und bergen für Anwender und Auftraggeber hohe Sicherheiten, selbst bei abgewinkelten Trassen.

Rohre aus duktilem Gusseisen mit Zementmörtel-Auskleidung und mit der robusten Zementmörtel-Umhüllung garantieren eine lange Lebensdauer und einen störungsfreien Betrieb über Jahrzehnte.



**Bild 13:**  
Urkunde des 3. Preises des GSTT-Awards 2011



**Bild 14:**  
Übereichung des Preises von Prof. Jens Hölterhoff an den Vertreter der Berliner Wasserbetriebe, Herrn Torsten von Trotha

## 8 Projektauszeichnung mit dem GSTT-Award 2011

Die GSTT (Deutsche Gesellschaft für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen e.V.) würdigt mit dem GSTT-Award besondere, herausragende Projekte in grabenloser Bauweise.

Am 7. Dezember 2011 wurde der GSTT-Award 2011 als 3. Preis (**Bilder 1 und 13**) auf den Dortmunder Sanierungstagen den Berliner Wasserbetrieben AöR mit ihrem Projekt „HDD DN 700 Berlin – Havelchaussee“ verliehen. Die beteiligten Firmen des Bauprojektes waren die ARGE Stehmeyer & Bischoff GmbH & Co. KG/BLK Bohrteam GmbH sowie die Firma Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH.

Die Würdigung des Projektes und die Übereichung des GSTT-Awards 2011 wurde vom Vorstandsvorsitzenden der GSTT, Herrn Prof. Jens Hölterhoff vorgenommen (**Bild 14**).

Die FGR®/EADIPS® gratuliert den beteiligten Firmen zum Gewinn des 3. Preises des GSTT-Awards 2011.

## Literatur

- [1] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duk-  
tilem Gusseisen und ihre Verbindungen für  
Wasserleitungen –  
Anforderungen und Prüfverfahren  
2007
- [2] EN 15542  
Rohre, Formstücke und Zubehör aus duk-  
tilem Gusseisen - Zementmörtelumhüllung  
von Rohren –  
Anforderungen und Prüfverfahren  
2008

## Autor

Dipl.-Ing. Lutz Rau  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Verkaufsbüro Berlin  
Am Schonungsberg 45  
12589 Berlin/Deutschland  
Telefon: +49 (0)30/64 84 90 70  
E-Mail: lutz.rau@duktus.com

## Auftraggeber

Berliner Wasserbetrieb  
Planung und Bau Werke  
Dipl.-Ing. Torsten von Trotha  
Neue Jüdenstraße 1  
10179 Berlin/Deutschland  
Telefon: +49 (0)30/86 44-60 95  
E-Mail: torsten.vontrotha@bwb.de

## Planungsbüro

Hyder Consulting GmbH Deutschland  
Dipl.-Ing. Ute Rodeike  
Grünwaldstraße 61-62  
10825 Berlin/Deutschland  
Telefon: +49 (0)30/67 05 21-45  
E-Mail: ute.rodeike@hyderconsulting.com

## Bauunternehmen

Stehmeyer + Bischoff GmbH & Co. KG  
Niederlassung Berlin  
Dipl.-Ing. Harald Lübben  
Dipl.-Ing. Dirk Richter  
Scharnweberstraße 24  
13405 Berlin/Deutschland  
Telefon: +49 (0)30/41 78 85-22  
E-Mail: luebben-berlin@stehmeyer.de  
E-Mail: dirk.richter@stehmeyer.de

## Bohrfirma

BLK – Bohrteam GmbH  
Steffen Rühlicke  
OT Görschen  
Gewerbegebiet Südring 2  
06618 Mertendorf/Deutschland  
Telefon: +49 (0)3 44 45/7 01-44  
E-Mail: steffen.ruehlicke@blk-bohrteam.de

## Einzug einer Triebwasserleitung DN 500 quer durch einen Berg

Von Andreas Moser

### 1 Umbau der Triebwasserleitung

Im Zuge einer neuen wasserrechtlichen Konzession wurde das Kleinwasserkraftwerk „E-Werk Tasser“ bis auf die Wasserfassung und die bereits bestehende Triebwasserleitung komplett erneuert. Die bestehende Triebwasserleitung überwindet auf einer Länge von 1.840 m einen Höhenunterschied von 147 m und wurde im Jahre 2002 gebaut. Für das neu eingereichte Projekt „E-Werk Tasser“ wird die existierende Rohrleitung um 1.225 m verlängert und gewinnt damit eine Betriebsdruckerhöhung von 15 bar auf 28 bar. Der zusätzliche Höhenunterschied von 128 m bringt einen Zuwachs der jährlichen Stromerzeugung von ungefähr 60 %.

### 2 Wahl des Rohrwerkstoffes

Zum Bau der Triebwasserleitung wurden duktile Gussrohre wie folgt gewählt:

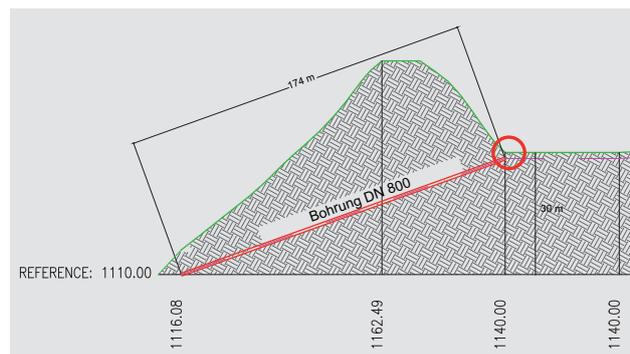
- Nennweite: DN 500,
- Muffen-Verbindung: längskraftschlüssige BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung,
- Wanddicken-Klasse: K 9 und K 11,
- Auskleidung:  
Tonerde-Zementmörtel wegen eines sehr niedrigen pH-Wertes ( $\text{pH} = 5$ ) des Triebwassers,
- Umhüllung:  
aktiv: thermische Spritzverzinkung,  
passiv: Polyurethan.

### 3 Planung

Die Planung der neuen Trassenführung der erweiterten Turbinenleitung war für alle Beteiligten eine große Herausforderung. Nicht aufgrund hoher Betriebsdrücke, sondern wegen des

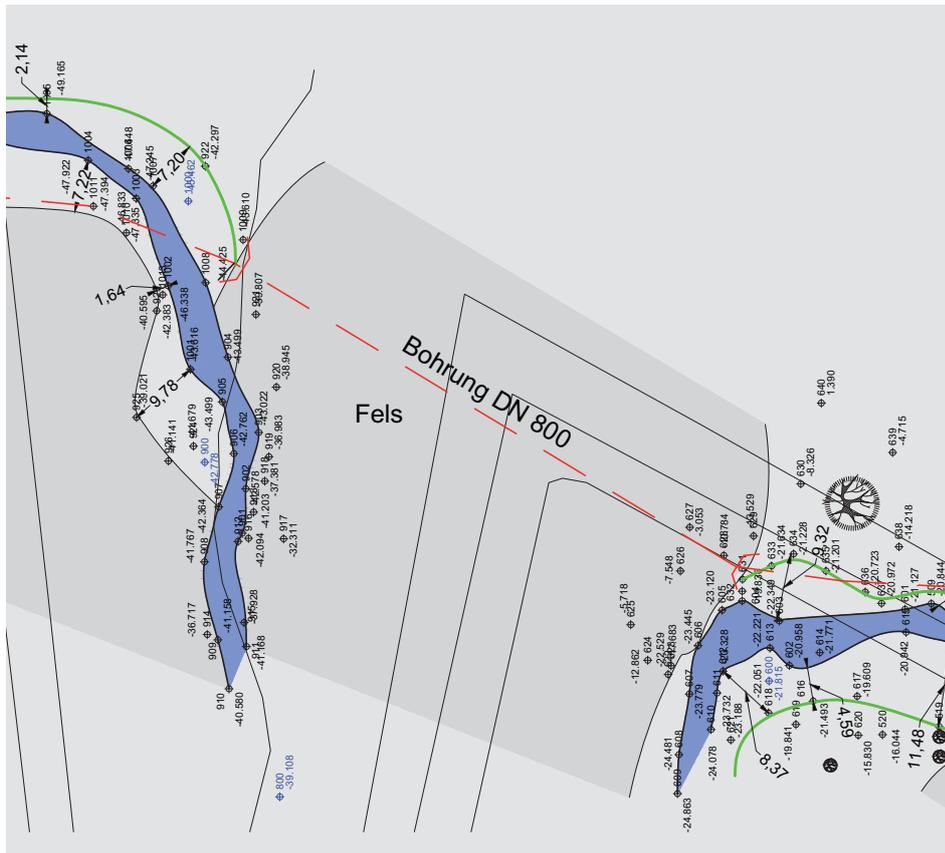


**Bild 1:**  
An der mit einem roten Kreis markierten Stelle wurde die Turbinenleitung quer durch den Berg eingebaut.



**Bild 2:**  
Höhenprofil des Rohrtunnels – Höhendifferenz 30 m

beengten Platzangebotes zwischen dem triebwasserführenden Bach und den ihm umgebenden Steilhängen. **Bild 1** veranschaulicht, wie sich das Tal am Beginn des geplanten Rohrtunnels verengt. Es ist unmöglich, links oder rechts vom Bach eine sichere Leitungstrasse zu graben. Dabei besteht die Gefahr des Ausschwimmens



**Bild 3:**  
Lageplan der gewählten Rohrtrasse – Länge des Rohrtunnels 174 m

**Tabelle 1:**  
Technische Details

Länge des neuen Triebwasserrohrstranges	1.225 m
Länge der verlängerten Turbinenleitung	3.065 m
Länge der Bergdurchquerung mittels Rohrtunnel	174 m
Durchmesser des Triebstollens	800 mm
Nennweite der Triebwasserleitung	DN 500
Betriebsdruck im Bereich des Rohrtunnels	20 bar
Rohrmaterial der Triebwasserleitung – im Stollenbereich	
duktile Druckrohre mit längskraftschlüssiger BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung, Wanddicken-Klasse K 11 <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umhüllung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>aktiver Korrosionsschutz: thermische Spritzverzinkung mit 200 g/m<sup>2</sup></li> <li>passiver Korrosionsschutz: faserverstärkte Zementmörtel-Umhüllung mit einer Schichtdicke von 6 mm</li> </ul> </li> <li>– Auskleidung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Tonerde-Zementmörtel wegen des sehr weichen sauren Triebwassers (pH = 5)</li> </ul> </li> </ul>	
Rohrmaterial der Triebwasserleitung – Rest der neuen Turbinenleitung	
duktile Druckrohre mit längskraftschlüssiger BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung, Wanddicken-Klasse K 9 <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umhüllung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>aktiver Korrosionsschutz: thermische Spritzverzinkung mit 200 g/m<sup>2</sup></li> <li>passiver Korrosionsschutz: Polyurethan mit einer Schichtdicke von ≥ 150 µm</li> </ul> </li> <li>– Auskleidung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Tonerde-Zementmörtel wegen des sehr weichen sauren Triebwassers (pH = 5)</li> </ul> </li> </ul>	

der Rohrleitung bei Hochwasser und ihrer Beschädigung durch mitgeführtes Geschiebe (große Steine und Sand).

Die Planung sah vor, dass ein Teilstück der Rohrleitung durch einen Bergrücken aus massivem Dolomitgestein gebaut werden musste.

**Bild 2** zeigt die Höhendifferenz zwischen der Startgrube und dem Stollenausgang des neu zu bauenden Rohrtunnels.

Sie beträgt 30 m; das entspricht einem Differenz-Bauteilbetriebsdruck von  $\Delta P_{FA} = 3$  bar.

**Bild 3** zeigt die Trassierung der neuen Triebwasserleitung.

**Tabelle 1** gibt einen Überblick zu den technischen Details des Projektes.

## 4 Baudurchführung

Der Tunneldurchbruch DN 800 zog sich für die eher kurze Distanz von 174 m über sechs Monate hin. Grund hierfür war, dass das in dieser Region (Gadertal/Südtirol) häufig vorkommende Dolomitgestein sehr schwer zu bearbeiten ist und beachtliche Schwierigkeiten beim Bohren des Stollens bereitete.

Die Schneidräder des Bohrkopfes mussten mehrmals erneuert werden (**Bild 4**). Der gebohrte Stollen wurde mit Stahlrohren ausgekleidet, hauptsächlich um die mit in diesem Tunnel eingebauten PE-Leerrohre (für Steuerkabel und usw.) vor herabbrechenden Gesteinsbrocken zu schützen. Aber es musste auch eine glatte Oberfläche für den Einzug der duktilen Gussrohre geschaffen werden (**Bilder 5 und 6**). Die duktilen Gussrohre mit

längskraftschlüssiger BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung wurden mit einem dieselhydraulischen Zugsystem bergabwärts in das vorher eingeschobene Stahlrohr eingezogen (**Bild 7**).

Um die auftretende Reibung so klein wie möglich zu halten, wurde handelsübliches Gleitmittel an den Kontaktstellen zwischen Stahl- und Gussrohr verwendet. Als Verbindungsstück zwischen der formschlüssigen Gussrohrleitung und dem Zugaggregat wurde ein vom Rohrhersteller mitgelieferter Zugkopf eingesetzt (**Bild 8**).

Die 174 m lange Gussrohrleitung mit einem Eigengewicht von 26.380 kg wurde in einem Stück in den Tunnel eingezogen.

Die zulässige Zugkraft der BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung beträgt 860 kN. Die tatsächlich aufgetretene Zugkraft wurde mit 49 kN ermittelt.



**Bild 4:**  
Bohrkopf DN 800  
mit erneuerten Schneidrädern



**Bild 6:**  
Startgrube – eingeschobenes Stahlrohr  
mit eingezogenen duktilen Gussrohren



**Bild 5:**  
Rohrtunnel nach Bohrung mit  
teilweise brüchigem Gestein



**Bild 7:**  
Dieselhydraulisches Zugaggregat am Stollenausgang,  
das gleichzeitig auch als Bohrgerät umgerüstet wurde



**Bild 8:**  
Zugkopf mit angehängten duktilen Gussrohren und vier aufgesattelten Leerrohren am Stollenausgang

**Tabelle 2** gibt einen Überblick über den Bauteilbetriebsdruck, die zulässige Zugkraft, die Abwinkelbarkeit und damit den Kurvenradius der gewählten Nennweite DN 500. Ferner enthält sie Angaben zur Montage.

**Tabelle 2:**  
Triebwasserleitung DN 500 –  
Anwendungs- und Einbauinformationen  
sowie Montagezeiten

Nennweite	DN 500
Bauteilbetriebsdruck PFA	30 bar
zulässige Zugkraft $F_{zul}$ DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 Duktus-Handbuch grabenloser Einbau duktiler Gussrohre	860 kN 860 kN
mögliche Abwinkelbarkeit der Muffen	3°
minimaler Kurvenradius	115 m
Anzahl der Monteure	2
Montagezeit ohne Verbindungsschutz	12 min
Montagezeit bei Verwendung einer Gummimanschette	14 min
Montagezeit bei Verwendung von Schrumpfmanschetten	28 min

## 5 Zusammenfassung

Im Bereich des Untermojerbaches (Gemeinde Enneberg in der Provinz Bozen in Südtirol, Italien) wurde die neu zu bauende Teilstrecke der Triebwasserleitung DN 500 für das Kleinwasserkraftwerk „E-Werk Tasser“ in einem

Rohrtunnel geführt. Alle Neubaumaßnahmen zur Kapazitätserweiterung des Kleinwasserkraftwerkes fanden von Juni 2010 bis November 2011 statt.

### Autor

Ing. Andreas Moser  
Duktus Tiroler Rohrsysteme GmbH  
Innsbrucker Straße 51  
6060 Hall in Tirol/Österreich  
Telefon: +43 (0)52 23/50 34 53  
E-Mail: andreas.moser@duktus.com

### Bauherr

Impianti Idroelettrici Tasser KG  
Tasser Giuseppe & Co.  
Giuseppe Tasser  
Via Costalungia 11  
39030 Welschellen-Enneberg/Italien  
Telefon: +39 (0)4 74/52 00 67

### Planungsbüro

Studio G GmbH  
Dott. Ing. Elias Pezzedi  
Rienzfeldstraße 30  
39031 Bruneck/Italien  
Telefon: +39 (0)4 74/41 13 24  
E-Mail: info@studiog.it

### Baufirma

Holzer GmbH  
Max Holzer  
Rein Nr. 97  
39032 Sand in Taufers/Italien  
Telefon: +39 (0)4 74/67 20 01  
E-Mail: holzergmbh@dnet.it

### Bohrung

Klapfer Bau GmbH  
Josef Klapfer  
Handwerkerzone 9  
39030 Terenten/Italien  
Telefon: +39 (0)4 72/54 61 78  
E-Mail: info@klapfer.com

### Statik

Studio Tecnico  
Dott. Ing. Angelo Del Buono  
Strada Paracia 40  
39030 Marebbe/Italien  
Telefon: +39 (0)4 74/50 12 42  
E-Mail: info@studio-db.it

## Der Liftverbund Feldberg wird schneesicher

Von Stefan Wirbser, Christian Weiler und Alexander Bauer

### 1 Vorwort zum Skigebiet

Der Liftverbund Feldberg GbR wurde in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts gegründet und besteht aus den Tourismusbetrieben der Städte Todtnau, St. Blasien und der Gemeinde Feldberg. Der Verbund betreibt drei Seilbahnanlagen und zwölf Schlepplifte auf 40 km Pisten aller Schwierigkeitsstufen.

Der Feldberg bietet damit das drittgrößte Skigebiet Deutschlands. Auf der 2 km langen Weltcupabfahrt an der Rothausbahn gastierte bereits drei Mal der alpine Skiweltcup, wo mit Ingemar Stenmark, Pirmin Zurbriggen und im Jahr 2000 mit Hermann Maier jeweils nur die Weltbesten ihrer Zeit siegen konnten.

Durchschnittlich 130 Betriebstage pro Winter zeugen von hoher Schneesicherheit. 400.000 bis 480.000 Skifahrer besuchen pro Winter die Anlagen (**Bild 1**). Das Umsatzvolumen bewegt sich zwischen 6 Mio. Euro und 8,5 Mio. Euro.

In den letzten Jahren wurden in Pistenpflege, Beschneigungsanlagen und in die Modernisierung der Lifte und Bahnen etwa 30 Mio. Euro investiert. Rund 120 Saisonarbeitsplätze an den Liften und weitere 350 bei Skischulen und Gastronomie bieten der Bevölkerung des Hochschwarzwaldes Arbeit in den Wintermonaten.

Am Feldberg sind mehrere Seilbahngesellschaften zum Liftverbund Feldberg verbunden (**Bild 2**). Der Feldberg ist der höchste Berg des Bundeslandes Baden-Württemberg und zählt mit seinen Rahmenbedingungen zu den schneesicheren Gebieten der europäischen Mittelgebirge.

16 Beförderungsanlagen erschließen die Skipisten. Ungefähr 1/3 der Pistenflächen wird technisch beschneit.

Aushängeschild des Skigebietes ist die Weltcupabfahrt, auf welcher letztmals im Jahr 2000 der alpine Skiweltcup stattfand. Im Jahr 2007 fanden zuletzt die Deutschen Meisterschaften für Snowboard am Feldberg statt.



**Bild 1:**  
Skifahrer an der Bergstation



**Bild 2:**  
Liftverbund Feldberg



**Bild 3:**  
Speichersee



**Bild 4:**  
Freizeitgerechte Landschaftsgestaltung  
um den Speichersee

## 2 Das Beschneiekonzept

Der Liftverbund Feldberg hat sich im Jahr 2008 dazu entschlossen, das renommierte Planungsbüro Klenkhart & Partner Consulting ZT GmbH mit Sitz in Absam in Tirol mit der Erstellung eines schneitechnischen Grundsatzkonzeptes zu beauftragen. Das Ingenieurbüro Klenkhart & Partner, welches weltweit etwa 250 Seilbahngesellschaften zu seinen Stammkunden zählen darf und als Leuchtturmprojekt die technische Gesamtplanung der Alpinen FIS-Ski WM in Garmisch-Partenkirchen 2011 erstellte, entwickelte für das Großraumsgebiet am Feldberg ein zukunftsweisendes Beschneiekonzept, mit welchem im Endausbau die Schneesicherheit sämtlicher Hauptabfahrten an mindestens 110 Betriebstagen pro Jahr garantiert wird.

Kern dieses Beschneiekonzeptes ist die Anlage eines zentralen Speichersees mit einem Fassungsvermögen von rund 250.000 m<sup>3</sup> (**Bild 3**), welcher eine ökogerechte Wasserbereitstellung für die Beschneieanlage garantieren soll. Ökogerecht heißt, dass dieser Speichersee zu jenen Zeiten befüllt wird, in denen die umliegenden Fließgewässer eine hohe Wasserführung aufweisen (z. B. während der Schneeschmelze bzw. während und unmittelbar nach starken Regenniederschlägen) und daher eine Wasserentnahme aus diesen Fließgewässern gewässerökologisch unproblematisch ist. Eine Wasserentnahme aus Fließgewässern in abflussschwachen Zeiten kann unterbleiben, während die kurzfristige Entnahme von großen Wassermengen aus dem großen Wasserspeicher gewässerökologisch unbedenklich ist.

Des Weiteren soll der Speichersee so angelegt werden, dass er das Aussehen eines natürlichen Bergsees erhält. Im unmittelbaren Nahbereich des Speichersees sollen zudem Lebensräume für Amphibien, Reptilien und Insekten in Form von kleinen Wassertümpeln unterschiedlichster Ausprägung geschaffen werden.

Diese Maßnahmen führen zu einer Bereicherung des Landschaftsbildes, zur Schaffung neuer, attraktiver Lebensräume sowie zu einer Angebotserweiterung für Erholung suchende Sommergäste und Einheimische (**Bild 4**).

## 3 Der Speichersee

Bei der Erstellung des schneitechnischen Grundsatzkonzeptes wurde ein Hauptaugenmerk auf eine möglichst energieeffiziente Lösung gelegt. Durch die große Höhenlage des Speichersees im Skigebiet kann der Eigendruck aus dem geodätischen Höhenunterschied voll genutzt werden. Zudem sind ausreichend Quellen und Fließgewässer in Höhe des Speichersees vorhanden, wodurch er energieeffizient befüllt werden kann.

Die Höhenlage des Speichersees in Kombination mit der Nutzung des geodätischen Höhenunterschiedes bewirkt auch den ausschließlichen Einsatz von Mitteldruckpumpen (Hochdruckpumpen sind nicht erforderlich); dieser Umstand führt neben einer Verringerung der Investitionskosten auch zu einer deutlichen Reduktion des Energieeinsatzes und daraus resultierend der Betriebskosten.

Der zentrale Speichersee mit der zentralen Pumpstation, mit einer projektierten Pumpleistung von 600 L/s, soll im Endausbau über ein etwa 15 km langes Schneileitungsnetz die Skigebiete Feldberg-Seebuck, Todtnau-Fahl und St. Blasien-Grafenmatt versorgen.

#### 4 Einsatz duktiler Gussrohre

Wegen der teilweise schwierigen Geologie des Untergrundes (stetiger Wechsel zwischen der Bodenklasse 2, fließende Böden, und der Bodenklasse 7, Fels) wurde als Rohrmaterial für die Druckrohrleitungen duktiles Gusseisen gewählt. Zum Einsatz kamen duktile Gussrohre (**Bild 5**) mit längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen gemäß EN 545 [1].

Duktile Gussrohre garantieren, auch bei den hier vorliegenden schwierigen Untergrundverhältnissen, einen temperatur- und wetterunabhängigen, raschen, einfachen und gering fehleranfälligen Einbau.

Dies ist vor allem bei der jährlich knappen Bauzeit am Feldberg (um den Sommertourismus nicht zu beeinträchtigen, sind Bauarbeiten im Nahbereich der Hauptwanderwege nur außerhalb der sommerlichen Hauptsaison möglich) von enormer Bedeutung (**Bild 6**).

Seit dem Jahr 2010 werden nunmehr – aufbauend auf den Erkenntnissen des schneitechnischen Grundsatzkonzeptes – Jahr für Jahr Erweiterungen der bestehenden Beschneiungsanlage vorgenommen, um in einem Zeitraum von circa zehn Jahren den geplanten Endausbau



**Bild 6:**  
Feldberg mit beschneiten Pisten

zu erreichen. In den vergangenen beiden Jahren wurden ausschließlich duktile Gussrohre in den Nennweiten DN 80 bis DN 250 mit BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindungen verwendet. Die Streckenlänge beträgt 4 km. Die Baumaßnahmen wurden öffentlich ausgeschrieben.

Die Schwierigkeiten bei der Bauausführung waren überwiegend im schweren Gelände und im durchaus kurzen Bauzeitenfenster zu sehen. Diese beiden Faktoren sowie die hohen Betriebsdrücke von bis zu 63 bar stellten hohe Anforderungen an den einzubauenden Rohrwerkstoff. Die duktilen Gussrohre haben die an sie gestellten Anforderungen in vollem Umfang erfüllt.



**Bild 5:**  
Duktile Gussrohre mit  
längskraftschlüssigen  
Steckmuffen-  
Verbindungen

## 5 Zukunftsaussichten

Für die Zukunft planen die Initiatoren um Feldbergs Bürgermeister Stefan Wirbser (Vorsitzender des Liftverbundes) weitere Investitionen in die Beschneigung.

Ziel ist dabei die komplette Beschneigung aller Pisten. Ferner sollen die Schlepplifte sukzessive durch kuppelbare Sesselbahnen ersetzt werden. Daneben gibt es bereits seit Jahren Pläne für den Bau eines 1.300 Stellplätze umfassenden Parkhauses, an dessen Finanzierung derzeit gearbeitet wird.

### Literatur

- [1] EN 545  
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren  
2010

### Autoren

Stefan Wirbser  
Liftverbund Feldberg  
Kirchgasse 1  
79868 Feldberg/Deutschland  
Telefon: +49 (0)76 55/80 15 01  
E-Mail: info@liftverbund-feldberg.de

DI Christian Weiler  
Klenkhart & Partner Consulting ZT  
Gesellschaft m.b.H.  
Salzbergstraße 15  
6067 Absam/Österreich  
Telefon: +43 (0)5 02/26-0  
E-Mail: office@klenkhart.at

Alexander Bauer  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)1 60/7 19 76 69  
E-Mail: alexander.bauer@duktus.com

### Bauausführende Firmen

GEO-ALPINBAU GmbH  
Helmut Ortler  
Au 3/1  
6492 Imsterberg/Österreich  
Telefon: +43 (0)6 64/88 47 88 00  
E-Mail: h.ortler@geo-alpinbau.at

Firma Wolfram Staller  
Daniel Staller  
Grafenhauser Straße 15  
79865 Grafenhausen/Deutschland  
Telefon: +49 (0)77 48/12 31  
E-Mail: ds@firma-staller.de

# 25 Jahre duktile Gussrammpfähle

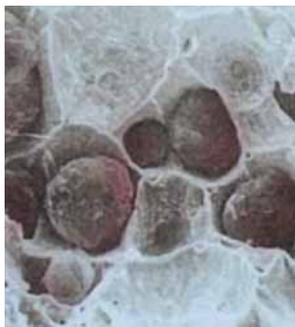
Von Jérôme Coulon und Erich Steinlechner

### 1 Fünf Millionen Meter eingebaut

Diese Zahl hätten sich damals Bertil Schmidt und Pentti Kosonen, die schwedischen Erfinder des duktilen Pfahls bei der Firma AB Gustavsberg, in den frühen 80er-Jahren nicht träumen lassen. Duktiles Gusseisen im Spezialtiefbau war gänzlich unbekannt und man gab dem Werkstoff auch kaum Chancen. Der „G-Pfahl“ wurde zu Beginn unterschätzt und er hatte nur bei Unterfangungen innerhalb von Gebäuden seine Berechtigung. Durch den Technologietransfer (Lizenzvereinbarung) zwischen den Firmen Tiroler Röhren- und Metallwerke AG und AB Gustavsberg im Jahr 1986 kam der duktile Pfahl

nach Österreich und damit nach Zentraleuropa. Dadurch wurde er als vielseitiges Gründungskonzept bekannt, welches für Zuverlässigkeit und Schnelligkeit steht. Die Erfolgsgeschichte begann. Fünf Millionen Laufmeter wurden in 25 Jahren produziert und fanden weltweit Verwendung bei den unterschiedlichsten Projekten.

Waren am Anfang dieser Entwicklung im Bereich der Rammtechnik noch Skepsis und Unverständnis die Wegbegleiter, so ist das System heute in Österreich nicht mehr wegzudenken. Gusseisen mit Kugelgrafit (**Bild 1**), auch duktiles Gusseisen genannt, war und ist der Schlüssel zu diesem Erfolg.



**Bild 1:**  
Duktiles Gusseisen unter dem Rasterelektronenmikroskop: Kugelgrafit verleiht dem Gusseisen hohe mechanische Festigkeiten, wie z. B. eine hohe Schlagfestigkeit.



**Bild 2:**  
Duktile Gussrammpfähle werden unter strengsten prozessbegleitenden Qualitätskontrollen industriell vorgefertigt. Die konische Steckmuffen-Verbindung wird zusammen mit dem Rohrschaft in einem Guss hergestellt.



**Bild 3:**  
Zur Auslieferung gelagerte 5 m lange  
duktiler Gussrammpfähle

Der in den frühen 50er-Jahren industrialisierte Werkstoff bietet gleichzeitig alles, was ein Rammfahlsystem braucht:

- Duktilität,
- Schlagfestigkeit und
- Korrosionsbeständigkeit.

Dazu kommt noch eine hervorragende Gießbarkeit. Die konische Steckmuffen-Verbindung als wichtigstes Verbindungselement wird zusammen mit dem Rohrschaft in einem Guss hergestellt (**Bild 2**); eine enorme Erleichterung für die Baustelle. Die produzierten 5 m langen Pfahlschüsse (**Bild 3**), welche eine einfache Handhabung ermöglichen, können ohne Schweißarbeit und Spezialwerkzeug direkt auf der Baustelle rasch verbunden werden und ermöglichen eine variable Pfahllänge.

Bohrpfähle mit Durchmessern  $\geq 500$  mm oder gebohrte Mikropfähle [1] mit Durchmessern  $\leq 300$  mm werden in Österreich mit duktilen Pfählen wirtschaftlich ersetzt, weil das duktile Gusseisen hohe Lasten mit schlankem Design bestmöglich verbindet. Auch gegenüber anderen Fertigteilrammpfählen kann der Gussrammpfahl aufgrund seines modernen Werkstoffs in vielerlei Hinsicht punkten.

## 2 Vorteile von Fertigteilrammpfählen

Im Spezialtiefbau hat es immer schon zwei Lager gegeben, die Bohrpfähle und die Rammfähle. Bohrpfähle haben überwiegend Vorteile, wenn große Lasten und hohe Biegemomente aufgenommen werden müssen, z. B. für mehrstöckige Gebäude oder Brückenwiderlager. Der Nachteil ist aber das schwere und teure Equipment, welches dafür benötigt wird.

Daher werden traditionell gebohrte Mikropfähle in großer Zahl dort verwendet, wo der Einsatz mit schwerem Gerät nicht möglich ist, z. B. bei Baulücken, beschränkter Arbeitshöhe oder Zufahrt. Beide Systeme, Bohrpfähle und gebohrte Mikropfähle, haben aber eine geringe Tagesleistung und das geförderte Bohrgut muss entsorgt werden. In den letzten Jahren haben sich die Deponiekosten vervielfacht. Bei kontaminierten Böden kostet die Bohrgutentsorgung ein Vielfaches der eigentlichen Gründung und daher wird immer öfter die Frage gestellt, warum den Boden nicht dort belassen, wo er ist.

Hohe Produktionsleistungen sind gefragt. Bei Bohrpfählen haben sich hierzu neue Verfahren wie die SOB-Pfähle (Schnecken-Ortbeton-Pfähle) entwickelt. Dieses System reagiert aber nur gering auf den tatsächlichen anstehenden Baugrund. Schwankungen bei der Traglast durch wechselnde Mächtigkeit der tragenden Bodenschichten und Lagerungsdichte sind ein Problem. Betonieren unter Wasser, Freilegen von Bewehrungseisen, Einschnürungen der frischen Betonsäule durch expandierenden Boden, alle diese Schwierigkeiten müssen zusätzlich bei der Dimensionierung einkalkuliert werden.

Bei all diesen Schwierigkeiten wird im Spezialtiefbau, wo immer es geht, auf Fertigteilrammpfähle zurückgegriffen. Der Fertigteilrammpfahl wird in der Regel industriell gefertigt, besitzt eine durchgängige Qualitätskontrolle, und durch den hohen maschinellen Fertigungsgrad werden menschliche Fehler auf der Baustelle reduziert.

Der duktile Gussrammpfahl als Vertreter der Fertigteilrammpfähle hat durch sein hohes Festigkeit-Masse-Verhältnis den Vorteil, dass mit kleinem und leichtem Gerät hohe Traglasten erzielt werden können. Eine Nachbearbeitung der Pfahlköpfe ist nicht notwendig, und auf Integritätsprüfungen kann verzichtet werden.

## 3 Überlegenheit des duktilen Gusseisens

Die wichtigsten Baustoffe für Fertigteilrammpfähle sind Stahlbeton, Stahl, Holz und Gusseisen, wobei der Holzpfahl sich heutzutage sehr stark auf dem Rückmarsch befindet, da zum einem die begrenzte Länge, vor allem aber die nur bedingt gleichmäßige Qualität zu Problemen führen kann. Holz rostet zwar nicht, ist aber durch Sauerstoff im Grundwasserschwankungsbereich einer nicht kontrollierbaren Verrottung unterworfen. Stahlbeton und Stahl sind

mengenmäßig die Nummer eins bei den Fertigteilrammpfählen, jedoch wird bei größeren Lasten und größeren Abmessungen des Rammgutes das einzusetzende Gerät sehr schnell sehr groß und die Vorteile gegenüber den Bohrpfahlgeräten sind nicht mehr gegeben. Beide Baustoffe erfordern hohen Arbeitsaufwand bei der Abtrennung des Pfahlüberstandes aufgrund des vorzeitigen Erreichens des Abbruchkriteriums. Ebenfalls benötigt die Verlängerung der einzelnen Pfahlschüsse zusätzlichen Arbeitsaufwand.

Neben all den Vorteilen, die der Fertigteilrammpfahl gegenüber dem Bohrpfahl hat, besitzt der Gussrammpfahl zusätzlich den Materialvorteil in Form von DUKTEC. DUKTEC ist ein speziell modulierte Gusseisen der Duktus S.A., welches die Duktilität, Schlagfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit für den Gussrammpfahl optimiert. Duktiles Gusseisen ist auch der einzige Werkstoff im Spezialtiefbau, welcher es ermöglicht, eine Steckmuffen-Verbindung direkt bei der Herstellung des Pfahles im Werk mit dem Schaft zu erzeugen. Die PLUG & DRIVE - Verbindung ist biegesteif und kraftschlüssig. Zusätzliche Arbeitsschritte auf der Baustelle zur Verbindung der einzelnen Pfahlsegmente sind überflüssig. Ein duktiler Gussrammpfahl, hergestellt aus mehreren Pfahlsegmenten, ist statisch gleich wie ein durchgehender monolithischer Pfahl.

Pfahllängen von 50 m und mehr sind kein Problem und können mit dem gleichen kleinen Equipment hergestellt werden.

Die wichtigsten Merkmale der Werkstoffe im Bereich der Fertigteilrammtechnik können nach folgenden Kriterien festgelegt werden:

- **Umweltverträglichkeit:**  
Rohstoffe aus der Recyclingindustrie, lokale Ressourcen, geringe Belastung durch fossile Brennstoffe und CO<sub>2</sub>-Ausstoß,
- **Rammpfahlgüte:**  
benötigtes Equipment, hohe Schlagfestigkeit und geringe Bruchgefahr,

- **Handhabung/Transport:**  
Modulbauweise, Einzelbaulängen, rationaler Transport, Lagerung, Gefahrenpotenzial bei Entladung, Materialverhalten bei Überbeanspruchung,
- **Längen Anpassung:**  
Zeitaufwand für Verbindungen (Steckmuffen-, Schweiß-, Schraub-Verbindungen), Pfahlkopfbearbeitung,
- **Langlebigkeit:**  
Gebrauchstauglichkeit, Korrosion,
- **Erschütterungen/Lärm:**  
Frequenz im Boden, Einfluss auf Mensch und Natur.

**Tabelle 1** zeigt die Einsatzkriterien verschiedener Werkstoffe im Bereich der Fertigteilrammtechnik.

Duktiles Gusseisen kann bei allen Kriterien überzeugen, besonders sollte der Recyclinggedanke unterstrichen werden. In einer Gesellschaft, die Mülltrennung als wichtig erachtet, muss der Gedanke des Recyclings auch für Baustoffe im Spezialtiefbau gelten. Zusammenfassend gilt, dass duktiles Gusseisen allen zuvor genannten Kriterien entspricht und damit einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit leistet.

#### 4 Tieflegung der Zentralbahn Luzern

Für die nächsten Jahre wird auf der Autobahn A 2 in der Schweiz im Bereich Luzern mit einer massiven Verkehrszunahme gerechnet. Durch den Ausbau des S-Bahn-Angebotes soll der Pendleranteil auf die öffentlichen Nahverkehrsmittel umgelenkt werden. Diese Verkehrsumlagerung, kombiniert mit der Tieflegung der Zentralbahn im Stadtbereich, führt zu einer maßgeblichen Reduktion der Lärmemissionen in der Stadt Luzern (**Bilder 4 und 5**).

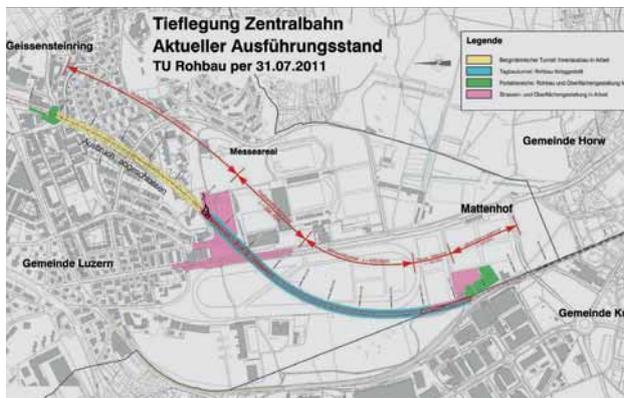
Das Projekt Ausbau Zentralbahn ist ein Kernprojekt des Agglomerationsprogramms Luzern. Die Zentralbahn ist auf ihrem Streckennetz zwischen Luzern-Engelberg und

**Tabelle 1:**  
Einsatzkriterien verschiedener Werkstoffe im Bereich der Fertigteilrammtechnik

Einsatzkriterien	Duktiles Gusseisen	Holz	Stahl	Stahlbeton
Umweltverträglichkeit	++	+++	+	+
Rammpfahlgüte	+++	-	++	-
Handhabung/Transport	+++	+	+	-
Längen Anpassung	+++	--	-	-
Langlebigkeit	++	--	+	++
Erschütterungen/Lärm	+	-	-	---



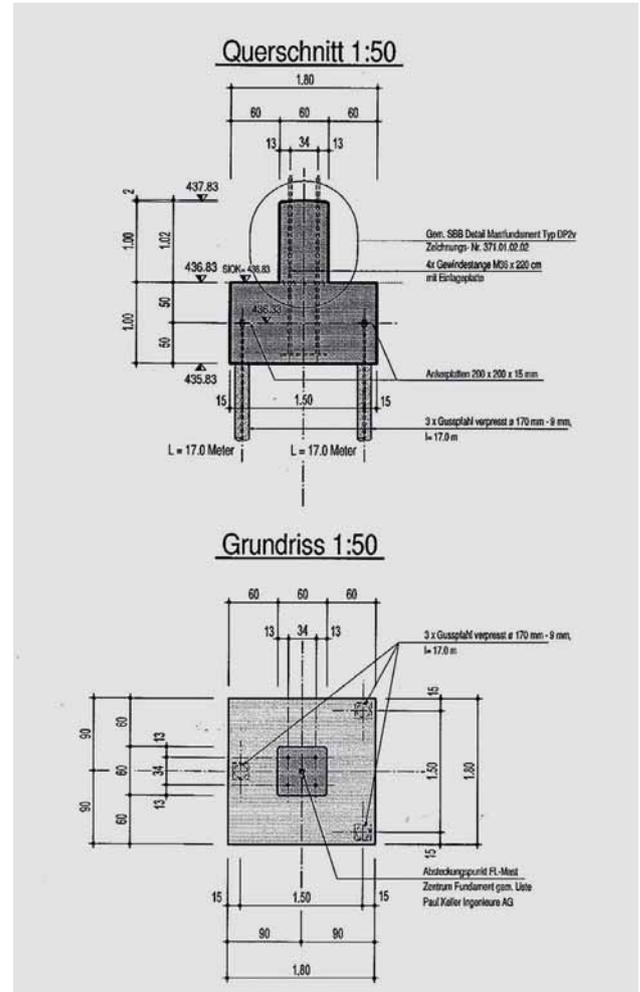
**Bild 4:**  
Luftbild des Baustellenbereichs  
„Tieflegung Zentralbahn Luzern“, wo duktile Pfähle  
für die erste Bauphase eingesetzt wurden



**Bild 5:**  
Übersichtsplan der Baustelle  
„Tieflegung Zentralbahn Luzern“

Luzern-Interlaken unterwegs. Die Eidgenössischen Räte haben das Projekt 2006 in die Liste der dringlichen und baureifen Projekte des Infrastrukturfonds des Bundes aufgenommen. Die Investitionskosten belaufen sich auf 250 Mio. CHF. Das Projekt Ausbau Zentralbahn besteht aus mehreren Teilprojekten.

Das zentrale Element bildet der Doppelspurausbau mit Tieflegung in Luzern (innerstädtisch können durch die Tieflegung vier Niveauübergänge aufgehoben werden). Zusätzlich sind auf dem übrigen Netz der Zentralbahn weitere Anpassungen zur Erhöhung der Streckengeschwindigkeit und Leistungssteigerung vorgesehen. Nach dem Fahrplanwechsel im Dezember 2012 fahren die ersten Züge auf der neuen Doppelspur durch den Allmend- und Hubelmatttunnel nach Luzern. Für die Tieflegung in Luzern sind Umbauten an der Bahninfrastruktur notwendig. Die Firma C. Vanoli AG in Immensee setzte die Arbeiten im Gleistiefbau prompt und schnell um, unter



**Bild 6:**  
Konstruktionszeichnungen eines Mast- und  
Ankerfundaments für die Fahrleitungen

anderem die Tiefgründung der Fahrleitungsfundamente mittels duktiler Gussrammpfähle (**Bilder 6, 7, 8 und 9**).

Die Mast- und Ankerfundamente für die Fahrleitungen der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) und der Zentralbahn (zb) werden auf Druck und Zug belastet (vertikale Kräfte), die horizontalen Kräfte sind gekoppelt mit den Momenten und greifen am Fundamentkopf an. Je nach Fundamenttyp kommen zwei bis drei duktile Pfähle pro Fundamentkopf zur Ausführung. Die Drucklasten werden mit verpressten duktilen Rammpfählen 170/9,0 mm – Außendurchmesser 250 mm – in den Boden abgetragen, die Zuglasten werden über zusätzlich in die Pfähle eingestellte vorinjizierte Ankerstangen  $\varnothing 28$  mm übertragen (**Bild 10**).

Der Untergrund des Projektstandortes baut sich auf aus breiigen bis weichen Seeablagerungen, teilweise durchsetzt mit instabilen Tonlinsen und unterlegt von einer steifen bis harten



**Bild 7:**  
Einrammen der duktilen Gussrammpfähle

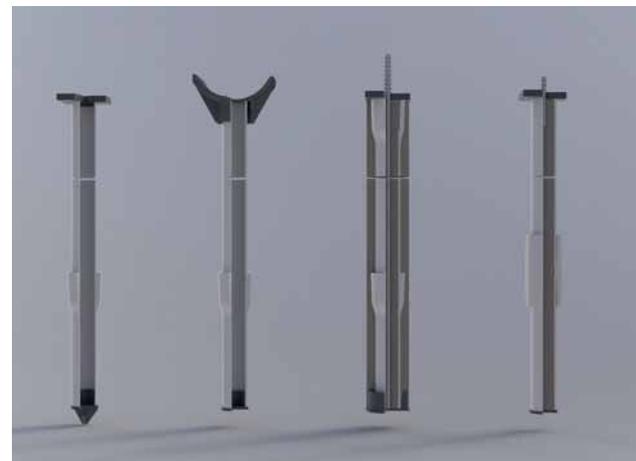


**Bild 8:**  
Dank dem leichten und kompakten Rammgerät konnten die duktilen Pfähle, bei beschränkter Raumhöhe, direkt an die bestehenden Gleise und Fahrleitungen bei normalem Zugbetrieb eingebaut werden.



**Bild 9:**  
Neu errichtete Fahrleitungsmaste

bzw. dichten bis sehr dichten Grundmoräne. Der Untergrund ist bis nahe an die Oberfläche wassergesättigt (Grundwasserspiegel etwa 1,0 m unter OK Terrain). Die Seeablagerungen sind setzungsempfindlich und eignen sich nicht für die Abtragung von Lasten mittels Flachfundamenten. Außerdem ist die Oberkante der Grundmoräne stark variierend und es wird ein in der Länge variables Pfahlssystem benötigt. All diese Anforderungen werden mit dem duktilen Rammpfahl erfüllt, und die ersten Bauabschnitte wurden zur Zufriedenheit des Bauherrn abgeschlossen (**Bilder 11, 12 und 13**). Die Tragfähigkeit wurde mit einem Zugversuch, welcher eine Sicherheit von 3,5 erreichte, bestätigt.



**Bild 10:**  
Arten duktiler Gussrammpfähle – Zug- und Druckpfähle: Je nach Bodenbeschaffenheit und Art der Lasten werden duktile Pfähle mit geeigneten Kopf- und Fußzubehör unverpresst oder verpresst eingebaut.



**Bild 11:**  
Prüfung eines Zugpfahles: Beim Zugversuch erreichte der Probestpfahl über Mantelreibung die geforderte Tragfähigkeit mit einer Sicherheit von 3,5.



**Bild 12:**  
Ausführung von Fahrleitungs- und Ankerfundamenten



**Bild 13:**  
Neue SBB-Fahrleitungen: Die Pfähle für die Mast- und Ankerfundamente werden auf Druck und Zug belastet, die horizontalen Kräfte sind gekoppelt mit den Momenten und greifen am Fundamentkopf an.

## 5 Zusammenfassung

Nach 25 Jahren positiver Erfahrung mit duktilen Gussrammpfählen und einer Vielzahl von Projekten, die weltweit ausgeführt wurden, muss festgehalten werden, dass duktiler Guss-eisen mit all seinen Vorteilen heutzutage einen fixen Bestandteil der Gründungstechnik darstellt. Das Schleudergussverfahren erlaubt es, eine Steckmuffen-Verbindung nahtlos mit dem Rohrschaft zu erstellen und dadurch den Zeitaufwand und die Qualität auf der Baustelle zu verbessern. Die Materialeigenschaften im Bereich Verarbeitung und Korrosionsverhalten, das einfache Verarbeitungsverfahren und die hohen Tragfähigkeiten sind die Erfolgsfaktoren, die auch in Zukunft dem duktilen Gussrammpfahl seine Stellung im Spezialtiefbau garantieren werden.

## Literatur

- [1] EN 14199  
Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)  
2005

## Autoren

Dipl.-Ing. Jérôme Coulon  
Duktus S.A.  
Innsbrucker Straße 51  
6060 Hall in Tirol/Österreich  
Telefon: +43 (0)52 23/5 03-1 14  
E-Mail: jerome.coulon@duktus.com

Ing. Erich Steinlechner  
Duktus S.A.  
Innsbrucker Straße 51  
6060 Hall in Tirol/Österreich  
Telefon: +43 (0)52 23/5 03-3 10  
E-Mail: erich.steinlechner@duktus.com

## Bauherr

Kanton Luzern  
Verkehr und Infrastruktur vif  
Hans Ruedi Ramseier  
Arsenalstrasse 43  
6010 Kriens/Schweiz  
Telefon: +41 (0)41/3 18 12 12  
E-Mail: vif@lu.ch

## Ingenierbüro

Wild Ingenieure AG  
Bruno Tanner  
Kelmattstrasse 10  
6403 Küsnacht am Rigi/Schweiz  
Telefon: +41 (0)41/8 54 61 20  
E-Mail: bruno.tanner@wilding.ch

## Rammarbeiten

C. Vanoli AG  
Bauunternehmung  
Renato Vanoli, Luca Vanoli  
Artherstrasse 44  
6405 Immensee / Schweiz  
Telefon: +41 (0)41/8 54 60 60  
E-Mail: info@c-vanoli.ch

### **Bildnachweis:**

Die Bilder im Text stammen von den Autoren, wenn nicht anderes angegeben.

### **Layout und Gesamtherstellung:**

Schneider Media GmbH, Erfurt

### **Herausgeber und Copyright:**

Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme  
(FGR®) e.V.  
European Association for Ductile Iron  
Pipe Systems · EADIPS®

Im Leuschnerpark 4  
64347 Griesheim  
Deutschland  
Telefon: +49 (0)61 55/6 05-2 25  
Telefax: +49 (0)61 55/6 05-2 26  
E-Mail: [r.moisa@eadips.org](mailto:r.moisa@eadips.org)

Redaktionsleitung:  
Dipl.-Ing. Raimund Moisa

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt.  
Belegexemplar erbeten.

Redaktionsschluss:  
12. Januar 2012

[www.eadips.org](http://www.eadips.org)

### **Haftungsausschluss:**

Obwohl wir alle Informationen und Bestandteile dieses Jahresheftes nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt haben, haften wir nicht für die Vollständigkeit, Richtigkeit, Aktualität und technische Exaktheit der in diesem Jahresheft bereitgestellten Informationen. Ebenso wenig haften wir für etwaige Schäden, die beim Aufrufen oder Herunterladen von Daten aus diesem Jahresheft durch Computerviren verursacht werden. Wir behalten uns außerdem das Recht vor, jederzeit ohne vorherige Ankündigung, Änderungen oder Ergänzungen der Informationen und Bestandteile dieses Jahresheftes vorzunehmen.

Durch Klicken auf bestimmte Verweise (Hyperlinks), die in unserem Jahresheft enthalten sein können, können Sie diese verlassen. Der Inhalt und die Ausgestaltung sowie etwaige Änderungen der Websites, auf die in unserem Jahresheft verwiesen wird, unterliegen nicht unserer Kontrolle oder unserem Einfluss. Wir haften deshalb nicht für den Inhalt einer fremden Website, auf die in unserem Jahresheft lediglich pauschal verwiesen wird, und auch nicht für auf solchen fremden Websites enthaltene Verweise auf andere Websites.

### **Vervielfältigung:**

Textinhalte, Daten, Programme oder Grafiken dieses Jahresheftes dürfen für nicht kommerzielle, private oder ausbildungsbezogene Zwecke nachgedruckt, vervielfältigt oder anderweitig verwendet werden. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die Informationen nicht modifiziert werden und der Hinweis auf unser Urheberrecht auf jeder Kopie erscheint. Für eine anderweitige Nutzung muss eine vorherige schriftliche Zustimmung von uns eingeholt werden.

---

Logos der Ordentlichen Mitglieder der FGR® / EADIPS®

---



---

Logos der Fördermitglieder der FGR® / EADIPS®

---





## Willkommen bei der FGR®/EADIPS®

Unsere Internetseite [www.eadips.org](http://www.eadips.org) enthält alles Wissenswerte zum Thema duktile Guss-Rohrsysteme:

- Rohre,
- Formstücke und
- Armaturen.

Unter dem Button **Publikationen** finden Sie den Button **E-Book**. Die Kapitel des FGR®/EADIPS® - E-Books **Guss-Rohrsysteme** werden ständig aktualisiert. In 2011 wurden die Kapitel 9 (Längskraftschlüssige Muffen-Verbindungen), 10 (Mechanische Verbindungen) und 14 (Umhüllungen) fertiggestellt.

Im Kapitel 24 (Normen, Richtlinien und Regeln) wird auf die Normen-Datenbank der FGR®/EADIPS®, [www.eadips.org/normen-datenbank](http://www.eadips.org/normen-datenbank), verwiesen. Die Normen-Datenbank ist im Aufbau und soll zukünftig alle Normen,

Richtlinien und Regelwerke enthalten, die in Verbindung mit duktilen Guss-Rohrsystemen zu beachten sind. Die letztgültige deutsche Fassung des E-Books ist die Ausgabe 07.2011.

2011 wurde begonnen das FGR®/EADIPS® - E-Book auch in englischer Sprache anzubieten. Sie finden das englische E-Book **Ductile iron pipe systems** ebenfalls auf unserer Internetseite. Nur aktualisierte Kapitel wurden vom Deutschen ins Englische übernommen. 2011 wurden die Kapitel 8 (Push-in joints), 9 (Restrained socket joints), 10 (Mechanical joints), und 14 (Coatings) fertiggestellt. Die letztgültige englische Fassung des E-Books ist die Ausgabe 07.2011.

Die FGR®/EADIPS® ist bestrebt, weiterhin Kapitel des E-Books zu aktualisieren und damit das derzeitige Wissen über duktile Guss-Rohrsysteme zu dokumentieren.



[www.eadips.org](http://www.eadips.org)

