

# GUSS-ROHRSYSTEME

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

# 50



Nachhaltig überlegen –  
duktiler Guss-Rohrsysteme



- 4      **Brief des Herausgebers/ Letter from the editor**
- 6      **Schnellübersicht/Abstracts**
- 12     **Nachhaltigkeit in der Wasserwirtschaft**  
**Duktiles Gusseisen schafft Werte**  
*Von Ulrich Päßler*
- 17     **Historische Betrachtung**  
**Die Geschichte der Trinkwasser-Systeme**  
**im Lauf der Jahrhunderte**  
*Von Jürgen Rammelsberg*
- 24     **Produktion von duktilen Formstücken**  
**Qualitätssicherung durch Modernisierung**  
**und Flexibilisierung**  
*Von Max Altmannshofer*
- 26     **Armaturen und Formstücke DN 400 und DN 600**  
**Lausitzmetropole Cottbus setzt auf Armaturen**  
**und Formstücke aus duktilem Gusseisen**  
*Von René Pehlke*
- 29     **Produktentwicklung von Armaturen aus duktilem Gusseisen**  
**Numerische Simulation & Rapid Prototyping**  
**in der Gießerei der JMA Hodonin, einer Gesellschaft**  
**der VAG-Armaturen GmbH**  
*Von Radim Hnilica*
- 33     **Armaturen DN 150 bis DN 300**  
**Meilenstein für die Wasserversorgung**  
*Von René Mattern und Sebastian Ebert*
- 35     **Hydrantenunterteile im Baukastensystem**  
**Zeiteinsparungen und Flexibilität bei der Installation**  
**von Hydranten dank neuem Modulsystem**  
*Von Daniel Buri und Andreas Schütz*
- 38     **Absperrklappen DN 1200**  
**Absperrklappen DN 1200 für die Fernwasserversorgung**  
**Elbaue-Ostharz GmbH – Armaturenwechsel im Rohwasser-**  
**stollen des Wasserwerks Wienrode**  
*Von Frank Schmidt und Ursula Ritter*
- 40     **Modulares Hausanschluss-System CLICK®**  
**Einfaches und sicheres Hausanschluss-System**  
**ohne verlierbare Teile**  
*Von Andreas Schütz*

- 44 **Erneuerung einer Wasser-Transportleitung mit duktilen Gussrohren DN 400**  
**Die stetige Erneuerung des Trinkwasser-Fernleitungssystems „Auer Ring“ im Westertal – eine Zwischenbilanz**  
*Von André Clauß*
- 51 **Bruchmechanische Werkstoff-Optimierung von Guss-Rohrsystemen**  
**Kraftwerk am Kanzingbach (Tirol) mit hoher Leistungssteigerung – erhöhte Sicherheit durch bruchmechanische „Leck-vor-Bruch“-Auslegung der Turbinenrohre**  
*Von Christian Auer, Andreas Hammer, Friedrich Karau, Sven Kunow, Anton Rass, Werner Rudig und Oswin Schüller*
- 59 **Horizontalspülbohrverfahren DN 500**  
**Grabenlos durch das Biotop von Badrina – begeisterte Besucher des Baustellentages verfolgen den Rohreinzug**  
*Von Uwe Hoffmann und Stephan Hofmann*
- 63 **Geschiebesperre zum Hochwasserschutz**  
**Wildbach-Geschiebesperre am Schnanner Bach**  
*Von Werner Siegele und Christoph Aigner*
- 67 **Beschneidungssysteme DN 80 bis DN 125**  
**Schneesicherheit auf der Skisprungschanze in Planica**  
*Von Romana Bohm*
- 69 **Energieeffizienter Transport von Seewasser zur Wärmegewinnung**  
**Fernwärmeleitung mit Seewasser aus dem Genfersee in La Tour-de-Peilz (CH)**  
*Von Vincent Voyame und Andreas Schütz*
- 74 **Wärme gedämmte Guss-Rohrsysteme**  
**Planung von Leitungen aus wärme gedämmten Gussrohren (WKG)**  
*Von Stephan Hobohm und Karl-Wilhelm Römer*
- 82 **Impressum**
- 83 **Logos der Ordentlichen Mitglieder der EADIPS®/FGR®**  
**Logos der Fördermitglieder der EADIPS®/FGR®**



Liebe Leserinnen und Leser,

mit Freude und ein wenig Stolz präsentiere ich Ihnen das EADIPS®/FGR®-Jahresheft **50**; eben eine Jubiläumsausgabe. Die damalige „Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre – fgr“ veröffentlichte 1966 das erste Jahresheft. Wurde anfangs von Gussrohren und -formstücken berichtet, so umfasst das Guss-Rohrsystem heute Rohre, Formstücke und Armaturen aus duktilem Gusseisen.

Die Themen der Beiträge in den Jahresheften zeigen den Stand des Know-hows und der Innovationskraft der Gussrohrindustrie zum jeweiligen Zeitpunkt. Zu nennen sind beispielsweise die Entwicklung vom Grauguss zum duktilen Gusseisen oder die Weiterentwicklung von nicht längskraftschlüssigen zu längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen. Viel wurde investiert, um z. B. Auskleidungen und Umhüllungen den wasserwirtschaftlichen Anforderungen anzupassen und darüber hinaus auch die Belange des Umweltschutzes zu berücksichtigen.

Die Jubiläumsausgabe enthält den Beitrag „Duktile Gusseisen schafft Werte“, der die verschiedenen Nachhaltigkeitsaspekte duktiler Guss-Rohrsysteme betrachtet, so z. B. die Verringerung der Lärmimmissionen durch den Einsatz geschlossener Bauweisen mit duktilen Guss-Rohrsystemen. Der Beitrag „Die Geschichte der Trinkwasser-Systeme im Wandel der Jahrhunderte“ zeigt auf, welche Innovationen die Gussrohrindustrie, vor allem in den letzten Jahrzehnten, hervorgebracht hat.

Wie in jedem Heft, zeigt auch das EADIPS®/FGR®-Jahresheft **50** die unterschiedlichsten Anwendungen duktiler Guss-Rohrsysteme.

Viel Freude beim Lesen der Jubiläumsausgabe wünscht Ihnen Ihr

Raimund Moisa



Raimund Moisa

Scheidender  
Geschäftsführer /  
the outgoing  
managing director

Eine weitere Mitteilung betrifft den Wechsel in der Geschäftsführung der EADIPS®/FGR®. Nach Erreichen der Pensionsgrenze und nach fast 10 Jahren Verantwortung als Geschäftsführer der EADIPS®/FGR® möchte ich mich von Ihnen verabschieden. Bedanken möchte ich mich bei allen Autoren für die informativen Beiträge, dem Redaktionsteam für sein unermüdliches Schaffen und Ihnen, sehr verehrte Leserinnen und Leser, für Ihre Treue und Ihr Interesse. Ab dem 01.04.2016 wird Herr Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt meine Nachfolge als Geschäftsführer der EADIPS®/FGR® antreten.

Ich wünsche ihm viel Erfolg und Fortune und eine weiterhin treue Leserschaft.

Es grüßt Sie herzlich  
Ihr

Raimund Moisa



European Association for  
Ductile Iron Pipe Systems

Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme

Dear Readers,

It is with pleasure and a degree of pride that I present issue 50 of the EADIPS®/FGR® annual journal, which is also an anniversary edition. The "Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre – fgr", as it was then called, published the first annual journal in 1966. While it initially reported on cast iron pipes and fittings, these days the cast iron pipe system includes pipes, fittings and valves in ductile cast iron.

The subjects covered by the articles in the annual journals demonstrate the level of know-how and innovative strength of the cast iron industry over the years. Worth mentioning in particular for example is the progress from grey cast iron to ductile cast iron, or the advance from non-restrained to restrained push-in joints. And a great deal has been invested in adapting linings and coatings to the requirements of the water industry, thereby also meeting demand for environmental protection.

The anniversary edition contains an article entitled "Ductile cast iron creates value" which considers the various sustainability aspects of ductile cast iron pipe systems, including for example the reduction of noise immission by the use of trenchless techniques with ductile cast iron pipe systems. The article on "The history of the drinking water systems over the centuries" looks at the innovations which the iron pipe industry has produced, particularly in recent decades.

As it does each year, the 50<sup>th</sup> issue of the EADIPS®/FGR® annual journal also illustrates the widest variety of applications of ductile iron pipe systems.

I wish you much pleasure in reading the anniversary issue

Yours



Raimund Moisa



Christoph Bennerscheidt

Zukünftiger  
Geschäftsführer /  
the future  
managing director

One further message concerns a change in the management of EADIPS®/FGR®. On reaching retirement age and after almost 10 years of responsibility as managing director of EADIPS®/FGR® it is now time for me to say goodbye to you. I would like to thank all the authors for their informative contributions, the editorial team for their tireless efforts and yourselves, dear readers, for your loyalty and interest. As from 01.04.2016 Mr Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt will succeed me as managing director of EADIPS®/FGR®.

I wish him every success and good fortune and a continuing loyal readership.

Sincerely

Yours



Raimund Moisa



**European Association for  
Ductile Iron Pipe Systems**

**Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme**

### Duktile Gusseseisen schafft Werte

Ulrich Päßler ..... 12

Schon seit längerem kann man beobachten, dass allein der Preis bei langlebigen Investitionsgütern nicht das einzige Entscheidungskriterium ist, weil damit der Aspekt einer nachhaltigen Investitionsstrategie unberücksichtigt bleibt. Dies gilt bei Versorgungsinfrastrukturen besonders, weil dort der Materialanteil an den Gesamtkosten meist unter 10 % liegt. Der vorliegende Beitrag fasst die innovativen Eigenschaften des Werkstoffes duktile Gusseseisen in ihrer Wirkung auf die unterschiedlichen Lebensphasen von Ver- und Entsorgungsleitungen zusammen. Es geht dabei um Nachhaltigkeit in ihrem gesamten Lebenszyklus, vor allem um jahrzehntelangen störungsfreien Betrieb ohne Beeinflussung der Trinkwasserqualität, es geht um die Vorreiterrolle duktiler Guss-Rohrsysteme bei der Etablierung der grabenlosen Einbauverfahren, die ebenfalls einen gewichtigen Beitrag zum Umweltschutz in den Städten leisten. Und nicht zuletzt geht es auch um den Ressourcenverbrauch bei der Herstellung duktiler Guss-Rohrsysteme, die ausnahmslos aus recyceltem Stahl- und Gusschrott bestehen. Mit duktilen Guss-Rohrsystemen ist der Weg zur Nachhaltigkeit sicher zu finden.

### Die Geschichte der Trinkwasser-Systeme im Lauf der Jahrhunderte

Jürgen Rammelsberg ..... 17

Die Jubiläumszahl „50“ des EADIPS®/FGR®-Jahresheftes war Anlass für einen geschichtlichen Rückblick auf 500 Jahre Trinkwassertransport und -verteilung. Dieser Lebensbereich ist untrennbar mit dem Traditionswerkstoff „Gusseseisen“ verbunden: Er hat den Aufbau der Trinkwasserversorgung seit einem halben Jahrtausend geprägt und ist in dieser Zeitspanne dennoch durch einen stetigen Fluss von Verbesserungen, Optimierungen sowie Innovationen immer jung geblieben. Der Gussrohrindustrie ist es dabei gelungen, in Zusammenarbeit mit den Anwendern ein modernes und nachhaltiges Rohrsystem, bestehend aus Rohren, Formstücken und Armaturen, stets auf dem neuesten Stand der Technik zu halten.

### Ductile cast iron creates value

Ulrich Päßler ..... 12

For quite some time now it has been clear to see that price alone is not the only decision-making criterion when it comes to durable capital assets because it takes no account of the aspect of a sustainable investment strategy. This applies to supply infrastructures in particular because the proportion of material costs to overall costs is usually under 10 %. This article summarises the innovative properties of ductile cast iron as a material in terms of its effect on the various life phases of supply and sewage disposal pipelines. These include its sustainability throughout the entire life cycle and especially the ability of pipelines to operate for decades without problem and without detriment to the drinking water quality as well as the pioneering role of ductile iron pipe systems in the establishment of the trenchless installation techniques, which also makes an important contribution to environmental protection in towns and cities. And not least it also includes the use of resources in the production of ductile iron pipe systems which, without exception, are made of recycled scrap steel and iron. Ductile iron pipe systems offer a secure route to true sustainability.

### The story of drinking water systems through the centuries

Jürgen Rammelsberg ..... 17

The “50<sup>th</sup>” anniversary issue of the EADIPS®/FGR® annual journal has been an occasion to look back over the history of 500 years of drinking water transport and distribution. This area of life is inseparably linked to the traditional material of “cast iron”: it has put its stamp on the development of drinking water supply for half a millennium but, with a constant influx of improvements, optimisations and innovations over this timespan, it has nevertheless remained ever young. The cast iron pipe industry, in collaboration with its users, has always managed to keep abreast of the latest state of the art with a modern and sustainable piping system comprising pipes, fittings and valves.

## Qualitätssicherung durch Modernisierung und Flexibilisierung

Max Altmannshofer ..... 24

Eine Gießerei kämpft im Markt mit ständig steigenden Anforderungen an Flexibilität. Die Produktionslose werden immer kleiner, der Umrüstaufwand nimmt zu. Gleichzeitig muss der Energieverbrauch gesenkt werden, Umwelt- und Arbeitsschutz-Anforderungen werden strenger. In solchen Fällen hilft nur ein Befreiungsschlag: modernste Mittelfrequenz-Induktionsöfen bringen die Lösung. Leistung und Flexibilität nehmen bei sinkenden Kosten und steigender Prozess-Sicherheit zu.

## Lausitzmetropole Cottbus setzt auf Armaturen und Formstücke aus duktilem Gusseisen

René Pehlke ..... 26

Sicherung der Trinkwasserversorgung ist die vornehmste Aufgabe eines Wasserversorgers. Er kann sie einfacher und sicherer erfüllen, wenn er auf die Kompetenz seiner Zulieferer und nicht nur auf den „günstigsten“ Anbieter setzt. Armaturen und Formstücke aus duktilem Gusseisen als Komplettpaket aus einer Hand bieten Gewähr für den problemlosen Bau und den nachhaltigen Betrieb eines Versorgungsnetzes mit langer Nutzungsdauer. Immer mehr Kunden beginnen, dieses Konzept zu schätzen.

## Numerische Simulation & Rapid Prototyping in der Gießerei der JMA Hodonin, einer Gesellschaft der VAG-Armaturen GmbH

Radim Hnilica ..... 29

Früher wurden Gussstücke in mühsamen aufeinanderfolgenden Einzelschritten zur Serienreife entwickelt, indem Modell und Gießsystem durch Probeabgüsse und nachfolgende Änderungen solange optimiert wurden, bis ihre Qualität in einem annehmbaren Bereich lag. Mit dem „Simultaneous Engineering“ lassen sich diese Schritte durch computergestützte Konstruktion, Festigkeitsberechnung mit FE-Methoden sowie Gieß- und Erstarrungssimulation zeitlich überlappen und verkürzen. Am Rechner nimmt das Gussstück mit seinem Anschnitt- und Speisersystem konkrete Gestalt an, bevor das reale Gießmodell angefertigt wird. Eine weitere Beschleunigung wird durch den Einsatz von 3D-Druckern zur Herstellung der Gießereimodelle erzielt. Dauerte diese Optimierungsphase früher häufig Wochen und Monate, kann sie heutzutage auf wenige Tage verkürzt werden.

## Quality assurance through modernisation and increased flexibility

Max Altmannshofer ..... 24

A foundry has to do battle in a market with constantly increasing requirements for flexibility. Production batches are becoming ever smaller while the expense of retooling increases. At the same time, energy consumption has to be reduced and environmental and occupational safety requirements are becoming stricter. In such cases only decisive action can help: the latest medium frequency induction furnaces provide the solution. Performance and flexibility increase, costs decrease and process reliability improves.

## The Lusatian metropolis of Cottbus puts its trust in ductile cast iron valves and fittings

René Pehlke ..... 26

Ensuring the security of the drinking water supply is the most important task of a water supplier. He can fulfil this task more easily and reliably if he places his trust in the competence of his supplier and not simply on the “cheapest” offer. Valves and fittings in ductile cast iron as a complete package from a single supplier offer the assurance of the problem-free construction and sustained service of a supply network with a long working life. More and more clients are beginning to appreciate this concept.

## Numerical simulation & rapid prototyping in the foundry at JMA Hodonin, a VAG-Armaturen GmbH company

Radim Hnilica ..... 29

Previously castings were developed in a laborious sequence of individual steps before they were ready for series production. This involved pattern as well as gating and feeding system being optimised by sample castings and subsequent modifications until their quality reached an acceptable level. With simultaneous engineering these stages can overlap and be shortened in time by computer-aided construction, strength calculation using FE methods and filling and solidification simulation. The casting takes shape with its gating and feeding system on the computer before the real moulding pattern is produced. A further acceleration of the process is achieved by using 3D printers to produce the moulding pattern. While this optimisation phase used to take weeks and months, these days this can be shortened to just a few days.

### **Meilenstein für die Wasserversorgung**

*René Mattern und Sebastian Ebert* ..... 33

Bei der regionalen Wirtschaftsentwicklung steigen auch meist die Anforderungen an die Wasserversorgung. Ein über 100 Jahre altes Reservoir mag zwar in erster Linie der Versorgung der Gemeinde dienen, als wichtiger Teil einer darüber hinausgehend regionalen Wasserversorgung benötigt es für einen nachhaltigen Betrieb Komponenten (Pumpen, Armaturen usw.) auf dem neuesten Stand der Technik. Mit Armaturen aus Gusseisen mit Kugelgraphit sind die besten Voraussetzungen dafür gegeben.

### **Zeiteinsparungen und Flexibilität bei der Installation von Hydranten dank neuem Modulsystem**

*Daniel Buri und Andreas Schütz* ..... 35

Die immer komplexer werdenden Anforderungen an Systemkomponenten für Trinkwassernetze lassen sich exemplarisch an einem ursprünglich einfachen Bauteil, dem Hydranten-Unterteil, aufzeigen. Zunächst müssen derartige Komponenten die Forderung nach Dauerhaftigkeit und Funktionssicherheit erfüllen. Dann sollten sie möglichst ohne zusätzliches Werkzeug von Hand im Rohrgraben in der Höhe einstellbar sein und sie sollten die Auswechslung des Ventils drucklos oder unter Druck erlauben. Ein pfiffiger System-Baukasten ist das Ergebnis der Entwicklung.

### **Absperrklappen DN 1200 für die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH – Armaturenwechsel im Rohwasserstollen des Wasserwerks Wienrode**

*Frank Schmidt und Ursula Ritter* ..... 38

Wenn es in Anlagen der Trinkwassergewinnung um höchste Sicherheit, Langlebigkeit und Hygiene geht, stehen voll emaillierte Bauteile aus duktilem Gusseisen auf der Wunschliste der Betreiber an vorderster Stelle. Wenn dann noch große Absperrklappen DN 1200 in enge Ablassbauwerke von Talsperren eingefügt werden müssen, kommen nur ausgereifte Konstruktionen in Frage. Die doppelzentrischen Absperrklappen von Düker mit einer etec-Voll-emaillierung (innen und außen) erfüllen in optimaler Weise die Ansprüche eines großen deutschen Fernwasserversorgers.

### **A milestone in water supply**

*René Mattern and Sebastian Ebert* ..... 33

Regional economic development is usually accompanied by an increase in water supply requirements. Although a more than 100 year old reservoir may well serve its primary purpose of supplying the local community, as an essential part of a more far-reaching regional water supply it needs components (pumps, valves, etc.) to the very latest standards of technology in order to operate sustainably. Valves in spheroidal graphite cast iron provide the best conditions for this.

### **Time saving and flexibility in the installation of hydrants thanks to a new modular system**

*Daniel Buri and Andreas Schütz* ..... 35

An exemplary illustration of the increasingly complex requirements for system components for drinking water networks can be seen in what was originally a simple component – the bottom part of a hydrant. First of all, components of this kind must meet the demand for durability and functional reliability. Then, as far as possible, their height should be able to be adjusted manually, without additional tools, in the pipe trench and it should be possible to exchange the valve in both unpressurised and pressurised states. Development has resulted in a smart system construction kit.

### **DN 1200 butterfly valves for Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH – valve replacement in the raw water tunnel at Wienrode waterworks**

*Frank Schmidt and Ursula Ritter* ..... 38

When it comes to maximum security, longevity and hygiene for drinking water production equipment, fully-enameled ductile cast iron components are right at the top of the operator's wish list. Therefore when large DN 1200 butterfly valves needed to be fitted in narrow dam outlet structures, only expertly engineered constructions could be considered. Düker's double eccentric butterfly valves with full etec enamelling (inside and outside) meet the requirements of a major German long-distance water supplier to perfection.

### **Einfaches und sicheres Hausanschluss-System ohne verlierbare Teile**

*Andreas Schütz* ..... 40

Der Trend zur selbsterklärenden Montagetechnik modularer Komponenten für die Trinkwasserversorgung hält an: Die Systembaugruppen sollen möglichst ohne verlierbare Kleinteile, ohne Werkzeug und ohne Montageanleitung je nach Bedarf zusammengefügt werden können, wobei ein für alle Böden geeigneter integraler Korrosionsschutz für eine lange und wartungsarme Betriebsdauer sorgt. Waren frühere Hausanschlusstutzen einfache Bauteile, oft vom Betriebsschlosser angefertigt, so bestehen die heutigen Hausanschluss-Systeme aus kleinen Hightech-Komponenten, die beim Kunden hinsichtlich Universalität und Montagefreundlichkeit keine Wünsche mehr offen lassen.

### **Die stetige Erneuerung des Trinkwasser-Fernleitungssystems „Auer Ring“ im Westerzgebirge – eine Zwischenbilanz**

*André Clauß* ..... 44

Die Erneuerung einer Trinkwasser-Transportleitung im waldreichen Westerzgebirge ist allein schon aus geologischen und topografischen Gründen ein nicht ganz einfaches Unterfangen. Dank moderner Rohrsysteme mit ihren ausgereiften Bemessungsgrundlagen, Verbindungstechniken und Korrosionsschutzarten sind derartige Projekte durchaus problemlos abzuwickeln. Vor eine nicht alltägliche Zusatzaufgabe stellte den Planer im hier geschilderten Fall das weiche und ungepufferte Talsperrenwasser, welches in Verbindung mit der Rohrauskleidung durch Zementmörtel in Stagnationsphasen eine unzulässige Anhebung seines pH-Werts bewirken kann. Durch die bewährte und im DVGW-Regelwerk abgesicherte Druckbegasung einzelner Leitungsabschnitte mit Kohlendioxid vor Abnahme und Inbetriebnahme ist sichergestellt, dass das Trinkwasser im „Auer Ring“ im Westerzgebirge immer die Richtlinien der Trinkwasserverordnung erfüllt.

### **Kraftwerk am Kanzingbach (Tirol) mit hoher Leistungssteigerung – erhöhte Sicherheit durch bruchmechanische „Leck-vor-Bruch“-Auslegung der Turbinenrohre**

*Christian Auer, Andreas Hammer, Friedrich Karau, Sven Kunow, Anton Rass, Werner Rudig und Oswin Schüller* ..... 51

Die Anwendung duktiler Guss-Rohrsysteme für Triebwasserleitungen nimmt unter der Förde-

### **Simple and more reliable house connection system with parts that will not get lost**

*Andreas Schütz* ..... 40

The trend towards self-explanatory installation technology with modular elements for drinking water supply is continuing: wherever possible and if necessary system components should be able to be assembled without small parts which can get lost, without tools and without written assembly instructions; they should also have integral corrosion protection suitable for all soil types for a long, low-maintenance service life. While domestic connection adapters used to be simple elements, often made by the millwright, today's house connection systems consist of small high-tech components which meet the client's every need.

### **The steady renewal of the “Auer Ring” long-distance drinking water system in the Western Ore Mountains in Saxony – an interim report**

*André Clauß* ..... 44

Simply for geological and topographical reasons alone, the renewal of a drinking water transport pipeline in the densely wooded region of the Western Ore Mountains is no straightforward undertaking. Thanks to modern piping systems with their highly developed structural design methods, joint technologies and corrosion protection techniques, projects of this kind can be handled without problem. In the case illustrated here, the planning engineers were confronted with a fairly unusual additional challenge in the form of the soft, unbuffered water in the reservoir which, in conjunction with the cement mortar lining of the pipe, can be subject to an inadmissible increase in its pH value in stagnation phases. By using a proven method, endorsed in the DVGW regulations, of applying carbon dioxide gas under pressure in individual sections of the pipeline before acceptance and commissioning it was possible to ensure that the drinking water in the “Auer Ring” always meets the directives of drinking water legislation.

### **Kanzingbach power station (Tyrol) with a high boost in output – increased security provided by “leak-before-break” fracture mechanics design of turbine pipes**

*Christian Auer, Andreas Hammer, Friedrich Karau, Sven Kunow, Anton Rass, Werner Rudig and Oswin Schüller* ..... 51

The use of ductile iron pipe systems for penstock pipelines is constantly increasing with the

nung erneuerbarer Energien stetig zu. In diesem Anwendungsbereich liegen die mechanisch-technologischen Anforderungen an die Rohrwerkstoffe und auch an das Sicherheitsbedürfnis deutlich höher als bei Rohren für die Trinkwasserverteilung. Es sind daher dringend Werkstoffmodifikationen zu entwickeln, die diesen gesteigerten Ansprüchen gerecht werden. Der vorliegende Bericht beschreibt das Sicherheitskonzept („Leck-vor-Bruch“-Kriterium), die zur praktischen Umsetzung erforderlichen werkstofftechnischen Modifikationen und Untersuchungen, die zu einer besseren Ausnutzung des Werkstoffes duktilen Gusseisen bei Hochdruckanwendungen führen sowie die besonderen Anforderungen an Mannschaften und Rohrsysteme beim Bau von Turbinenleitungen im alpinen Gelände. In Summe ein technischer Leckerbissen!

**Grabenlos durch das Biotop von Badrina – begeisterte Besucher des Baustellentages verfolgen den Rohreinzug**

*Uwe Hoffmann und Stephan Hofmann ..... 59*

Eine marode Stahlrohrleitung mit hohem Reparaturbedarf liegt in einem ökologisch sensiblen Gelände, welches inzwischen zu einem FFH-Gebiet umgewidmet wurde. Um weitere Störungen durch Instandsetzungsarbeiten zu vermeiden, muss die Altleitung ausgetauscht werden, ohne dass die Biotope betreten oder gar mit schwerem Gerät befahren werden dürfen. Derlei Aufgaben löst man heutzutage am elegantesten mit duktilen Gussrohren, welche mittels HDD-Verfahren in Einzelrohrmontage sozusagen „berührungslos“ eingezogen werden.

**Wildbach-Geschiebesperre am Schnanner Bach**

*Werner Siegele und Christoph Aigner ..... 63*

Im alpinen Wasserbau, speziell im Hochwasserschutz, sind duktile Gussrohre erste Wahl! Zum Schutz einer Gemeinde vor Überschwemmungen durch einen Bach nach einem Murenabgang wurde eine Bogensperrmauer gebaut, die verschleißfeste und regulierbare Öffnungen aufweist, durch welche Geschiebe enthaltendes Fließwasser so beschleunigt wird, dass es liegen gebliebenes Geschiebe fortspült und damit das Auslösen eines Hochwassers unterbindet. Die verschließbaren Öffnungen, so genannte Schlauchwehre, werden durch frei liegende Rohrsysteme aus duktilem Gusseisen mit Wasser aus einem Hochbehälter gefüllt und aktiviert. Robustes Leitungsmaterial ist erforderlich, beständig gegen Steinschlag und UV-Strahlen: duktiler Gusseisen!

promotion of renewable energy sources. In this area of application the mechanical and technological requirements placed on pipe materials as well as the need for security are considerably higher than for pipes used for the distribution of drinking water. Therefore it is imperative that material modifications are developed to meet these increased demands. This report describes the safety concept (the “leak-before-break criterion”), the technical material modifications and investigations necessary for practical implementation which will result in better utilisation of ductile cast iron as a material in high-pressure applications and the particular requirements for both crew and piping systems when laying turbine pipelines in alpine environments. All in all a basket of technical goodies!

**Trenchless through the Badrina biotope – enthusiastic visitors follow the pipe pulling-in process at the site open day**

*Uwe Hoffmann and Stephan Hofmann ..... 59*

A dilapidated steel pipeline frequently in need of repair was located in an ecologically sensitive area which has meanwhile been reclassified as an FFH site. In order to avoid further disruptions due to repair work, the old pipeline needed to be replaced without disturbing the biotope and without going in with heavy equipment. Nowadays tasks of this kind are solved very elegantly with ductile iron pipes which are pulled in by means of the single pipe assembly HDD “nonimpact” process.

**Torrent bed-load barriere on the Schnanner Bach**

*Werner Siegele and Christoph Aigner ..... 63*

Ductile iron pipes are the number one choice for hydraulic engineering projects in the Alps, especially when it comes to flood protection. In order to protect a town from flooding after a mudslide a robust arch dam has been constructed which has adjustable openings through which running water containing bed load is accelerated in such a way that boulders and other river debris deposited are washed away, thus preventing conditions which lead to flooding. The adjustable openings, in a so-called inflatable weir system, are filled and activated with water from an elevated tank via ductile cast iron piping systems laid above ground. This calls for a robust piping material which is resistant to impact by rocks and to UV radiation: ductile cast iron!

## Schneesicherheit auf der Skisprungschanze in Planica

*Romana Bohm* ..... 67

Planica (SLO) und Vikersund (N) liefern sich einen erbitterten Kampf um die Fähigkeit, mit ihren Skiflug-Schanzen die größten Flugweiten erzielen zu können. Für derartige Weltcup-Springen und Skiflug-Weltmeisterschaften ist Schneesicherheit eine Grundvoraussetzung. Und hier kommen duktile Gussrohre für den Betrieb der Schneekanonen ins Spiel: Die Rohre müssen robust sein, einfach und sicher einzubauen sein sowie höchsten Drücken standhalten. Bei oberirdischem Einbau müssen sie mit einfach montierbaren zugfesten Verbindungen ausgestattet sein. Duktile Guss-Rohrsysteme haben auf diesem Gebiet stets ihre technische und wirtschaftliche Überlegenheit bewiesen.

## Fernwärmeleitung mit Seewasser aus dem Genfersee in La Tour-de-Peilz (CH)

*Vincent Voyame und Andreas Schütz* ..... 69

Mit dem Genfer See steht für die Anliegergemeinden viel Wärmeenergie zur Verfügung. Mit Hilfe von Wärmepumpen kann diese nutzbar gemacht werden. Die zum Transport des Seewassers installierten Leitungen bestehen aus duktilen Guss-Rohrsystemen, die sich dafür optimal eignen: Sie sind innen und außen gegen Korrosion geschützt und ihr großer hydraulischer Querschnitt hat niedrige Betriebskosten zur Folge. Elektrisch isolierende Schubsicherungen vermindern das Risiko einer Schädigung durch Streuströme. Sie sind dabei leicht und sicher zu montieren, kurzum: Das duktile Guss-Rohrsystem bietet alle Voraussetzungen zum Transport von Niedrig-Temperatur-Fernwärme.

## Planung von Leitungen aus wärmegeprägten Gussrohren (WKG)

*Stephan Hobohm und Karl-Wilhelm Römer* ..... 74

Mit wärmegeprägten Gussrohren lassen sich ideale Lösungen für den Bau freiliegender frostgefährdeter Wasserleitungen unter Brücken oder in Verkehrstunneln finden. Aber auch erdüberdeckte Wasserleitungen können einfrieren, wenn sie mit zu geringer Überdeckung eingebaut werden müssen. Dieser Beitrag enthält eine umfassende Zusammenstellung aller planungsrelevanten Gesichtspunkte, z. B. die Dimensionierung der Wärmedämmschicht, die Integration einer eventuell erforderlichen Begleitheizung und die Gestaltung von Aufhängungen oder Befestigungen. Aber auch wertvolle Hinweise für Lagerung, Transport und Einbau der WKG-Rohre werden gegeben.

## Guaranteed snow for the ski jumping hill in Planica

*Romana Bohm* ..... 67

Planica in Slovenia and Vikersund in Norway are competing fiercely with each other to achieve the greatest flight distance with their ski jumping hills. For World Cup and Championship ski jumping events of this kind, guaranteed snow is an absolute must. And this is where ductile iron pipes come into play for the operation of the snow cannons: the pipes need to be robust, they must be simple and secure to install and they have to withstand very high pressures. Installed above ground, they must be equipped with restrained joints which are easy to assemble. Ductile iron pipe systems have always demonstrated their technical and economic advantages in this field.

## District heating pipeline with water from Lake Geneva in La Tour-de-Peilz (CH)

*Vincent Voyame und Andreas Schütz* ..... 69

Lake Geneva offers heating energy for its local communities. By means of heat pumps it can be put to good use. The pipelines installed for transporting the water from the lake consist of ductile iron pipe systems which are perfect for the job: they are corrosion-protected inside and out and their large hydraulic cross-section means that operational costs are kept low. Electrically insulating thrust resistance systems prevent the risk of damage due to stray currents and they are easy and safe to install. In short, the ductile iron pipe system meets all the conditions for transporting low-temperature district heating.

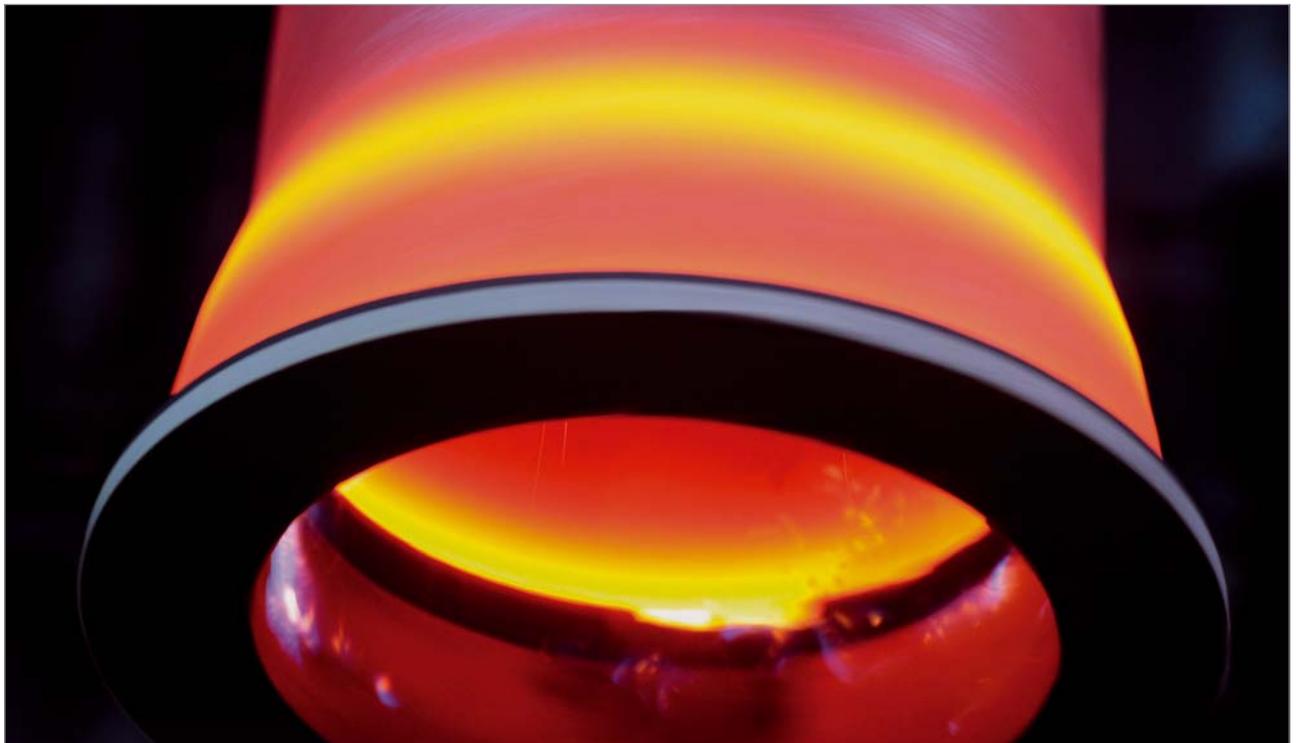
## The planning of pre-insulated cast iron pipelines

*Stephan Hobohm und Karl-Wilhelm Römer* ..... 74

Pre-insulated cast iron pipes can provide ideal solutions for the installation of water pipelines underneath bridges or in traffic tunnels where they are exposed to the risk of freezing. But even water pipelines underground can freeze if they have to be laid with too shallow depth of cover. This article provides a comprehensive summary of all aspects relevant to planning such as calculating the dimensions of the insulation layer, integrating any trace heating which may be necessary and the design of suspension or fixing devices. There are also some valuable advices on the storage, transport and installation of pre-insulated pipes.

## Duktiles Gusseisen schafft Werte

Von Ulrich Päßler



**Bild 1:**  
Duktiles Gussrohr nach der Herstellung in einer Schleudergießmaschine [1]

### 1 Einführung

Wie kein anderer Werkstoff für Rohre, Formstücke und Armaturen ist duktiles Gusseisen [1] in der Lage, die modernen Anforderungen an Nachhaltigkeit in der Wasserwirtschaft zu erfüllen (**Bild 1**). Dabei versteht sich Nachhaltigkeit nicht nur als zurückhaltender und generationenüberschauender Umgang mit Rohstoffen, Energie und natürlichen Ressourcen (ökologische Nachhaltigkeit), sondern auch und vor allem als die langfristige Schonung von finanziellen Mitteln (ökonomische Nachhaltigkeit). Budgets zukunftsorientiert einzusetzen ist eine zentrale Managementaufgabe, nicht nur in privatwirtschaftlichen sondern gerade

in öffentlichen Betrieben. Außerdem ist der Beitrag von Produkten aus duktilem Gusseisen zum Gesundheitsschutz, zur Versorgung der Bevölkerung mit dem Lebensmittel Trinkwasser ein weiterer wesentlicher Aspekt in einer vollständigen Nachhaltigkeitsbetrachtung.

Dieser Artikel möchte aufzeigen, wie es das Material duktiles Gusseisen vermag, seine nachhaltige Überlegenheit zur Geltung zu bringen. Duktiles Gusseisen schafft Werte. Dabei spielen insbesondere die innovativen Eigenschaften des Werkstoffes duktiles Gusseisen und ihre Wirkung in den unterschiedlichen Lebensphasen von Ver- und Entsorgungsprojekten eine entscheidende Rolle.

## 2 Innovative Produkteigenschaften

Duktiles Gusseisen ist ein innovativer Werkstoff, obwohl Gusseisen bereits seit dem 15. Jahrhundert im Einsatz ist [2]. Noch werden beispielsweise im Schlosspark von Versailles und im nicht zuletzt deshalb zum Weltkulturerbe erklärten Bergpark Wilhelmshöhe (**Bild 2**) in Kassel die Wasserspiele mit Rohren aus Grauguss betrieben [3]. Gerade diese enorme Langlebigkeit ist heutzutage ein maßgeblicher Nachhaltigkeitsfaktor. Inzwischen ist die Duktilität als dominierende Werkstoffeigenschaft von Guss-Rohrsystemen hinzugekommen. Ihre Verformbarkeit unter Wasserdruck und äußerer Belastung verschafft ihnen Einsatz und nachhaltige Stabilität unter nahezu allen Anwendungsbedingungen. Innovationen bei Auskleidungen und Umhüllungen sowie die Entwicklung intelligenter Verbindungssysteme sind überdies heute dafür verantwortlich, dass bei Einbau, Betrieb, Wartung und Rehabilitation signifikante ökonomische Vorteile erzielt werden können. Für den grabenlosen Einbau sind duktile Gussrohre wegen ihrer modernen Eigenschaften geradezu prädestiniert. Auch auf diese Anwendung soll hier eingegangen werden.

## 3 Nachhaltigkeit im Lebenszyklus

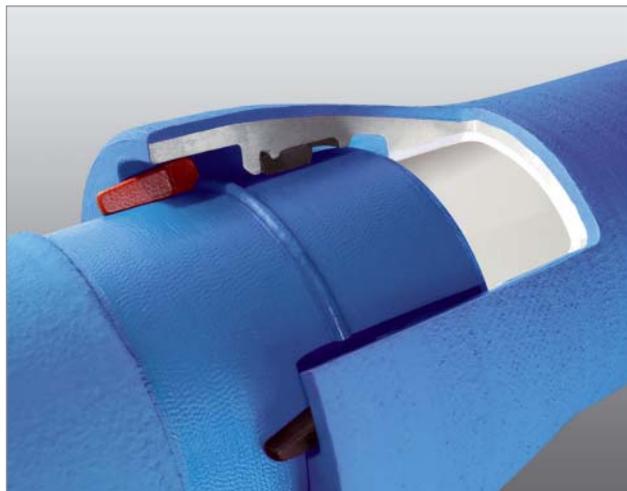
Die offensichtlichsten Vorteile des Einsatzes duktiler Guss-Rohrsysteme zeigen sich beim Einbau. Die Verbindungstechnik durch Steckmuffen ermöglicht witterungsunabhängigen Einbau ohne Schweißen und erfordert bei Einsatz längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen (**Bild 3**) keine Widerlager bei Richtungsänderungen [4]. Daher können im Vergleich zu anderen Werkstoffen deutliche Effizienzvorteile und Kosteneinsparungen realisiert werden. Hinzu kommen weniger Erdarbeiten durch vergleichsweise geringere Rohrdeckungen und Grabenbreiten. Nicht zu unterschätzen ist der mögliche Verzicht auf Sandbettung beim Einsatz geeigneter Umhüllungen [5]. Mit Polyurethan und Zementmörtel umhüllte Gussrohre (**Bilder 4 und 5**) sind für den Einbau im Rohrgraben ohne zusätzliche Sandbettung zugelassen und ermöglichen somit erhebliche Vorteile bei Material- und Transportkosten, weil der Grabenaushub wiederverwendet werden kann.

Im laufenden Betrieb zeigen sich durch die geringe Rauigkeit der Auskleidung nur sehr geringe Druckverluste. Sie ermöglichen äußerst wirtschaftliche Pumpenkonfigurationen. Die



**Bild 2:** Gussrohrleitung im Betrieb für die Wasserspiele des UNESCO-Welterbes „Bergpark Wilhelmshöhe“ im Oktogon unterhalb der Herkules-Statue [3]

Quelle: H. Roscher – Aufnahme vom 8. April 2010; Museumslandschaft Hessen Kassel



**Bild 3:** Längskraftschlüssige formschlüssige Steckmuffen-Verbindung BLS®/VRS®-T [4]



**Bild 4:** Duktiles Gussrohr mit Polyurethan-Umhüllung [5] und -Auskleidung [6]

nach wie vor niedrigsten Schadensraten eines Werkstoffs in der Wasserwirtschaft sichern einen praktisch schadensfreien Betrieb [7]. Entsprechend minimal dürfen Kalkulation und Rückstellungen für Reparatur und Instandhaltung angesetzt werden. Selbst seltene Aufgabenstellungen wie eine zuverlässige Rohrleitung sind mit duktilen Gussprodukten erheblich leichter zu bewerkstelligen als mit anderen Werkstoffen.

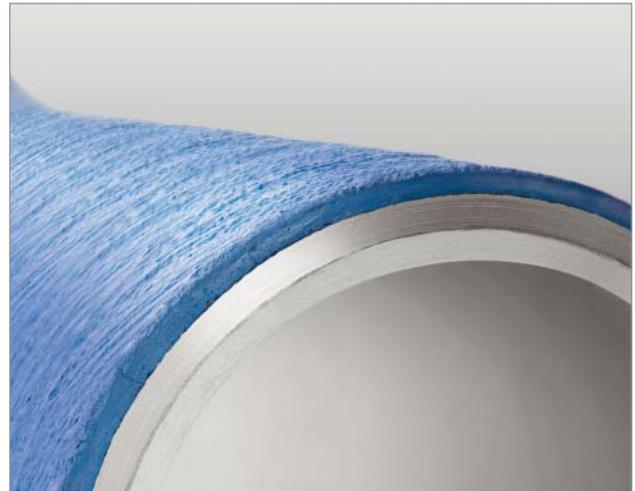
#### 4 Ökonomische Nachhaltigkeit

Nimmt man nur diese oben skizzierten Vorteile bei Einbau, Betrieb und Wartung und unterzieht sie einem nüchternen Kostenvergleich, so lassen sich gravierende Vorteile im Vergleich zur Verwendung von alternativen Rohrwerkstoffen berechnen [8]. Allerdings ist der Einsatz von duktilen Guss-Rohrsystemen zunächst mit höheren Anfangsinvestitionen pro Meter Leitungssystem verbunden. Dieser oftmals erforderliche finanzielle Mehreinsatz kann jedoch im Regelfall im ersten Jahr des Betriebs amortisiert werden.

Um solche nachhaltigen Investitionen sicherzustellen und darüber „Werte zu schaffen“, ist eine entsprechende technische Planung erforderlich, die hin und wieder von vermeintlich etablierten und vordergründig vorteilhafteren Verfahrensweisen abweichen muss (**Bild 6**). Die Gemeinschaft der Hersteller von duktilen Guss-Rohrsystemen, organisiert in der European Association for Ductile Iron Pipe Systems/Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e. V. (EADIPS®/FGR®), ist durch ihre langjährige Erfahrung in der Lage, dem Anwender und dem Budgetverantwortlichen durch professionelle Beratungs- und Ingenieurskompetenz die erforderliche Planungsunterstützung zu leisten.

#### 5 Ökologische Nachhaltigkeit

Nicht gerechnet, da nicht ohne weiteres rechenbar, sind die ökologischen und hygienischen Eigenschaften dieses außergewöhnlichen Werkstoffes. Selbstverständlich erfüllen die eingesetzten Auskleidungen alle Anforderungen der Trinkwasserverordnungen und sind hygienisch unbedenklich. Als metallischer Werkstoff ist duktiles Gusseisen im Vergleich zu Kunststoffen diffusionsdicht [10]. Fluorierte und chlorierte Kohlenwasserstoffe können nicht durch das Material gelangen. Damit bietet duktiles Gusseisen die besten Voraussetzungen für eine nachhaltig hygienisch-ökologische Betriebsweise.



**Bild 5:** Duktiles Gussrohr mit Zementmörtel-Umhüllung [5] und -Auskleidung [6]



**Bild 6:** Planung und Bau einer Seeauslassleitung in Binz auf Rügen [9]



**Bild 7:** Verwendung von Stahlschrott für die Produktion von duktilem Gusseisen



**Bild 8:**  
Beschneigungsanlage der Skiflugschanze im slowenischen Planica [11]



**Bild 9:**  
Spülbohrprojekt an der Havel in Berlin [12] –  
Duktile Gussrohre DN 700 – Montage des Zugkopfes –  
Einzelrohrverfahren

An dieser Stelle sei erwähnt, dass in der industriellen Produktion von duktilem Gusseisen praktisch keine primären Rohstoffe eingesetzt werden. Der zentrale Rohstoff für duktile Gussrohrsysteme ist Recyclingmaterial, nämlich Gussbruch und Stahlschrott (**Bild 7**). Das Endprodukt selbst ist dadurch ebenfalls nahezu vollständig recyclebar. Für eine durchgängige Wert- und Nachhaltigkeitsbetrachtung sollten auch diese Werkstoffmerkmale herangezogen werden.

## 6 Einsatz in Hochleistungsanwendungen

Die hervorragenden technischen Eigenschaften von duktilem Gusseisen ermöglichen neben der klassischen Trinkwasserversorgung und

Abwasserentsorgung einen Einsatz in ausgesprochenen Hochleistungsanwendungen. So etabliert sich der Werkstoff zunehmend sowohl bei industriellen Feuerlöschsystemen als auch in der Energiewirtschaft als das überlegene Rohrsystem für kleine und mittlere Wasserkraftanlagen. Seit vielen Jahren sind duktile Gussrohre unverzichtbar für technische Beschneigungsanlagen in Skigebieten (**Bild 8**) [11]. Schwierige Bodenverhältnisse sowie große Höhen- und damit Druckunterschiede bringen die Vorteile des Werkstoffs besonders eindrucksvoll zur Geltung.

Ein weiteres innovatives Einsatzfeld für duktile Gussrohre ist das der grabenlosen Einbautechniken. Gerade unter Nachhaltigkeitsaspekten sollte es hier nicht unerwähnt bleiben.

Mit den vorhandenen Verbindungstechniken, die sehr hohe Zugkräfte beim Berstlining, Press-/Zieh- oder Horizontalspülbohr (HDD)-Verfahren [12] ermöglichen, und mit ihren mechanisch hochbelastbaren Umhüllungen sind Rohre aus duktilem Gusseisen besonders geeignet, die immanenten Vorteile dieser geschlossenen Einbauverfahren umzusetzen (**Bild 9**). Erfahrungsgemäß und projektabhängig lassen sich durch grabenlosen Einbau im Vergleich zu konventioneller offener Bauweise Kosteneinsparungen bis 40 % erzielen. Daneben werden CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert. Für nachhaltigkeitsorientierte Verantwortliche geben immer häufiger die Minimierung von Baulärm und die weitgehende Vermeidung von baubedingten Verkehrsbehinderungen den Ausschlag für geschlossene Bauweisen. Auch das sind Werte.

## 7 Lebensdauer und Netzmanagement

Einzigartig an Rohren, Formstücken und Armaturen aus duktilem Gusseisen ist ihre ungewöhnlich lange Lebensdauer. Sie ermöglicht nachhaltiges Netzmanagement.

Leider werden derzeit im deutschsprachigen Raum jährlich weniger als 2 % der vorhandenen öffentlichen Wassernetze erneuert. Bei einer angenommenen Rehabilitationsquote von 1,5 % wird von einer durchschnittlichen Restlebensdauer von mehr als 65 Jahren ausgegangen – ein Zustand, der alters- und materialseitig in den wenigsten Fällen der voraussichtlichen Realität entsprechen dürfte. Eine Beibehaltung dieses Investitionsverhaltens führt zwangsläufig zur „Wertevernichtung“ oder sogenannten Substanzauszehrung und gefährdet damit

früher oder später die Erfüllung der öffentlichen Versorgungsaufgabe. Im Sinne einer ernsthaften Nachhaltigkeit im Netzmanagement muss insofern nicht nur mehr, sondern vor allem in geeignete Materialien investiert werden. Einzig Guss-Rohrsysteme verfügen über eine empirisch abgesicherte Langlebigkeit von über 100 Jahren und über einen belegten „Neuzustand“ (**Bild 10**) nach Betriebsdauern von 25 bis 32 Jahren [13], [14], [15]. Der systematische Einsatz von duktilen Guss-Rohrsystemen innerhalb der Investitionsstrategie erhöht die durchschnittliche Lebensdauer in den Netzen, wodurch die erforderlichen Investitionszyklen ökonomisch beherrschbar bleiben. Duktiles Gusseisen kann also wie kein anderer Werkstoff in der Wasserwirtschaft bleibende Werte schaffen. Die EADIPS®/FGR® steht mit ihrem dichten Netzwerk an leistungsstarken und leistungsbereiten Herstellern, Mitarbeitern und Marktpartnern zur Verfügung, um gemeinsam mit den nachhaltigkeitsorientierten Verantwortlichen der Branche dieses Potenzial zu nutzen.



**Bild 10:**  
1985 eingebautes duktiler Gussrohr DN 400 –  
Zementmörtel-Umhüllung mit Epoxidharz-Haftbrücke  
und Zink-Überzug – Kontrollausbau 2010:  
keinerlei Korrosionsangriffe sichtbar [13]

## Literatur

- [1] E-Book 10.2015  
Download: [www.eadips.org/e-book-d/](http://www.eadips.org/e-book-d/)
- [2] Das Gussrohr –  
Kurze geschichtliche Entwicklung  
144 (GWF) 1952,  
Heft 10, S. 295–297
- [3] Roscher, H. und Rammelsberg, J.  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 48 (2014), S. 11 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)

- [4] E-Book 10.2015, Kapitel 9  
Download: [www.eadips.org/e-book-d/](http://www.eadips.org/e-book-d/)
- [5] E-Book 10.2015, Kapitel 14  
Download: [www.eadips.org/e-book-d/](http://www.eadips.org/e-book-d/)
- [6] E-Book 10.2015, Kapitel 15  
Download: [www.eadips.org/e-book-d/](http://www.eadips.org/e-book-d/)
- [7] Niehues, B.  
DVGW-Schadensstatistik Wasser  
DVGW energie | wasser-praxis 10  
2006, S. 18–23
- [8] Wegener, T. und Böge, M.  
GUSSROHR-TECHNIK  
Heft 41 (2007), S. 45 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)
- [9] Opfermann, B. und Rammelsberg, J.  
GUSSROHR-TECHNIK  
Heft 43 (2009), S. 16 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)
- [10] Ministerium für Ernährung,  
Landwirtschaft, Umwelt und Forsten  
des Landes Baden-Württemberg  
Heft 15, 1984-12, Nachdruck 1986-12
- [11] Bohm, R.  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 50 (2016), S. 67 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)
- [12] Rau, L.  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 46 (2012), S. 61 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)
- [13] Rink, W.  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 45 (2011), S. 29 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)
- [14] Fachgemeinschaft Gusseiserne Rohre  
Köln, 1954
- [15] SGK (Schweizerische Gesellschaft  
für Korrosionsschutz)  
Unveröffentlichter Bericht 07'044-2 –  
ECOPUR-Rohre in der Grossmannstraße –  
Zürich, 2007-07-27

## Autor

Dipl.-Kfm., M.B.A. (INSEAD) Ulrich Päßler  
Ehemaliger Vorsitzender des Vorstands der  
EADIPS®/FGR®  
European Association for  
Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®/  
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme (FGR®)  
Im Leuschnerpark 4  
64347 Griesheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6155/605-225  
E-Mail: [ulrich.paessler@t-online.de](mailto:ulrich.paessler@t-online.de)

# Die Geschichte der Trinkwasser-Systeme im Lauf der Jahrhunderte

Von Jürgen Rammelsberg

## 1 Einleitung

Es ist unbestritten, dass ausreichendes Trinkwasser die wichtigste Voraussetzung für die Entwicklung einer Zivilgesellschaft ist. Eine eindrucksvolle Schilderung des technischen Know-hows, des Organisationswissens und der Regelsetzung in der Trinkwasserversorgung des antiken Roms enthält [1]. Frontinus war der erste Vorstandsvorsitzende der römischen Wasserbetriebe, er hat seine Erfahrungen der Nachwelt hinterlassen.

Die Transportleitungen damals waren die Aquädukte, großartige Bauwerke, die das Wasser aus entfernten Quellen im freien Gefälle zu den großen Städten brachten. In dieser Phase wurde jedoch nicht nur die technische Infrastruktur der Wasserversorgung errichtet, sondern auch die Grundlagen für Recht, Finanzierung, Technisches Regelwerk und Verwaltung geschaffen, ohne die eine gesicherte Wasserversorgung nicht funktioniert. Später waren es vor allem die Königshäuser des Barock, die sich mit Wasserspielen in ihren Schlossgärten gegenseitig zu übertreffen suchten, für die jedoch Druckleitungen erforderlich waren. Einige Meilensteine dieser Entwicklung lauten:

- 1412:** erste bekannte Wasserleitung aus Gussrohren in Augsburg/Deutschland
- 1455:** gusseiserne Wasserleitung zum Schloss Dillenburg/Deutschland (**Bild 1**)
- 1680:** gusseiserne Flanschen-Rohre im Schlosspark von Versailles/Frankreich
- 1700:** Wasserspiel mit künstlicher Kaskade in Kassel-Wilhelmshöhe/Deutschland, seit 2013 UNESCO-Weltkulturerbe
- 1840:** 1,8 km lange Gussrohrleitung vom Pumpenhaus an der Havel zum Ruinenberg für die Fontänen im Schlosspark von Sanssoucis



**Bild 1:**  
Gussrohr vom Schloss Dillenburg (1455)



**Bild 2:**  
Herstellung von Gussrohren mit Gießkarussellen  
(um 1900)

## 2 Die industrielle Fertigung von Guss-Rohrsystemen

Mit der industriellen Revolution Mitte des 18. Jahrhunderts entstand die Möglichkeit der Energieumwandlung durch die Dampfmaschine. Diese Phase ist gleichzeitig durch einen sprunghaften Anstieg der Wissenschaften gekennzeichnet. In erster Linie dürften



**Bild 3:**  
Herstellung eines Schleudergussrohrs im de-Lavaud-Verfahren

die Fortschritte in der Medizin und allgemeinen Hygiene für einen exponentiellen Anstieg der Bevölkerung gesorgt haben. Ein Grundbaustein dieses Fortschritts ist der Ausbau der Trinkwasserversorgung in den Städten.

Die zeitraubende Einzelfertigung von Trinkwasserrohren im Sandformverfahren wurde abgelöst durch eine mechanisierbare Fertigung in vertikal angeordneten Gießkarussellen, welche die erforderlichen Stückzahlen erst möglich machten (**Bild 2**). Eine weitere Beschleunigung der Gussrohrfertigung setzte im **Jahr 1923** mit der Entwicklung des Schleudergießverfahrens ein. Mit dem de-Lavaud-Verfahren werden auch heute noch weltweit fast alle Gussrohre hergestellt (**Bild 3**).

### 3 Entwicklung der Verbindungstechnik

Ähnlich wie sich die Fertigungstechnik der Rohre im Laufe der Jahrhunderte an die gestiegenen Anforderungen anpassen musste, durchlief die Verbindungstechnik eine kontinuierliche Entwicklung. Die antiken und mittelalterlichen Rohre aus Stein, gebranntem Ton, Blei und schließlich auch aus Gusseisen hatten muffenförmige Enden und wurden mit Kitt abgedichtet. Für höhere Drücke kamen die Flansch-Verbindungen hinzu. Die mit geteerten Hanfstricken gedichteten und mit Blei vergossenen Muffen sind zum Teil sogar heute noch in Betrieb.

Erst mit der Erfindung des vulkanisierten Gummis kam der wesentliche Schritt für die moderne Rohrverbindung: Sie wurde nun

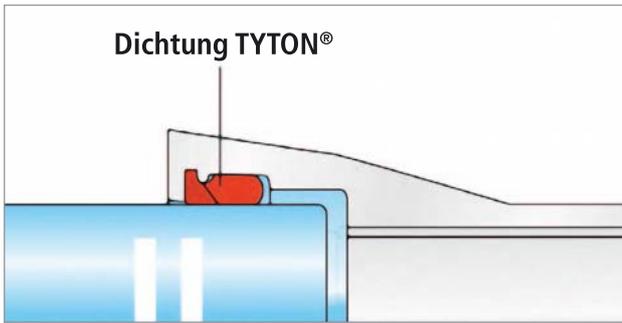
beweglich, also abwinkelbar und längsverschiebbar und konnte sich dadurch den Erdbewegungen und Setzungen anpassen. Die Schraubmuffen-Verbindung „Union“ war in den dreißiger Jahren ein Quantensprung im Bau von Druckrohrleitungen für Wasser und Gas und löste die Jahrzehnte alte Technik der mit Blei verstemmten Stemmuffe ab.

In den fünfziger Jahren wurde die Verbindungsmontage nochmals vereinfacht durch die Einführung der Steckmuffen-Verbindungen des Typs „TYTON®“ (**Bild 4**) und „Standard“. Diese Konstruktionen sind so bemessen, dass die Dichtheit durch einfaches Einschieben des Einsteckendes in die mit einer Dichtung versehene Muffe bewirkt wird, und zwar belastbar bis zum Berstdruck der Rohre, unter Beibehaltung der Beweglichkeit und über eine Nutzungsdauer von 100 Jahren, von denen inzwischen 60 Jahre bereits praktisch nachgewiesen sind.

Eine weitere Ausformung dieser Verbindung, nämlich die längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung, wird später bei der Beschreibung der grabenlosen Einbauverfahren noch zu behandeln sein.

### 4 Werkstoffentwicklungen

Der Werkstoff, der die Menschheit seit Beginn der Eisenzeit begleitet, ist das Gusseisen, genauer das graue Gusseisen oder auch Gusseisen mit Lamellengrafit. Es entsteht primär bei der Verhüttung von Eisenerz im Hochofen,



**Bild 4:**  
Steckmuffen-Verbindung TYTON®



**Bild 5:**  
Duktilität – Praktische Auswirkungen  
am Beispiel der Längsbiegefestigkeit

bedeutender ist jedoch seine Erzeugung beim Recycling von Schrott (Stahlschrott, Gussbruch, Alautos usw.) im Kupolofen. Die mechanischen Eigenschaften dieses Werkstoffes hängen im Wesentlichen von der Art des Grundgefüges und der Form des Grafit ab.

Die Entdeckung des Gusseisens mit Kugelgrafit und seine Anwendung auf dem Gebiet der Druckrohrleitungen in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts waren von epochalem Charakter. Bei diesem Werkstoff ist der elementare Kohlenstoff in Form von Grafitkugeln in das Grundgefüge eingebettet und verleiht ihm Plastizität und Verformbarkeit. Bei seiner Verwendung für Rohre, Formstücke und Zubehör wird der Werkstoff gemäß EN 545 [2] als duktiler Gusseisen bezeichnet. Beim Einsatz in Gehäusen für Armaturen heißt er, wie im Maschinenbau allgemein üblich, Gusseisen mit Kugelgrafit, dessen Eigenschaften in der Norm EN 1563 [3] fixiert sind. Beide Normen werden in unterschiedlichen Technischen Normungskomitees bearbeitet.

Die praktischen Folgen für die Belastbarkeit von Rohren, z. B. für die Längsbiegefestigkeit, zeigt **Bild 5**. Damit wird die grundlegende Bedeutung der Ablösung des klassischen, spröden Graugussrohrs von dem duktilen Gussrohrsystem in den fünfziger Jahren für den Rohrleitungsbau erkennbar.

## 5 Entwicklung der Schutzsysteme

In Anwesenheit von Wasser und Sauerstoff sind die Oxide und Hydroxide des Eisens thermodynamisch stabiler als das elementare Eisen, es rostet. Die Folgen davon sind bei Angriffen von außen Korrosionsschäden bis hin zur Perforation, bei Kontakt mit Trinkwasser auf der Innenseite wird dieses bis zur Braunfärbung negativ beeinflusst. Korrosionsschutz ist daher eine der Hauptaufgaben der Gussrohrerzeugung.

Folgende Meilensteine kennzeichnen die Entwicklung auf diesem Sektor:

- 1960:** Außenschutz mit Zink und bituminöser Deckbeschichtung
- 1966:** Tauchteer innen und außen (Entwurf DIN 28600 [4])
- 1970:** Zementmörtel-Auskleidung
- 1995:** Außenschutz mit Zink und Kunstharzdeckbeschichtung (Epoxidharz oder Polyurethan)

Das wesentliche Merkmal der Deckbeschichtung ist ihre Porosität als Voraussetzung dafür, dass der Bodenelektrolyt Kontakt mit dem darunter liegenden Zink bekommt.

In diesen Fällen reagiert das metallische Zink mit dem Bodenelektrolyt und bildet unlösliche Zinksalze, mit welchen sowohl die Poren der Deckbeschichtung als auch Verletzungen verschlossen werden. Der elektrische Widerstand zwischen dem Metall, zuerst dem Zink, später dem Eisen, zum Bodenelektrolyt nimmt zu, der Korrosionsstrom nimmt ab.

Die unabdingbare Grundvoraussetzung dafür, dass der Vorgang wie beschrieben abläuft, ist die Ausfällung der unlöslichen Zink-Reaktionsprodukte an der Grenzfläche zwischen Rohr und Bodenelektrolyt. Dafür darf der pH-Wert des Bodenelektrolyts nicht unter  $\text{pH} = 6$  liegen. In sauren Böden (Moor, Marsch, Torf) funktioniert der Schutzmechanismus nicht. Genauso ist im alkalischen Milieu ( $\text{pH} \geq 8,5$ )

kein dauerhafter Schutz möglich, weil in alkalischen Elektrolyten die Zinksalze als Zinkate in Lösung gehen.

Eine besonders erfolgreiche Entwicklung auf diesem Sektor ist die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) gemäß EN 15542 [5] (**Bild 6**). Sie besitzt eine gewisse Porosität, durch die der darunter liegende Zinküberzug mit dem Bodenelektrolyt in Wechselwirkung steht. Bei einer Schichtdicke von 5 mm nimmt der Umhüllungswiderstand infolge einer fortschreitenden Hydratisierung des Zements im Lauf der Zeit zu. Die ZM-U ist durch inerte Fasern strukturell verstärkt und widersteht deswegen enormen mechanischen Belastungen, sei es z. B. beim grabenlosen Einbau in schwierigen Böden oder beim Einbau in offenen Gräben, wo sogar grobkörniges oder felsiges Aushubmaterial direkt wiederverwendet werden kann. Die ZM-U ist daher für den Einsatz in Böden aller Art hervorragend geeignet. Untersuchungen an Leitungen nach über 30 Jahren Einsatz in aggressiven Böden zeigten eine neuwertige Eisenoberfläche ohne jeglichen Angriff [6].

Während in der Vergangenheit Teer- und Bitumenlacke zum Schutz von Formstücken und Armaturen angewendet wurden, ist der heutige Stand der Technik durch Epoxidharz und Email gekennzeichnet. Beide Schutzarten sind so genannte Barriere-Schichten mit hohem Umhüllungswiderstand, sie werden in Schichtdicken aufgetragen, welche zu einer weitgehenden Porenfreiheit führen.

Die Epoxidharz-Beschichtung wird durch Aufschmelzen eines Epoxidharz-Pulvers auf der frisch gestrahlten und erhitzten Oberfläche des Formstücks oder Gehäuses aufgetragen. In der flüssigen Phase laufen Polymerisationsreaktionen ab, welche zu einer hoch beständigen und geschlossenen Schutzschicht führen. Die Mindestschichtdicke beträgt 250 µm, weitere Anforderungen und Prüfmethode sind in EN 14901 [7] beschrieben. Die Epoxidharz-Beschichtung ist in Böden aller Art einsetzbar.

Die moderne Komplett-Emaillierung von Formstücken und Armaturen hat sich mit Hilfe neuerer Erkenntnisse in der Silikatechnik aus der alten Kunst des Emaillierens von gusseisernen Öfen entwickelt. Als anorganische Auskleidung von Formstücken und Armaturen erfreut sie sich im Trinkwasserbereich großer Beliebtheit. Anforderungen und Prüfmethode enthält DIN 51178 [8] (**Bild 7**).



**Bild 6:**  
Duktile Gussrohre DN 600 mit Zementmörtel-Umhüllung



**Bild 7:**  
Absperrklappe innen emailliert,  
außen mit Epoxidharz-Pulver beschichtet

## 6 Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Die eingangs beschriebenen Steckmuffen-Verbindungen nehmen keine Längskräfte auf, welche bei Richtungs- oder Querschnittsänderungen, Abzweigen oder Endverschlüssen auftreten. Diese Kräfte müssen über geeignete Widerlager, meist aus Beton, in den Baugrund eingetragen werden. Bei großen Nennweiten und Leitungen außerhalb von Städten wird dies nach wie vor auf Grundlage des DVGW-Arbeitsblattes GW 310 [9] praktiziert.

Eine wichtige Alternative hierzu liegt im Einsatz längskraftschlüssiger Verbindungen, deren technische Differenzierung den Rahmen dieses geschichtlichen Überblicks sprengen würde. Neben einem Hinweis auf das Kapitel 9 des EADIPS®/FGR®-E-Books [10] mit seinen ausführlichen Details seien im Folgenden wieder nur die Meilensteine aufgeführt.

## 6.1 Reibschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Die Längskräfte werden durch scharfgeschliffene und gehärtete Zähne von Halteelementen in die Oberfläche des Einsteckendes übertragen.

1972: Tyton SIT®

1985: Novo SIT®

1995: BRS®, TYTON SIT PLUS®

Neben diesen Konstruktionen haben sich in den unterschiedlichen regionalen Märkten ähnliche Lösungen, meist auf Grundlage anderer Dichtungssysteme, entwickelt.

## 6.2 Formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Die Kräfte werden über angeformte Elemente, z. B. Schweißbraupen auf den Einsteckenden in Kombination mit Kraftübertragungselementen, übertragen.

Die wichtigsten Vertreter dieser zwischen 1975 und 1985 entwickelten Gattung heißen

- TIS-K,
- BLS®/VRS®-T und BLS® (Bild 8).

Durch die immer weiter optimierte Kraftverteilung zwischen Muffe und Spitzende wurde es sogar möglich, die Verbindungen bis zum Berstdruck der Rohre zu belasten. Dies hat sich in zwei wesentlichen Richtungen ausgewirkt: im Bereich von Hochdruckanwendungen, wie Turbinenleitungen für Wasserkraftwerke und Beschneigungsanlagen im Gebirge auf der einen Seite. Die zweite Richtung jedoch hat ab den 1990er Jahren eine umfangreiche Ausweitung der Bauverfahrenstechnik ausgelöst, nämlich die der grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren.

## 7 Grabenlose Einbau- und Erneuerungsverfahren

Mit den leistungsfähigen formschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen des Abschnitts 6 ist die Voraussetzung gegeben, Leitungen aus duktilen Gussrohren grabenlos einzubauen und zu erneuern. Mit Beginn der 1990er Jahre setzt eine beispiellose Entwicklung der grabenlosen Einbauverfahren ein, die im Kapitel 22 des EADIPS®/FGR®-E-Books [11] in allen Einzelheiten nachzulesen ist.

Folgende Stationen der Entwicklung seien hier genannt:

1993: Horizontal-Spülbohr-Verfahren (Bild 9)

1990: Rohrzieh-Verfahren

1999: Hilfsrohr-Verfahren

Die beiden letztgenannten Verfahren werden von den Berliner Wasserbetrieben mit Neurohren aus duktilem Gusseisen praktiziert. Jährlich werden allein in Berlin auf diese Weise in den Nennweiten DN 80 bis DN 500 rund 10.000 m Rohrleitungen ausgewechselt. Eine Weiterentwicklung erlaubt eine deutliche Vergrößerung der Nennweite, wenn der dabei anfallende überschüssige Boden entnommen wird.

1999: Einzug mit Raketenpflug

Das Verfahren nutzt einen höhenverstellbaren Pflug, mit dem ein fertig montierter Rohrstrang in eine neue Trasse eingezogen wird. Die Anwendung beschränkt sich auf ländliche Räume, in denen noch keine unterirdischen Strukturen vorhanden sind. Besonders in Böden mit großen und scharfkantigen Steinen haben sich duktile Gussrohre mit der robusten Zementmörtel-Umhüllung bewährt.



Bild 8:

Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung  
BLS®/VRS®-T® (≤ DN 500) und BLS® (≥ DN 600)



Bild 9:

Einbau DN 900 mit dem HDD-Verfahren in Valencia 2007

### 2003: Statisches Berstlining

Hier wird das Neurohr ebenfalls trassengleich eingezogen, jedoch verbleibt die Altleitung entweder in Form von Bruchstücken oder als aufgeschnittener und aufgeweiteter Rohrstrang im Boden. Während des Einzugs können die neuen Rohre an den scharfkantigen Bruchstücken entlangschleifen, weswegen für sie extrem robuste und kerbunempfindliche Werkstoffe erforderlich sind. Duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung nach EN 15542 [5] haben sich in zahlreichen Anwendungsfällen hervorragend bewährt.

### 2003: Langrohr-Relining

Bei diesem Verfahren werden neue Rohre in die unveränderte Altrohrleitung eingezogen oder eingeschoben, wodurch sich der freie Querschnitt der Leitung verkleinert, was aber häufig vor dem Hintergrund verringerter Wasserverbräuche willkommen ist, weil sich damit die Fließgeschwindigkeiten wieder erhöhen lassen (**Bild 10**). Das Verfahren erfreut sich großer Beliebtheit und hat sich in mehr als 10.000 m Gesamtlänge bewährt.



**Bild 10:**  
Langrohr-Relining mit Rohren DN 800

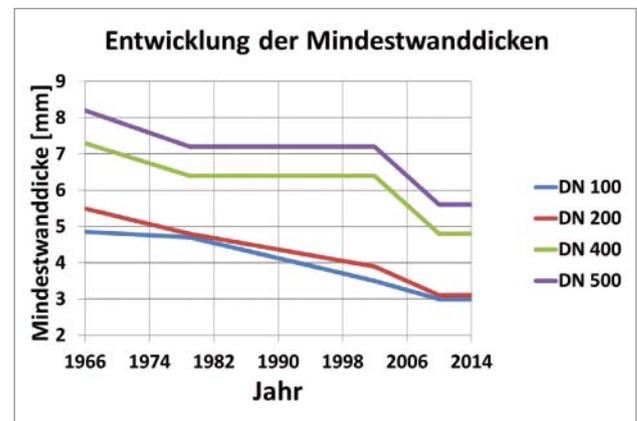
## 8 Entwicklung der Wanddicken

Als Mitte der fünfziger Jahre die ersten duktilen Gussrohre produziert wurden, war das Sicherheitsdenken zunächst noch von den dickwandigen Graugussrohren geprägt. Nachdem die ersten praktischen Erfahrungen vorlagen, erstellte die FGR im Jahr 1961 eine Verbandsnorm mit Vorläufigen Technischen Lieferbedingungen. Als dann der DVGW mit einer wissenschaftliche Untersuchung („Wellinger-Studie“) die Bemessungsgrundlagen mit Belastungsannahmen aus den Bettungsbedingungen geschaffen hatte, konnten ein Jahr später die ersten DIN-Normen, die DIN 28600 [4] und die DIN 28610 [12] entworfen werden und zwei Jahre später als Weißdruck erscheinen.

Die Nennwanddicken  $S_0$  waren unter Berücksichtigung der zulässigen Umfangsspannungen in der Rohrwand mit der Formel

$$S_0 = 5 + 0,01 \cdot DN \text{ [mm]} \quad (1)$$

in der Wanddickenreihe K 10 festgelegt.



**Bild 11:**  
Entwicklung der Mindestwanddicken von 1966 bis heute

Im Jahr 1979 zeigte die internationale Norm ISO 2531 [13] einen Weg auf, mit dem sich geringere Wanddicken kohärent in eigenen K-Klassen darstellen ließen:

$$s = K \cdot (0,5 + 0,001 \cdot DN) \text{ [mm]} \quad (2)$$

wobei K aus einer Reihe von ganzzahligen Zahlen ... 8, 9, 10, 11, 12 ... auszuwählen ist. Bereits 1976 hatte der DVGW-Fachausschuss „Rohre und Rohrverbindungen“ die FGR wegen der Möglichkeit, auch dünnwandigere Rohre zu normen, um Überarbeitung der DIN 28600 [4] gebeten. Die Einführung der Wanddickenklassen K 9 und K 8 im Jahr 1980 war das Ziel.

Mit der Erarbeitung der ersten Europäischen Produktnorm EN 545 im Jahre 1995 wurden diese Wanddickenklassen K 8 bis K 10 als Standardwanddicke übernommen.

Die treffsichere Erzeugung der geringeren Wanddicken im Schleudergießverfahren reifte in den fünf Jahrzehnten seit dem Aufkommen der duktilen Gussrohre durch verbesserte Maschinensteuerung und ständige Verfahrensoptimierung heran. So war es nur konsequent, dass sich die Gussrohrindustrie dem Trend anschloss, Bauteile der Wasserversorgung den herrschenden Drücken anzupassen, wie er sich in der EN 14801 „Bedingungen für die Klassifizierung von Produkten für Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung nach auftretenden Drücken“ [14] manifestierte. Bereits 2002 führt die EN 545 in ihrer damals aktuellen Ausgabe die Druckklasse C 40 neben den noch bestehenden K-Klassen ein, im Jahr 2010 enthält die EN 545 [2] nur noch die Druckklassen. Die Entwicklung der Mindestwanddicken während des letzten halben Jahrhunderts im **Bild 11** zeigt fast eine Halbierung seit der Einführung der duktilen Gussrohre.

Parallel zu diesen fertigungstechnischen Verbesserungen entwickelten sich auch unter dem Druck ökonomischer Anforderungen die grabenlosen Einbauverfahren, bei welchen fast ausnahmslos längskraftschlüssige Verbindungen eingesetzt werden. Die formschlüssigen Varianten mit ihrer Schweißraupe auf dem Einsteckende setzen der weiteren Entwicklung zu dünneren Wänden ein Ende: Die Schweißverfahren benötigen für den fehlerfreien Einbrand der Schweißraupe eine Wanddicke, die mindestens zwischen 5 mm und 6 mm liegen sollte.

Außerdem bedingen die mehrachsigen Spannungszustände in einer Rohrwand, die neben der Umfangsspannung aus Innendruck zusätzliche Axialspannungen aufnehmen muss, eine deutliche Absenkung des zulässigen Bauteilbetriebsdruckes PFA gegenüber der längskraftfreien Ausführung. Die Angabe der Druckklasse C als Synonym für den zulässigen Bauteilbetriebsdruck PFA reicht also bei längskraftschlüssig betriebenen Rohrleitungen nicht mehr aus. Jeder Hersteller muss daher für seine längskraftschlüssige Verbindung den niedrigeren Wert für den PFA angeben. Die EADIPS®/FGR® hat dieser Forderung dadurch Rechnung getragen, dass sie eine eigene Kennzeichnungsnorm, die EADIPS®/FGR®-NORM 75 [15], veröffentlicht hat.

## 9 Schlussbetrachtung

Mit dem vorliegenden Beitrag aus Anlass des 50. Jubiläumsjahrganges der EADIPS®/FGR®-Jahreshefte soll vorgestellt werden, wie der Traditionswerkstoff „Gusseisen“, welcher den Aufbau der Trinkwasserversorgung seit einem halben Jahrtausend geprägt hat, durch einen stetigen Fluss von Verbesserungen, Optimierungen und Innovationen immer jung geblieben ist. Dabei ist es der Gussrohrindustrie gelungen, in Zusammenarbeit mit den Anwendern ein modernes und nachhaltiges Rohrsystem, bestehend aus Rohren, Formstücken und Armaturen, stets auf dem neuesten Stand der Technik zu halten.

### Literatur

- [1] Frontinusgesellschaft e. V., München 2013
- [2] EN 545: 2010
- [3] EN 1563: 2012
- [4] Entwurf DIN 28600: 1966-04
- [5] EN 15542: 2008
- [6] Rink, W.  
GUSS-ROHRSYSTEME  
Heft 45 (2011), S. 29 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)
- [7] EN 14901: 2014
- [8] DIN 51178: 2009-10
- [9] DVGW-Arbeitsblatt GW 310: 2009-01
- [10] EADIPS®/FGR®-E-Book, Kapitel 9  
Download: [www.eadips.org/e-book-d/](http://www.eadips.org/e-book-d/)
- [11] EADIPS®/FGR®-E-Book, Kapitel 22  
Download: [www.eadips.org/e-book-d/](http://www.eadips.org/e-book-d/)
- [12] Entwurf DIN 28610: 1966-04
- [13] ISO 2531: 1979
- [14] EN 14801: 2006
- [15] EADIPS®/FGR®-Norm 75: 2013-06

### Autor

Dr.-Ing. Jürgen Rammelsberg  
European Association for  
Ductile Iron Pipe Systems · EADIPS®/  
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme  
(FGR®) e. V.  
Im Leuschnerpark 4  
64347 Griesheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6155/605-225  
E-Mail: [rammelsberg@arcor.de](mailto:rammelsberg@arcor.de)

## Qualitätssicherung durch Modernisierung und Flexibilisierung

Von Max Altmannshofer

### 1 Einleitung

Im vergangenen Jahr investierte die TALIS-Gruppe fast drei Millionen Euro in die Frischhut-Gießerei in Neumarkt-Sankt Veit für Modernisierung und Flexibilisierung der Produktion, für Energieeinsparungen sowie Umwelt- und Arbeitsschutz. Heutzutage werden von den Gießereien Just-in-Time-Lieferungen von Wasser- (**Bilder 1 und 2**) und Abwasserformstücken erwartet. Dabei werden die Losgrößen (von drei bis mehrere hundert Stück) immer kleiner; auch die Lieferzeiten werden immer kürzer.

### 2 Entwicklung

Diese Entwicklung stellt gerade kleine und mittlere Gießereien vor Probleme, weil sie den Anforderungen an eine flexible Produktionsweise bei gleichzeitig hohem Qualitätsstandard technisch häufig nicht gewachsen sind. Auch verbrauchen ältere Anlagen bei einer solchen Produktionsweise mehr Energie und Ressourcen.

### 3 Erneuerung der Ofentechnik

Daraus hat die Gießerei mit Hilfe ihrer Muttergesellschaft, der Unternehmensgruppe TALIS, die notwendigen Konsequenzen gezogen. Für knapp drei Millionen Euro wurden

- die Ofentechnik ausgetauscht,
- die Chargiereinrichtung sowie die Gattierhalle erneuert,
- eine effiziente Gießbahnabsaugung installiert und
- ein modernes Energiemanagement eingeführt.



**Bild 1:**

Mit Epoxidharz-Pulver beschichtetes F-Stück DN 80 in der Sonderlänge L = 800 mm mit Flansch PN 16 sowie mit aufgeschweißtem blauen oder wahlweise klemmbarem schwarzen Mauerflansch. Das F-Stück ist mit einem Abzweig mit 1" Innengewinde ausgestattet.



**Bild 2:**

Mit Epoxidharz-Pulver beschichteter Doppelflansch-Fußbogen 90° DN 80 mit Flanschen PN 40 und drei Abzweigen jeweils mit 2" Innengewinde



**Bild 3:**  
Hochmoderner Fünf-Tonnen-Mittelfrequenzofen

Ende Oktober waren die notwendigen Arbeiten in Neumarkt-Sankt Veit beendet und der Kern der Umbaumaßnahmen, die beiden hochmodernen Fünf-Tonnen-Mittelfrequenzöfen (**Bild 3**) des Simmerather Ofenbauers Otto Junker konnten pünktlich in Betrieb gehen. Die neuen Öfen ersetzen einen Drei-Tonnen, einen Fünf-Tonnen- und zwei Zwölf-Tonnen-Netzfrequenzöfen.

Nach den ersten Tests stand bereits fest: Die Anlagen ermöglichen eine bemerkenswerte Produktionsflexibilität bei besserer Qualität. Mit der Technik der neuen Junker-Öfen, bei der je nach Bedarf eine magnetische Badbewegung erzeugt und dadurch nachträglich aufgekohlt werden kann, sind jederzeit Korrekturen möglich. Zudem können mit den neuen Öfen chargenweise verschiedene Materialien erschmolzen werden, wodurch die flexible Produktion eines breiten Teilespektrums möglich wird.

Neben der gewonnenen Produktionsflexibilität und Prozesssicherheit geht es aber auch um deutliche Energieeinsparungen. Ein wichtiger Baustein sind hierbei die neuen Mittelfrequenzöfen, die deutlich wartungsfreundlicher sind als es der alte Netzfrequenz-Schmelzbetrieb war. Der Wartungsaufwand wird reduziert, indem die Öfen jetzt jeden Tag entleert werden.

Vorher mussten die alten Öfen bis zu einem gewissen Sumpf heruntergefahren und die ganze Nacht über flüssig gehalten werden, wodurch rund um die Uhr Strom verbraucht wurde. Jetzt läuft das Anheizen automatisch, und das Eisen ist bereits vor Schichtbeginn fertig.

#### 4 Fazit

Mit den Investitionen wurde ein wichtiger Baustein für die Zukunft der Gießerei in Neumarkt-Sankt Veit hinsichtlich einer nachhaltigen Produktion in Verbindung mit größerer Produktionsflexibilität und Sicherung des Qualitätsstandards gelegt.

#### Autor

Max Altmannshofer  
Ludwig FRISCHHUT GmbH und Co. KG  
Franz-Stelzenberger-Straße 9-17  
84347 Pfarrkirchen/Deutschland  
Telefon: +49 (0)8639/9835-0  
E-Mail: [maltmannshofer@talys-group.com](mailto:maltmannshofer@talys-group.com)

## Lausitzmetropole Cottbus setzt auf Armaturen und Formstücke aus duktilem Gusseisen

Von René Pehlke



**Bild 1:**

Dr. Lothar Bohm, Mitarbeiter im technischen Büro der LWG, prüft am neuen Trinkwasserknotenpunkt der 600er Hauptleitung die geplante Verbindung zur benachbarten Leitung DN 400

Quelle: LWG

### 1 Baumaßnahmen der LWG

Im Zeitraum von März bis Juli 2015 war die Cottbuser Straße „Straße der Jugend“ Schauplatz umfangreicher Baumaßnahmen der LWG Lausitzer Wasser GmbH & Co. KG. So erneuerte das Unternehmen zwischen Stadtring und Dresdener Straße die Versorgungsleitungen DN 80 und Knotenpunkte an den beiden Hauptleitungen aus Graugussrohren DN 600 und DN 400. Darüber hinaus ersetzte die LWG ein kleines Teilstück der alten Hauptleitung DN 600, das 1945 nach einem Bombentreffer mit Hilfe

von Stahlrohren DN 500 repariert worden war. Vom Wasserwerk Cottbus-Sachsendorf aus versorgen diese Trinkwasserleitungen etwa 50.000 Cottbuser Einwohner in den Stadtteilen Spremberger Vorstadt, Sandow, Ströbitz und Stadtmitte. Damit gehören diese Leitungen zu den wichtigsten „Lebensadern“ für Cottbus, und das bereits seit über 85 Jahren.

Mit diesen Baumaßnahmen sei in den kommenden Jahrzehnten die Trinkwasserversorgung für die Bürger sichergestellt, so der Technische Geschäftsführer der LWG, Herr Marten Eger.

## 2 Neubau eines Knotenpunktes

Eine besondere Herausforderung war der Neubau des Knotenpunktes zwischen den parallel verlaufenden Trinkwasserhauptleitungen DN 600, GG und DN 400, GG, die dafür in zwei Bauabschnitten abwechselnd außer Betrieb genommen werden mussten. Durch verstärkte Trinkwassereinspeisung aus dem im Norden liegenden Wasserwerk Cottbus-Fehrower Weg blieb die Trinkwasserversorgung während der Arbeiten in ausreichender Menge und mit dem notwendigen Druck gesichert.

Der Armaturen- und Formstückhersteller, die Keulahütte GmbH, Krauschwitz, lieferte für dieses Bauvorhaben neben Druckrohrformstücken DN 600 und DN 400, PN 10 nach EN 545 [1] auch doppelzentrische Absperrklappen DN 600, PN 10 nach EN 593 [2] und weichdichtende Keilschieber DN 400, PN 10 nach EN 1171 [3]. Alle Druckrohrformstücke und Armaturen sind mit einer integralen Epoxidharz-Pulver-Beschichtung entsprechend der Richtlinie RAL – GZ 662 [4] der GSK Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz von Armaturen und Formstücken versehen (**Bild 1**).

## 3 Qualitätssicherung

Die Qualitätseinstellung des Herstellers kennt keine Kompromisse: Sie umfasst den kompletten und fast einzigartigen Produktionszyklus vom Gießprozess über die Bearbeitung, die Beschichtung bis hin zur Armaturenmontage. Zusätzlich sind offene Kommunikation und Nähe zum Kunden wesentliche Einflussgrößen zur Sicherung der Produktqualität.

## 4 Produkteigenschaften

Doppelzentrische Absperrklappen aus duktilem Gusseisen zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

### 4.1 Konstruktionsmerkmale

Die Lagerung der Klappenscheibe des Krauschwitzer Herstellers hat keinen Kontakt zum Medium. Sie besteht aus Verbundschicht-Lagerbuchsen mit aufgesinterter Polytetrafluorethylen (PTFE)-Schicht. Diese technische Lösung hat sich außerordentlich gut bewährt. Damit seit den 90er Jahren ausgerüstete Armaturen funktionieren bis zum heutigen Tag ohne Feh-

ler. In den 90er Jahren wurde die Klappenlagerung auf das Prinzip „Doppelzentrisch“ umgestellt. Damit konnte der Verschleiß der Dichtgarnitur, vor allem beim „Freistellen“ der Dichtung während des Öffnens der Absperrklappe, wesentlich minimiert werden. Diese „unscheinbare“ Neuerung war ein wichtiger Meilenstein für die Verlängerung der Lebensdauer der Absperrklappen.

### 4.2 Konstruktionswerkstoff

Als Konstruktionswerkstoff für die Absperrklappen hat sich EN-GJS-400-15 durchgesetzt. Dieses moderne Gussmaterial mit seinem optimalen Verhältnis von Festigkeit und Bruchdehnung empfiehlt sich für alle Einsatzfälle mit dynamischen Belastungen. Die Kombination einer Mindestbruchdehnung von 15 % mit einer Zugfestigkeit von mindestens 400 N/mm<sup>2</sup> ist die Grundlage einer Sicherheitsstrategie, bei der eine missbräuchliche Überlastung durch sichtbare plastische Verformung lange vor dem Bruch erkennbar ist.

### 4.3 Korrosionsschutz mit Epoxidharz-Pulver-Beschichtung

Bei der Wahl des Korrosionsschutzes setzen immer mehr Hersteller und Anwender auf die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung, so auch die Keulahütte GmbH. Durch stetige Prozess- und Materialentwicklung hat sich diese Schutzart im Rohrleitungsbau seit langem durchgesetzt. Jedoch erst mit der allseitigen Beschichtung der Armaturenteile lässt sich das volle Potenzial dieser Schutzart optimal nutzen.

In Verbindung mit den Verfahrens- und Qualitätsparametern der Beschichtung stellt dieser sogenannte „Integrale Korrosionsschutz“ heute Lebensdauererwartungen in Aussicht, welche noch vor einer Generation mit normalem Aufwand unerreichbar schienen. Bei konsequenter Anwendung dieses Konzeptes ist der Gehäusesitz der Absperrklappen vollständig beschichtet. Es entfallen fehleranfällige Unterbrechungen der Schutzschicht, die z. B. bei eingeschweißten Nickel-Chrom-Dichtsitzen einen Ansatz zur Korrosion bilden könnten. Unabdingbare Voraussetzung für das Beschichten des Klappensitzes ist natürlich die strikte Einhaltung aller Qualitätsparameter. Eine Schichtdicke von mindestens 250 µm ist unerlässlich. Die Armaturenteile sind im Zwangsdurchlauf allseitig mit höchster Sorgfalt zu strahlen, zu reinigen, zu erwärmen und ohne Zeitverzug zu beschichten.

Dies ist die zwingende Voraussetzung für die gewünschten Eigenschaften der Epoxidharz-Pulver-Beschichtung wie:

- hervorragende Haftfestigkeit,
- technische Diffusionsdichtheit der porenfreien Beschichtung,
- definiert hohe Schlagbeständigkeit (wichtig für raue Betriebsbedingungen),
- sehr gute Beständigkeit gegen Unterrostung der Beschichtung an Fehlstellen,
- extrem hohe Chemikalienbeständigkeit bei gleichzeitiger Trinkwassereignung.

Außerdem erlauben professionelle Reparatursätze die Ausbesserung von Schadstellen mit artgleichem Material.

## 5 Fazit

Die flexible Fertigungskette eines Herstellers, der in der Lage ist, alle Einzelteile qualitativ hochwertig in eigener Regie und kundenorientiert zu produzieren, ist ein gewichtiges Argument des Kunden bei seiner Wahl von Armaturen und Formstücken aus duktilem Gusseisen.

Als Vertrauensbeweis für die technische Kompetenz des Armaturenproduzenten gilt, dass immer mehr Kunden das komplette Produktpaket, bestehend aus Armatur, Getriebe, Elektroantrieb und Steuerung aus einer Hand beziehen. Dank der engen Kooperation von Armaturenproduzent und Antriebsanbieter können auch komplizierte Projekte problemlos abgewickelt werden.

## Literatur

- [1] EN 545: 2010
- [2] EN 593: 2009+A1:2011
- [3] EN 1171: 2015
- [4] RAL – GZ 662: 2008

## Autor

Dipl.-Ing. (FH) René Pehlke  
Keulahütte GmbH  
Geschwister-Scholl-Str. 15  
02957 Krauschwitz/Deutschland  
Telefon: +49 (0)35771/54-404  
E-Mail: pehlke@vem-group.com

**Die technische Leistungsfähigkeit duktiler Guss-Rohrsysteme gewährleistet höchste Sicherheit in allen Bereichen der Wasserwirtschaft!**

# Numerische Simulation & Rapid Prototyping in der Gießerei der JMA Hodonín, einer Gesellschaft der VAG-Armaturen GmbH

Von Radim Hnilica

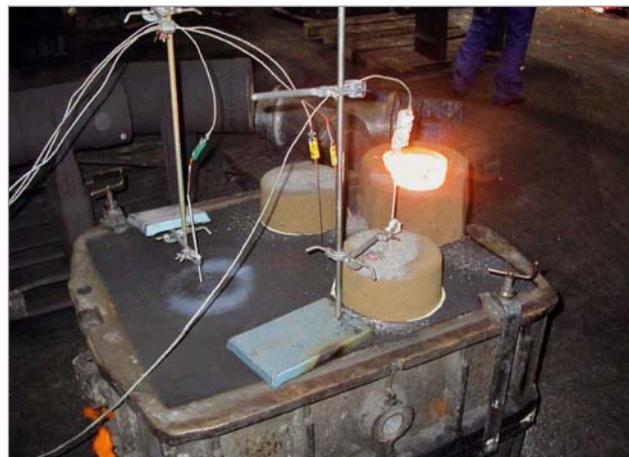
## 1 Einleitung

In den letzten Jahren hat sich der Zwang zur Verkürzung der notwendigen Entwicklungs- und Vorbereitungszeiten bei Einführung neuer Produkte ständig vergrößert. Bei der tschechischen Firma Jihomoravská armaturka spol. s r.o. (JMA) in Hodonín, einer Produktionsstätte der VAG-Armaturen GmbH, werden zur Erfüllung immer anspruchsvollerer Kundenanforderungen in allen Entwicklungsstufen moderne Verfahren der aufgeteilten gleichzeitigen Entwicklung („simultaneous engineering“), wie z. B. Gieß- und Erstarrungssimulation sowie Rapid Prototyping, erfolgreich eingesetzt. Die Produktentwicklung wird komplett durch 3D-Konstruktionssoftware vorbereitet, wobei die Festigkeitsmerkmale des Produkts mittels Finite-Elemente-Methode (FEM) kontrolliert werden. Auf die Abnahme der Konstruktion durch die Technikabteilung folgt eine Herstellbarkeitsanalyse des Gussprototyps. Dabei werden die 3D-Daten für die Erfordernisse der Gusstechnik modifiziert und der Gieß- und Erstarrungsverlauf mittels Simulationssoftware geprüft. Bei diesem Vorgang wird der erste Entwurf der Gussteilgestaltung auf das Risiko von Gießfehlern untersucht und anschließend mit der Konstruktionsabteilung besprochen. Dank dieser Technologie lässt sich das Verfahren zur Herstellung eines Prototypen auf maximal 10 Tage verkürzen.

## 2 Numerische Simulation

In der Gießerei der JMA wird die numerische Simulation seit 2005 eingesetzt. Seitdem ist die Erstarrungsanalyse ein effektives Instrument zur Gussoptimierung und Weiterentwicklung. Diese Software ist ein fester Bestandteil

des Technologiepakets Rapid Prototyping. Zu Beginn mussten die Eingabeparameter so validiert werden, dass die gewählten Parameter den Bedingungen der Gießerei entsprachen (**Bild 1**).



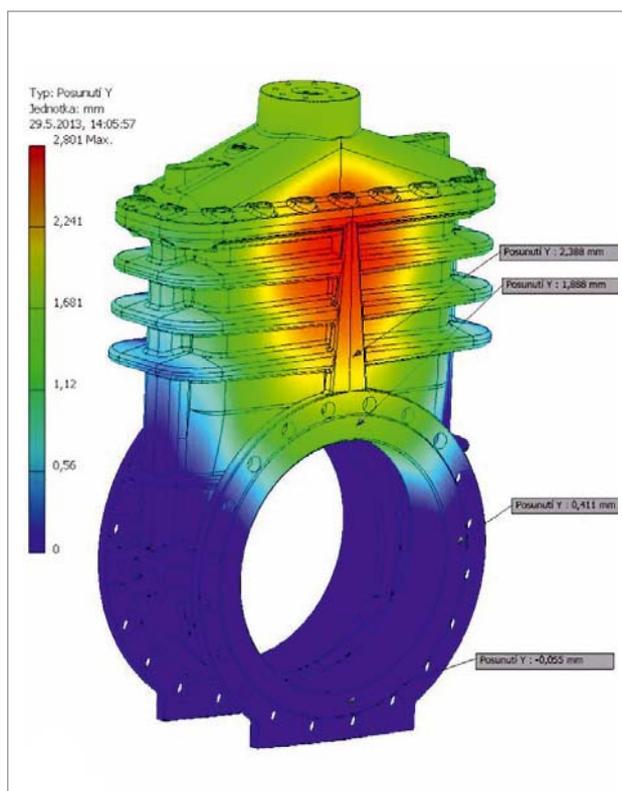
**Bild 1:**  
Validierung der Simulationsparameter

Die Gießerei produziert Grauguss und duktilen Gusseisen mit dem Nassgussverfahren. Die JMA verfügt über eine breite Datenbasis von Materialien und deren Messwerten, die in der Gießerei während der langjährigen Anwendung der numerischen Simulation erhoben wurden. Heute ist die Simulation in erster Linie ein schnelles Instrument zur Fehlererkennung in der Phase der Produktentwicklung. Um so schnell wie möglich brauchbare Ergebnisse zu erzielen, sind hier die 3D-Daten, die Daten von standardisierten Gießsystemen, Filtern und von Speisern zusammengefasst.

In Zusammenarbeit mit der Konstruktionsabteilung werden die Gussteile schon während der Auslegung mittels numerischer Simulation optimiert (**Bild 2**). Dies geschieht in einer Kombination verschiedener Software-Typen mit folgenden Schritten:

- Modellierung des primären Konstruktionsentwurfs im 3D-System „Autodesk Inventor“,
- Überprüfung durch Festigkeitsberechnung,
- Verifizierung mit der Software zur Erstarrungsanalyse; Suche nach inneren Defekten.

Da die Gießerei ungefähr 95 % der Armaturen mit einer Wanddicke von etwa 8 mm herstellt, ist es notwendig, auch das eventuelle Vorhandensein von Fehlstellen wie Kaltlauf festzustellen. Nach der Bewertung der Gieß- und Erstarrungssimulation folgt der Meinungsaustausch über die Optimierungsmöglichkeiten von heißen Stellen und Gusswänden bis ein Kompromiss zwischen Funktionalität, Festigkeit und Gussteilgestaltung erzielt ist.



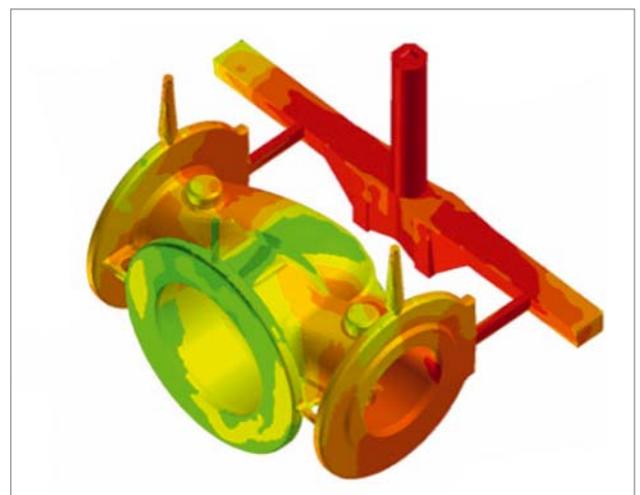
**Bild 2:**  
Ergebnisbild einer Festigkeitsanalyse

### 3 Entwicklung eines Regelventils

Mittels numerischer Simulation wurden mehrere eigene Projekte entwickelt und es wurden viele Simulationen für die Verifizierung der Entwürfe durchgeführt. Ein typisches Beispiel für die Anwendung der modernen Technologie des Rapid Prototyping ist die Konstruktion des VAG PICO® – pilotgesteuertes Regelventil (**Bild 3**). Die primären Daten wurden zuerst in Bezug auf Festigkeit überprüft. Die erste Konstruktion war an bestimmten Stellen überdimensioniert.

Anschließend wurden die Konstruktionsdaten mittels Gieß- und Erstarrungssimulation verifiziert und einzelne Stellen optimiert (**Bilder 4 und 5**). Mittels der beiden Softwareprogramme ließ sich das anfangs berechnete Gesamtgewicht um 18 % reduzieren, was zugleich ein Beitrag zur Wirtschaftlichkeit bei diesem Projekt war. Danach folgte die offizielle Ausgabe der Zeichnungsdokumentation. Dann wurde die Anschnitt- und Speisertechnik entworfen und mittels Simulation verifiziert.

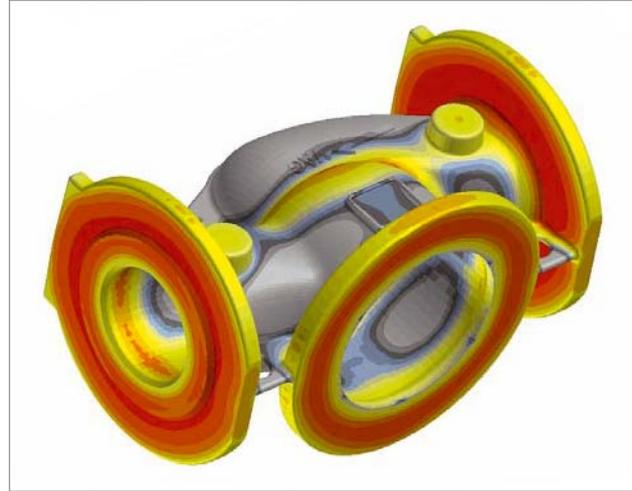
In diesem Schritt konnten auf Basis einiger Berechnungen die Speiser optimal angeordnet werden. Das Gießsystem wurde mittels mehrerer verschiedener Simulationen modifiziert und so gestaltet, dass die geringe innere Porosität, die sich aufgrund der Berechnungen innerhalb des Gussteils ergab, an diejenigen Stellen verlegt wurde, wo sie weder auf die Funktion noch auf die Gussteilbearbeitung Einfluss ausüben konnte.



**Bild 3:**  
Erstarrungssimulation – Gehäuse eines VAG PICO®



**Bild 4:**  
Ergebnis der Erstarungssimulation vor der Optimierung



**Bild 5:**  
Bild einer Erstarungssimulation nach der Optimierung



**Bild 6:**  
Rapid Prototyping mittel 3D-Druck

**Bild 6** zeigt ein weiteres Rapid Prototyping-Verfahren, nämlich den 3D-Druck. Seit dem Jahr 2007 wird für die schnelle Prototypentwicklung ein 3D-Drucker mit der PolyJet-Technik eingesetzt, bei der sehr dünne Polymer-Schichten auf eine Tischarbeitsplatte aufgetragen werden.

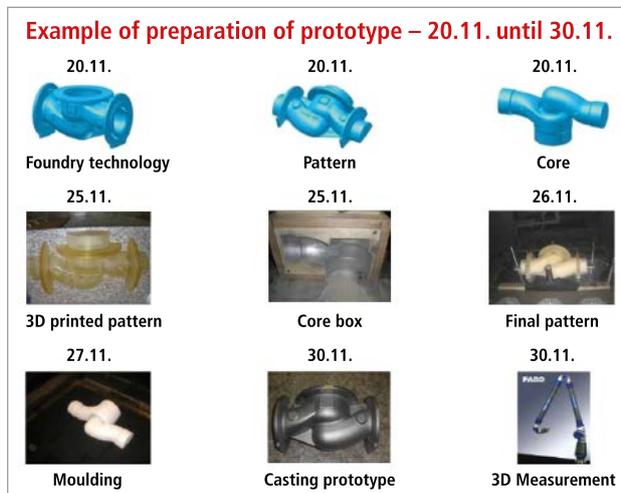
Jede einzelne Schicht wird mit einer Walze auf eine gleichmäßige Höhe von 16 µm gebracht und mit UV-Licht ausgehärtet. Nach dem Aushärten wird die nächste Schicht aufgetragen, wobei der Arbeitstisch entlang der Z-Achse fährt. Wegen der hohen Druckpräzision kann man die Stücke auf mehrere Teile aufteilen und diese dann sehr genau und fugenlos mittels vorbereiteter Verbindungselemente zusammenfügen. Damit wird in vielen Fällen die Modellherstellung schneller und wirtschaftlicher. Der Modellausdruck besteht aus einer 3 mm dicken Schale mit Versteifungsstegen. Diese Schale wird dann

mit erheblich günstigerem Epoxidharz ausgegossen, das dem Modell eine ausreichende Festigkeit verleiht. Wegen der hohen Druckgenauigkeit benötigt das Modell nach dem Drucken außer einer Reinigung keine weitere spezielle Bearbeitung. Seine Oberfläche ist so glatt und präzise, dass man das Modell sofort auf die Modellplatte auflegen und auf einer automatischen Formanlage abformen kann. Der Entwicklungsprozess wird dadurch natürlich stark beschleunigt. Die Erfahrung zeigt, dass die mechanischen Eigenschaften des Modells für die Nutzung während der Prototypentwicklung ausreichen. Ein solches mittels 3D-Druckverfahren hergestelltes Modell weist nach mehr als 600 Formzyklen auf der Luft-Impuls-Formanlage keinerlei Dimensionsänderungen oder mechanische Beschädigungen auf.

Neben dem Druck aus festen Materialien ermöglicht der Drucker auch die Modellherstellung aus Materialien auf Gummibasis, die vor allem für Dichtungsprototypen häufig benötigt werden. Auch in diesem Falle wird die Zeit für die Entwicklung der Form zur Herstellung von Dichtungen erheblich verkürzt.

Die Bedienung des Druckers ist sehr einfach und kann mit der Bedienung üblicher Bürodruker verglichen werden. Der Drucker benötigt keine permanente Bedienung, wodurch er z. B. gegenüber 5-achsigen CNC-Zentren wirtschaftlicher ist. Das Modell für den Guss des oben genannten Regelventils kann mittels 3D-Drucker in ein paar Stunden hergestellt werden.

**Bild 7** zeigt, dass die Vorbereitungsarbeiten (z. B. Vorbereitung der Kernseele) parallel zu den Berechnungen der numerischen Simulation und die Kernkastenherstellung parallel zum Modelldrucken verliefen.



**Bild 7:**  
Modellerstellung für ein Gehäuse  
des VAG PICO®-Regelventils

Die Synchronisierung aller Teilschritte hat die gesamte Gussentwicklung auf zwei Wochen verkürzt. Nach Ablauf der Modellherstellung im Drucker folgte die konventionelle Arbeit der Modellmacherei, die Herstellung des Kernkastens und das Auflegen der Modelle auf die Modellplatten. Formen und Gießen wurden unter Standardbedingungen, wie in der Simulation vorausgesetzt, durchgeführt.

Die abgestrahlten Gussteile werden mit Ultraschall geprüft (**Bild 8**).



**Bild 8:**  
Ultraschallprüfung

An der Stelle, wo gemäß Simulation die innere Porosität auftreten musste, bestätigte der Schnitt die Richtigkeit der Berechnung. Im Gussteilinneren wurde Mikroporosität festgestellt, allerdings an Stellen, die weder die Funktion noch die Gussteilbearbeitung beeinflussen.

Als letzter Schritt der Entwicklung des Regelventils wurden 3D-Messungen durchgeführt. Dadurch ist es möglich, die Form- und Geometriegenauigkeit des Gussteils auf der Basis von 3D-Daten sehr schnell zu prüfen und somit die Tauglichkeit für die nachfolgenden Arbeitsgänge – Bearbeitung und Montage – zu bestätigen. In der Gießerei der JMA hat die Entwicklung von der Zeichnung bis zum fertigen Gussteil 10 Tage gedauert. Diese kurze Zeitspanne, in der man die ersten Gussteilprototypen entwickeln und herstellen kann, wurde später bei weiteren Projekten bestätigt.

#### 4 Nachwort

Trotz anfänglicher Skepsis ist die numerische Simulation im Laufe der Jahre zum festen Bestandteil der Fertigungsvorbereitung von Gussteilen in der Gießerei der JMA geworden. Sie ist jedoch vor allem fester Bestandteil mehrerer Rapid Prototyping-Verfahren, dank derer es gelingt, neue Prototypen sehr schnell zu entwickeln und damit auch schnell auf Kundenanforderungen zu reagieren. Wegen dieser Simulation kann heutzutage das Motto gelten: „In 10 Tagen von der Zeichnung bis zum fertigen Gussteil“.

#### Autor

Radim Hnilica  
Jihomoravská armaturka spol. s r.o. (JMA)  
Lipová alej 3087/1  
69501 Hodonín/Tschechische Republik  
Telefon: +420/518318558  
E-Mail: R.Hnilica@vag-group.com

Ansprechpartner bei VAG – Armaturen GmbH  
Michael Krebs  
VAG-Armaturen GmbH  
Carl-Reuther-Str. 1  
68305 Mannheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)621/749-1929  
E-Mail: M.Krebs@vag-group.com

## Meilenstein für die Wasserversorgung

Von René Mattern und Sebastian Ebert

### 1 Trinkwasser aus dem Grundwasserstrom von Aare und Reuss

Die Gemeinde Windisch liegt im Bezirk Brugg des Kantons Aargau (AG) in der Schweiz. Im Mündungsgebiet von Aare und Reuss bezieht sie das Trinkwasser aus dem Grundwasserstrom zwischen den beiden Flüssen. Mit dem Neubau des Reservoirs Chapf wurde das ursprüngliche Reservoir von 1898 abgelöst. Bereits 2008 hatte die Bevölkerung der Gemeinde Windisch (AG) dem Neubau zugestimmt. Das neue Reservoir mit einem Brauchwasservolumen von 2.700 m<sup>3</sup> und einer Löschwasserreserve von 300 m<sup>3</sup> ersetzt die bis dahin bestehende Anlage mit 1.900 m<sup>3</sup>. In die neue Anlage wurde eine Vielzahl von Armaturen der Firma ERHARD GmbH & Co. KG eingebaut.

### 2 Neueste Technik

Bei der Planung und dem Bau des neuen Reservoirs Chapf wurden mehrere Aspekte berücksichtigt, damit die Wasserversorgung der Gemeinde Windisch (AG) auf viele Jahre hinaus gesichert bleibt. So hat man sowohl an neue Großbauwerke als auch an eine zuverlässige Löschwasserreserve gedacht. Für Brauch- und Löschwasser zusammen haben die beiden Reservoir-Kammern ein Fassungsvermögen von 3.000 m<sup>3</sup>.



**Bild 1:**  
Absperrschieber  
DN 150, PN 16,  
mit vorgeschaltetem  
Düsenrückschlag-  
ventil DN 150, PN 16

Das neue Stufenpumpwerk wurde in Zusammenarbeit mit der TMH Hagenbucher AG aus Zürich vollständig mit ERHARD-Armaturen ausgerüstet. Geliefert wurden Absperrschieber der Nennweite DN 150 und Düsenrückschlagventile der Nennweiten DN 150 (**Bild 1**) bis DN 200 sowie Absperrklappen in den Nennweiten DN 150 bis DN 300 (**Bild 2**); damit ist man hinsichtlich Technik und Qualität auf dem neuesten Stand. Mit diesen Qualitätsarmaturen im neuen Reservoir Chapf ist ein nachhaltiger Betrieb gegeben.

### 3 Auswahlkriterien

Folgende Kriterien sind bei der Wahl der Armaturen ausschlaggebend:

- **Hydraulische Auslegung:**  
Die eingesetzten Armaturen müssen möglichst widerstandsfrei arbeiten, also geringste  $\zeta$ -Werte aufweisen.
  - Die Absperrschieber bis DN 150 bieten keinen Widerstand und sind damit sehr wirtschaftlich.
  - Die Düsenrückschlagventile hinter den Druckerhöhungspumpen bieten wegen der strömungsoptimierten Gehäusekonstruktion mit 0,14 mbar den geringsten Widerstand. Zudem schließen diese Armaturen schneller als der systembedingte Rückdruck, wodurch unliebsame Druckschläge vermieden werden.
  - Dasselbe gilt für den Widerstandsbeiwert der ROCO wave-Absperrklappen. Auch dieses Produkt bietet beste Durchströmungsergebnisse. Mit der neuen ROCO wave-Absperrklappe und ihrer wellenförmig gestalteten Klappenscheibe wurde der Widerstandsbeiwert ( $\zeta$ -Wert) deutlich verringert.



**Bild 2:**  
ROCO wave-Absperrklappen DN 150, PN 16



**Bild 3:**  
Spinnerei Windisch



**Bild 4:**  
Restaurierter Turm des Schieberhauses

Je nach Nennweite ist mit dieser Konstruktion eine Verringerung des Widerstandsbeiwerts zwischen 20 % bis 40 % verbunden.

- Innenschutz:  
Alle systemrelevanten Armaturen sind innen emailliert.
- Know-how, Engineering, Service, After Sales, Nachhaltigkeit:  
Diese fünf Kriterien sind bei der Auswahl von Armaturen von Bedeutung. Hersteller und Fachhandel erfüllen die Anforderungen dieser fünf Kriterien. Armaturen sind nachhaltig ausgelegt und funktionieren bei korrekter Auslegung während der gesamten Nutzungsdauer störungsfrei. Dennoch sind Ersatzteile auch nach 30-jähriger Einsatzdauer noch erhältlich.

#### 4 Historischer Rückblick

Die Spinnerei Windisch (**Bild 3**) betrieb früher ein eigenes Pumpwerk und Reservoir; beide waren sanierungsbedürftig. Mit dem neuen Reservoir Chapf und den darin integrierten Pumpen konnte die alte Wasserversorgung der

Spinnerei bei gleichzeitiger Kostensenkung aufgegeben werden. Während der Baumaßnahmen am Reservoir Chapf wurde auch der 112 Jahre alte Turm des Schieberhauses (**Bild 4**) restauriert. Er wurde mit Zinnen versehen und unter Denkmalschutz gestellt.

#### Autoren

René Mattern  
TMH HAGENBUCHER AG  
Friesstrasse 19  
8050 Zürich/Schweiz  
Telefon: +41 (0)44/3064748  
E-Mail: info@hagenbucher.ch

Sebastian Ebert  
ERHARD GmbH & Co. KG  
Meeboldstraße 22  
89522 Heidenheim/Deutschland  
Telefon: +49 (0)7321/320-0  
E-Mail: info@talis-goup.com

# Zeiteinsparungen und Flexibilität bei der Installation von Hydranten dank neuem Modulsystem

Von Daniel Buri und Andreas Schütz

## 1 Einleitung

Die Anforderungen und Ansprüche an Hydrantenunterteile sind in den letzten Jahren stetig gestiegen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, hat die Anzahl an Typen, Varianten und Optionen zugenommen, was für den Kunden eine zunehmende Komplexität zur Folge hat. Wasserversorger, welche mehrere Ausführungen einsetzen, müssen ein umfangreiches Sortiment von Teilen am Lager vorhalten, was nicht nur Platz beansprucht, sondern auch finanzielle Mittel bindet.

## 2 Modulsystem

Bei der Entwicklung des neuen modularen Hydrantenunterteil-Sortimentes VARIO 2.0 (**Bild 1**) haben die Ingenieure der vonRoll hydro (suisse) ag konsequent darauf geachtet, ein Unterteil zu entwickeln, welches mit möglichst wenigen Komponenten jedem Kundenwunsch gerecht wird. Zudem sollte jede Funktion nur einmal und mit denselben Komponenten ausgeführt werden. Aus diesem Grund wurde in der Konzeptphase auf das Prinzip der Modularität gesetzt, ein Prinzip, das in der Automobilbranche und im Maschinenbau schon seit Jahren als Standard gilt. Mit dem neuen Konzept können beispielsweise dank dem universellen Ventil Sitz wahlweise zwei verschiedene Ventiltypen eingesetzt werden. Weiter kann durch das Aufsetzen eines Deckels auf ein beliebiges Unterteil ein Unterflurhydrant entstehen. Dabei spielt es keine Rolle, ob das Steigrohr verstellbar ist oder eine fixe Höhe hat. Weiter lassen sich Unterteile direkt auf ein T-Stück (mit Flanschabgang) montieren, was beim Einbau mehr Gestaltungsfreiraum mit sich bringt. Das Sortiment umfasst sowohl verstellbare als auch Steigrohre mit fester Länge.



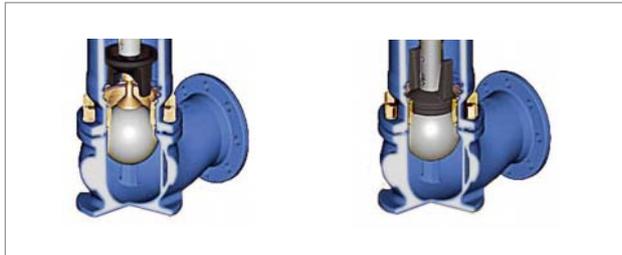
**Bild 1:**  
Höhenverstellbares Hydrantenunterteil VARIO 2.0 mit Einlaufbogen und Polymerbetonsockel

Das neue System entspricht sämtlichen relevanten europäischen Normen und Richtlinien [1] bis [8] und verfügt, wie schon das Vorgängerprodukt, über die nötigen Zertifikate.

## 3 Universeller Hauptventilsitz

Der neue Hauptventilsitz wurde so modular und universell gestaltet, dass im Hydrantenunterteil zwei verschiedene Dichtsysteme zum Einsatz kommen. Wahlweise können jetzt radial und

konisch dichtende Ventile eingesetzt werden (**Bild 2**), ohne dass zusätzliche Komponenten ausgewechselt werden müssen. Dies hat den Vorteil, dass Kunden, welche zu einem späteren Zeitpunkt auf einen anderen Ventiltyp umsteigen wollen, das neue Ventil einfach, schnell und ohne Grabarbeiten einsetzen können.



**Bild 2:**  
Konisch und radial dichtende Ventile sind in denselben Hauptventilsitz einsetzbar



**Bild 3:**  
Einfachste Höhenverstellung mit patentiertem Bajonettssystem

Dieser Eingriff ist, wie alle andere Revisionsarbeiten, unter vollem Netzdruck möglich. Ein weiterer Pluspunkt des universellen Ventil-sitzes ist, dass er von oben demontierbar ist und damit sicherstellt, dass sämtliche Revisionsarbeiten von oben ohne Grabarbeit möglich sind. Das Unterteil kann daher jederzeit und ohne großen Aufwand mit einer Doppelabsperrkugel nachgerüstet werden. Zudem lässt sich der Hydrant über das im Ventil-sitz integrierte Entwässerungssystem mit zwei Bohrungen schnell entleeren.

#### 4 Einfachste Höhenverstellung

Die Höhenverstellung ist nach dem Bajonettprinzip aufgebaut und so einfach, dass sie intuitiv und von einer Person allein bedient werden kann (**Bild 3**). Nach dem Entfernen der Schutzabdeckung werden zwei Schrauben gelöst, das Teleskoprohr um 180° gedreht und in der Höhe verstellt. Nach dem Erreichen der gewünschten Höhe wird das Teleskoprohr wieder in die Ausgangsposition bis zum Anschlag zurückgedreht, wodurch die Höhe automatisch arretiert ist. Dadurch sind beide Hände frei für das Anziehen der vorher gelösten Schrauben. Kundenumfragen haben gezeigt, dass in den meisten Fällen ein minimaler Verstellbereich von 10 cm bis 20 cm ausreicht. Aus diesem Grund wird das Teleskoprohr als neuer Standard mit 25 cm Verstellbereich bei einer Abstufung von 5 cm ausgeliefert. Sonderlängen sind



**Bild 4:**  
Vorbereitung vor der Installation: optimaler Stand auf dem neuen Polymerbetonsockel – Vormontage von Anschlussrohrleitung und Deckel zur Ausführung als Unterflurhydrant



**Bild 5:**  
Der Polymerbetonsockel bietet ein ideales Fundament für die ganze Hydrantenkombination – Ausführung Überflurhydrant

auf Anfrage erhältlich. Diese und weitere Maßnahmen führen dazu, dass das VARIO 2.0 rund 30 % leichter ist.

## 5 Volles Sortiment schon ab 25 cm Rohrdeckung

Zum Konzept gehört weiter, dass die neuen Tunnelhydranten bereits ab einer Rohrdeckung von 25 cm bestellt werden können. Sie werden ebenfalls mit den Standardkomponenten des modularen Systems zusammengestellt und können nach Kundenwunsch konfiguriert werden. Auch Tunnelhydranten sind deshalb höhenverstellbar, mit dem universellen Hauptventilsitz ausgerüstet und können mit einer Doppelabsperrung ausgeliefert werden.

## 6 Zeiteinsparung bei der Installation

Mit dem neuen Hydrantenunterteil VARIO 2.0 verfolgt vonRoll hydro eine neue Philosophie bei der Installation. Dank dem optional erhältlichen Polymerbetonsockel können sämtliche Vormontagen neben dem Graben durchgeführt werden, wo alle Bauteile noch optimal zugänglich sind. Die Arbeiten im engen Graben beschränken sich auf ein Minimum. Durch diesen neuen Ansatz werden Zeit und Kosten gespart. Der breite Sockel ermöglicht auch auf schrägem Terrain eine optimale und stand-sichere Positionierung des Hydrantenunterteils, sodass beide Hände frei sind für die notwendigen Veränderungen. Eine Person kann einfach und schnell die Höhe verstellen. Nach der Höhenverstellung wird die schwarze Gummischutzabdeckung wieder über die Verbindungsstelle gezogen und schützt sie gegen Verschmutzung, was ein späteres Verstellen deutlich vereinfacht. Wegen des stabilen Stands auf dem Polymerbetonsockel werden neue Anschlussleitungen (**Bild 4**) oder auch Vorschieber, wenn möglich außerhalb des Grabens, schnell und bequem vormontiert und müssen nicht mühsam im engen und unzugänglichen Graben eingesteckt oder angeschraubt werden. So können auch Abgänge für Hausanschlüsse oder auch der Deckel für die Ausführung als Unterflurhydrant (**Bild 4**) vormontiert werden. Der Polymerbetonsockel erleichtert das Positionieren und Ausrichten im Graben (**Bild 5**). Das bisherige Unterlegen mit Gartenplatten oder Holzkeilen entfällt.

## 7 Erfolgreiche Markteinführung

Das neue Sortiment VARIO 2.0 wurde im Frühjahr 2014 im Markt eingeführt. Es löst fünf bisher verfügbare Produkte, sowohl Unterteile wie auch Unterflurhydranten, ab. Durch das Baukastenprinzip konnten bei Kunden die Variantenvielfalt und der beanspruchte Lagerplatz drastisch reduziert werden. Zudem ist die Logistik vor allem für diejenigen wesentlich einfacher geworden, die Einzelteile beziehen und anschließend projektspezifisch das entsprechende Unterteil in ihrem Lager individuell selbst zusammenstellen.

Rückmeldungen haben gezeigt, dass das neue modulare Hydrantenunterteil VARIO 2.0 auf große Akzeptanz trifft und Begeisterung auslöst. Dies ist nicht nur auf den modularen Aufbau und die einfache Höhenverstellung zurückzuführen, sondern vor allem auch auf die neuen Möglichkeiten, die der optional erhältliche Polymerbetonsockel bietet.

### Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 331: 2006-11
- [2] DVGW-Arbeitsblatt W 405: 2008-02
- [3] EN 14384: 2005
- [4] EN 14339: 2005
- [5] EN 1074-6: 2008
- [6] DVGW-Prüfgrundlage VP 325: 2008-01
- [7] EN 1074-1: 2000
- [8] DVGW-Prüfgrundlage W 386: 2014-09

### Autoren

Dipl.-Ing. Daniel Buri  
vonRoll hydro (suisse) ag  
Von Roll-Strasse 24  
4702 Oensingen/Schweiz  
Telefon: +41 (0)62/388-1222  
E-Mail: daniel.buri@vonroll-hydro.ch

Dipl.-Ing. Andreas Schütz  
vonRoll hydro (suisse) ag  
Von Roll-Strasse 24  
4702 Oensingen/Schweiz  
Telefon: +41 (0)62/388-1238  
E-Mail: andreas.schuetz@vonroll-hydro.ch

## Absperrklappen DN 1200 für die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH – Armaturenwechsel im Rohwasserstollen des Wasserwerks Wienrode

Von Frank Schmidt und Ursula Ritter

### 1 Einleitung

Die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH in Torgau unterhält ein circa 700 km langes Fernwassernetz und drei Großwasserwerke an den Standorten Wienrode, Torgau und Mockritz. Täglich werden zwei Millionen Menschen in Sachsen-Anhalt, Sachsen und dem nordöstlichen Thüringen mit rund 209 Millionen Liter Trinkwasser versorgt. Etwa die Hälfte davon kommt aus dem Harzer Werk Wienrode.

Das Wasserwerk Wienrode ist mit einer Kapazität von 180.000 m<sup>3</sup> eines der größten deutschen Wasserwerke. Es wird über einen 3,2 km langen Stollen mit Rohwasser aus der Rappbode-Talsperre gespeist. Etwa eine Million Menschen in Sachsen-Anhalt erhalten aus dieser Talsperre ihr Trinkwasser.

### 2 Leitungserneuerungen

Im November 2014 wurde das Harzer Werk 50 Jahre nach der Inbetriebnahme erstmals vom Netz genommen. Grund für diese Maßnahme war die notwendige Inspektion des Rohwasserstollens. Gleichzeitig wurden auch Armaturen am Stollenauslaufbauwerk erneuert.

Unter äußerst beengten Verhältnissen wurden die vorhandenen Armaturen und Formstücke in Einzelteile zerlegt und mittels Einsatz schwerer Technik aus dem Bauwerk gehoben (**Bild 1**).

### 3 Einbau der Absperrklappen DN 1200

Nach dem Ausbau der alten konnten die neuen Armaturen eingebaut werden. Die doppelzentrischen Absperrklappen DN 1200, PN 10, Typ 451 beim Armaturenhersteller genannt, sind

innen und außen mit etec Email beschichtet. Sie wurden an der Stelle eingebaut, an der die beiden Rohrleitungen aus dem Rohwasserstollen austreten (**Bild 2**). Sie trennen im Bedarfsfall die Rohwasserzufuhr ins Wasserwerk.



**Bild 1:**  
Ausbau der vorhandenen alten Armaturen



**Bild 2:**  
Einbau der doppelzentrischen vollemaillierten Absperrklappe DN 1200, PN 10

Die **Bilder 3 und 4** zeigen den Ablauf des Einbaus der innen und außen mit etec Email beschichteten Absperrklappe DN 1200, PN 10. Trotz schwieriger Bedingungen verliefen die Arbeiten wie geplant.



**Bild 3:**  
Das F-Stück DN 1200 und das Pass- und Ausbaustück DN 1200 werden als Einheit für die Verbindungs- montage mit der Absperrklappe DN 1200 vorbereitet



**Bild 4:**  
Beide Flansche der Absperrklappe DN 1200, PN 10 sind an die vorhandenen Leitungsteile angebunden

#### 4 Qualitätsmerkmale von etec Email

Rundum höchste Qualitäts- und Betriebssicherheit sind für diesen Einsatzfall von elementarer Bedeutung. Die robuste und stabile Konstruktion der doppelzentrischen Düker-Absperrklappen in Verbindung mit den überragenden Materialeigenschaften der Emaillierung erfüllen kompromisslos den hohen Anspruch an Sicherheit und Langlebigkeit. Die Eigenschaften von etec Email lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- etec Email ist inert und diffusionsdicht. Es ist gasundurchlässig und geschmacksneutral und geht keinerlei Wechselwirkung mit dem Medium ein.
- etec Email ist innen und außen glatt wie Glas. Es verhindert dadurch aktiv den Bewuchs mit Biofilmen, die Anhaftung von unsichtbarem Schmutz und verhindert sicher den Verschleiß von Elastomeren.
- etec Email ist hoch korrosionsbeständig. Im Verzahnungsbereich der Werkstoffe verhindert die Verschmelzungsschicht zwischen Email und Guss jegliche Unterwanderung.
- etec Email ist säurebeständig. Es besitzt eine hohe Resistenz und ist damit für den Einsatz in Bodenklasse III nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [1] bzw. nach DIN 50929-3 [2], [3] geeignet sowie auch in aggressiver Umgebung.

#### Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt GW 9: 2011-05
- [2] DIN 50929-3: 1985-09
- [3] DIN 50929-3 Beiblatt 1: 2014-11

#### Autoren

Frank Schmidt  
Düker GmbH & Co. KGaA  
Hauptstraße 39-41  
63846 Laufach/Deutschland  
Telefon: +49 (0)151/16889637  
E-Mail: frank.schmidt@dueker.de

Ursula Ritter  
Düker GmbH & Co. KGaA  
Hauptstraße 39-41  
63846 Laufach/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6093/87-255  
E-Mail: ursula.ritter@dueker.de

## Einfaches und sicheres Hausanschluss-System ohne verlierbare Teile

Von *Andreas Schütz*

### 1 Einleitung

Hausanschlussabsperungen müssen heute eine Vielzahl verschiedener Anforderungen erfüllen, sollten aber gleichzeitig für den Kunden einfach und günstig bleiben. Beispielsweise wird heute ein integraler Korrosionsschutz vorausgesetzt, welcher bei allen Bodenbeschaffenheiten Korrosion sicher verhindert und damit eine hohe Lebensdauer ermöglicht. Weiter wird erwartet, dass eine Betätigung auch nach Jahrzehnten mühelos und ohne großen Kraftaufwand möglich ist. Neben der hohen Betriebs- und Funktionssicherheit sollte das System aber auch möglichst montagefreundlich sein. Die Installation muss nicht nur schnell und einfach durchgeführt werden können, sondern vor allem auch intuitiv. Lange Bedienungs- und Montageanleitungen sind im Graben fehl am Platz. Wenn für die Installation Spezialwerkzeuge benötigt werden, kann sich ein neues System am Markt nur schwer etablieren. Der Trend im Bereich Hausanschluss-Systeme geht eher dahin, dass ein Großteil der Installation sogar ohne Werkzeuge möglich ist. Wenn das System auch noch ohne verlierbare Teile auskommt, welche sich im Schlamm und Dreck des Rohrgrabens meist nur schwer wieder finden lassen, hat das System gegenüber herkömmlichen Produkten große Vorteile.

### 2 Korrosionsgeschützte Bajonett-Verbindung mit patentierter Verdrehsicherung

Mit dem neuen Hausanschluss-System CLICK® (**Bild 1**) wurde ein in der Montage einfaches, zeitsparendes und sicheres Hausanschluss-Sortiment entwickelt, welches im Baukastensystem werkzeuglos zusammengesetzt werden kann. Das vonRoll CLICK® ist eine Bajonett-Verbindung, die aus einer Bajonett-Muffe, einem

Bajonett-Spitzenende und einer patentierten Verdrehsicherung besteht. Die Verdrehsicherung ist vormontiert und arretiert die Bajonett-Verbindung nach der Drehung automatisch. Es sind keine weiteren Sicherungselemente nötig, welche im Graben verloren gehen könnten. Abgedichtet wird mit einer in der Armaturenindustrie langjährig bewährten Doppel-O-Ring-Dichtung. Sämtliche Komponenten sind integral mit Epoxidharz entsprechend RAL – GZ 662 [1] beschichtet und können in Böden jeder Art eingesetzt werden.



**Bild 1:** Hausanschluss-System CLICK® – Anbohrschelle mit Ventilanbohrschieber



**Bild 2:**  
Montage der  
CLICK®-Verbindung



**Bild 3:**  
Demontage der CLICK®-Verbindung

### 3 Einfache Montage und Demontage

Bei der Montage wird das Bajonett-Spitzenende in die Bajonett-Muffe geschoben und rechtsdrehend bis zum „CLICK“ verriegelt (**Bild 2**). Durch die patentierte Verdrehsicherung ist die Verbindung gegen ein unbeabsichtigtes Entriegeln gesichert. Eine axiale Verdrehung von  $\pm 15^\circ$  sichert optimale Flexibilität bei der Ausrichtung der Armatur im Graben. Für eine allfällige Demontage kann die Verdrehsicherung bei der Markierung „PULL“ leicht herausgezogen werden und gleichzeitig der Fitting oder Schieber linksdrehend bis zum Anschlag zurückgedreht werden. Danach kann der Fitting oder Schieber aus der Bajonett-Muffe entfernt werden (**Bild 3**).

### 4 Speziell geeignet für erschwerte Installationsbedingungen

Installationen mit dem neuen Hausanschluss-Sortiment CLICK® haben bei Kunden großes Interesse und Begeisterung ausgelöst. Dies ist vor allem auf die einfache und zeitsparende Installation zurückzuführen. Ist die Anbohrbrücke auf dem Rohr montiert und die Anbohrung mit oder ohne Netzdruck ausgeführt, können die weiteren Komponenten ohne Werkzeug sehr einfach ergänzt werden. Da es keine zusätzlichen kleinen Montageteile gibt, die verloren gehen können, ist das System auch für schwierige Installationsbedingungen, zum Bei-

spiel bei Wasser und Schlamm im Graben, besonders geeignet (**Bild 4**). Zudem ist die Montage in kalten Wintermonaten sogar mit gefütterten Handschuhen problemlos möglich.



**Bild 4:**  
Anbohrung unter Netzdruck

### 5 Konsequente Anwendung des Verbindungskonzepts

Bei der Umsetzung des Konzepts des Anbohrarmaturrensortiments CLICK® wurde auf konsequente Anwendung des Verbindungsprinzips geachtet. So kommt auch bei der Verbindung zwischen Gehäuse und Oberteil das gleiche Verbindungsprinzip zum Einsatz. Damit wird auch im Bereich der Oberteilverbindung ein

integraler Korrosionsschutz erzielt, was eine sehr hohe Lebensdauer sicherstellt. Das Ober- teil kann ohne Werkzeug von Hand entriegelt und mühelos ausgebaut werden. Ein Austausch des Schließkörpers oder weiterer Kompo- nenten ist damit schnell und einfach möglich. Sollte eine Anbohrung durch die Armatur erfolgen, können die Handgriffe rasch und ohne Werk- zeuge durchgeführt werden. Das Oberteil wird mit dem CLICK®-System (**Bild 5**) ohne zusätz- liche Werkzeuge entriegelt und von Hand aus dem Gehäuse entnommen. Das Anbohrwerk- zeug wird mit der gleichen Bajonett-Verbindung aufgesetzt und durch die Drehbewegung auto- matisch gesichert. Nach dem Anbohrvorgang kann das Anbohrwerkzeug entriegelt und ent- fernt werden. Danach wird das Oberteil einfach von Hand wieder eingesetzt. Eine Anbohrung durch die Armatur ist jedoch eher die Ausnahme, weil sie idealerweise durch die Anbohrbrücke geschieht. Auch in diesem Fall kann das Anbohr- werkzeug mit dem CLICK®-Prinzip direkt auf- gesetzt und arretiert werden. Es sind keine zusätzlichen Adapter oder Hilfsmittel nötig.

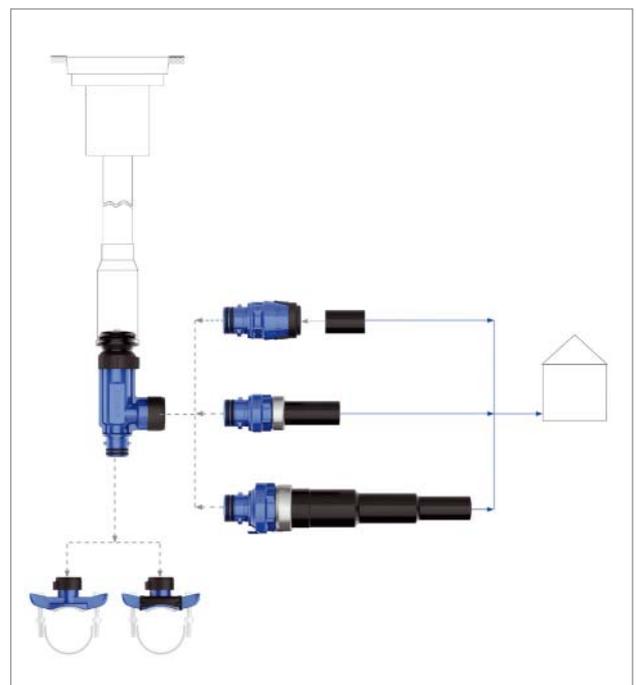


**Bild 5:**  
Verbindung Gehäuse – Oberteil mit dem CLICK®-Prinzip

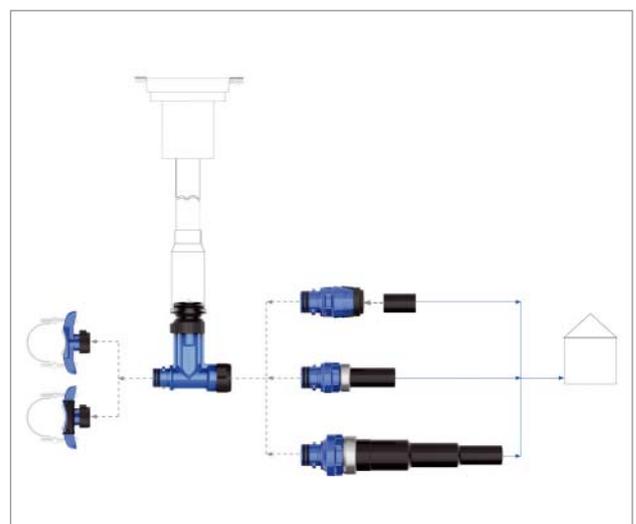
## 6 Startsortiment

Das Sortiment umfasst drei Schieber, welche den Armaturenprüfnormen EN 1074-1 [2] und EN 1074-2 [3] entsprechen. Mit den verschie- denen Ausführungen kann von oben (**Bild 6**) oder von der Seite (**Bild 7**) angebohrt werden. Wei- ter wird eine Ausführung als Streckenschieber

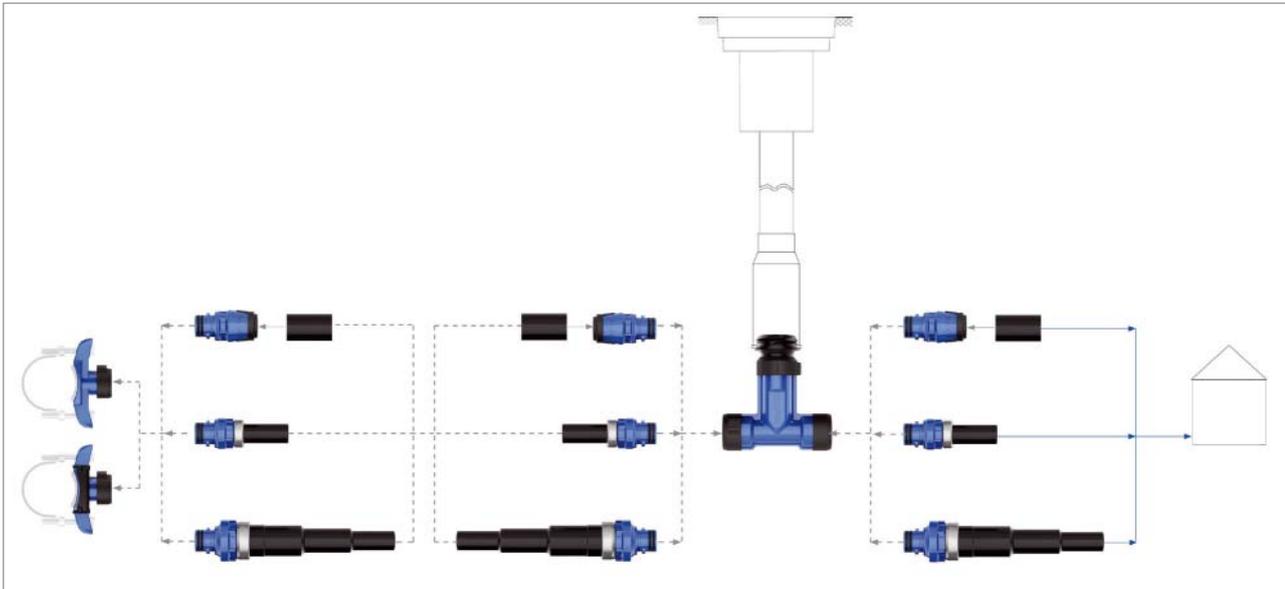
angeboten (**Bild 8**). Die Anbohrbrücke ist in zwei Varianten erhältlich, für eine Anbohrung unter Netzdruck mit Hilfsabsper- rung oder drucklos. Komplettiert wird das Sortiment mit zwei Fitting- ausführungen: PE-Steckfitting und PE-Stutzen- fitting jeweils von DN 25 bis DN 50 bzw. dR 32 bis dR 63, welche nach den Richtlinien der DVGW- Prüfgrundlage GW 335-B4 [4] entwickelt wur- den. Das Hausanschlusssortiment ergänzt das vonRoll-Armaturenprogramm im Bereich der Trinkwasserversorgung. Eine Erweiterung des Fittingsortiments (**Bild 9**) nach entsprechen- den Marktbedürfnissen ist in Planung.



**Bild 6:**  
Anbohrung von oben



**Bild 7:**  
Anbohrung von der Seite



**Bild 8:**  
Ausführung als Streckenschieber



**Bild 9:**  
Startsortiment CLICK®

#### Literatur

- [1] RAL – GZ 662: 2008
- [2] EN 1074-1: 2000
- [3] EN 1074-2: 2000+A1:2004
- [4] DVGW-Prüfgrundlage GW 335-B4: 2014-04

#### Autor

Dipl.-Ing. Andreas Schütz  
 vonRoll hydro (suisse) ag  
 Von Roll-Strasse 24  
 4702 Oensingen/Schweiz  
 Telefon: +41 (0)62/388-1238  
 E-Mail: andreas.schuetz@vonroll-hydro.ch

## 7 Fazit

Mit dem neuen Hausanschluss-System CLICK® setzt vonRoll hydro den integralen Korrosionsschutz konsequent um, sogar im Bereich der Oberteilverbindung ist der Schutz vollständig. Das neue Verbindungskonzept ist äußerst montagefreundlich und verzichtet vollständig auf zusätzliche kleine und verlierbare Teile. Das Funktionsprinzip der Verbindung ist so einfach und intuitiv, dass keine Bedienungs- oder Installationsvorschrift nötig ist. Das Sortiment wird laufend weiter ausgebaut.

# Die stetige Erneuerung des Trinkwasser-Fernleitungssystems „Auer Ring“ im Westerzgebirge – eine Zwischenbilanz

Von André Clauß

## 1 Werkstoffwahl

Das schwierige felsige Gelände des Westerzgebirges sowie die großen geodätischen Höhenunterschiede erfordern eine sorgfältige Auswahl des Rohrwerkstoffes. Nach Abwägung aller Vor- und Nachteile entschied sich der Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge für den Einsatz duktiler Gussrohre DN 400 mit zugfesten Steckmuffen-Verbindungen. In einigen besonderen Abschnitten wurden Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung vorgesehen. Wegen der geringen Pufferung des Wassers und der technisch unvermeidbaren Stagnationen in einem Ringleitungssystem wurden die werksseitig mit Zementmörtel ausgekleideten Rohre abschnittsweise vor der Inbetriebnahme konditioniert. Damit sind mögliche pH-Wert-Beeinflussungen durch stagnierendes Wasser auszuschließen.

## 2 Einführung

Der in Südwestsachsen gelegene Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge (ZWW) wurde am 01. April 1993 von 39 Städten und Gemeinden der Altlandkreise Aue und Schwarzenberg gegründet und mit der Aufgabe der Trinkwasserversorgung bzw. Abwasserbehandlung betraut. Derzeit werden etwa 171.500 Einwohner durch den ZWW beliefert und entsorgt. Das Verbandsgebiet des ZWW ist in drei Trinkwasser- und zwei Abwassermeisterbereiche unterteilt (**Bild 1**). Ende 2013 belief sich der Anschlussgrad an das Trinkwassernetz auf beachtliche 98,9 %. Die Rohrnetzlänge im Bereich Trinkwasser summiert sich auf 1.717 km. Insgesamt verfügt der ZWW über eine Speicherkapazität der Hochbehälter von ungefähr 71.000 m<sup>3</sup>. Im Jahr 2013 konnten 4.554.160 m<sup>3</sup> Trinkwasser an die Kunden des ZWW geliefert werden.

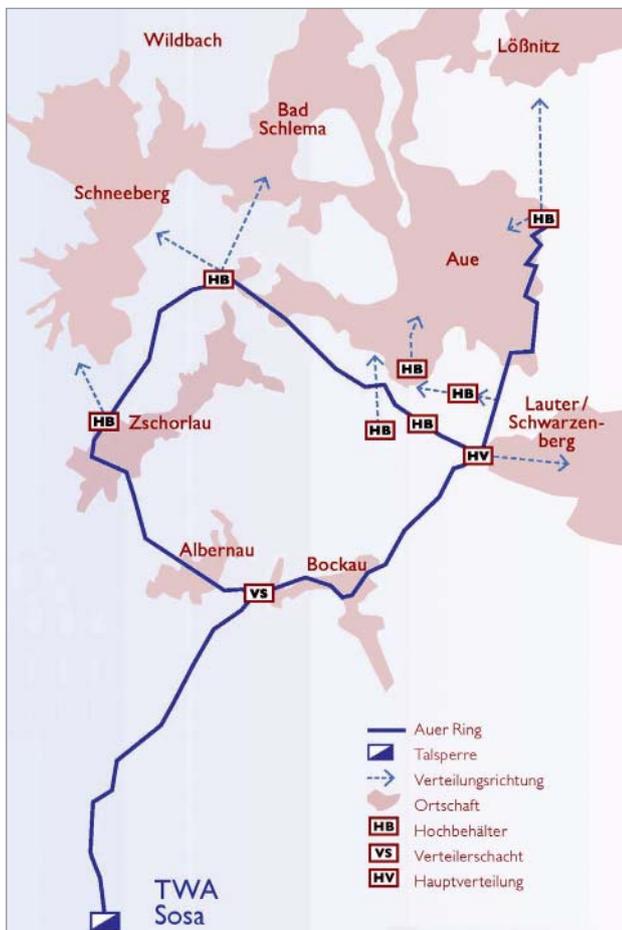


**Bild 1:** Trinkwasserver- und Abwasserentsorgungsgebiet des ZWW – Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge

### 3 Vorhaben

Das Fernwasserleitungssystem „Auer Ring“ ist eines der Kernstücke der Trinkwasserversorgung in der Region Westerzgebirge. Auf einer Gesamtlänge von circa 22 km sind zehn Städte und Gemeinden angeschlossen; sie werden mit aufbereitetem Talsperrenwasser aus der Talsperre Sosa versorgt (**Bild 2**). Das Fernwassersystem wurde in Verbindung mit dem Bau der Talsperre Sosa um 1950 errichtet. Zum damaligen Zeitpunkt setzten die Ingenieure vorwiegend ungeschützte metallische Rohre (Grauguss oder Stahl) bzw. Betonrohre der Dimensionen DN 350 bis DN 800 ein. Letztere kamen vorwiegend in den Niederdruckbereichen an den geodätisch höher gelegenen Abschnitten zum Einsatz.

Wegen des stellenweise hohen Betriebsdruckes bis zu 22 bar sowie aufgrund der eingesetzten Werkstoffe waren oft mehrere Rohrbrüche im Jahr zu verzeichnen. Besonders die Betonrohrleitungen DN 450 erwiesen sich als kritisch. Meist waren die Muffen undicht bzw. der Beton korrodiert.



**Bild 2:**  
Übersichtsplan Fernwassernetz „Auer Ring“

### 3.1 Planung

Der Reinwasserbehälter im Wasserwerk Sosa mit seinem Wasserspiegel von 602 m ü. NN bestimmt den Druck. Am Ring selbst sind drei weitere Hochbehälter mit einem Speichervolumen zwischen 4.000 m<sup>3</sup> und 10.000 m<sup>3</sup> angeschlossen. Sie sind annähernd auf der gleichen Höhenlinie um 565 m ü. NN angeordnet.

Damit der „Auer Ring“ auch in Zukunft seine Funktion uneingeschränkt erfüllen kann, hat der Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge in den letzten Jahren etwa sechs Millionen Euro in das Versorgungssystem investiert. Umfangreiche hydraulische Berechnungen und Simulationen in Verbindung mit einer grundlegenden Wasserbedarfsanalyse führten zu einer Rohrleitung, die mit DN 400 für den gesamten Ring optimal ausgelegt ist. Dies wurde von einer Kostenvergleichsrechnung bestätigt. Aufgrund der vorliegenden Ruhedrucke bis zu 22 bar und der teilweise extremen Druckstoßamplituden bis zu 33 bar entschloss sich der Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge zum generellen Einsatz von Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen entsprechend EN 545:2010 [1] mit der form- und längskraftschlüssigen BLS® - Steckmuffen-Verbindung (**Bild 3**). Die Wanddicke der verwendeten BLS® - Rohre entspricht dabei der Wanddickenklasse K 9 gemäß EN 545:2006 [2]. Damit weicht sie von den in Tabelle 17 der EN 545:2010 [1] angegebenen Mindestwanddicken ab. Die hier angegebenen Mindestwanddicken und Drücke (C-Klasse = PFA) gelten nur für duktile Gussrohre mit nicht längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen (z. B. der TYTON® - Steckmuffen-Verbindung).



**Bild 3:**  
Schnittdarstellung der BLS® - Steckmuffen-Verbindung mit ZM-U

Standardmäßig sind Rohre und Formstücke nach EN 545 [1], [2] mit Zementmörtel auf Basis von Zementen nach EN 197-1 [3] für Anwendungsbereiche nach DIN 2880 [4] ausgekleidet, wobei der Anhang E der EN 545 [1] auch andere Zementsorten zulässt. Im konkreten Fall wurde aber von der Wahl der alternativen Zementsorten abgesehen.

Rohre der Nennweite DN 400 mit BLS® - Steckmuffen-Verbindung und einer Mindestwanddicke von 6,4 mm können nach Herstellerangaben für einen PFA von 30 bar eingesetzt werden. Der Sicherheitsfaktor gegen Versagen der Verbindung beträgt gemäß EN 545 [2]  $1,5 + 5$  bar (Typprüfdruck). Dabei ist unter PFA der höchste hydraulische Druck, dem die Rohrleitung standhält, zu verstehen (EN 805 [5]). Der höchste zulässige Bauteilbetriebsdruck PMA für kurze Zeit, z. B. durch Druckstoß, errechnet sich zu

$$\begin{aligned} \text{PMA} &= 1,2 \cdot \text{PFA} \text{ [bar]} & (1) \\ &= 1,2 \cdot 30 \text{ bar} = 36 \text{ bar} \end{aligned}$$

Der höchste zulässige Bauteilprüfdruck auf der Baustelle ist wie folgt festgelegt:

$$\begin{aligned} \text{PEA} &= \text{PMA} + 5 \text{ bar} & (2) \\ &= 36 \text{ bar} + 5 \text{ bar} = 41 \text{ bar} \end{aligned}$$

Im vorliegenden Anwendungsfall weist das ausgewählte Rohrleitungsmaterial sehr hohe Sicherheitsreserven auf. Das Leitungssystem ist durchgehend mit der längskraftschlüssigen BLS® - Steckmuffen-Verbindung ausgestattet. Deshalb entfallen Betonwiderlager an Krümmern und Abzweigen sowie an den Leitungsenden zur Druckprüfung. Außerdem ermöglicht dieses System die problemlose Demontage einzelner Baugruppen. Diese Eigenschaften sind u. a. bei der Konditionierung der Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A) sowie bei der Druckprüfung von Vorteil.

### 3.2 Bauausführung

Bislang sind sechs Einzelabschnitte fertiggestellt. Je nach Schwierigkeitsgrad und örtlicher Lage betragen die Längen der einzelnen Bauabschnitte zwischen 0,5 km und 2,8 km. Insgesamt konnte der Zweckverband Wasserwerke West-erzgebirge ungefähr 10,8 km Fernwasserleitung DN 400 GGG erneuern. Gleichzeitig konnten Synergien bei der Auswechslung von etwa 3,1 km Ortsnetzleitungen genutzt werden. Größtenteils ließ sich das Vorhaben auf der

vorhandenen Trasse umsetzen. An Einzelpunkten weicht die Trassierung jedoch auf Alternativen aus, weil die Bebauung zu dicht angrenzt bzw. logistische Vorteile vor allem bei den Überlandabschnitten vorlagen. Besonders beim späteren Betrieb muss die Rohrleitung stets uneingeschränkt zugänglich sein.

Bei trassengleichem Einbau der neuen Leitung DN 400 wurden zunächst die alten Stahl-, Grauguss- oder Stahlbetonrohre DN 350 bis DN 500 aufgenommen und ausgebaut (**Bilder 4 und 5**). Je nach Material der Altleitung wurde der Rohrgraben auf einer Länge bis zu 12 m oder 14 m geöffnet, das Altmaterial geborgen und danach die Grabensohle hergestellt. Daraufhin ließen die Monteure die neuen duktilen Gussrohre DN 400 in den Rohrgraben ab und stellten mit dem Einbaugerät V 302 die längskraftschlüssige BLS® - Steckmuffen-Verbindung her.

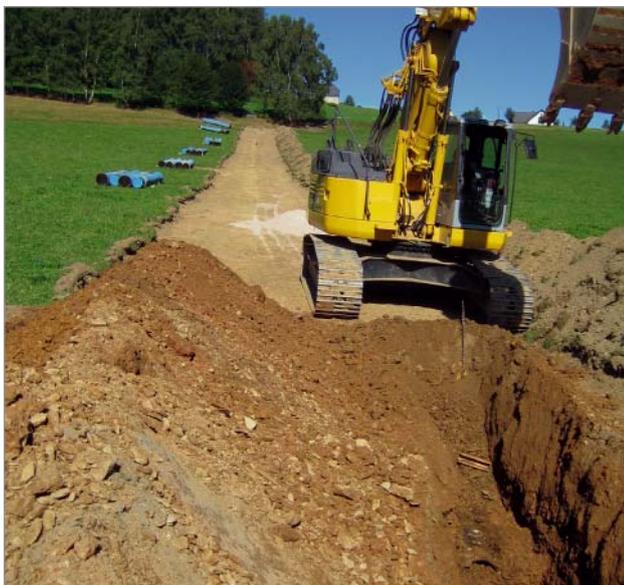


**Bild 4:**  
Aus der Altrohrleitung ausgebaute Betonrohre DN 450



**Bild 5:**  
Aus der Altrohrleitung ausgebaute Stahlrohre DN 350 mit handgefertigten Verbindungselementen

In den Ortslagen bei Parallelführung der Ortsnetzleitung aus PE musste ohnehin Sand als Rohrbettung eingebracht werden, sodass der Standard-Überzug „Zink mit Deckbeschichtung“ für die Fernwasserleitung ausreichte. Vor allem in den Bauabschnitten außerhalb der Ortslagen erwies sich die Baustellenlogistik als große Herausforderung, weil zur Trasse nur wenige Querstraßen führen, bzw. diese erst aufwendig als Baustraßen hätten errichtet werden müssen. Somit lag es nahe, durch Einsatz zementmörtelumhüllter Rohre auf die Sandbettung zu verzichten (**Bilder 6 und 7**).



**Bild 6:**  
Trasse der einzubauenden BLS®-Rohre DN 400 mit ZM-U

Zur Optimierung der hydraulischen Verhältnisse wurden Zwischenhochpunkte bis 5 m Höhendifferenz eingeebnet. Die dadurch anfallenden enormen Mengen an Erdaushub vergrößerten zusätzlich die logistischen Herausforderungen, die wiederum durch die Verwendung von zementmörtelumhüllten Rohren gemeistert werden konnten. Die Steckmuffen-Verbindungen wurden nach der Verbindungsmontage mit ZM-Schutzmanschetten geschützt.

An den verbleibenden Hoch- und Tiefpunkten wurden seitlich verzogene Entlüftungs- bzw. Entleerungsarmaturen angeordnet (**Bild 8**). Dazu eignen sich am besten T-Stücke mit exzentrisch angeordnetem Abzweig (**Bild 9**). Die Be- und Entlüftungsventile sind zur besseren Wartung in Schächten untergebracht.



**Bild 8:**  
Seitlich eingebaute Be- und Entlüftungsventile



**Bild 7:**  
Einbau der duktilen Gussrohre DN 400 mit Hilfe von Verbauelementen



**Bild 9:**  
Exzentrisch angeordneter Abzweig DN 400/100 für seitlich versetzte Be- und Entlüftungsventile

An ausgewählten Punkten im „Auer Ring“ wurden Abzweige installiert. Hier zog der Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge Absperrklappen den Schieberarmaturen vor. Für eine erleichterte Inbetriebnahme des Leitungssystems wurden Umgehungen mit Spüleinrichtung eingerichtet (**Bild 10**).

Bei erforderlichen Rohrschnitten an der Baustelle ist ein erhöhter Überwachungsaufwand erforderlich. Nur ausgewählte DVGW-zertifizierte Unternehmen sind in der Lage, die Schweißraupe der BLS® - Steckmuffen-Verbindung unter Baustellenbedingungen sachgerecht herzustellen (**Bild 11**). Sie wird gegen eine Kupferlehre geschweißt. Dabei ist auf die vom Rohrerhersteller vorgegebene Nachbehandlung mit Korrosionsschutzanstrichen zu achten.



**Bild 10:**  
Klappenkreuz DN 400 mit Umgehung DN 100



**Bild 11:**  
Aufbringen der Schweißraupe für das BLS® - System

### 3.3 Inbetriebnahme

Das durch das Fernleitungssystem „Auer Ring“ zu transportierende Wasser ist sehr weich und wenig gepuffert. Die Säurekapazität  $K_{s\ 4,3}$  beträgt weniger als 1,0 mmol/L. Der pH-Wert liegt bei etwa 8,3. Bei dem vorhandenen Ringleitungssystem sind Stagnationen nicht auszuschließen. Konkret muss mit Stagnationszeiten bis zu sechs Stunden gerechnet werden. Die für das Bauvorhaben eingesetzten Rohre aus duktilem Gusseisen nach EN 545 [1], [2] sind mit einem Mörtel auf Basis von Hochofen-Zement (HOZ) ausgekleidet. Das bei der Hydratation des Zements gebildete Calciumhydroxid  $Ca(OH)_2$  erhöht den pH-Wert des Porenwassers im Mörtel stark. Je nach Zusammensetzung des zu transportierenden Wassers kann sein pH-Wert auch über den Grenzwert der Trinkwasserverordnung [6] von 9,5 ansteigen.

Nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 346 [7] ist das vorliegende Wasser als Typ  $W_{KS,II}$  einzustufen. Danach können Gegenmaßnahmen zur Vermeidung von hohen pH-Werten erforderlich sein. Zur Orientierung wurde dazu eine Rohrprobe im Labor mit dem konkreten Wasser im Becherglas versetzt. Nach 24 Stunden stieg der pH-Wert auf 10,9 an. Deshalb entschloss sich der Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge, die Zementmörtel-Auskleidung der Rohre vor Inbetriebnahme nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 346 [7] zu konditionieren. Dabei kommen vier Verfahren in Betracht:

1. Vorcarbonatisierung durch Spülen mit härteren Wässern,
2. Vorcarbonatisierung durch mit Zusätzen veränderten weichen Wasser,
3. Behandlung der Zementmörtel-Auskleidung auf der Baustelle mit  $CO_2$ ,
4. werksseitige Behandlung der Zementmörtel-Auskleidung.

Die Varianten 1 und 2 scheiden aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit von härteren Wässern bzw. ausreichenden Spülwasserbehältern aus. Sie sind in der Regel nur für kleinere Nennweiten und Rohrlängen geeignet. Ebenso wenig ließ sich Variante 4 anwenden. Der Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge entschied sich für den Einsatz des in der Praxis bewährten Verfahrens der bauseitigen Behandlung mit gasförmigem Kohlenstoffdioxid. Dazu muss die Auskleidung der Rohre trocken und möglichst im Anlieferungszustand bleiben. Somit bedarf es der größtmöglichen Sorgfalt bei Lagerung, Transport und Einbau der Rohre.

Nach dem Einbau der Leitung wird sie an den Bauenden gasdicht verschlossen und zuerst mit Luft auf Dichtheit geprüft. Dazu ist z. B. das Verfahren LFu (Unterdruckprüfung) nach DWA-A 139 [8] geeignet. Es ersetzt jedoch nicht die in EN 805 [5] geforderte Druckprüfung vor Inbetriebnahme. Nach der Dichtheitsprüfung mit Luft wird von dem am tiefstgelegenen Punkt aus die Leitung mit CO<sub>2</sub>-Gas gespült. Wenn das an den Leitungsenden austretende Gas eine CO<sub>2</sub>-Konzentration von über 90 Vol.-% erreicht hat, werden die Leitungsenden verschlossen und ein Druck von 4 bar aufgebaut. Duktile Gussrohre sind in diesem Druckbereich für Gase und Wasser gleichermaßen geeignet.

Das in Wasser unter pH-Wert-Anhebung lösliche Calciumhydroxid Ca(OH)<sub>2</sub> des Zementmörtels reagiert mit dem gasförmigen Kohlenstoffdioxid CO<sub>2</sub> und wird in unlösliches Calciumcarbonat CaCO<sub>3</sub> umgewandelt, wobei die Dichte des Mörtels zunimmt und CO<sub>2</sub> verbraucht wird (**Gleichung 3**).



Dadurch sinkt der Gasdruck im Rohrrinneren. Damit genügend Kohlenstoffdioxid nachströmen kann, bleibt die Verbindungsleitung zur CO<sub>2</sub>-Quelle, meist Flaschenbündel (**Bild 12**) oder Verdampferanlage (**Bild 13**), geöffnet. In der Rohrleitung muss ein konstanter Gasdruck sichergestellt sein. Bei Bedarf ist die CO<sub>2</sub>-Quelle zu erneuern. Die Rohrleitung gleicht nun einem gefüllten Gasbehälter. Die geltenden Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften müssen unbedingt beachtet werden.

Während der Konditionierungsmaßnahme ist der Rohrrinnendruck zu überwachen und aufzuzeichnen. Wird der CO<sub>2</sub>-Nachschub durch Abschieberung unterbrochen, so sinkt der Rohrrinnendruck durch den Verbrauch an CO<sub>2</sub> infolge der Carbonatisierung des Ca(OH)<sub>2</sub> ab.

Die Konditionierung der Rohre ist beendet, wenn der Druckabfall durch die CO<sub>2</sub>-Zehrung weniger als 0,1 bar/h beträgt. Das Kohlenstoffdioxid findet dann also praktisch keinen Reaktionspartner mehr. Auf der Zementmörteloberfläche ist eine dauerhafte schwer lösliche Deckschicht entstanden. Sie verhält sich neutral gegenüber dem zu transportierenden Wasser: Sein pH-Wert wird nicht mehr bzw. nur noch unwesentlich beeinflusst.



**Bild 12:**  
Flaschenbündel als CO<sub>2</sub>-Quelle



**Bild 13:**  
Verdampferanlage als CO<sub>2</sub>-Quelle

Die beschriebene Behandlung der Zementmörtel-Auskleidung gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 346 [7] hat keinen Einfluss auf die Haltbarkeit und Nutzungsdauer der Auskleidung. Eher wird der natürliche Konditionierungsprozess junger Zementmörtel-Auskleidungen beschleunigt. Je nach Witterung dauert diese Behandlung 4–7 Tage; in Ausnahmefällen kann sie jedoch auch eine längere Zeit in Anspruch nehmen.

Nach der geschilderten CO<sub>2</sub>-Behandlung erfolgte die Dichtheitsprüfung nach EN 805 [5] und meist gleichzeitig die Desinfektion. Bei dieser ist zu beachten, dass nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 346 [7] Wasserstoffperoxid und Natriumhypochlorit (Chlorbleichlauge) bei weichen Wässern eine nur mäßige Desinfektionswirkung besitzen. Wesentlich besser als Desinfektionsmittel wirkt bei derartigen Wässern Chlordioxid und Wasserstoffperoxid mit 1 % Phosphorsäure [9].

## 4 Schlussbemerkung

Die in das gewählte Rohrmaterial in punkto Wirtschaftlichkeit und technische Sicherheit gesetzten Erwartungen wurden voll erfüllt. In enger Zusammenarbeit von Auftraggeber, Planer, ausführenden Firmen und Rohrlieferanten wurde in kurzen Bauzeiten ein anspruchsvolles Bauwerk abschnittsweise erneuert. Mit dieser Verfahrensweise sollen die weiteren Bauabschnitte durch den Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge in Angriff genommen werden (**Bild 14**).



**Bild 14:**  
Baustellenpanorama mit Altbergbauanlage im  
Westerzgebirge

## Literatur

- [1] EN 545: 2010
- [2] EN 545: 2006
- [3] EN 197-1: 2014
- [4] DIN 2880: 1999-01
- [5] EN 805: 2003
- [6] Bekanntmachung der Neufassung der deutschen Trinkwasserverordnung vom 2. August 2013  
Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 46  
vom 07.08.2013
- [7] DVGW-Arbeitsblatt W 346: 2000-08
- [8] DWA-Arbeitsblatt A 139: 2010-01
- [9] E-Book 10.2015, Kapitel 21  
Download: [www.eadips.org/e-book-d/](http://www.eadips.org/e-book-d/)

## Autor

Dr.-Ing. André Clauß  
Zweckverband Wasserwerke Westerzgebirge  
Am Wasserwerk 14  
08340 Schwarzenberg/Deutschland  
Telefon: +49 (0)3774/144-155  
E-Mail: [andre.clauss@wasserwerke-westerzgebirge.de](mailto:andre.clauss@wasserwerke-westerzgebirge.de)

**Duktile Guss-Rohrsysteme schaffen nachweislich  
echte Nachhaltigkeit!**

# Kraftwerk am Kanzingbach (Tirol) mit hoher Leistungssteigerung – erhöhte Sicherheit durch bruchmechanische „Leck-vor-Bruch“-Auslegung der Turbinenrohre

Von Christian Auer, Andreas Hammer, Friedrich Karau, Sven Kunow,

Anton Rass, Werner Rudig und Oswin Schüller

## 1 Einleitung

Wurden duktile Gussrohre in der Vergangenheit hauptsächlich für den Transport von Trink- und Abwasser eingesetzt, so eröffnen sich aktuell neue Einsatzfelder, z. B. als Triebwasserleitungen für Wasserkraftwerke. Besonders infolge der staatlichen Förderung der erneuerbaren Energien wird Bewegung in allen Bereichen sichtbar, bei Windkraft, Solarenergie und nicht zuletzt bei der Nutzung der Wasserkraft. Beim derzeit vorhandenen Ausbau sind im alpinen Raum bereits viele Ressourcen belegt, jedoch liegen noch erhebliche Reserven in der Modernisierung und Leistungssteigerung vorhandener Anlagen, wie es z. B. bei der Erweiterung der bestehenden Anlagen der TIWAG (Tiroler Wasserkraft AG) in der Gemeinde Flauring im Kanzingtal in Tirol geschehen ist. Neueste Turbinen-, Generatoren- und Regelungstechnik sind wichtige Voraussetzungen für einen besseren Wirkungsgrad. Aber auch die Turbinenrohrleitungen können durch Weiterentwicklung zu einer besseren Ausbeute und vor allem zu einer erhöhten Sicherheit beitragen. Wegen der im Stausee oder Hochbehälter gespeicherten Energie würde das Versagen eines Rohres, z. B. in einem Steilhang, katastrophale Auswirkungen haben. Für Druckrohrleitungen von Wasserkraftwerken stehen deshalb Sicherheitsbetrachtungen an vorderster Stelle.

So ist die frühzeitige Erkennung von beginnenden Rohrschädigungen wichtig, welche besonders bei Hochdruckanwendungen ein erhebliches Risiko sein können. Kommt es zu einer Rissbildung im Rohr, so sollte sich ein wanddurchdringender Riss bilden können,

bevor es zum Bersten der Leitung kommt. Man spricht hier von einem „Leck-vor-Bruch“-Verhalten der Rohrleitung, d. h. der Fehler geht durch die Wand und es werden Leckagen erkennbar, bevor das Rohr endgültig versagt. Somit kann der Defekt rechtzeitig und unkritisch durch Reparatur oder Austausch behoben werden. Komplizierte Leckwarneinrichtungen sind in sicherheitskritischen Bereichen überhaupt nur unter diesen Voraussetzungen sinnvoll.

Besonders in anspruchsvollen Lagen, wie z. B. der hochalpinen Topografie im Bereich von Turbinenleitungen, ist der Austausch einer fehlerhaften Leitung aber sehr aufwändig. Aus diesem Grund versucht man diese Leitungen bereits in der Planungsphase so auszulegen, dass ein instabiles Risswachstum unterbleibt. Hierfür gibt es allerdings noch keine normativen Vorgaben oder Auslegungsgrundlagen und man versucht häufig, sich mit anderen bekannten Größen, wie z. B. der Bruchdehnung  $A_5$ , zu behelfen. Zuweilen greift man auch auf die Bestimmung der verbrauchten Schlagenergie zurück, wie sie z. B. in den US-amerikanischen Normungswerken ANSI/AWWA C 151-09/A21.51-09 [1] gefordert wird. Aber auch die verbrauchte Schlagenergie ist nur eine Hilfsgröße, beschreibt sie doch das Verhalten nur bei schlagender, also kurzzeitiger, Belastung. Bei einem Druckrohr jedoch sind Rissbildung und Rissfortschritt Vorgänge, die mehrere Größenordnungen länger dauern als der Kraftstoß des Kerbschlagbiegeversuchs.

## 2 Turbinenleitungen – eine Domäne der duktilen Guss-Rohrsysteme

1997 nahm die Vorarlberger Kraftwerke AG mit dem Wasserkraftwerk „Klösterle“ eine Turbinenleitung aus duktilen Gussrohren DN 1400 in Betrieb, bei welcher das Prinzip „Leck-vor-Bruch“ erstmals praktisch umgesetzt wurde [2].

Auch für die neue Turbinenleitung am Kanzingbach stellte der Bauherr und Betreiber TIWAG die Forderung nach dem Sicherheitskonzept „Leck vor Bruch“, das in die Kriterien für die Wahl des Rohrwerkstoffes eingeflossen ist. Diese Wahl wird von mehreren Kriterien beeinflusst.

### 2.1 Sicherheit

Schon bisher galt der Werkstoff duktiles Guss-eisen wegen seines besonderen Gefüges als hoch flexibel. Eine Vielzahl der Eigenschaften von duktilen Gussrohren für den Transport von Trinkwasser bzw. Abwasser sind in den bekannten Normen EN 545 [3] und EN 598 [4] definiert und werden von den Rohrherstellern routinemäßig überprüft. Gegenüber zusätzlichen ungeplanten Belastungen bei Gewalt-einwirkungen, die nicht aus betrieblichen Ereignissen, wie etwa Hangrutschungen, Felssturz oder Erdbeben stammen, besitzt das duktile Gussrohr große Reserven. Zudem kann die Wanddicke der Gussrohre mit dem Schleudergießprozess fast beliebig an die auftretenden Drücke angepasst werden.

### 2.2 Handhabung duktiler Gussrohre im alpinen Gelände

Zum einen kann man sich die Anlieferung von Bettungsmaterial in das zum Teil schwer zugängliche Gelände sparen. Das vor Ort gelagerte Aushubmaterial reicht dafür hinlänglich. Zum anderen ist die bewährte Verbindungstechnik beim Einsatz duktiler Guss-Rohrsysteme im Steilhang von Vorteil: Mit der so genannten Auf-Zu-Methode wird der Graben nur für die Länge eines Rohres geöffnet und nach der Verbindungsmontage wieder verfüllt. Damit lassen sich die Risiken eines Wetterumschwungs in Grenzen halten.

Die duktilen Gussrohre werden mit einer Zementmörtel-Umhüllung nach EN 15542 [5] geliefert (**Bild 1**). Ihr Schutz wirkt zweifach, zum einen mechanisch und zum anderen auch gegen Korrosion. Der Rohrgraben kann mit steinigem und verdichtbarem Aushub wieder verfüllt werden.

Die Tiroler Wasserkraft AG als größter Betreiber von Wasserkraftwerken im österreichischen Bundesland Tirol setzt ebenfalls auf Sicherheit und Handhabung. Auch sie definiert die Zähigkeit ihrer Rohrwerkstoffe mit Hilfe bruchmechanischer Kriterien und legte im beschriebenen Projekt bestimmte Anforderungen fest.



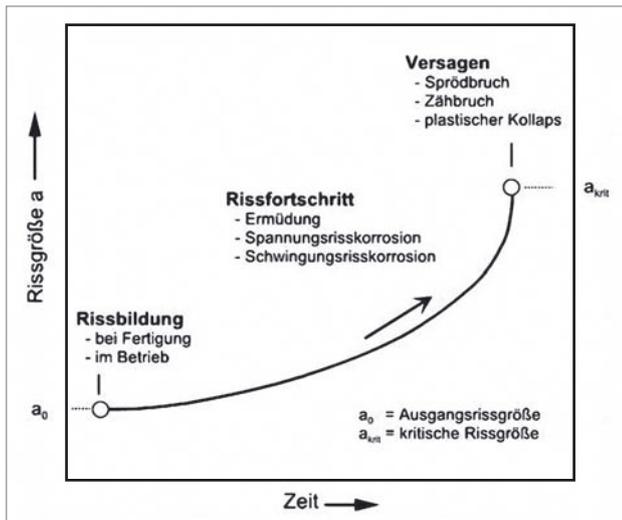
**Bild 1:** Anlieferung der duktilen Gussrohre für die Turbinenleitung des neuen Wasserkraftwerks am Kanzingbach (Tirol)

### 3 Elastisch-plastische Bruchmechanik

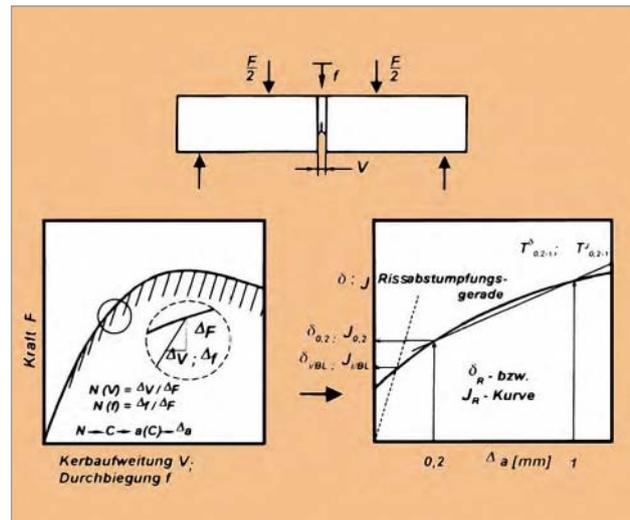
Die elastisch-plastische Bruchmechanik, auch Fließbruchmechanik, beschreibt die Rissausbreitung unter einer statischen Belastung unter Berücksichtigung einer plastischen Verformung, wie sie in allen duktilen Werkstoffen vorkommt. Bevor ein bei der Fertigung, dem Einbau oder dem Betrieb gebildeter Riss eine kritische Größe erreicht, wächst er während der Betriebszeit durch dynamische Belastungen

(zyklisches Risswachstum, Ermüdung), Schwingungsrisskorrosion und/oder Spannungsrisskorrosion. Der zeitliche Verlauf eines Risses ist in **Bild 2** dargestellt.

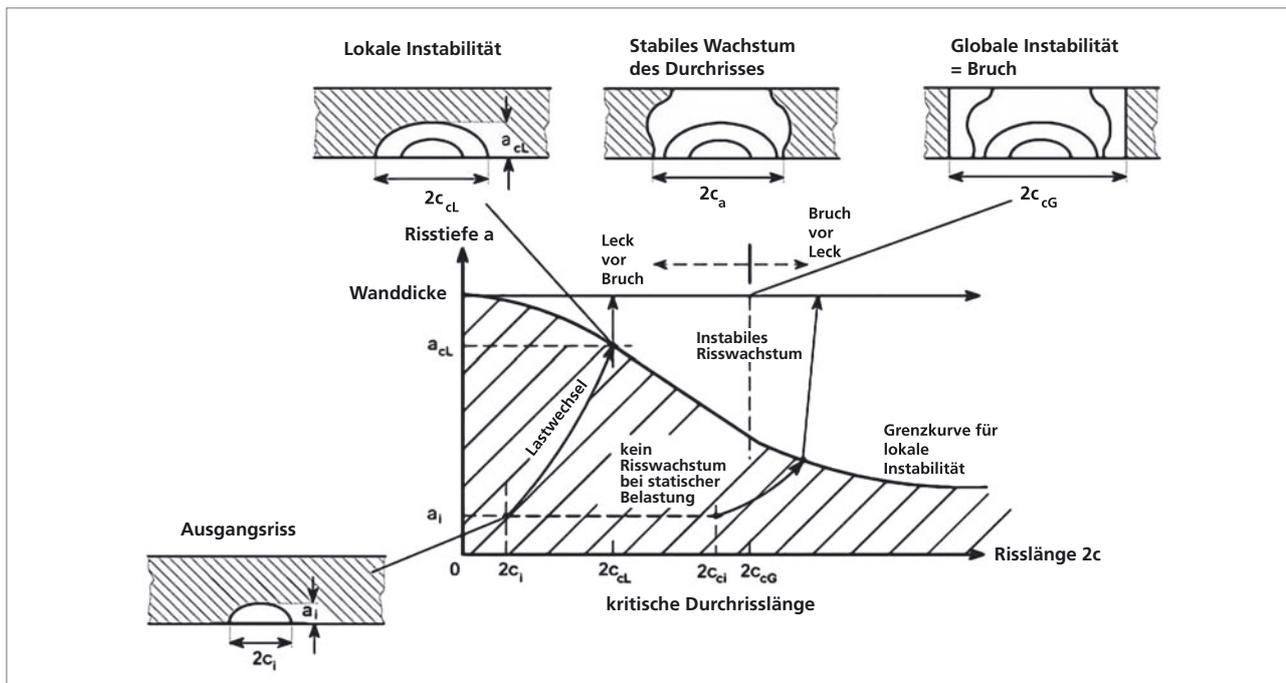
In **Bild 3** ist ein typisches „Leck-vor-Bruch“-Diagramm mit den Stadien der Rissbildung dargestellt.



**Bild 2:**  
Zeitlicher Verlauf eines Risses



**Bild 4:**  
Ermittlung und Definition bruchmechanischer Kennwerte des J-Integral-Konzepts [7]



**Bild 3:**  
Charakteristisches „Leck-vor-Bruch“-Diagramm: Ermüdungsbruch bei Wechselbeanspruchung und kritischen Rissgrößen für einen zähen Werkstoff und eine bestimmte Belastung

Quelle: Westphal, Hahn, 1989

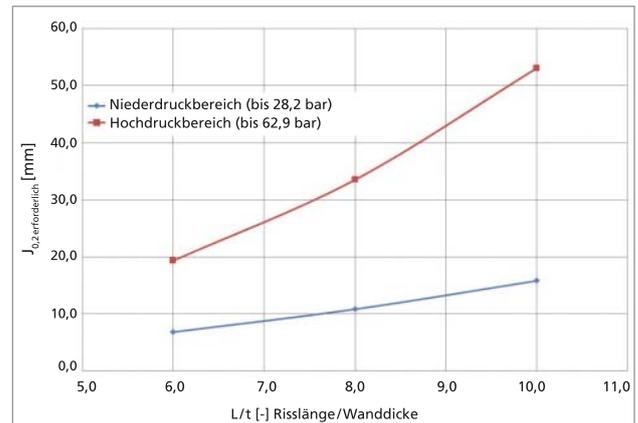
Die statische Rissausbreitung wird mit Hilfe von Risswiderstandskurven ermittelt. Die Bruchzähigkeit  $J_{0,2}$  ist dabei die Energie im Bereich der Risspitze, die die Rissfortpflanzung auf einer Länge von 0,2 mm beschreibt. Sie stellt dabei die kritische Rissgröße und somit den Grenzwert der Auslegung dar. Diese Beschreibung ist stark vereinfacht, detailliertere Informationen dazu findet man z. B. in [6]. Der Aufbau der Risswiderstandsmessung und die daraus resultierenden Diagramme zeigt **Bild 4**.

Ein häufig verwendetes Prüfverfahren nutzt, wie in **Bild 4** dargestellt, die Biegebelastung, in diesem Fall mit einer 4-Punkt-Biegung. Aber auch eine kombinierte Zug-Biege-Belastung mit Hilfe einer CT-Probe (CT = compact tension) ist möglich. Eine quaderförmige Probe wird ähnlich wie beim Kerbschlagbiegeversuch mit einer V-förmigen Kerbe versehen. Zusätzlich wird diese Probe zur Aufnahme von Risswiderstandskurven durch dynamische Belastung mit einem Anriss versehen. Dessen Länge wird vor dem Versuch bestimmt, weil sie eine zufällige Länge aufweist, die von Probe zu Probe unterschiedlich sein kann. Bei Belastung dieser Probe im 4-Punkt-Biegeversuch (**Bild 4, oben**) wird die Kerbaufweitung bzw. die Durchbiegung bestimmt (**Bild 4, unten links**). Aus diesen Ergebnissen wird die für die Rissaufweitung  $\Delta_a$  erforderliche physikalische Arbeit  $J$  berechnet (**Bild 4, unten rechts**). Der in diesen Untersuchungen interessante  $J_{0,2}$ -Wert kann dann bei  $\Delta_a = 0,2$  mm abgelesen werden.

Für die Auslegung von Rohrleitungen nach „Leck-vor-Bruch“-Kriterien spielt zusätzlich noch das Verhältnis des zulässigen Durchrisses zur Wanddicke eine wichtige Rolle. Die Durchrisslänge kann hierbei mit der längsten in der Produktion nicht detektierbaren Risslänge gleichgesetzt werden. Je größer dieses Verhältnis wird, desto höher muss auch  $J_{0,2}$  werden, um ein stabiles Leck zu erreichen. **Bild 5** zeigt diese Abhängigkeit für unterschiedliche Anwendungsfälle.

#### 4 Durchgeführte Untersuchungen

Für die Turbinenleitung des Wasserkraftwerks am Kanzingbach stellte der Bauherr und Betreiber TIWAG ebenfalls die Forderung nach dem oben vorgestellten Sicherheitskonzept namens „Leck-vor-Bruch“. Mit dieser Forderung ist eine Weiterentwicklung des bekannten Werkstoffes „duktiler Gusseisen“ verbunden, deren Ziel noch zu definieren war.



**Bild 5:** Erforderliche Bruchzähigkeit  $J_{0,2}$  in Abhängigkeit vom Verhältnis der Durchrisslänge zur Wanddicke für zwei Anwendungsbereiche (Quelle: TIWAG)

Nach Vorgesprächen mit der TIWAG wurde schließlich eine Anforderung formuliert, die tolerierbare Durchrisslängen im Ausmaß der sechsfachen Wanddicke vorsah. Daraus ergeben sich Bruchzähigkeitswerte von  $KJ_{0,2} = 1.900$  N/mm<sup>3/2</sup> bzw. Risswiderstandsenergien von  $J_{0,2} = 19,3$  kJ/m<sup>2</sup>.

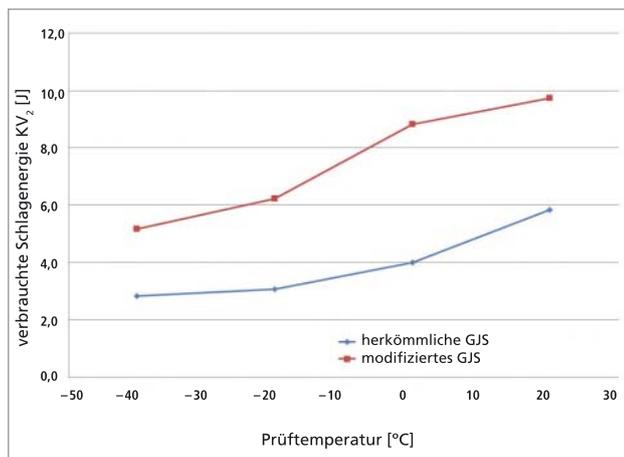
Vom Prüfzentrum für Werkstoffe und Maschinenbau in Innsbruck (V.A.M.) wurden die Bruchzähigkeitswerte direkt an aus den Rohren und Formstücken entnommenen Proben ermittelt. Dazu wurden in den Prüfkörpern mit einer Resonanzprüfmaschine ein definierter Riss eingeleitet („angeschwungen“). Anschließend wurden die Bruchzähigkeit sowie die Risswiderstandskurve an einer 3-Punkt-Biegeprobe mit dem Teillastungsverfahren (auch als Compliance-Methode bekannt) nach ISO 12135 [8] bestimmt.

Erreicht wurden die geforderten Eigenschaften im Zuge einer gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsarbeit der beiden Rohrhersteller TIROLER ROHRE GmbH – TRM und Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH zusammen mit dem Auftraggeber TIWAG und dem Prüfzentrum V.A.M. in Innsbruck. Die Entwicklung umfasst eine Modifikation des Werkstoffes. Dies bedeutet in der Praxis, dass spezielle Roheisen- und Schrottsorten für die neue Zusammensetzung eingesetzt werden mussten. Damit ließ sich das gewünschte ferritische Gefüge mit seinen extrem bruchzähen Eigenschaften erzeugen.

Der herkömmliche, für duktile Gussrohre verwendete Werkstoff nach EN 545 [3] (ähnlich wie GJS 450-10 nach EN 1563 [9], [10]) kann

am Ende der Untersuchungen mit dem für die Anforderungen der TIWAG modifizierten Werkstoff anhand der unterschiedlichen mechanisch-technologischen Eigenschaften verglichen werden. In **Tabelle 1** ist der Vergleich bei Raumtemperatur dargestellt. Zusätzlich wurde die verbrauchte Schlagbiegeenergie im Temperaturbereich zwischen  $-40\text{ °C}$  und Raumtemperatur bestimmt. Die Messergebnisse sind in **Bild 6** grafisch aufgetragen.

Auf den ersten Blick werden die großen Unterschiede der beiden Werkstoffe sichtbar. Während GJS 450-10 bereits ausgereizt bzw. überreizt ist, übertrifft der modifizierte Werkstoff die Anforderungen an die Bruchdehnung  $> 10\%$  deutlich, was aber zu Lasten der Zugfestigkeit und der technischen Streckgrenze geht. Auch die verbrauchte Schlagarbeit ist bei dem modifizierten Werkstoff über den gesamten untersuchten Temperaturbereich erheblich verbessert.



**Bild 6:** Verbrauchte Schlagarbeit ISO-V im Temperaturbereich  $-40\text{ °C}$  bis Raumtemperatur

**Tabelle 1:** Ergebnisse des Zugversuchs und der bruchmechanischen Untersuchungen an GJS 450-10 und dem modifizierten Werkstoff

	GJS 450-10	Modifizierter Werkstoff
Zugfestigkeit $R_m$ [MPa]	420*	429**
Technische Streckgrenze $R_{p0,2}$ [MPa]	270*	279**
Bruchdehnung $A_5$ [%]	10*	17,9**
Verbrauchte Schlagenergie $KV_2$ [J]	5,8**	11,8**
$J_{0,2}$ [kJ/m <sup>2</sup> ]	14**	23**
* Mindestwerte nach EN 545 [3]      ** Gemessene Werte		

Die Versuche zeigen jedoch auch, dass eine Abschätzung mit Hilfe der elastisch-plastischen Bruchmechanik allein über die verbrauchte Schlagarbeit nicht möglich ist, weil dabei der Werkstoff GJS 450-10 erheblich unterbewertet wäre. Somit ist die verbrauchte Schlagarbeit als Messgröße für die Langzeitbelastung des Rohres sehr kritisch zu bewerten.

Nach Abschluss der metallurgischen und fertigungstechnischen Entwicklungsarbeiten konnten verbesserte Werkstoffkennwerte erzielt werden: Die für Wasserleitungen in EN 545 [3] genormten Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen müssen Bruchdehnungswerte von mindestens 12 % aufweisen, wenn  $R_{p0,2} \geq 270\text{ MPa}$  ist. Das bruchmechanisch optimierte Material besitzt im Vergleich dazu Werte bis zu 20 % und erreicht unter Einhaltung der in EN 545 [3] geforderten mechanischen Kennwerte (Zugfestigkeit  $\geq 420\text{ MPa}$  und 0,2 % Dehngrenze  $\geq 270\text{ MPa}$ ) die geforderten Bruchzähigkeitswerte.

## 5 Rohrleitungsbau

Vor dem Bau des Krafthauses stand der Bau der 4,5 km langen Druckrohrleitung. Die dafür eingesetzten duktilen Gussrohre DN 600 wurden vom Tiroler Traditionshersteller TRM gemeinsam mit der Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH entwickelt und durch TRM geliefert. Im obersten Streckenbereich verläuft die Rohrtrasse – von etwa 300 m abgesehen – in bestehenden Almwegen. Hier wurden formschlüssige zugfeste Steckmuffen-Verbindungen (PFA = 25 bar) aus dem System BLS®/VRS®-T eingesetzt, wodurch der Bau von betonierten Fixpunkten entfiel. Im darunter liegenden Abschnitt, in dem auch zahlreiche Rohrbögen verbaut wurden, war die Errichtung von

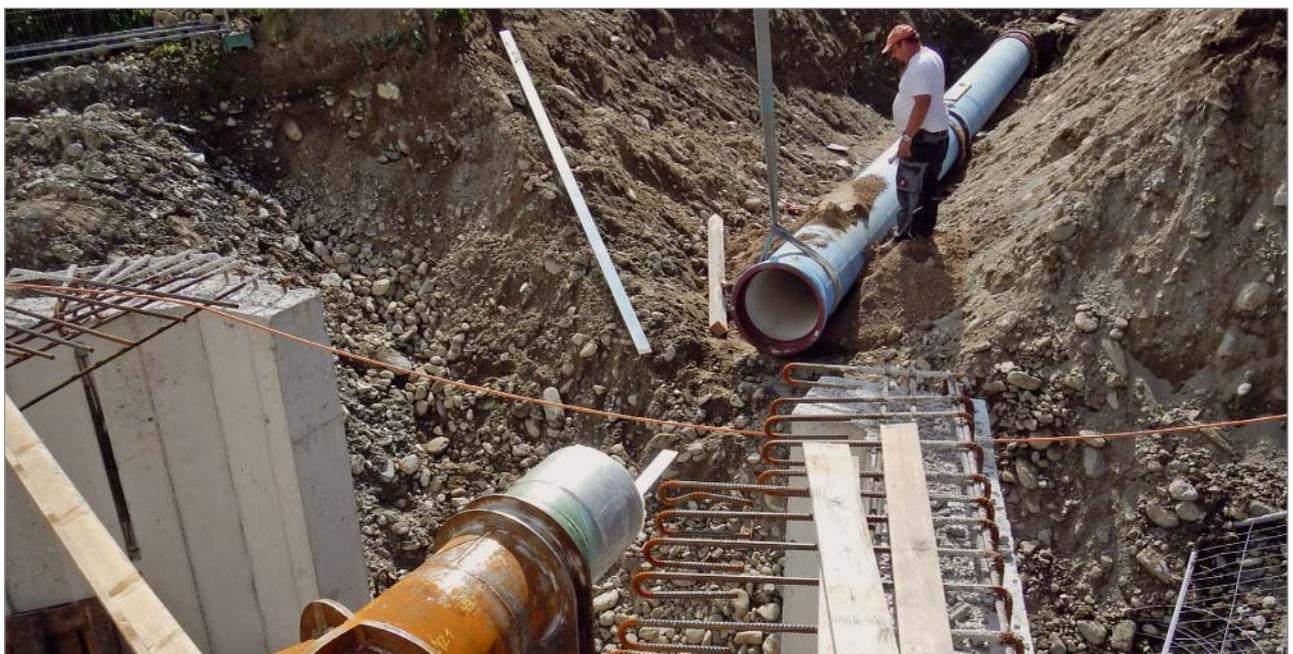
dauerhaften Anker in Form von betonierten Festpunkten unumgänglich. In diesem Trassenbereich verwendeten die Bauherren duktile Gussrohre mit der herkömmlichen TYTON® - Steckmuffen-Verbindung (**Bild 7**).

Für die neue Leitung wurde bewusst nicht die alte Rohrtrasse gewählt. Damit konnten die alten Kraftwerke über die gesamte Bauzeit von anderthalb Jahren in Betrieb bleiben und Strom produzieren. Dies brachte wegen der schwierigen topografischen Bedingungen aber zum Teil erhebliche Herausforderungen mit sich. So durfte zurzeit des Almbetriebs zwischen 15. Juni und 15. September kein Rohr in diesem Bereich eingebaut werden. Wegen des sehr spät

einsetzenden Winters konnten die Arbeiten trotzdem an der Rohr- und Kabeltrasse noch bis Mitte Dezember 2014 weiterlaufen.

Eine weitere Herausforderung für das beauftragte Bauteam war der felsige Untergrund im oberen Almweg. Der Vorteil einer Rohrkünette im Fels (**Bild 8**) liegt vor allem darin, dass die Standfestigkeit einer darin eingebauten Druckrohrleitung markant erhöht wird. Allerdings war die Herstellung alles andere als einfach.

Die Baumannschaft setzte dafür eine Baggerfräse (**Bild 9**) ein, zudem weitere Bagger, die das ausgefräste Material entfernten und welche, die für den Rohreinbau herangezogen wurden.



**Bild 7:**  
Einbau der Rohre mit TYTON® - Steckmuffen-Verbindung vor dem Einlaufbauwerk mit Hosenrohr



**Bild 8:**  
Bauarbeiten im Fels



**Bild 9:**  
Einsatz der Baggerfräse



**Bild 10:**  
Parallel-Einbau der duktilen Gussrohre DN 200 und DN 600

Auf diese Weise waren zeitgleich nicht selten sechs bis acht Bagger an der Trasse im Einsatz, um die Einbauarbeiten in den engen Terminvorgaben zu halten. Insgesamt erstreckten sich die Fräsarbeiten für die Rohrtrasse über eine Länge von 2 km.

Ein nicht unwesentlicher Synergieeffekt wurde im Zuge des Rohreinbaus zugunsten der Gemeinde genutzt. Von einem Hochbehälter aus führte eine ältere, drucklose Leitung zu den Trinkwasserquellen auf der Flaurlinger Alm, welche die TIWAG ohnehin hätte ersetzen müssen. Aus diesem Grund wurde eine kleine Druckrohrleitung DN 200 – ebenfalls aus duktilem Gusseisen – im Rohrgraben mit eingebaut (**Bild 10**), wodurch die Gemeinde Flaurling die Option auf ein Trinkwasserkraftwerk bekommt, das heute bereits in Umsetzung ist.

Nicht nur auf die Lebensdauer und die Robustheit der neuen Kleinkraftanlage wurde großer Wert gelegt, sondern auch auf eine möglichst naturverträgliche Umsetzung: So wurde im Bereich des Krafthauses ein circa 150 m<sup>2</sup> großes Feuchtbiotop errichtet. Dieses Feuchtbiotop wurde nach ökologischen

Gesichtspunkten gestaltet und dient mittlerweile vor allem Amphibien, aber auch anderen Tier- und Pflanzenarten als Lebensraum. Von der Projektumsetzung wurden keinerlei Schutzgebiete berührt. Die Teile der Altanlage werden rückgebaut, derzeit ist ein so genanntes „Auflassungsoperat“ in Ausarbeitung. Hinzu kommt, dass nun eine den strengen gewässerökologischen Vorgaben entsprechende Restwasserabgabe in die Restwasserstrecke des Kanzingbachs sichergestellt ist. Dies stellt eine markante Verbesserung gegenüber dem Altbestand dar. Konkret werden nun 15 % des natürlichen Aufkommens, mindestens aber 100 L/s in der Niederwasserzeit, an die Restwasserstrecke abgeführt. Die Regelung des Dotierwassers erfolgt vollautomatisch.

## 6 Terminablauf und Schlussbetrachtung

Startschuss für die Bauarbeiten war Anfang Oktober 2013, wobei das Querbauwerk für die Wasserfassung noch im selben Jahr fertiggestellt werden konnte. Mit dem Bau der Druckrohrleitung konnte die beauftragte Baufirma im Frühjahr 2014 beginnen, nachdem die

Natur im Flaurling Tal ausgeapert war. Nach einem zügigen Bauverlauf in den folgenden Monaten fand Anfang Oktober 2014 das Richtfest statt. Mit der feierlichen Inbetriebnahme am 11. Juni 2015 fand das Bauprojekt nach einer Bauzeit von rund anderthalb Jahren einen würdigen Abschluss.

Mit dem Ersatz der beiden alten Kraftwerke durch einen Neubau ermöglicht die TIWAG die effizientere Nutzung des Kanzingbachs und sichert die Stromversorgung von immerhin 4.000 Haushalten. Das neue Wasserkraftwerk leistet einen Beitrag zum ökologischen, effizienten und nachhaltigen Ausbau der heimischen Wasserkraft. Es lohnt sich auch ein sorgsamer Umgang mit kleinen Wasserressourcen!

## Literatur

- [1] ANSI/AWWA C 151-09/A21.51-09: 2009
- [2] Fussenegger, F., Mathis, R., Titze, E., Rammelsberg, J. und Schütz, M.  
GUSSROHR-TECHNIK  
Heft 32 (1997), S. 58 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)
- [3] EN 545: 2010
- [4] EN 598: 2007+A1:2009
- [5] EN 15542: 2008
- [6] Homepage: <http://bruchmechanik.info/bruchmechanik-themen/grundlagen/kennwerte-der-bruchmechanik/>
- [7] Pusch, G.  
Konstruieren + Gießen  
Heft 33 (2008), Nr. 4, S. 2 ff
- [8] ISO 12135: 2002-12
- [9] EN 1563: 2011
- [10] prEN 1563: 2015

## Autoren

Ing. Christian Auer  
TIROLER ROHRE GmbH – TRM  
Innsbrucker Strasse 51  
6060 Hall i. T./Österreich  
Telefon: +43 (0)5223/503-115  
E-Mail: [christian.auer@trm.at](mailto:christian.auer@trm.at)

Dipl.-Ing. Andreas Hammer  
TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG  
Bereich Engineering Services  
Eduard-Wallnöfer-Platz 2  
6020 Innsbruck/Österreich  
Telefon: +43 (0)50607/21392  
E-Mail: [andreas.hammer@tiwag.at](mailto:andreas.hammer@tiwag.at)

Dr. rer. nat. Friedrich Karau  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Leitung Entwicklung und Technologie  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6441/49-1255  
E-Mail: [friedrich.karau@duktus.com](mailto:friedrich.karau@duktus.com)

Dipl.-Ing. Sven Kunow  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Entwicklung und Technologie  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6441/49-1266  
E-Mail: [sven.kunow@duktus.com](mailto:sven.kunow@duktus.com)

Ing. Anton Rass  
V.A.M. Innsbruck – Prüfbüro für Werkstoffe  
und Maschinenbau  
Anichstraße 26-28  
6020 Innsbruck/Österreich  
Telefon: +43 (0)512/59717-260  
E-Mail: [anton.rass@vam-innsbruck.at](mailto:anton.rass@vam-innsbruck.at)

Ing. Werner Rudig  
TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG  
Abteilung Wasserkraftplanung  
Eduard-Wallnöfer-Platz 2  
6020 Innsbruck/Österreich  
Telefon: +43 (0)50607/21354  
E-Mail: [werner.rudig@tiwag.at](mailto:werner.rudig@tiwag.at)

Ing. Oswin Schüller  
TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG  
Team Anlagen- und Prüftechnik  
Eduard-Wallnöfer-Platz 2  
6020 Innsbruck/Österreich  
Telefon: +43 (0)50607/21245  
E-Mail: [oswin.schueller@tiwag.at](mailto:oswin.schueller@tiwag.at)

## Grabenlos durch das Biotop von Badrina – begeisterte Besucher des Baustellentages verfolgen den Rohreinzug

Von Uwe Hoffmann und Stephan Hofmann

### 1 Einleitung

Der Zweckverband Delitzsch-Rackwitzer Wasserversorgung (DERAWA) stand in Badrina vor einer seiner umfangreichsten Investitionen: Zur Stabilisierung der Rohwasserversorgung von Delitzsch mit seinen umliegenden Gemeinden in Sachsen musste eine alte Leitung ausgetauscht werden, welche zum Teil durch das Biotop Badrina führt (**Bild 1**). Dessen hervorstechendes Merkmal ist das oligotrophe (nährstoff- und humusarm) bis mesotrophe (mittlerer Nährstoffzustand), kalkhaltige Stillgewässer in Badrina. Gewässer dieses Lebensraumtyps sind im Naturraum sehr selten. Die ungenutzten Teiche besitzen einen klaren, relativ nährstoffarmen Wasserkörper und weisen großflächige Bestände von Armleuchteralgen auf. Sie befinden sich in einem guten Erhaltungszustand. Obwohl es einen direkten Zugang von der Straße gibt, sind anthropogene Beeinträchtigungen gering. Eine Nutzung als Fisch- oder Angelgewässer oder das Befahren des Geländes mit schwerem Gerät würde jedoch den aktuell günstigen Erhaltungszustand massiv gefährden [1]. Das Biotop in Badrina gehört zum Netzwerk „Natura 2000“ [2], eine offizielle Bezeichnung für ein kohärentes Netz von Schutzgebieten, das innerhalb der Europäischen Union nach den Maßgaben der Richtlinie 92/43/EWG (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, kurz FFH-Richtlinie) errichtet wird. Sein Zweck ist der länderübergreifende Schutz gefährdeter wildlebender heimischer Pflanzen- und Tierarten und ihrer natürlichen Lebensräume. In das Schutzgebietsnetz werden auch die gemäß der Richtlinie 79/409/EWG (kurz Vogelschutzrichtlinie) ausgewiesenen Gebiete integriert [3].



**Bild 1:**  
Biotop Badrina

### 2 Ausgangssituation

Das Wasserwerk Delitzsch bezieht sein Rohwasser aus den Brunnenfassungen Prellheide Nord und - Süd sowie aus Spröda. Dafür wurde in den siebziger Jahren eigens eine 16 km lange Transportleitung DN 500 aus Stahl gebaut. Die Leitung zieht sich von Badrina, einem Ortsteil von Delitzsch, bis nach Scholitz durch sensible Biotope wie Feuchtwiesen und Röhrichgebiete. Leider mussten hier in den letzten Jahren häufig Reparaturarbeiten durchgeführt werden, weil die Stahlleitung mit Korrosionsschäden zu kämpfen hatte. Die Störanfälligkeit der über 40 Jahre alten Leitung nahm ständig zu. Für die DERAWA zeichnete sich daher ein Austausch des Leitungsabschnittes im Badrinaer Biotop ab. Es wurde die größte und aufwändigste Investition seit vielen Jahren. Rund eine halbe Million Euro kostet es, die neue Leitung im Tausch gegen die alte unter die Erde zu bringen [4]. An dieser Rohrleitung hängt das Wasserwerk des Zweckverbandes,

der in seinem Versorgungsgebiet 48.000 Einwohner sowie die darin gelegenen Industrie-, Gewerbe-, Handels-, Landwirtschaftsbetriebe und öffentlichen Einrichtungen mit Trinkwasser beliefert.

### 3 Planung

Über ein Jahr hat die DERAWA auf diese Maßnahme hin geplant. Vier Naturschutzgebiete sind auf den Bauplänen für die 480 m lange Leitung eingetragen, daher entschieden sich die Planer für eine geschlossene Bauweise im HDD-Verfahren mit duktilen Gussrohren DN 500 mit längskraftschlüssiger BLS® - Steckmuffen-Verbindung und Zementmörtel-Umhüllung nach EN 15542 [5]. Aufgrund der genannten örtlichen Gegebenheiten kam nur das umweltfreundliche Horizontalspülbohrverfahren nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 321 [6], in diesem Falle mit einer Kreiselkompass-Steuerung, zum Einsatz. Hierbei wird mittels Navigationssoftware und Laserkreisel der Bohrer so geführt, dass er zwischen Start- und Zielgrube kontrolliert und zentimetergenau auf der Soll-Linie bleibt. Diese Spezialversion wurde wegen des Betretungsverbot der Biotope angewendet, weil beim üblichen Spülbohrverfahren mit magnetischen Führungssystemen entlang der Trasse kontrolliert wird. Der Weg zwischen Start- und Zielgrube wird nur am Computermonitor gesteuert. Der Badrinaer Boden wird durch eine an der Bohrkopfspitze unter hohem Druck austretende Bentonitsuspension, Mischung aus natürlichem Ton und Wasser, Meter für Meter ausgetragen. Die Suspension stützt das Bohrloch und wird später recycelt. Wegen der beengten Platzverhältnisse wurde die Rohrleitung im Einzelrohr-Verfahren auf einer abgewinkelten Montagerampe montiert; ein Vorteil bei geringem Platzangebot um die Startgrube. Entgegen anfänglicher Bedenken bezüglich der Montagedauer der Verbindung bei Verwendung von ZM-U - Schrumpfmanschetten ließen sich nach geringer Einarbeitungszeit sehr kurze Montagezeiten erzielen. So konnte trotz Einzelrohrmontage die Rohrleitung innerhalb weniger Stunden eingezogen werden. Ein widerstandsfähiger Verbindungsschutz mit Schrumpfmanschetten hält die Spülbohrsuspension sowie das Grundwasser des Biotops vom Verbindungsspalt fern.

Für den Umschluss der neuen Leitung steht im Wasserwerk eine Zeitreserve von circa 48 Stunden zur Verfügung.

### 4 Bauausführung

Zum Spülbohren nutzte die Firma Beermann Bohrtechnik GmbH aus Zeitz ein Bohrgerät mit einer Zugkraft von 1.000 kN. Die erste Bohrung mit 200 mm war innerhalb eines Tages abgeschlossen, auf Hindernisse sind die sechs Arbeiter des Steinfurter Unternehmens nicht gestoßen. Im zweiten Gang wurde die Bohrung auf 750 mm und schließlich auf 920 mm aufgeweitet. Durch dieses Bohrloch wurde mit schwerer Technik der Strang aus neuen, je sechs Meter langen Rohren DN 500 eingezogen. Die Einzelrohrmontage der BLS® - Rohre DN 500 wurde von der Baufirma Josef Pfaffinger Leipzig Baugesellschaft mbH durchgeführt. Zur Einführung der Rohre in das Bohrloch unter einem angestrebten Eintrittswinkel von 11° diente eine Montagerampe (**Bild 2**). Die Baugrube war etwa 15 m lang. Vor dem Einzug wurde die Verbindung der duktilen Gussrohre mit einer Schrumpfmanschette und einem Stahlblechkonus geschützt.

Die Rohre wurden schnell und unkompliziert mit Hilfe eines bereitstehenden Baggers montiert. Durch den Zug des Bohrgerätes wurden die längskraftschlüssigen BLS® - Steckmuffen-Verbindungen „verriegelt“. Am 16.09.2015 um etwa 14.30 Uhr begann der Rohreinzug und endete am darauffolgenden Tag um 03.00 Uhr ohne besondere Vorkommnisse. Nach einer kurzen Orientierungsphase konnten Montagezeiten von etwa neun Minuten erzielt werden. Der Rohreinzug wurde mit einer Zugkraftmesseinrichtung überwacht (**Bild 3**).

Nach dem erfolgreichen Einzug der Rohre wurde die neue Leitung mit Gussformstücken, Druckstufe PN 10, an das vorhandene System angeschlossen. Nach Rückbau von Start- und Zielgrube war die Maßnahme Ende Oktober beendet.

### 5 Baustellentag in Badrina

Der Rohrhersteller hat dieses besondere Projekt genutzt, um am 16.09.2015 gemeinsam mit dem Zweckverband Interessierte, Planer sowie Auftraggeber der umliegenden Kommunen zu einem Baustellentag einzuladen. Nach einer Besichtigung des Wasserwerks in Delitzsch konnten die Besucher miterleben, wie unkompliziert, schnell und perfekt der grabenlose Einbau mit duktilen Gussrohren funktioniert. Mit großem Interesse verfolgten die Gäste die Montage der BLS® - Steckmuffen-Verbindung



**Bild 2:**  
Montagerampe für die Einzelrohrmontage



**Bild 3:**  
Zugkopf mit Zugkraftmeseinrichtung

und den anschließenden Rohreinzug. Die Begeisterung war groß, zumal den meisten Besuchern bewusst war, wieviel vom erfolgreichen Einbau der Hauptleitung der Delitzsch-Rackwitzer Wasserversorgung abhängt.

Dank der flexiblen BLS® - Steckmuffen-Verbindung konnte die Rohrleitung unter Einsatz der grabenlosen Verfahrenstechnik sicher und schnell durch das Badrinaer Biotop eingebaut werden. Niemand betrat und störte dabei das sensible Ökosystem.

## 6 Projektdaten

- HDD-Einzelrohrmontage, DN 500, BLS®
- Rohraußenschutz: Zementmörtel-Umhüllung nach EN 15542 [5]
- Verbindungsschutz: Schrumpfmanschette und Stahlblechkonus
- Rohrleitungslänge: 432 m
- Maximale Zugkraft der Bohrmaschine: 1.000 kN
- Zulässige Zugkraft für duktile Gussrohre DN 500: 860 kN
- Höchste gemessene Zugkraft: 60 kN
- Durchschnittliche Montagezeit für die Herstellung der BLS® - Steckmuffen-Verbindung DN 500 bei Verwendung einer Schrumpfmanschette und eines Stahlblechkonus: 12 min

## Literatur

- [1] Managementplan für das Gebiet Nr. 210, Vegetationskunde und Landschaftsökologie (IVL), Leipzig  
2010
- [2] Tafeln Europaschutzgebiet (Natura 2000) und geschützter Landschaftsteil  
Quelle: Wikipedia  
2011-07-10
- [3] EUR-Lex - 128076 – EU: 1992-05-21
- [4] Jacob, C.  
Badrinaer Biotop entscheidet über Wasserversorgung der Region  
Leipziger Volkszeitung  
2015-09-10
- [5] EN 15542: 2008
- [6] DVGW-Arbeitsblatt GW 321: 2003-10

## 7 Fazit

Gerade in komplizierten Situationen mit Hindernissen und besonderen Auflagen hat sich das grabenlose HDD-Verfahren in Verbindung mit duktilen Gussrohren vielfach bewährt. Die Robustheit der Rohre, eine mehrfache Sicherheit gegenüber vorhandenen Innendrücken und die große äußere Belastbarkeit sind Garantien für hohe Betriebssicherheit und lange Nutzungsdauer. Die neue Leitung aus duktilen Gussrohren soll wieder mindestens die nächsten 50 Jahre halten.

## Autoren

Uwe Hoffmann  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Dessauer Straße 225  
06886 Lutherstadt Wittenberg/Deutschland  
Telefon: +49 (0)172/7221174  
E-Mail: uwe.hoffmann@duktus.com

Dipl.-Ing. Stephan Hofmann  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6441/49-2924  
E-Mail: stephan.hofmann@duktus.com

## Auftraggeber, Planung und Bauleitung

Andreas Schütze  
Delitzsch-Rackwitzer Wasserversorgung  
Bitterfelder Straße 80  
04509 Delitzsch/Deutschland  
Telefon: +49 (0)34202/3408-61  
E-Mail: wasser@zv-derawa.de

## Bauunternehmen

Josef Pfaffinger Leipzig Baugesellschaft mbH  
Sven Fischer  
Föpplstraße 1  
04347 Leipzig/Deutschland  
Telefon: +49 (0)341/24542-30  
E-Mail: leipzig@pfaffinger.com

Beermann Bohrtechnik GmbH  
Frank Sauer  
Heinrich-Niemeyer-Straße 50  
48477 Hörstel-Riesenbeck/Deutschland  
Telefon: +49 (0)171/4223795  
E-Mail: info@beermann-bohrtechnik.de



**EADIPS®** European Association for  
**FGR®** Ductile Iron Pipe Systems  
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme



Nachhaltig überlegen –  
duktile Guss-Rohrsysteme

Duktile Guss-Rohrsysteme  
für die Trinkwasserver- und  
Abwasserentsorgung

Ductile iron pipe systems  
for drinking water supply  
and sewerage applications

- Rohre/Pipes
- Formstücke/Fittings
- Armaturen/Valves

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

## Wildbach-Geschiebesperre am Schnanner Bach

Von Werner Siegele und Christoph Aigner



**Bild 1:**  
Bogensperre am Schnanner Bach – die drei gelb markierten Dolen werden mit je einem Schlauchwehr ausgestattet

### 1 Vorgeschichte

Die Rosanna ist ein Bach, der im Verwall (Bundesland Tirol, Grenze zu Vorarlberg) entspringt und in den Inn mündet. Einer ihrer Zuflüsse ist der Schnanner Bach. Die bestehende Bogensperre des Schnanner Baches sollte die Ortschaft Schnann vor Überschwemmungen schützen. Bei einem Murenabgang gelangt häufig sehr viel Geschiebematerial in den Bach. Da jedoch in diesem Gebiet wenig Totholz und grobes Material vorkommt, verschließt sich die Öffnung in der Sperre nicht von selbst mit der Folge, dass nur wenig Geschiebe zurückgehalten wird. Somit passiert

das Material die Sperre und wird zum Mündungsbereich nahe der Rosanna transportiert. Diese Geschiebetransporte können solche Ausmaße annehmen, dass die Schleppspannungen durch den Wasserlauf der Rosanna nicht ausreichen, um das Material weiter zu transportieren. In der Vergangenheit führte dies schon mehrfach zu Überschwemmungen in der Ortschaft Schnann und zu entsprechendem Unmut bei den betroffenen Bürgern. Deshalb entwickelte die Wildbach- und Lawinerverbauung, eine Abteilung des österreichischen Ministeriums für Land- und Forstwirtschaft, den Prototyp einer Geschiebesperre zum Hochwasserschutz.

## 2 Anforderungen

Wegen dieser Probleme wurde Herr Michael Posch, Wildbach- und Lawinenverbauung, von der Gemeinde Pettneu und dem Land Tirol als Projektleiter mit der Suche nach einer Lösung beauftragt.

Es sollte mehr Geschiebe im Sperrenbereich zurückgehalten und ein Rückstau des Baches infolge zu hoher Anlandung vermieden werden. Sobald der Vorfluter wieder frei ist, sollte das zurückgehaltene Material möglichst kostengünstig abgegeben und abtransportiert werden.

## 3 Lösungsansätze

In Zusammenarbeit mit den Ziviltechnikern Matthias Luxner und Engelhart Gstrein aus Imst wurden verschiedene Möglichkeiten einer Rückhaltung von Geschiebe durch eine Klappe oder einen Schieber, welcher nach einem Murenabgang kontrolliert geöffnet werden soll, diskutiert. Da jedoch die Gefahr einer Blockierung von solchen Bauteilen nicht ausgeschlossen werden kann, musste ein anderes System gefunden werden.

Es entstand die Idee, ein spezielles Schlauchwehr zu verwenden und einen Prototyp für diese Anwendung zu entwickeln. Die Erfahrungen mit Schlauchwehren bei anderen Anwendungen zeigten, dass die Membran sehr gut der Reibung durch das Geschiebe standhalten kann.

An der Universität Innsbruck wurde zudem ein Flussmodell nachgebaut, um die Situation im Mündungsbereich zu simulieren.

## 4 Systemüberblick

Die Bogensperre besteht aus vier übereinanderliegenden Öffnungen (**Bild 1**). Die oberen drei werden durch Schlauchwehre verschlossen. Durch die unterste Öffnung rinnt der normale Wassergang des Baches.

Um die Schläuche der Wehre zu befüllen wird am oberen, rechten Rand der Geschiebesperre ein 30 m<sup>3</sup>-Wasserbehälter angeordnet. Die schwierigen Geländebedingungen erfordern einen Behälter aus Stahlbeton. Mit dieser Anordnung müssen zum Befüllen der Wehre nur die Armaturen der Leitungen geöffnet

werden. Die Schläuche lassen sich vom Hochbehälter durch den Wasserdruck von bis zu 4 bar befüllen.

Der Behälter kann mittels einer Pumpe vom Pumpenhaus aus befüllt werden. Das Pumpenhaus dient als Steuer- und Schaltzentrale und befindet sich an der Unterseite der Sperre. Gussrohrleitungen verbinden die Pumpe mit dem Behälter und den Behälter mit den Schlauchwehren (**Bild 2**).



**Bild 2:**  
Anlagenschema

In diesem Projekt spielt auch das Rohrsystem eine wichtige Rolle. Die Rohre müssen auf der Sperrenwand frei eingebaut werden können und aus UV-beständigem Material sein. Wegen der schlechten Zugänglichkeit der Baustelle müssen sie leicht einzubauen sein.

Es wird daher auf duktilen Gusseisen gesetzt. Mit seiner Robustheit und dem System der VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung widersteht es selbst extremen Einwirkungen, z. B. Steinerschlag. Seine mechanische Widerstandsfähigkeit ist Voraussetzung für einen sicheren Betrieb (**Bilder 3 und 4**). **Tabelle 1** enthält die Projektdaten der Wildbach-Geschiebesperre Schnanner Bach. Wegen der hohen Sicherheitsanforderungen fertigten Mitarbeiter des Rohrherstellers Spezialpassstücke an und unterstützten außerdem das Montageteam mit ihrem Know-how.

Für die Vormontage der Membranen wurde ein 1:1-Modell aus Holz im Bauhof der Wildbach- und Lawinenverbauung angefertigt. Die Membranen wurden darauf montiert und als Ganzes dann zur Baustelle transportiert und eingebaut.



**Bild 3:**  
Duktile Gussrohrleitung vom Hochbehälter zur Sperre



**Bild 4:**  
Duktile Gussrohrleitungen im Bereich der Wehre

**Tabelle 1:**  
Projektdateien der Wildbach-Geschiebesperre Schnanner Bach

<b>Projektname</b>	<b>Wildbach-Geschiebesperre Schnanner Bach</b>		
Ort	Schnann am Arlberg (Tirol)		
Bauherr	Gemeinde Pettneu		
Baufirma/Bauträger	Wildbach- und Lawinenverbauung (Abteilung des österreichischen Ministeriums für Land- und Forstwirtschaft)		
Planer	Engelbert Gstrein & Mathias Luxner		
Gesamtbauzeit	Circa 1 Jahr		
Hauptleitungen	150 m	DN 200	10 bar
Verbindungselemente	VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung		
Umhüllung	PUR-Longlife		
Auskleidung	Zementmörtel-Auskleidung (ZM-A)		
Besondere Anforderungen	Hohe mechanische Einwirkungen, Robustheit		

## 5 Betrieb

Der gesamte Bereich der Einmündung des Schnanner Baches in den Vorfluter und der Geschiebestrecke ist videoüberwacht. Das System wird aktiviert, sobald Verlandungen durch einen zu starken Geschiebetransport festgestellt werden.

Durch den natürlichen Höhenunterschied beträgt der Vordruck in den Rohren zwischen Behälter und Schlauchwehr bis zu 4 bar.

Zu Beginn werden die Wehre schonend mit nur 0,3 bar beaufschlagt. Im Schlauch ist ein Neigungssensor eingebaut, der den zunehmenden Geschiebedruck misst und dadurch den Druck auf die Wehre automatisch weiter erhöhen kann.

Wenn im Vorfluter bereits angelandetes Material weitertransportiert wurde und dadurch im Mündungsbereich wieder Raum geschaffen ist, können die Schlauchwehre wieder entleert und die Öffnungen freigegeben werden.

Der dadurch ausgelöste Schwall soll wieder Geschiebe mitfördern, um teure Ausbaggerungs- und Transportarbeiten zu vermeiden. Außerdem wird so eine Eintiefung des Vorfluters verhindert.

Beim Entleeren der Schläuche wird das enthaltene Wasser in einen Keller unter dem Pumpenhaus geleitet. Dieser kann ein Volumen vom 10 m<sup>3</sup> aufnehmen. Von dort wird das Wasser wieder in den Hochbehälter gepumpt.

Das System wird mit einem Tablet-PC gesteuert. Alle Befehle werden in der Steuer- und Schaltzentrale mitprotokolliert, um Verbesserungen im zukünftigen Betrieb ableiten zu können. Für einen Störfall ist zudem ein Notstromaggregat in der Schaltzentrale vorhanden. Eine manuelle Bedienung der Schieber ist ebenfalls möglich.

## 6 Ausblick

Durch die Ausrüstung der Geschiebesperre mit den Schlauchwehren und dem zugehörigen Steuerungssystem wird für den nächsten Murenabgang ein deutlich besserer Schutz der Gemeinde Schnann erwartet. Dafür fordert jedoch die Bachökologie eine Durchgängigkeit der Fließgewässer, wie sie jetzt bei Normalabfluss mit geöffneten Schlauchwehren gegeben ist.

Langfristiges Ziel der Wildbach- und Lawinverbauung ist eine selbstentleerende Sperre. Dafür müssen Erfahrungen im Betrieb gesammelt und bei zukünftigen Murenabgängen berücksichtigt werden. Nach Möglichkeit kann hier zudem der Automatisierungsgrad noch weiter erhöht werden.

### Autoren

Ing. Werner Siegele  
TIROLER ROHRE GmbH – TRM  
Innsbrucker Straße 51  
6060 Hall in Tirol/Österreich  
Telefon: +43 (0)5223/503-108  
E-Mail: werner.siegele@trm.at

Dipl.-Ing. Christoph Aigner  
TIROLER ROHRE GmbH – TRM  
Innsbrucker Straße 51  
6060 Hall in Tirol/Österreich  
Telefon: +43 (0)5223/503-110  
E-Mail: christoph.aigner@trm.at

**Die Investition in duktile Guss-Rohrsysteme rechnet sich durch niedrige Einbau- und Betriebskosten bei außerordentlich hoher Lebensdauer!**

## Schneesicherheit auf der Skisprungschanze in Planica

Von Romana Bohm

### 1 Einleitung

Staubender Pulverschnee, strahlender Sonnenschein am tiefblauen Himmel – das ist Winteridylle pur. Leider scheint auf Frau Holle immer weniger Verlass zu sein. Ein attraktiver Wintersportort setzt daher immer mehr auf die Erzeugung von technischem Schnee. Eine sichere Wasserversorgung ist die Grundvoraussetzung für das Funktionieren einer Beschneigungsanlage. Mittlerweile hat sich dies auch im Bereich des nordischen Skisports herumgesprochen und selbst bei Skisprung- und Skiflugwettbewerben will man nicht mehr auf Schneesicherheit verzichten.

Planica ist ein Ortsteil von Rateče und der Name eines Tals im Nordwesten Sloweniens, das sich von Rateče aus in südlicher Richtung erstreckt, nicht weit entfernt vom bekannten Wintersportort Kranjska Gora.

### 2 In Planica werden aus den Skispringern Skiflieger

Die „Letalnica Bratov Gorišek“-Skiflugschanze in Planica (SLO), erbaut 1969, war lange Zeit die größte und ist aktuell die zweitgrößte Skiflugschanze der Welt. Nach dem Umbau 2013 sind auf der Anlage Sprünge bis 250 m möglich. Für die in Planica stattfindenden Weltcup-Springen und Skiflug-Weltmeisterschaften hat Schneesicherheit höchste Priorität. Nach dem Umbau träumt man in Planica davon, dass weiter als 251,5 m geflogen werden kann. 2011 landeten die Skiflieger in einer neuen Dimension. In Norwegen hatte man in Vikersund Tonnen an Fels aus dem Berg gesprengt und aus der Schanze die mächtigste der Welt gemacht.

Im Sommer 2011 begann man mit der grundlegenden Rekonstruktion des Sprungzentrums im „Tal der Schanzen“ bei Kranjska Gora. Zentrales Anliegen war es, den Weltrekord zurück nach Planica auf die „Letalnica Bratov Gorišek“ zu holen. Die Umbauplanung unterlag dem slowenischen Architekten Janez Gorišek, der 1956 bei den Olympischen Spielen mitwirkte und danach am Bau der Flugschanzen in Planica (SLO), Oberstdorf (D) und Vikersund (N) beteiligt war.

### 3 Wahl des Werkstoffs für die Beschneigung der Skiflugschanze

Seit Jahrzehnten ist die Firma TIROLER ROHRE GmbH – TRM aktiv im Bereich der Beschneigungsanlagen und bietet robuste, verlässliche und einfach zu handhabende Rohrsysteme an, welche Drücken bis 100 bar standhalten können. Die von TRM entwickelte längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung VRS®-T sorgt für absolute Dichtheit, selbst bei größten Belastungen. Die technischen Vorteile der duktilen Gussrohre und Formstücke sowie deren hohe Lebensdauer überzeugten die Auftragsgeber. Die Wasserrohrleitung für die Beschneigungsanlage der Sprungschanze „Letalnica Bratov Gorišek“ hat eine Länge von 292 m. Davon liegen 105 m DN 125 im unteren Bereich (**Bild 1**), 82 m DN 100 im mittleren Bereich und 105 m DN 80 im oberen Bereich (**Bild 2**). Die Drücke betragen bis 40 bar.

Die größte Schwierigkeit für die ausführende Baufirma, KLIMA PTUJ war die extreme Steilheit des Schanzenhanges (bis 60°) bei einem Höhenunterschied von 150 m (**Bilder 2 und 3**). Aus diesem Grund wurde zum Transportieren der Rohre ein Hilfsaufzug benötigt. Der schnelle und unkomplizierte Einbau der duktilen



**Bild 1:**  
In die duktile Gussrohrleitung DN 125 eingebauter 90°-Bogen in längskraftschlüssiger Ausführung VRS®-T im Bereich des Auslaufes der Skisprungschanze

Gussrohre mit VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung war in der vertikalen Lage im Steilhang besonders wichtig. Durch die Abwinkelbarkeit der Verbindung bis zu 5° konnte die Rohrleitung an die Konturen des Geländes optimal angepasst werden, zusätzlich wurden Formstücke eingespart. Die längskraftschlüssige VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung hat ebenfalls ermöglicht, die Leitung oberirdisch zu bauen. Die komplette Leitung wurde mit einer in Tirol entwickelten speziellen UV-beständigen Außenbeschichtung versehen.

#### 4 Ausblick

Die Betreiber und der Rohrlieferant TIROLER ROHRE GmbH – TRM haben die Leitung so ausgelegt, dass sie über Jahrzehnte problemlos genutzt werden kann. Auf der Schanze „Letalnica bratov Gorišek“ in Planica wurden bisher 28 Skiflugweltrekorde aufgestellt. Die Beschneigungsanlagen mit duktilen Gussrohren sorgen für Schneesicherheit und sichern somit weitere sportliche Höhepunkte.



**Bild 2:**  
Duktile Gussrohre DN 80 – Rohrleitungsbau im Bereich der Startposition



**Bild 3:**  
Duktile Gussrohre mit längskraftschlüssiger VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung sind Teil der Beschneigungsanlage der Planica-Skisprungschanze

#### Autorin

Mag. Romana Bohm  
TIROLER ROHRE GmbH – TRM  
Innsbrucker Straße 51  
6060 Hall in Tirol/Österreich  
Telefon: +43 (0)5223/503-102  
E-Mail: romana.bohm@trm.at

## Fernwärmeleitung mit Seewasser aus dem Genfersee in La Tour-de-Peilz (CH)

Von Vincent Voyame und Andreas Schütz

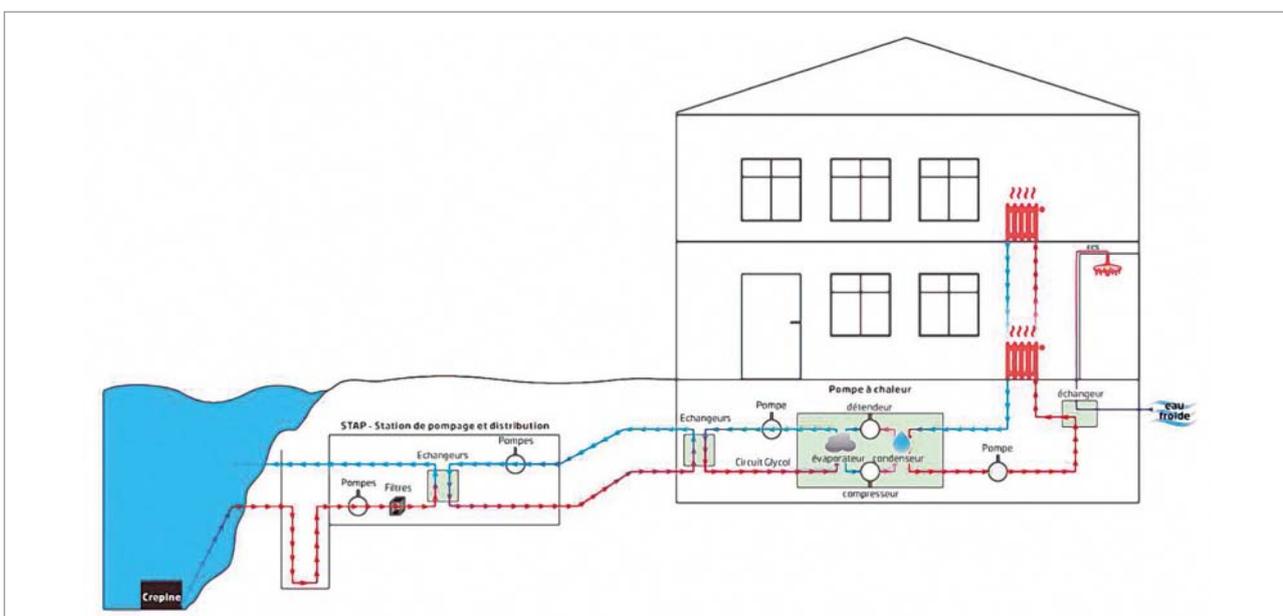
### 1 Einleitung

Mit den Zielen einer nachhaltigen Energieversorgung und einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird die Nutzung von Wärme oder Kälte aus Seen zunehmend attraktiv. In der Schweiz stammen noch immer rund 65 % der Energie für das Heizen von Gebäuden aus nicht erneuerbaren fossilen Energieträgern. Da gerade an den größeren Seen wie Bodensee, Zürich-, Vierwaldstätter- oder Genfersee auch größere Ortschaften liegen, drängt sich die Nutzung des riesigen Wärmepotenzials der tiefen Seen am Alpenrand auf. Einzelne Anlagen sind schon in Betrieb, so in Zürich, Lausanne oder St. Moritz. Doch sind die bisher genutzten Wärmemengen klein. Zudem haben ältere Wärmepumpen oft schlechte Wirkungsgrade. Das heißt, für den Gewinn von Nutzwärme

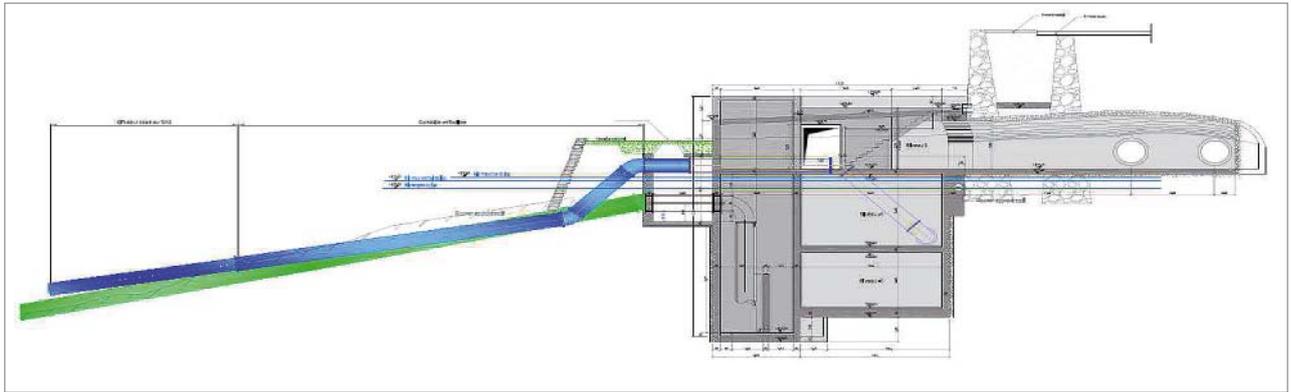
wird zu viel Antriebsenergie eingesetzt – zumeist Strom, bei größeren Anlagen auch über Verbrennungsmotoren.

### 2 Projekt Fernwärmenetz CAD LA TOUR-DE-PEILZ

Das Projekt Fernwärmenetz CAD LA TOUR-DE-PEILZ hat zum Ziel, mit der Energie des Wassers aus dem Genfersee im Endausbau den Bedarf an Heizwärme und Warmwasser von rund 3.000 Haushalten zu decken. Die Technologie dieser Fernheizanlage kombiniert Pumpstationen mit einem Rohrleitungsnetz und individuellen Wärmepumpen (**Bild 1**), wodurch die Energie des Wassers aus dem Genfersee genutzt werden kann. Das Wasser wird 500 m vom Seeufer entfernt und in



**Bild 1:**  
Prinzip der Wärmetauscher



**Bild 2:**  
Entnahme des Wassers in 500 m Distanz vom Seeufer in 70 m Tiefe

70 m Tiefe angesaugt, wo die Temperatur stabil ist (**Bild 2**). Mit einer Temperatur von 6 °C gelangt es in den Pumpenkreislauf und gibt 3 K an das Verteilnetz zwischen der Pumpstation und den angeschlossenen Gebäuden ab. Durch den Wechsel von Kompression und Expansion nutzen die Hochleistungswärmepumpen bei den Verbrauchern die im See aufgenommene Energie zum Heizen und zur Produktion von Brauchwarmwasser.

### 3 Großes Erweiterungspotenzial

Bis Ende 2015 werden rund 15 Gebäude an CAD LA TOUR-DE-PEILZ angeschlossen sein. Das Netz ist so ausgelegt, dass es im Laufe der Jahre mit dem zunehmenden Bedarf seiner Kunden mitwächst, um zu guter Letzt mehr als 300 Gebäude zu versorgen. Bei kompletter Ausschöpfung des Potenzials wird die Pumpstation einen Wasserdurchfluss von 3.600 m<sup>3</sup>/h bewältigen und damit die Produktion von 35.000.000 kWh/a ermöglichen. Das entspricht dem mittleren Verbrauch von 3.000 Haushalten. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien wird die Anlage den Ausstoß von 10.000 t CO<sub>2</sub>/a vermeiden. Mit einer Investition von 23,5 Mio. CHF für die erste Etappe wird CAD LA TOUR-DE-PEILZ eines der größten Fernheizwerke Europas mit dieser Technologie sein. Die wesentlichen technischen Daten der Anlage sind:

- Angeschlossene Gebäude: ~ 300
- Länge des Netzes: 15 km
- Wassermenge aus dem See: 3.600 m<sup>3</sup>/h
- Angeschlossene Leistung: 18.500 kW
- Produzierte Energie: ~ 35.000.000 kWh/a
- Äquivalente Energiemenge in Heizöl:  
~ 3.745.000 L Heizöl/a
- CO<sub>2</sub>-Reduktion: ~ 10.000 t CO<sub>2</sub>/a

### 4 Lösung mit energieeffizienten vonRoll-Gussrohren

Für den Bau einer Fernwärmeleitung sind hohe Betriebssicherheit, wirtschaftlicher Betrieb und eine lange Lebensdauer der Rohrleitung entscheidende Kriterien bei der Auswahl eines geeigneten Rohrleitungssystems. Das Gussrohr vonRoll DUCPUR mit dem bewährten Schubsicherungssystem vonRoll HYDROTIGHT erfüllt diese hohen Anforderungen und wurde deshalb von der Projektleitung favorisiert. Das mit Polyurethan ausgekleidete Rohr, welches nach den Normen EN 545 [1] und EN 15655 [2] produziert wird, weist eine Wandrauheit von  $k < 0,01$  mm auf und wird somit im Betrieb als hydraulisch glatt bezeichnet. Dies ist eine Voraussetzung für minimale Druckverluste. Zudem ist der hydraulische Querschnitt des Rohres wegen der dünnen PUR-Beschichtung vergleichsweise groß. Damit ist dieses Rohr prädestiniert für den Pumpbetrieb, bei dem ein hoher energetischer Wirkungsgrad entscheidend ist, da er direkt die Betriebskosten der Anlage beeinflusst. Im Projekt wurden Rohre der Nennweiten DN 200 bis DN 700 eingesetzt.

Die Fernwärmeleitung ist ein geschlossenes Kreislaufsystem, bestehend aus Doppelleitungen für den Vor- und Rücklauf mit Einlauf- und Auslaufleitungen zu den Wärmetauschern in den Gebäuden. Die Zugänge und Abgänge der Gebäudeanschlüsse wurden jeweils mit Absperrschiebern versehen.

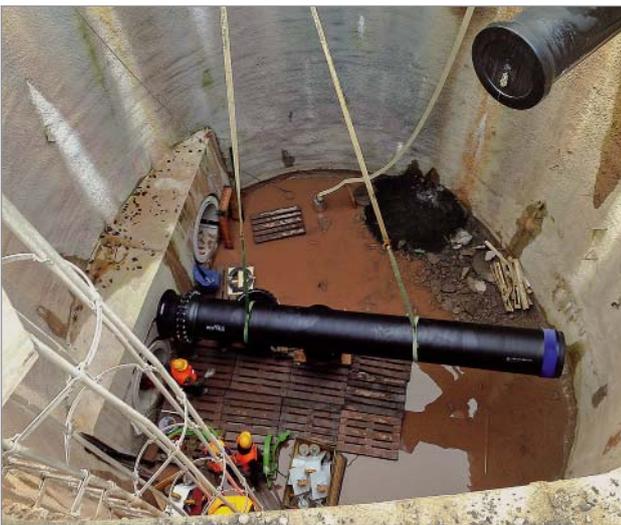
Da das ganze System einige Kilometer lang ist, kamen in den Hauptleitungen auch mit Epoxidharz-Pulver beschichtete Strecken-Absperrklappen (**Bild 3**) bzw. Strecken-Schieber zum Einsatz.



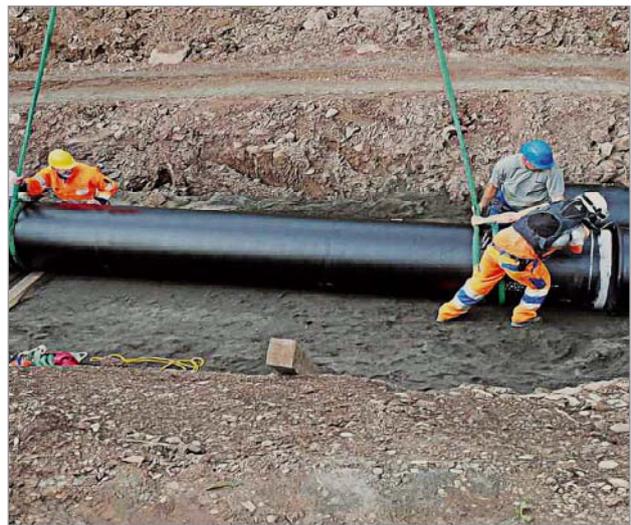
**Bild 3:**  
Bereits montierte vonRoll-Absperrklappen DN 400



**Bild 5:**  
Doppelleitung DN 700 mit außenliegender Schubsicherung (Fig. 2806)



**Bild 4:**  
Für den Einzug vorbereitetes DUCPUR-Rohr DN 700 (Microtunnel aus Beton)



**Bild 6:**  
Die duktilen Gussrohre vonRoll DUCPUR mussten zum Teil per Helikopter installiert werden

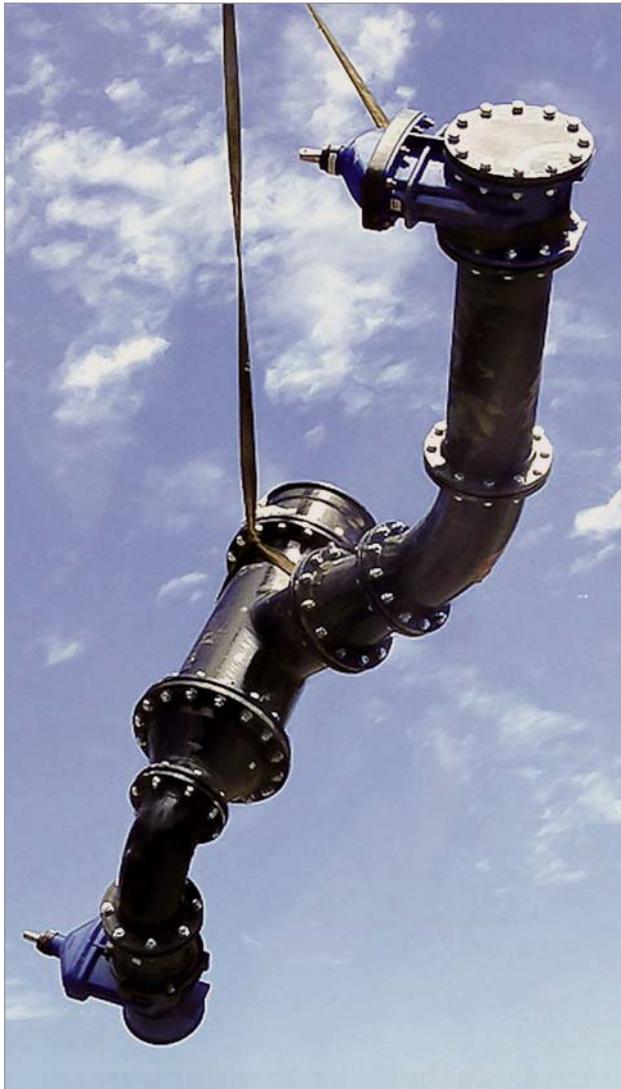
Die Leitungstrasse war wegen der teilweise engen Platzverhältnisse sehr anspruchsvoll. So musste nach der Wasserentnahmestelle am Ufer des Sees unmittelbar hinter der Pumpstation die Bahnlinie im Microtunneling-Verfahren unterquert werden. Die längskraftschlüssig gesicherten DUCPUR-Rohre DN 700 wurden in einem 8 m tiefen Schacht mittels Gleitrollen in die beiden Tunnel eingezogen (**Bild 4**).

Im konventionellen, offenen Einbauverfahren wurde die Grabenbreite für die Doppelleitungen (**Bild 5**) so optimiert, dass ihr Einbau mit einem Einbaugerät möglich war. Wegen der teilweise eingeschränkten Zugänglichkeit der Leitungstrasse musste für Transport und Einbau

der Rohre sowie von Baugruppen an besonders exponierten Stellen ein Helikopter eingesetzt werden (**Bilder 6 und 7**).

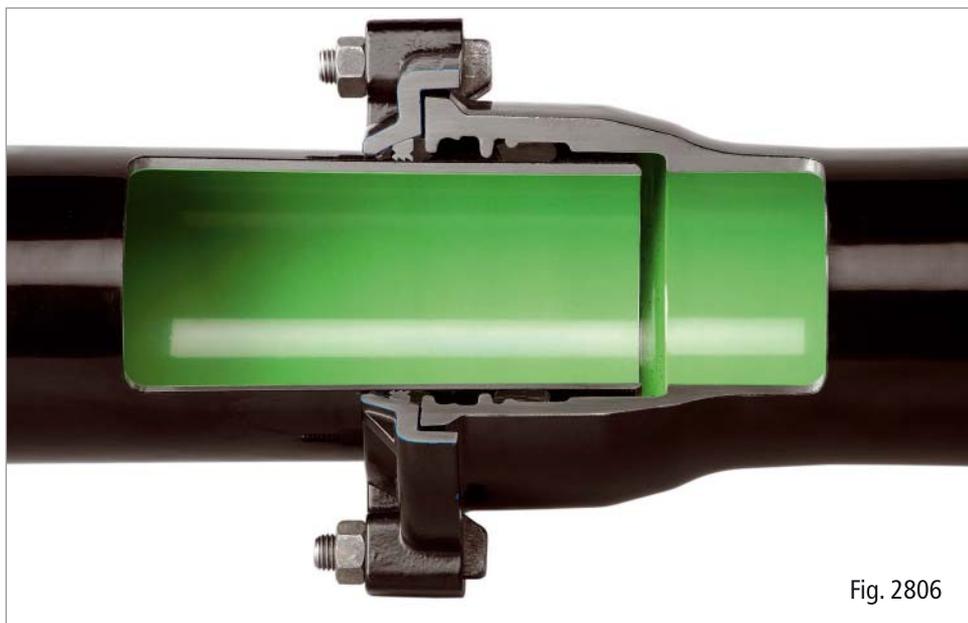
## 5 Streustromgefahr bei der Unterquerung einer Bahnlinie

Im Rahmen des Projektes unterquert die Transportleitung eine Bahnlinie. Im Einflussbereich von Gleichstrombahnen sind metallische Strukturen im Erdboden durch Streuströme gefährdet. Diese Streuströme entstehen durch den Rückstrom zwischen Antriebswagen und Speisegleichrichter, der in den Schienen einen Längsspannungsabfall erzeugt. Diese Streuströme können ein längsleitfähiges Rohrsystem



**Bild 7:**  
Mit dem Helikopter eingeflogene vormontierte  
Seitenanschlüsse mit Schiebern

erheblich gefährden, d. h., wenn der elektrische Widerstand einer Verbindung zwischen zwei Rohren gering ist. Die wirksame Unterbrechung der elektrischen Längsleitfähigkeit von Rohr zu Rohr bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen mit porenfreien Umhüllungen ist deshalb bei diesen Randbedingungen ein wichtiger Aspekt für das Ziel einer möglichst langen Lebensdauer. Die neue SVGW-Richtlinie W4-3 [3] empfiehlt, duktile Gussrohre mit verstärkter Umhüllung zu verwenden oder je nach Außenschutzsystem einen zusätzlichen Schutz durch elektrisch isolierende Muffenverbindungen einzusetzen. Auch der im Aqua und Gas N° 06 erschienene Fachbericht der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz (SGK) über Korrosionsschutzkonzepte an Wasserleitungen [4] greift dieses Thema auf. Potenzialdifferenzen durch unterschiedliche Bodenbeschaffenheiten führen zwangsläufig zu einem Stromfluss und damit zu einem beschleunigten Korrosionsabtrag an ungenügend geschützten Metallstrukturen. Durch die Verwendung von porenfrei umhüllten Gussrohren mit elektrisch isolierenden Muffenverbindungen zur Unterbrechung der Längsleitfähigkeit wird die Möglichkeit zur Bildung von galvanischen Elementen stark verringert. In einer drei Monate dauernden Testreihe der SGK wurde die elektrische Längsleitfähigkeit von schubgesicherten Guss-Rohrsystemen messtechnisch erfasst. Mit ihren hohen Widerstandswerten sind die vonRoll-Rohrsysteme in der Lage, mögliche Streuströme begrenzen zu können [4]. In den **Bildern 8 und 9** sind die Konstruktionen im Schnitt dargestellt.



**Bild 8:**  
Außenliegende  
Schubsicherung  
vonRoll HYDROTIGHT  
mit hohem elektrischen  
Widerstand zur Verrin-  
gerung der elektrischen  
Längsleitfähigkeit



**Bild 9:**  
Innenliegende  
Schubsicherung  
vonRoll HYDROTIGHT  
mit hohem elektrischem  
Widerstand zur Verrin-  
gerung der elektrischen  
Längsleitfähigkeit

## 6 Fazit

Die porenfreie und glatte PUR-Auskleidung und der große hydraulische Querschnitt bewirken eine hohe hydraulische Leistungsfähigkeit für den Transport des Seewassers, wodurch sich der Energieverbrauch der eingesetzten Pumpen signifikant reduziert. Zusammen mit der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung vonRoll HYDROTIGHT mit hohem elektrischem Widerstand ist das System mit der porenfreien PUR-Umhüllung wirkungsvoll vor galvanischer Korrosion und Streuströmen geschützt – eine sichere Investition in die Zukunft.

## Literatur

- [1] EN 545: 2010
- [2] EN 15655: 2009
- [3] SVGW-Richtlinie W4-3: 2013
- [4] Aqua & Gas N° 06  
Galvanische Elemente:  
Ihre Gefahren und mögliche Schutz-  
maßnahmen an Wasserleitungen  
2013, S. 34 ff

## Autoren

Dipl.-Ing. Vincent Voyame  
vonRoll hydro (suisse) ag  
Von Roll-Strasse 24  
4702 Oensingen/Schweiz  
Telefon: +41 (0)62/38812-20  
E-Mail: vincent.voyame@vonroll-hydro.ch

Dipl.-Ing. Andreas Schütz  
vonRoll hydro (suisse) ag  
Von Roll-Strasse 24  
4702 Oensingen/Schweiz  
Telefon: +41 (0)62/38812-38  
E-Mail: andreas.schuetz@vonroll-hydro.ch

## Bauherr

Groupe E SA  
Route de Morat 135  
1763 Granges-Paccot/Schweiz  
Telefon: +41 (0)26/3525121  
E-Mail: info@groupe-e.ch

## Baufirma

YERLY INSTALLATIONS SA  
Z.I. In Riaux 35  
1728 Rossens/Schweiz  
Telefon: +41 (0)26/4260070  
E-Mail: yerly@yholing.ch

## Planung von Leitungen aus wärme gedämmten Gussrohren (WKG)

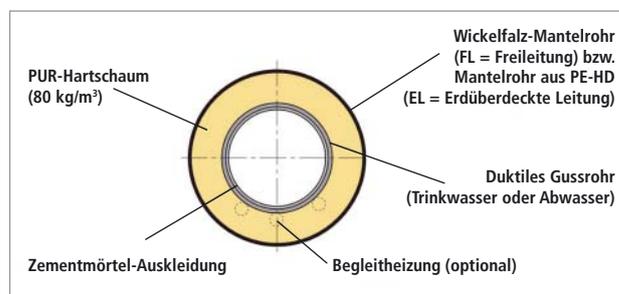
Von Stephan Hobohm und Karl-Wilhelm Römer

### 1 Einleitung

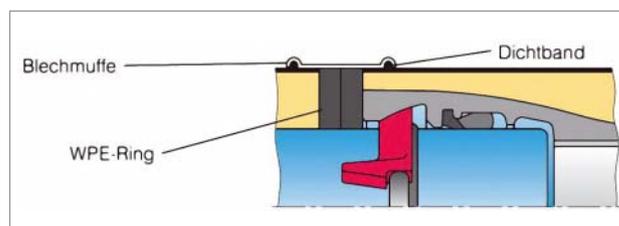
Duktile Gussrohre mit werkseitiger Wärme dämmung gibt es unter der Bezeichnung WKG (**W**ärme-**k**ompensierendes **G**ussrohr) bereits seit Mitte der 1980er Jahre. Es gab anfänglich auch Bestrebungen, diese als Frostschutzsystem für freiliegende Wasserleitungen entwickelten Rohre in Fernwärmeleitungen einzusetzen [1]. In diesem Markt setzten sie sich, trotz der unbestrittenen technischen Vorteile, nicht durch. Im Gegensatz dazu erfreut sich das WKG-System als Frostschutz zunehmender Beliebtheit. Dies liegt vor allem an der recht einfachen Planbarkeit, Handhabung und der überdurchschnittlichen Wirtschaftlichkeit.

### 2 Aufbau des Systems

Beim WKG-Rohr-System handelt es sich um Muffenrohre und -formstücke (MMK, MMQ, MMB) aus duktilem Gusseisen nach EN 545 [2] (Wasser) bzw. EN 598 [3] (Abwasser). Die Rohre und Formstücke sind mit einer Wärme dämmung aus FCKW-freiem Polyurethan (PUR)-Hartschaum mit einer durchschnittlichen Gesamtrohrdichte von 60 bis 80 kg/m<sup>3</sup> umhüllt. Dieser Hartschaum wird bei Freileitungen durch ein Wickelfalz-Mantelrohr nach EN 1506 [4] aus verzinktem Stahlblech oder Edelstahl bzw. bei frostgefährdeten erdüberdeckten Leitungen durch ein Mantelrohr aus PE-HD nach EN 253 [5] gegen äußere Einflüsse geschützt (**Bild 1**). Im Bereich der Steckmuffen-Verbindung wird der vorhandene Spalt mit einem geschlitzten Ring oder einer Wickelbandage aus Weichpolyethylen (WPE) ausgefüllt und mit einer Blechmuffe beim Wickelfalz-Mantelrohr bzw. mit einer PE-Schrumpfbandage bei erdüberdeckten Leitungen abgedeckt (**Bild 2**).



**Bild 1:**  
Querschnitt des WKG-Systems



**Bild 2:**  
Nachisolierung einer WKG-Leitung mit Wickelfalzrohren

### 3 Wirkungsweise

Durch die Dämmung wird der Wärmeverlust des transportierten Mediums gebremst. So können auch längere Stagnationszeiten, vor allem bei kleineren Durchmessern, ohne ein Zufrieren der Leitung überbrückt werden. Die genauen Zeiträume hängen im Wesentlichen von der Umgebungstemperatur, der Wassertemperatur und der Dämmschichtdicke ab. **Tabelle 1** gibt eine erste Übersicht über die möglichen Stagnationszeiten. Dabei ist zu beachten, dass sich die genannten Zeiten auf eine Ausgangstemperatur des Mediums von + 8 °C beziehen. Hinweis: Eine Halbierung der Ausgangstemperatur zieht auch eine annähernde Halbierung der möglichen Stagnationszeiten nach sich.

**Tabelle 1:**

Mögliche Stagnationszeiten in einer Freileitung bei Vollfüllung – Ausgangstemperatur 8 °C

Mediumrohr DN	Dämmdicke $s_d$ [mm]	Außentemperatur – 20 °C		Außentemperatur – 30 °C	
		bis 0 °C [h]	bis 25 % Eis [h]	bis 0 °C [h]	bis 25 % Eis [h]
80	41,0	10	21	7	14
100	41,0	12	28	9	19
125	40,5	16	39	11	26
150	40,0	20	49	14	32
200	46,5	31	80	22	53
250	63,0	51	135	36	90
300	62,0	62	167	44	111
400	65,5	89	241	63	161
500	89,0	150	410	106	273
600	82,5	172	472	120	315
700	81,0	199	> 500	140	366
800	79,0	224		157	415

**Tabelle 2:**

Mögliche Stagnationszeiten in einer erdüberdeckten Leitung bei Vollfüllung – Ausgangstemperatur 8 °C

Mediumrohr DN	Dämmdicke $s_d$ [mm]	max. Frosttiefe 1,4 m			
		Deckung 0,3 m		Deckung 0,5 m	
		bis 0 °C [h]	bis 25 % Eis [h]	bis 0 °C [h]	bis 25 % Eis [h]
80	41,0	24	68	32	102
100	41,0	31	94	41	142
125	40,5	40	130	53	196
150	40,0	49	169	64	254
200	46,5	76	292	100	440
250	63,0	125	> 500	164	> 500
300	62,0	151		199	
400	65,5	214		282	
500	89,0	447		> 500	
600	82,5	> 500		> 500	
700	81,0				
800	79,0				

Geringere Ausgangstemperaturen des Mediums verringern also die möglichen Stagnationszeiten. Im Gegenzug können eine größere Schichtdicke der Wärmedämmung oder höhere Außentemperaturen die mögliche Stagnationszeit verlängern. Sollten die möglichen Stillstandszeiten trotzdem nicht ausreichen, so können WKG-Rohre mit integrierter Begleitheizung eingesetzt werden. Durch den Einbau von Heizkabeln zwischen Rohr und Wärmedämmung kann der Wärmeverlust soweit ausgeglichen werden, dass ein Abfall der Medientemperatur vermieden wird.

Wie **Tabelle 2** zeigt, ist die Gefahr des Zufrierens bei einer erdüberdeckten Leitung wesentlich geringer. Die möglichen Stagnationszeiten sind hier um ein Vielfaches höher als bei einer Freileitung.

## 4 Planung

Bei der Auslegung einer WKG-Leitung sind u.a. die folgenden Faktoren zu berücksichtigen:

### 4.1 Art des Mediums

Das WKG-System ist für Trink-, Roh- und Abwasserleitungen geeignet, aber auch für Feuerlösch- und Prozesswasserleitungen. Entsprechend sind die Auskleidungen auszuwählen (Mörtel auf Basis von Hochofen-Zement für Trinkwasser-, Rohwasser- und Feuerlöschleitungen; Tonerde-Zement für Abwasser; ggf. auch für Rohwasser, Spezialauskleidungen für sonstige Anwendungsfälle). Medium und Ausgangstemperatur beeinflussen die erzielbaren Stagnationszeiten: Sind die Ausgangstemperaturen höher oder gleich + 8 °C, so können die **Tabellen 1 und 2** angewendet werden – die angegebenen Stagnationszeiten liegen auf der sicheren Seite. Im Fall niedrigerer Temperaturen sollten separate Betrachtungen angestellt werden. Als Faustregel gilt: halbe Ausgangstemperatur = halbe mögliche Stagnationszeit. Genauere Berechnungen können von den technischen Abteilungen der Gussrohrhersteller vorgenommen werden. Bei Trinkwasserleitungen kann das WKG-System genutzt werden, um in den Sommermonaten einen unzulässigen Temperaturanstieg zu vermeiden.

### 4.2 Lage der Leitung

Hierbei ist zwischen erdüberdeckter und frei eingebauter Leitung (oberirdische Leitung, z. B. Brückenleitung) zu unterscheiden. **Tabelle 1** zeigt die möglichen Stagnationszeiten für eine Freileitung. Der Temperaturverlust wird hier nicht nur von sehr tiefen Außentemperaturen, sondern auch vom Wind verursacht. Erdüberdeckte Leitungen im nicht frostfreien Bereich sind dagegen wesentlich weniger gefährdet, denn hier wirkt das Erdreich isolierend (**Tabelle 2**). Kann ein Zufrieren der Leitung nicht ausgeschlossen werden (Überschreitung der möglichen Stagnationszeiten), kommt als erste Überlegung eine Vergrößerung der Dämmschichtdicke und somit des Außendurchmessers in Betracht.

### 4.3 Außendurchmesser

In den Katalogen der Gussrohrhersteller sind meist die standardmäßigen Außendurchmesser  $D_a$  der WKG-Rohre angegeben (**Tabelle 3**). Die Außendurchmesser der Mantelrohre können jedoch in Abhängigkeit von der Verbindungsart des Rohres oder Formstücke variieren (**Bild 3**). Unterschiede gibt es zum Beispiel in den Nennweiten DN 80 bis DN 150 zwischen WKG-Rohren mit TYTON® - oder BLS® - Steckmuffen-Verbindung. Bei der Auslegung einer Mauerdurchführung oder der Schellengröße einer Abhängung sind diese Unterschiede unbedingt zu berücksichtigen.

**Tabelle 3:**

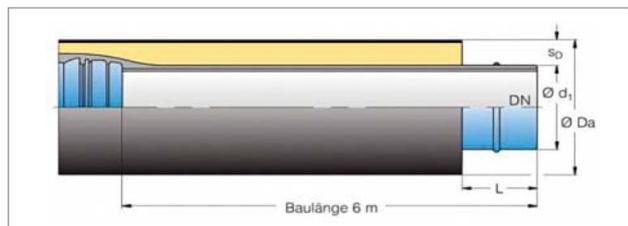
Technische Daten eines WKG-Rohres mit BLS® - Steckmuffen-Verbindung

DN	Maße [mm]				Masse [kg] ~ <sup>1)</sup>	
	$\varnothing D_a$	$\varnothing d_1$	L	$s_b$	FL-Rohr	EL-Rohr
80	180	98	207	41,0	121	110
100	225	118	215	53,5	149	140
125	250	144	223	53,0	180	171
150	280	170	230	55,0	212	204
200	355	222	240	66,5	300	288
250	400	274	265	63,0	383	378
300	450	326	270	62,0	476	471
400	560	429	290	65,5	705	715
500	710	532	300	89,0	986	1.003
600	800	635	280	82,5	1.266	1.314
700	900	738	302	81,0	1.632	1.698
800	1.000	842	314	79,0	2.004	2.082

<sup>1)</sup> Gesamtmasse, andere Nennweiten, Dämmschichtdicken und Begleitheizung auf Anfrage.

**Tabelle 4:**  
Mögliche Außendurchmesser von WKG-Rohren

Mögliche Nenn-Außendurchmesser von WKG-Mantelrohren in mm																
180	200	225	250	280	310	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1.000	1.100



**Bild 3:**  
Abhängigkeit des Außendurchmessers  $D_a$  eines WKG-Rohres von der Art der Steckmuffen-Verbindung

Je nach den äußeren Bedingungen und der erforderlichen Stagnationszeit können die Außendurchmesser der Mantelrohre und somit die Dämmschichtdicke schrittweise vergrößert werden. Die möglichen Außendurchmesser entsprechen dabei der EN 1506 [4] bzw. der EN 253 [5]. Eine Auswahl möglicher Nenn-Außendurchmesser von WKG-Mantelrohren zeigt **Tabelle 4**. Bei der Auswahl des Mantelrohrdurchmessers ist der Außendurchmesser der Muffen zu berücksichtigen. Die Anwendungstechniker des Gussrohrherstellers helfen bei der Festlegung von längeren Stagnationszeiten.

#### 4.4 Heizung

Kann aus Platzgründen der Außendurchmesser nicht vergrößert werden, muss über die Integration einer Begleitheizung nachgedacht werden. Sie ist zwingend in der Planungsphase zu berücksichtigen. Eine spätere, nachträgliche Installation von Heizkabeln ist nicht möglich.

Für eine Begleitheizung werden bis zu drei selbstregulierende Heizkabel auf das Medienrohr geklebt und anschließend gemeinsam im Mantelrohr eingeschäumt. Die Kabel schauen an den Enden der Wärmedämmung etwa 15 cm bis 20 cm heraus und werden später, nach der Rohrmontage, durch Pressverbinder und Schrumpfmuffen miteinander verbunden. Je nach Leistungsaufnahme (gewöhnlich zwischen 10 W/m bis 30 W/m) und elektrischer Absicherung kann pro Kabel eine Heizkreislänge von 50 m bis 150 m erzielt werden.

Für die Steuerung der Heizkabel stehen Lösungen verschiedener Preisklassen zur Verfügung. Neben einer einfachen Steuerung über Thermostate mit großen Toleranzen und wenigen Einstell-, Fernwirk- oder Überwachungsmöglichkeiten stehen auch aufwändigere Steuerungssysteme zur Auswahl (z. B. Fabrikate Bartec oder Raychem). Damit können teilweise mehrere Heizkreise gesteuert, Min- und Max-Temperaturen festgelegt und Alarme übermittelt werden. Solche hochwertigen Steuerungen verfügen darüber hinaus über externe Thermostate, welche die Temperatur direkt am Rohr abgreifen können und dadurch sehr genau und energiesparend arbeiten.

Für eine optimale Auslegung von Begleitheizung und Steuerung sollte bereits während der Planung die technische Beratung der Gussrohrhersteller in Anspruch genommen werden.

#### 4.5 Material des äußeren Mantels

Je nachdem, ob eine Freileitung (**Bild 4**) oder eine erdüberdeckte Leitung (**Bild 5**) geplant wird, ist der Mantel der Wärmedämmung zu wählen. Zur Verfügung stehen:

- Wickelfalzblech aus verzinktem Stahl,
- Wickelfalzblech aus Edelstahl (1.4571 - V4A),
- PE-Außenmantel (schwarz),
- Sonderlösungen mit Stahlrohr.



**Bild 4:**  
Freileitung mit Wickelfalzblech aus Edelstahl



**Bild 5:**  
Rohre für den Erdeinbau mit PE-Außenmantel



**Bild 6:**  
Auflagerabstand = Rohrlänge = 6 m



**Bild 7:**  
Auflager links und rechts von einem Formstück

Für Freileitungen, z. B. an oder unter Brücken, werden meist Wickelfalzrohre eingesetzt. Gründe hierfür sind vor allem eine gute optische Erscheinung, eine hervorragende UV-Beständigkeit und wegen der reflektierenden Oberfläche eine geringe Aufheizung durch Sonnenstrahlung im Sommer.

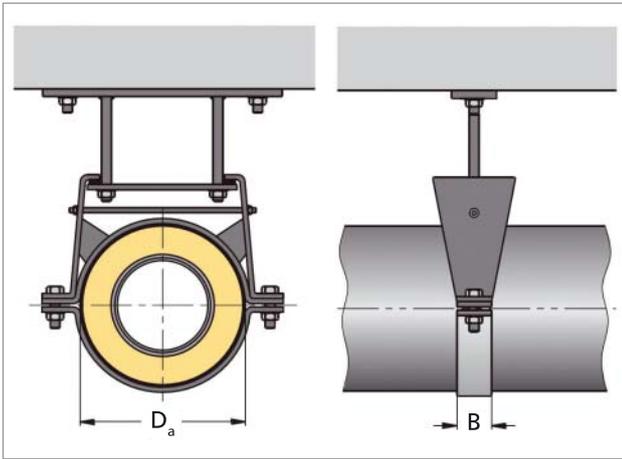
WKG-Rohre mit PE-HD-Mantel werden dagegen vorzugsweise für erdüberdeckte Leitungen in nicht frostfreien Bereichen eingesetzt. Die eingesetzten Bettungsmaterialien müssen hinsichtlich ihrer Korngrößen dem Anhang G des DVGW-Arbeitsblattes W 400-2 [6] entsprechen. Neben den genannten herkömmlichen Mantelrohrarten können auch alternative Mantelwerkstoffe, wie zum Beispiel Stahlrohre, eingesetzt werden. Dies kann beispielsweise aus statischen Gründen bei sehr geringen Rohrdeckungen unter Verkehrsflächen notwendig werden.

#### 4.6 Rohrstatik

Bei geringen Erdüberdeckungshöhen  $< 0,5$  m unter Verkehrsflächen besteht das Risiko, dass sich das Mantelrohr und der PUR-Hartschaum verformen. Zur Vermeidung von Setzungen stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

- Mantelrohr aus einem statisch tragendem Material (z. B. Stahlrohr),
- Lastverteilungsplatten über dem WKG-Rohr,
- selbsttragende Betonummantelung, z. B. gemäß DWA-Arbeitsblatt A 139 [7].

Freileitungen werden mit Schellen abgehängt oder auf Traversen gelagert.



**Bild 8:**  
Schellendurchmesser  $D_a$  und Schellenbreite B



**Bild 9:**  
Gummizwischenlagen zwischen Wickelfalz-Mantelrohr und Gleitlager

**Tabelle 5:**  
Mindestschellenbreiten B [mm] bei einem Abstand von 6 m (Rohrlänge)

DN	80–125	150–200	250–300	400–500	600–700	800
B	100	150	200	300	400	450

#### 4.7 Abhängungen/Auflagerungen

Wegen der hohen Längssteifigkeit von Gussrohren reicht es gewöhnlich aus, nur ein Auflager pro Rohr vorzusehen (**Bild 6**). Es wird ungefähr 0,5 m bis 1 m hinter jeder Muffe angeordnet. Bei Formstücken (z. B. MMA-Stücke für Entlüftungen und Hydranten) ist jeweils links und rechts davon ein Auflager vorzusehen (**Bild 7**).

Die Breite der Auflager hängt von der Nennweite und somit vom Gewicht der Rohre ab. Je nach Hersteller werden geringfügig unterschiedliche minimale Schellenbreiten B (**Bild 8**) empfohlen. **Tabelle 5** gibt einen Überblick über mögliche Schellenbreiten B bei einem Abstand von 6 m (Rohrlänge). Bei geringeren Abständen kann die Schellenbreite geringer ausfallen.

Zur Vermeidung von mechanischen Beschädigungen am Wickelfalz-Mantelrohr und möglichen Potentialunterschieden zwischen Mantelrohr und Schelle sind Gummizwischenlagen vorzusehen. Die Materialdicke des Gummis beträgt gewöhnlich etwa 5 mm (**Bild 9**).

Die Auflagerkonstruktionen bzw. Abhängungen spielen eine zentrale Rolle bei der Auslegung von Freileitungen. Hierbei wird unterschieden zwischen:

- Gleitlager,
- Festlager,
- Fixpunkt.

Die Wahl dieser Möglichkeiten hängt von der Verbindungsart des Rohrsystems und der Konstruktion der Brücke ab. Grundsätzlich bietet es sich an, Gleitlager zu verwenden und somit die Rohrleitung von den Bewegungen der Brücke oder des jeweiligen Bauwerkes zu entkoppeln. Brücken werden sich unter thermischen Einflüssen stärker ausdehnen oder zusammenziehen als ständig mit Wasser gefüllte und noch dazu gedämmte WKG-Leitungen. Um ungewollte Bewegungen des beweglichen Rohrstranges (z. B. durch Druckstöße) zu vermeiden, ist im Leitungsverlauf mindestens ein Fixpunkt vorzusehen, dessen Lage möglichst mit der des Brückenfixpunkts übereinstimmen sollte. Die Kombination aus Fixpunkt und Gleitlagern setzt allerdings die Verwendung von formschlüssig verbundenen Rohren und Formstücken (z. B. BLS® - Steckmuffen-Verbindung) voraus.

Bei Verwendung von nicht längskraftschlüssigen Verbindungen wie der TYTON® - Steckmuffen-Verbindung sind Festlager an jedem Rohr auszuführen. Die Rohre sind somit an

das Bauwerk gekoppelt und übernehmen alle Bewegungen. Diese Bewegungen sind bei der Auslegung und Montage der Steckmuffen-Verbindungen zu berücksichtigen.

#### 4.8 Verbindungsarten

Duktile Gussrohre und Formstücke werden mit verschiedenen Verbindungsarten angeboten. Diese unterscheiden sich in nicht längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen (z. B. TYTON®), in längskraftschlüssige reibschlüssige Steckmuffen-Verbindungen (z. B. BRS®) und längskraftschlüssige formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen (z. B. BLS®). Die beiden zuerst genannten Verbindungsarten sollten nach Möglichkeit ausschließlich bei erdüberdeckten Leitungen zur Anwendung kommen. Der Einsatz solcher Verbindungen in Freileitungen sollte vermieden und nur in vorher mit dem Hersteller abgestimmten Ausnahmefällen erwogen werden. Für nicht erdüberdeckte Druckleitungen (z. B. an Brücken, Traversen oder in Gebäuden) ist dringend zu einer formschlüssigen Steckmuffen-Verbindung, wie z. B. die BLS® - Steckmuffen-Verbindung, zu raten.

#### 4.9 Sonstiges

Zusätzlich zu den bereits genannten Faktoren sind in der Planung noch die folgenden Punkte zu berücksichtigen:

- Werkseitig können ausschließlich Formstücke mit allseitigen Muffen isoliert werden. Flanschen-Formstücke oder -Rohre müssen bauseitig nachisoliert werden. Im Fall einer Begleitheizung sollte hierfür eine entsprechende Menge an zusätzlichen Heizkabeln und Verbindungssets eingeplant werden.
- Wickelfalzrohre können mit Innen- oder Außenfalz hergestellt werden. Standard ist der Außenfalz. Falls wegen einer glatten Außenkontur ein Innenfalz gewünscht wird, muss dies bei Planung und Bestellung berücksichtigt werden.
- Mit Brückenleitungen sind in den meisten Fällen Hochpunkte im Leitungsverlauf verbunden. Gemäß DVGW-Merkblatt W 334 [8] sind hier unter Umständen Be- bzw. Entlüftungsmöglichkeiten zu schaffen. Um eine Schnittstelle zu einem geeigneten Ventil zu bekommen, können entweder Abzweigformstücke, wie z. B. MMA-Stücke (**Bild 7**) oder werkseitig in das Rohr integrierte 1" bis 2"-IG-Abgänge mit Absperrmöglichkeit vorgesehen werden (**Bild 10**).

Abzweigformstücke müssen bauseitig isoliert, die werkseitigen Abgänge bereits in der Planungsphase in ihrer Lage festgelegt werden.

- Kompensatoren sind bei wärmegeprägten Gussrohrleitungen nur in Ausnahmefällen notwendig. Das liegt vor allem an der sehr geringen thermischen Längenänderung, wegen des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Gusseisen von lediglich  $10 \cdot 10^{-6} \text{ m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Hinzu kommt der Umstand, dass die Wärmedämmung und die Füllung der Rohrleitung mit Wasser mögliche Temperaturschwankungen noch weiter verringern. Dennoch auftretende Längenänderungen werden durch Muffen und Abwinklungen in den Muffen von Bögen aufgenommen. Es können jedoch auch Betriebsbedingungen eintreten, die einen Kompensator notwendig machen. Denkbar sind längere Außerbetriebnahmen im Sommer oder Winter, wodurch sich die ausgleichende Wirkung des Durchflussmediums verringert.
- Mauer- und Wanddurchführungen werden gewöhnlich mit Ringraumdichtungen verschlossen. Beim Anziehen der Schrauben für die Verpressung der Dichtung ist ein Einbeulen des Rohrmantels zu vermeiden.
- An den Enden der wärmegeprägten Rohrleitung sind wärmeschumpfende Endkappen vorzusehen. Diese verschließen die Stirnseiten der Wärmedämmung und verhindern, dass Feuchtigkeit in den PUR-Schaum eindringt und die Wärmedämmeigenschaften beeinträchtigen.



**Bild 10:** Werkseitig gedämmter 1,5"-IG-Abgang mit Absperrmöglichkeit und Entlüftungsventil mit Wärmedämmung

## 5 Bauausführung

Wärme gedämmte Gussrohre werden einzeln verpackt, also nicht als Rohrbündel, angeliefert. Sie sollten nicht mit Ketten oder sonstigen Anschlagmitteln entladen werden, die den Mantel einbeulen könnten. Vorzugsweise sind Anschlaghaken in der Muffe und im Einsteckende oder breite gummierte Gabeln zu verwenden. Sie sind auf mindestens 10 cm breiten Kanthölzern zu lagern, die nach Möglichkeit gepolstert sein sollten. Stapeln der Rohre ist zu vermeiden.

Die speziellen Montagegeräte können beim jeweiligen Rohrhersteller bezogen werden. Gurte zusammen mit Kettenzügen sind ebenfalls möglich. Ein Einbeulen des Mantels ist unbedingt zu vermeiden.

Wie bereits beschrieben, sind Wickelfalz-Mantelrohre primär für die Verwendung in oberirdischen Freileitungen konzipiert. Es lässt sich jedoch nicht immer vermeiden, diese Rohre in das Erdreich einzubinden. Eine typische Situation ist zum Beispiel die Durchdringung von Brückenwiderlagern. Hier ist es praktisch unumgänglich, dass der Wickelfalz im Erdreich endet. In einem solchen Fall ist es ratsam, den Wickelfalzmantel zusätzlich durch Schrumpfmuffen, Petrolatumbinden, Schutzbänder oder Vlies zu schützen.

Die Heizkabel einer Begleitheizung müssen in der Sohle des Rohres liegen. Muss ein solches Rohr geschnitten werden, ist besonderes Augenmerk darauf zu legen, diese Kabel nicht zu verletzen. Hinsichtlich des richtigen Schneidens von WKG-Rohren sind die Anleitungen der Rohrhersteller zu befolgen. Die Heizung ist durch einen Elektriker zu installieren.

Nach der Montage der Rohrleitung und gegebenenfalls der Verbindungssets der Heizkabel müssen noch die Muffenübergänge gedämmt werden. Hierzu werden von den Rohrherstellern passende Nachisolierungssets mitgeliefert. Sie bestehen aus Dämmmaterial und Blechmuffe oder Schrumpfmuffe. Auf keinen Fall sollte „Bauschaum“ oder Ähnliches zur nachträglichen Dämmung der Muffenübergänge verwendet werden.

## 6 Fazit

WKG-Rohrsysteme sind eine hervorragende Möglichkeit zum Bau wärme gedämmter Rohrleitungen. Werden bei Planung und Bau die oben angesprochenen Punkte berücksichtigt, steht einer schnellen und wirtschaftlichen Durchführung nichts im Wege. Wegen der Komplexität ist es aber durchaus angeraten, technische Unterstützung durch die Anwendungstechnik der Rohrhersteller anzufordern. Vor allem in Fragen der richtigen Verbindungsart im Zusammenspiel mit der Auslegung des optimalen Schellen- und Auflagersystems und der Notwendigkeit zur Dimensionierung einer Begleitheizung ist ein gewisser Erfahrungsschatz erforderlich.

### Literatur

- [1] Hein, H.  
GUSSROHR-TECHNIK,  
FGR-Heft 22 (1987), S. 51 ff  
Download: [www.eadips.org/jahreshefte-d/](http://www.eadips.org/jahreshefte-d/)
- [2] EN 545: 2010
- [3] EN 598: 2007+A1:2009
- [4] EN 1506: 2007
- [5] EN 253: 2009+A2:2015
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 400-2: 2004-09
- [7] DWA-Arbeitsblatt A 139: 2009-10
- [8] DVGW-Merkblatt W 334: 2007-10

### Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Hobohm  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Sophienstraße 52-54  
35576 Wetzlar/Deutschland  
Telefon: +49 (0)6441/49-1248  
E-Mail: [stephan.hobohm@duktus.com](mailto:stephan.hobohm@duktus.com)

Karl-Wilhelm Römer  
Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH  
Schweinsbühl, Kerbelweg 6  
34519 Diemelsee/Deutschland  
Telefon: +49 (0)5632/922252  
E-Mail: [Karl-Wilhelm.Roemer@duktus.com](mailto:Karl-Wilhelm.Roemer@duktus.com)

### Bildnachweis

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

### Layout und Gesamtherstellung

schneider.media

### Herausgeber und Copyright

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

### Redaktionsleitung

Dipl.-Ing. Raimund Moisa

### Redaktionsschluss

20. Januar 2016

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt.  
Belegexemplar erbeten.

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



Bild 1:  
QR-Code der EADIPS®/FGR® - Webseite

### 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 Webseiten, auf die in unserem Jahresheft verwiesen wird, unterliegen nicht unserer Kontrolle oder unserem Einfluss. Wir haften deshalb nicht für den Inhalt einer fremden Webseite, auf die in unserem Jahresheft lediglich pauschal verwiesen wird, und auch nicht für auf solchen fremden Webseiten enthaltene Verweise auf andere Webseiten.

### 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 EADIPS®/FGR®

---



vonRoll hydro (deutschland) gmbh



vonRoll hydro (suisse) ag

---

Logos der Fördermitglieder der EADIPS®/FGR®

---



Mitglied der Woco Gruppe





**EADIPS®**

**FGR®**

**European Association for  
Ductile Iron Pipe Systems**

**Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme**

