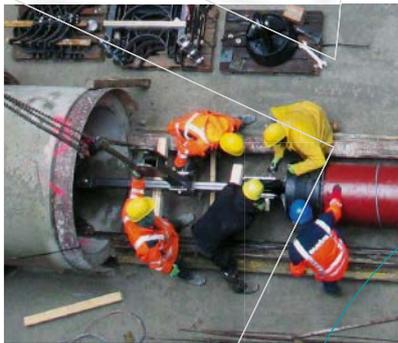
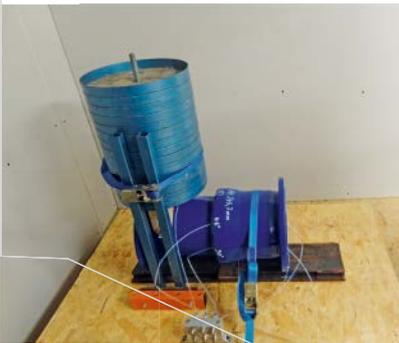


GUSS-ROHRSYSTEME

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

51



- 4 **Brief des Herausgebers/ Letter from the editor**
- 6 **Schnellübersicht/Abstracts**
- 11 **Regenwasserbewirtschaftung mit duktilen Gussrohren**
Das Schwammstadt-Prinzip –
vom Rohr-Boden- zum Boden-Rohr-System –
Lösungen mit duktilen Guss-Rohrsystemen
Von Christoph Bennerscheidt
- 17 **Einbau von duktilen Kanalrohren DN 500 und DN 600**
Duktile Gussrohre im Doppelpack um die Kurve gezogen
Von Lars Kolbig und Lutz Rau
- 22 **Wurzelfestigkeit von Steckmuffen-Verbindungen**
Wurzelfestigkeit von duktilen Guss-Rohrverbindungen
Von Christoph Bennerscheidt
- 33 **Korrosionsschutz mit Fusion Bonded Epoxy**
Fusion Bonded Epoxy Resicoat R4® schützt erdüberdeckte
Gusskomponenten seit über 25 Jahren vor Korrosion
Von Torsten Leitermann
- 38 **Armaturen und Formstücke mit Epoxidharz-Pulver-Beschichtung**
Landeshauptstadt von Sachsen-Anhalt setzt auf Armaturen und Formstücke
aus duktilem Gusseisen mit Epoxidharz-Pulver-Beschichtung
Von Sigmund Pionty und René Pehlke
- 41 **Absperrschieber INFINITY – DN 40 bis DN 600**
Die neue Generation eines weichdichtenden Schiebers
Von Matthias Müller
- 46 **Absperrklappen DN 800 und DN 1000**
Neubau einer UV-Desinfektionsanlage im Wasserwerk Menden-Halingen
der Wasserwerke Westfalen GmbH
Von Dietmar Hölting
- 48 **Absperrklappen DN 100 bis DN 1200**
Unser Antrieb für Innovation ist Optimierung
Von Ursula Ritter
- 53 **Elastomerdichtungen**
Elastomerdichtungen in Trinkwasseranwendungen
Von Rüdiger Werner und Harald Hager

- 57 **Löschwasserleitung DN 125 und DN 200**
Gesamtumfahrung Biel –
Löschwasserleitungen aus duktilem Gusseisen in den
Autobahntunneln Büttenberg und Längholz
Von Roger Saner
- 63 **Duktile Gussrohre DN 80 bis DN 600 für Beschneiungsanlagen**
Bergbahnen Westendorf –
schneller beschneien mit duktilen Gussrohren
Von Mario Ruggenthaler
- 67 **Hochdruckleitung DN 400**
Wasserkraftwerk Lago di Tomé –
Hochdruckleitung DN 400 für eine umweltfreundliche Stromproduktion
Von Roger Saner
- 72 **Duktile Gussrohre DN 900 und Sonderformstücke**
Kleinwasserkraftwerk Costeana –
duktiler Gussrohre als Problemlösung bei Erdbewegungen
Von Luca Frasson
- 75 **Kraftwerksleitung DN 1000**
Kraftwerksleitung für das Kraftwerk Bristen im Kanton Uri
Von Werner Volkart
- 79 **Impressum**
- 80 **Ordentliche Mitglieder**
Fördermitglieder
- 82 **Newsletter – Immer aktuell, immer informiert**
- 83 **Notizen**





Liebe Leserinnen und Leser,

die Veränderung, die der Klimawandel mit sich bringt, kann viele Gesichter haben. Einige stehen in den letzten Jahren immer stärker im Focus der öffentlichen Wahrnehmung. Sommerliche Starkregenereignisse und lang andauernde Hitzeperioden, mit ihren teilweise fatalen Folgen für das Leben in den Städten und Gemeinden, führen uns die Verwundbarkeit (Vulnerabilität) unserer urbanen Infrastrukturen vor Augen. Schneemangel in den Mittelgebirgen und in den Alpen zeigen uns auf, wie stark der winterliche Tourismus und somit die wirtschaftliche Grundlage ganzer Regionen vom Klimawandel beeinflusst werden kann. Auch vor diesen Hintergründen hat bereits im Oktober 2014 der Europäische Rat einen Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 beschlossen, um das langfristige Ziel einer Senkung der Treibhausgas-Emissionen der EU um 80% bis 95% bis 2050 in möglichst kostenwirksamer Weise zu erfüllen.

Vielleicht fragen Sie sich an dieser Stelle: Was haben der Klimawandel, die Minderung der Treibhausgas-Emissionen und Vulnerabilitäten urbaner Infrastrukturen mit duktilen Guss-Rohrsystemen zu tun? Einige Antworten auf diese Frage finden Sie im EADIPS®/FGR®-Jahresheft 51.

So wird bereits seit Jahren der Anteil an regenerativen Energieträgern in Form von Wasserkraftwerken in den Alpenregionen permanent ausgebaut. Hier tragen robuste und betriebssichere Kraftwerksleitungen aus Rohren, Formstücken und Armaturen mit formschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen aus duktilem Guss-eisen in Kleinwasserkraftwerken dazu bei, die

Treibhausgas-Emissionen zu verringern. Aber auch die Steigerung der Energieeffizienz in Wasserversorgungsnetzen durch den Einsatz von strömungsoptimierten Armaturen ist ein wichtiger Baustein bei der Verringerung der Treibhausgas-Emissionen.

Ein weiteres Einsatzgebiet duktiler Guss-Rohrsysteme sind die Leitungssysteme von Beschneiungsanlagen, die den winterlichen Tourismus auch in schneearmen Zeiten planbar machen. Damit die Vulnerabilitäten urbaner Infrastrukturen verringert werden können, bieten z. B. duktile Guss-Rohrsysteme mit ihren robusten und wurzelfesten Steckmuffen-Verbindungen die Möglichkeit, Speicherräume in Leitungsgräben zu schaffen. Die Funktion der Speicherräume in Leitungsgräben wird unter dem Begriff „Schwammstadtprinzip“ erläutert.

Lassen Sie sich inspirieren.

Es grüßt Sie herzlich
Ihr

Christoph Bennerscheid



**European Association for
Ductile Iron Pipe Systems**

Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme



Dear readers,

The change that climate change entails can have many faces. In the last few years, some have become more and more the focus of public perception. Summerly heavy rain events and long-lasting heat periods, with their partial fatal consequences for the life in the cities and communities, lead us to the vulnerability of our urban infrastructures. Lack of snow in the low mountain ranges and in the Alps shows how strongly the winter tourism and thus the economic basis of entire regions can be influenced by climate change. Against this background, in October 2014, the European Council adopted a framework for climate and energy policy by 2030 to meet the long-term goal of reducing greenhouse gas emissions by 80% to 95% by 2050 in the most cost-effective way possible.

Perhaps you are asking yourself: What do climate change, the reduction of greenhouse gas emissions and the vulnerability of urban infrastructure have to do with ductile cast iron pipe systems? You can find some answers to this question in this issue of the EADIPS®/FGR® annual journal."

For example, the share of renewable energy sources in the form of hydroelectric power stations in the Alpine regions has been steadily expanded for years. Robust and reliable power lines made of pipes, fittings and valves with restrained socket joints made of ductile cast iron in small-scale hydropower plants have been helping to reduce greenhouse gas emissions for years. But also the increase of energy efficiency in water supply networks through the use of flow-optimized valves is an important module in the reduction of greenhouse gas emissions.

Another area of application of ductile cast iron pipe systems are the piping systems of snow-making plants, which make winter tourism possible even during times with a lack of snow. In order to reduce the vulnerability of urban infrastructures, ductile cast-iron pipe systems with their robust and root-proof push-in joints offer the possibility of creating reservoirs in trenches. The function of reservoirs in trenches is explained under the term "sponge city principle".

Sincerely

Yours



Christoph Bennerscheidt



**European Association for
Ductile Iron Pipe Systems**

Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme

Das Schwammstadt-Prinzip – vom Rohr-Boden- zum Boden-Rohr-System – Lösungen mit duktilen Guss-Rohrsystemen

Christoph Bennerscheidt 11

In unseren Breiten macht sich der Klimawandel mit sommerlichen Überhitzungen und Starkregenereignissen zunehmend bemerkbar, zum Teil mit Katastrophen-Charakter. Wenn es gelänge, den unterirdischen Porenraum der Bettung von Abwasserkanälen als vorübergehenden Speicherraum für Regenfluten zu nutzen und dieses Wasser auch noch den Stadtbäumen zur Verdunstung verfügbar zu machen, dann würden gleich zwei Fliegen mit einer Klappe geschlagen. Voraussetzung für diese Abwasserkanäle sind mechanisch äußerst robuste Rohre, die eine Bettung aus scharfkantigem Grobmaterial von 100 mm Korngröße verkraften und eine wurzelfeste Verbindung besitzen. Duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) sind der Schlüssel zu dieser Lösung.

Duktile Gussrohre im Doppelpack um die Kurve gezogen

Lars Kolbig und Lutz Rau 17

Wenn in den bereits intensiv genutzten Tiefen unter unseren Metropolen weitere Infrastrukturen gebaut werden müssen, dann werden diese Projekte immer aufwändiger, komplexer und mutieren zu wirtschaftlich-technischen Schwergewichten. Der Anteil der Materialkosten am Gesamtprojekt wird dabei zunehmend geringer, während die Anforderungen an die Betriebssicherheit über extrem lange Nutzungsdauern steigen. Duktile Gussrohre sind erste Wahl, wenn es darum geht, eine komplizierte Abwasserüberleitung im Grundwasser unter immensen Zwängen der benachbarten Strukturen zu bauen. Spannende Lektüre, selbst noch für „alte Hasen“!

Wurzelfestigkeit von duktilen Guss-Rohrverbindungen

Christoph Bennerscheidt 22

Interaktion von Baumwurzeln mit der Leitungsinfrastruktur ist seit Jahrzehnten Diskussionsstoff zwischen den Leitungsbetreibern und den Grünflächenämtern. Ein Spezialfall ist der Wurzeleinwuchs in Rohrverbindungen, der im schlimmsten Fall mit einer verstopften oder

The sponge city principle – from pipe-soil-systems to soil-pipe-systems – solutions with ductile iron pipe systems

Christoph Bennerscheidt 11

In our latitudes, climate change is having an increasing impact with summer overheating and heavy rain events, sometimes with a catastrophic character. If the underground pore space of the bedding of sewers could be used as a transitional storage space for floods of rain and if this water could also be made available to city trees and hence evaporated, then this would be killing two birds with one stone. One precondition for these sewage systems is having pipes which are extremely mechanically robust, which can cope with a bedding consisting of sharp-edged coarse material with a grain size of 100 mm and which are root-proof. Ductile iron pipes with cement mortar coating are the key to this solution.

Twin-pack ductile iron pipes go round the bend

Lars Kolbig and Lutz Rau 17

When even more infrastructures have to be installed in the already intensively occupied depths beneath our large cities, then these projects become ever more expensive and complex and mutate into economic and technical heavyweights. The proportion of material costs to the project as a whole becomes increasingly lower, while the requirements for operational reliability over extremely long working lives increase. Ductile iron pipes are the first choice when it comes to building a complicated wastewater transport system in groundwater under immense constraints from adjacent structures. Exciting reading, even for old hands!

Root resistance of ductile iron pipe joints

Christoph Bennerscheidt 22

For decades now, the interaction between tree roots and piping infrastructure has been a matter for discussion between pipeline operators and those in charge of parks and gardens. A special case is the penetration of roots into pipe joints which, in the worst cases, ends up

undichten Leitung endet. War früher der Hydrotropismus das gängige Ursache-Wirkungsmodell, bei dem die Wurzel dem Wasser entgegenwächst, also eine bereits geringfügige Leckage benötigt, so ist nach den Forschungsergebnissen der letzten 15 Jahre die Verfügbarkeit von Sauerstoff bei zu geringem Anpressdruck des Dichtelements die wirkliche Ursache für den Wurzeleinwuchs. Daraus erwachsen konkrete Anforderungen an Steckmuffen-Verbindungen von Kanal- und Wasserrohren, die zunehmend in den Produktnormen ihren Niederschlag finden.

Fusion Bonded Epoxy Resicoat R4® schützt erdüberdeckte Gusskomponenten seit über 25 Jahren vor Korrosion

Torsten Leitermann 33

Die Entwicklung der Epoxidharz-Pulver-Beschichtung von Formstücken und Armaturen aus duktilem Gusseisen ist eine Erfolgsgeschichte, vor allem deswegen, weil von Anfang an konsequent auf Einhaltung höchster Anforderungen geachtet wurde. Der Beitrag fasst den neuesten Stand der Technik zusammen. Er reicht von der Polymerisationschemie des Epoxidharzes, Pulverherstellung und -verarbeitung über den Nachweis der Korrosionsschutzwirkung durch mehrere Messmethoden bis zur Darstellung der trinkwasserhygienischen Eignung mit Blick auf nationale und europäische Regularien. Wer mehr als einen oberflächlichen Eindruck von dieser Technologie bekommen möchte, der findet hier Antwort auf die wichtigsten Fragen.

Landeshauptstadt von Sachsen-Anhalt setzt auf Armaturen und Formstücke aus duktilem Gusseisen mit Epoxidharz-Pulver-Beschichtung

Sigmund Pionty und René Pehlke 38

Eine Großstadt mit hohen Verkehrslasten, gleichzeitigem Ausbau der Straßenbahntrassen: hier werden höchste Anforderungen an die Langlebigkeit der Leitungsinfrastruktur gestellt. Armaturen und Formstücke aus modernen Gusswerkstoffen mit integralem Korrosionsschutz geben dem Betreiber die Gewähr für eine lange Nutzungsdauer bei geringstem Instandhaltungsbudget.

Die neue Generation weichdichtender Schieber

Matthias Müller 41

Nichts ist so gut, als dass es nicht noch weiter verbessert werden kann. Diese bekannte Aussage behält ihren Wahrheitsgehalt umso

with a blocked or leaking pipeline. While it was previously thought that hydrotropism was the common cause, where the root tends to grow towards water, this meant that there already had to be some slight leakage. But research results over the last 15 years have shown that the availability of oxygen due to insufficient contact pressure of the sealing element is the true cause of root penetration. This has led to specific requirements for push-in joints for sewage and water pipes, which are increasingly being reflected in product standards.

Fusion Bonded Epoxy Resicoat R4® has been protecting buried cast iron components against corrosion for more than 25 years

Torsten Leitermann 33

The development of the epoxy resin powder coating of ductile cast iron fittings and valves is a success story, particularly because, from the start, consistent attention has been paid to meeting the highest demands. This contribution gives a summary of state-of-the-art technology. It covers the polymerisation chemistry of epoxy resin, the production and processing of powders, proving the corrosion protection effect by numerous test methods, as well as a description of its suitability in terms of drinking water hygiene, with a glance at national and European regulations. Anyone who wants to have more than a superficial idea of this technology will find an answer to the most important questions here.

The state capital of Saxony-Anhalt puts its trust in valves and fittings in ductile cast iron with epoxy powder coating

Sigmund Pionty and René Pehlke 38

A large city with heavy traffic loads and the simultaneous extension of its tramline system: here the highest requirements are set for the longevity of the pipeline infrastructure. Valves and fittings in modern cast iron materials with integral corrosion protection give the operator a guarantee of a long working life, with the lowest maintenance budget.

The new generation of resilient seated gate valves

Matthias Müller 41

Nothing is so good so that it cannot be improved upon a little more. This well-known saying becomes even truer when there is close coopera-

mehr, je enger die Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Anwender eines Produkts ist. Die Entwicklung neuer Fertigungstechnologien und neuer Werkstoffe wird vom Hersteller genau beobachtet, vom Anwender kommen Wünsche und Beobachtungen aus dem täglichen Betrieb. In der Entwicklungsabteilung des Herstellers laufen diese Informationen zusammen und ergeben so einen stetigen Fluss von Innovationen. Der neue Keilschieber INFINITY ist ein sprechendes Beispiel!

Neubau einer UV-Desinfektionsanlage im Wasserwerk Menden-Halingen der Wasserwerke Westfalen GmbH

Dietmar Hölting 46

Trinkwassertransport mit höchsten hygienischen Anforderungen, wie sie erst in der Zukunft zu erwarten sind, mit Rohrleitungsmaterial, welches durch stark aggressives Bettungsmaterial beansprucht wird, das ist das Spielfeld für emaillierte Formstücke und Armaturen. Dazu ein Betreiber, der sich bei seinen Lieferanten aktiv in die Optimierung seiner Komponenten einbringt, das alles ist die Voraussetzung für das hohe Qualitätsniveau unseres Trinkwassers. Innen und außen emaillierte Armaturen bieten Gewähr für extrem lange Nutzungsdauer bei trinkwasserhygienischer Höchstleistung.

Unser Antrieb für Innovation ist Optimierung

Ursula Ritter 48

Nichts ist so gut, dass es im Detail nicht noch weiter verbessert werden kann! Diese Feststellung der Autorin zeigt direkt die Gründe dafür auf, warum viele unserer mittelständischen Unternehmen in der Welt als „hidden champions“ angesehen werden. Ihre enge Verbindung mit der Gedankenwelt ihrer Kunden erzeugt Innovation zum Nutzen des Kunden sowie anerkannte Marktführerschaft. Bei den Armaturen existiert ein stetiger Strom von Verbesserungen, Optimierungen, sei es am Werkstoff, an der Beschichtung, an der Konstruktion. Anders ist der Unternehmenserfolg im globalen Wettbewerb nicht zu bekommen.

Elastomerdichtungen in Trinkwasseranwendungen

Rüdiger Werner und Harald Hager 53

Von der geplanten europäischen Vereinheitlichung nationaler Regelungen im Bereich der Gesundheit und des Verbraucherschutzes sind auch Elastomer-Dichtungen im Kontakt mit Trinkwasser betroffen. Galten früher Anforderung

between the manufacturer and the user of a product. The development of new production technologies and new materials is something which is closely monitored by the manufacturer, while the user comes up with desires and comments from his day-to-day operation. This information is brought together in the manufacturer's development department and so a constant flow of innovations results. The new INFINITY gate valve is an eloquent example of this!

Construction of a new UV disinfection unit at the Wasserwerke Westfalen GmbH waterworks in Menden-Halingen

Dietmar Hölting 46

The transport of drinking water to the highest hygienic requirements, only to be expected in the future, using piping material which is exposed to very aggressive bedding material – this is where enamelled fittings and valves come into their own. The active involvement of an operator with his suppliers in optimising components is an essential condition for the high level of quality of our drinking water. Valves which are enamelled inside and outside offer a guarantee of an extremely long working life, with maximum performance in terms of drinking water hygiene.

Our drive for innovation is optimisation

Ursula Ritter 48

Nothing is so good that it cannot be improved in the small details! This conclusion by the author is directed precisely at the reasons why many of our medium-sized companies across the world are seen as “hidden champions”. Their close connection with the perceptions of their clients, produces innovation for the benefit of the client as well as renowned market leadership. In the world of valves there is a constant flow of optimisations, whether in the material, in the coating, or in construction. Nothing less will do if a company is to succeed in global competition.

Elastomeric seals in potable water applications

Rüdiger Werner and Harald Hager 53

The intended European unification of national regulations with respect to public health and consumer protection touches also elastomeric seals in contact with potable water. The former existing requirements for migration of certain

rungen an den Übergang bestimmter Stoffe aus dem Elastomer an das Trinkwasser, so sind heute Positivlisten in Gebrauch, in denen die zur Produktion von Dichtungen toxikologisch bewerteten und zugelassenen Stoffe aufgeführt sind. Dies schränkt den Hersteller von Dichtungen bei der Rezeptur ein, weil eine Dichtung zusätzlich mechanische-technologische Anforderungen erfüllen muss, damit die gewünschte Langzeitfunktion (Dichtheit) eingehalten wird. Auch hier ist wieder ein ständiger Evolutionsvorgang zu beobachten.

**Gesamtumfahrung Biel –
Löschwasserleitungen aus duktilem Gusseisen in
den Autobahntunneln Büttenberg und Längholz**

Roger Saner 57

Löschwasserleitungssysteme in Bauwerken haben ein merkwürdiges Anforderungsprofil: Sie sollen so selten wie möglich zum Einsatz kommen, müssen aber während der gesamten Nutzungsphase des Bauwerks stets zuverlässig funktionieren. Bei Löschwassersystemen in Verkehrstunneln kommen weitere Anforderungen hinzu: Nichtbrennbarkeit der Komponenten, dauerhafter Schutz der Innen- und Außenflächen, leichte Montierbarkeit unter beengten Platzverhältnissen und einiges mehr. Löschwassersysteme aus duktilem Gusseisen in Verkehrstunneln haben eine lange Tradition, weil sie die Gesamtheit aller Anforderungen in idealer Weise erfüllen, so auch dieses Mal beim Neubau eines Schweizer Autobahntunnels, wo bekanntermaßen die höchsten Sicherheitsanforderungen herrschen.

**Bergbahnen Westendorf –
schneller beschneien mit duktilen Gussrohren**

Mario Ruggenthaler 63

Skitourismus als essentieller Wirtschaftsfaktor, vom Klimawandel verursachte kürzere und mildere Winter, das sind die Voraussetzungen für den steigenden Bedarf von Hochdruckleitungen in den Skigebieten. Duktile Guss-Rohrsysteme mit ihren einfach und sicher montierbaren Steckmuffen-Verbindungen, mit ihrer extremen Druckbelastbarkeit, mit ihrem kompletten Formstück- und Armaturenprogramm sehen sich bei den Planern und Betreibern von Beschneiungsanlagen in einer Favoritenrolle.

substances from the elastomer to the potable water are replaced by positive lists which contain toxicologically assessed and permitted materials to produce sealing gaskets. The possibilities of the gasket manufacturer are hereby constricted because the seal has also to comply with additional mechanical and technological requirements to achieve the intended long term function (leak tightness). It is again here where we can observe a steady evolution.

**Bypass Biel –
ductile cast iron extinguishing water pipes in the
Büttenberg and Längholz motorway tunnels**

Roger Saner 57

Extinguishing water piping systems in all types of constructions have a curious job specification: they should need to be called on as little as possible but they must always operate reliably throughout the entire working life of the construction. When it comes to extinguishing water systems in transport tunnels, there are further requirements to be met: non-combustibility of components, permanent protection of interior and exterior surfaces, ease of assembly in tight space conditions and several more. Ductile cast iron extinguishing water systems in transport tunnels have a long tradition because they meet the whole set of requirements in an ideal way, as can be seen in this case with the construction of a new motorway tunnel in Switzerland where, as we know, the highest safety requirements prevail.

**Bergbahnen Westendorf –
snow-making is faster with ductile iron pipes**

Mario Ruggenthaler 63

With ski tourism as an essential economic factor and with the shorter, milder winters caused by climate change, the requirement for high-pressure pipelines is increasing in skiing resorts. Ductile iron pipe systems with their secure, easily assembled push-in joints, their extremely high pressure loading capacity and their full range of fittings and valves rank as favourites among planners and operators of snow-making equipment.

**Wasserkraftwerk Lago di Tomé –
Hochdruckleitung DN 400 für eine umweltfreund-
liche Stromproduktion**

Roger Saner 67

Im alpinen Gelände schlummern trotz ausgiebig genutzter Wasserkraftressourcen immer noch beträchtliche Potenziale. Der Beitrag schildert Projektierung und Bau eines Kleinwasserkraftwerks mit einer geodätischen Höhendifferenz von fast 1.000 m im Tessin. Es lassen sich zunehmend Anstrengungen beobachten, die zu einer möglichst unauffälligen Eingliederung der Infrastrukturen in den natürlichen Gebirgsraum führen. Triebwasserleitungen aus duktilen Guss-Rohrsystemen werden dabei in Bruchsteinmauern verborgen.

**Kleinwasserkraftwerk Costeana –
duktiler Gussrohre als Problemlösung
bei Erdbewegungen**

Luca Frasson 72

Not macht erfinderisch! Beim Bau von Kleinwasserkraftwerken im alpinen Gelände tauchen oft unvermutet Probleme auf, die der Planer lösen muss. Mit Hilfe duktiler Gussrohre und Formstücke lassen sich in Zusammenarbeit mit einem kompetenten Team oft die Schwierigkeiten überwinden. Die einzig mögliche Trasse einer geplanten Turbinenleitung verläuft in einem Rutschhang. Speziell entwickelte Kompensator-Formstücke mit je 80 cm zulässiger Dehnung entschärfen das Problem.

**Kraftwerksleitung für das Kraftwerk Bristen
im Kanton Uri**

Werner Volkart 75

Seit Langem bewährt und immer wieder beschrieben, sind duktile Guss-Rohrsysteme beim Bau von Kraftwerksleitungen einfach nicht zu schlagen! Das schwierige und unzugängliche Gelände mit seinen felsigen Böden, die hohen technischen und sicherheitsrelevanten Randbedingungen, zusätzliche Forderungen der Umweltbehörden, dies und noch mehr lassen jede Kraftwerksleitung zu einer individuellen Aufgabe werden. Wenn dann noch Passrohre nach Aufmaß und ohne Bauverzögerung, mit speziellen Anforderungen an die Längskraftschlüssigkeit und den Korrosionsschutz an den Einbauort geliefert werden müssen, dann ist der Erfahrungsschatz aller am Bau beteiligten unabdingbar. Der Bau der Triebwasserleitung für das Kraftwerk Bristen ist ein gelungenes Beispiel dafür.

**Hydropower plant Lago di Tomé –
high pressure pipeline DN 400 for environmentally
friendly electricity production**

Roger Saner 67

In alpine terrain, considerable potential remains slumbering despite the extensive use of hydropower resources. The article describes the design and construction of a small hydropower plant with a geodetic elevation difference of almost 1.000 m in the Ticino. Increasing efforts are being made to ensure that the infrastructures are integrated into the natural mountain area as inconspicuously as possible. Penstock pipelines made of ductile iron pipe systems are hidden in broken stone walls.

**Costeana small hydropower plant –
ductile iron pipes solve the problem of landslide**

Luca Frasson 72

It is true that necessity is the mother of invention! When constructing small hydropower plants in Alpine areas, unexpected problems often arise which have to be solved by the planners. With the help of ductile iron pipes and fittings and with the backup of a competent team of workers, such difficulties can be overcome in many cases. The only possible route for a planned turbine pipeline is down a slope where the soil is unstable. Specially developed expansion fittings, each with a permissible extension of 80 cm, take the edge off the problem.

**Power plant pipeline for the Bristen power plant
in the canton of Uri**

Werner Volkart 75

Proven over the years and described again and again, ductile iron pipe systems simply cannot be beaten for the construction of power plant pipelines! Difficult, inaccessible terrain with its rocky ground, demanding conditions in terms of technology and safety standards, additional requirements set by the environmental agencies, all these things and more mean that every power plant pipeline is its own individual task. Add the fact that made-to-measure adapter pipes with special requirements for restrained locking and corrosion protection need to be delivered to the site without delaying construction progress, then the pool of experience of all involved in the project becomes indispensable. The construction of the penstock pipeline for the Bristen power plant is a successful example of this.

Das Schwammstadt-Prinzip – vom Rohr-Boden- zum Boden-Rohr-System – Lösungen mit duktilen Guss-Rohrsystemen

Von *Christoph Bennerscheidt*

1 Einleitung

Spätestens seit den letzten sommerlichen Starkregenereignissen wurde klar, dass städtische Kanalisationsnetze die dabei anfallenden Wassermengen nicht mehr ableiten können. Verstärkte Oberflächenabflüsse über unkontrollierte oberflächige Fließwege können dann zu lokalen Überflutungen mit verheerenden Schäden an Infrastrukturen und Gebäuden führen (**Bild 1**).

Aber nicht nur die Wassermengen machen uns im Sommer zu schaffen. Auch die steigenden Hitzebelastungen in den urban geprägten Gebieten mit einer hohen Bebauungs- und Versiegelungsdichte verringern die Lebensqualität in den Städten. Um diesen und in beiden Fällen manchmal katastrophalen Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken, sind angepasste Entwässerungs- und Klimatisierungskonzepte in den Städten gefragt. Neben der Nutzung von temporären Überflutungsflächen und der Ausgestaltung von definierten Fließwegen zur sicheren oberirdischen Ableitung von Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen, den sogenannten urbanen Sturzfluten, oder die Erhöhung der Anzahl der begrünten Dächer zur Verbesserung der Verdunstungsrate, bietet die Gestaltung des städtischen Bodens im Straßenraum bisher ungenutzte Handlungsmöglichkeiten zur Umsetzung von Maßnahmen gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte.

2 Das Schwammstadt-Prinzip

Im Bericht des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-, und Raumforschung (BBSR) „Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung“ werden diese Maßnahmen als sogenanntes Schwammstadt-Prinzip bezeichnet. Es ist Ziel dieser ver-



Bild 1: Überflutung nach einem lokalen Starkregenereignis in Dortmund-Marten im Jahr 2008

Quelle: Polizei NRW

änderten Nutzungen, die Oberflächen der Stadt stärker als bisher für die Aufnahme und Speicherung von Niederschlagsmengen in den Städten zu etablieren. Durch diese Art des naturnahen Regenwassermanagements in den Städten können Grünflächen zu natürlichen „Kühlschränken“ der Stadt werden, indem sie ausreichend mit Wasser versorgt werden. Diese Kühlleistung kann durch die Speicherung von Niederschlagswasser, bodenverbessernde Maßnahmen und kontinuierliche Versorgung der Vegetation mit Wasser gesteigert werden. Die Förderung des Schwammstadt-Prinzips und die Entwicklung nachhaltiger Speicher- und Bewässerungssysteme werden daher als zentrale Zukunftsaufgaben für klimaangepasste Städte beschrieben [1].

Auch die Wasserwirtschaft hat den Nutzen der bewussten Verdunstung von Wasser zur Kühlung der Stadt im Klimawandel als neues Aufgabengebiet erkannt. Dies hat sich z. B. im aktuell vorliegenden Entwurf des Arbeitsblatts

DWA-A 102 [2] niedergeschlagen. Es werden Maßnahmen zur Umsetzung des Schwammstadt-Prinzips als zukünftige Entwässerungskonzepte zum „Erhalt des lokalen Wasserhaushalts“ beschrieben. Hierzu gehört auch die Vegetation mit ihrem Anteil an Verdunstung. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass konventionelle Entwässerungsverfahren als Misch- oder Trennkanalisation in ihrer „Reinform“ mit vollständiger Ableitung von Regenwasser der Zielvorgabe zum lokalen Wasserhaushalt eindeutig nicht mehr gerecht werden. Sie sollten bei zukünftigen Planungen im Bestand und Vorliegen entsprechender Handlungsspielräume durch die Integration vorzugsweise dezentraler Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung sukzessive in modifizierte Systeme überführt werden.

Die Abkopplung abflusswirksamer Flächen von der bestehenden Kanalisation zeigt sich dabei als wirkungsvoller Ansatz zur Reduzierung hydraulischer Systembelastungen, zur Verbesserung des Überflutungsschutzes sowie zur Minderung der stofflichen und hydraulischen Gewässerbelastung durch Regenwetterabflüsse [2].

Grundsätzlich handelt es sich bei der Umsetzung des Schwammstadt-Prinzips, auch im Sinne des Regelwerks der DWA, um innerstädtische Abkopplungsmaßnahmen, bei denen private Flächen, der Straßenraum oder andere öffentliche Flächen zusätzlich zu der vorhandenen Nutzung für die Niederschlagswasserbewirtschaftung unter Einbeziehung der Vegetation (Verdunstung) multifunktional genutzt werden.

3 Abkopplungspotential

Das Abkopplungspotential von Straßenflächen wurde bereits beispielhaft ermittelt und in [3] dargestellt. So liegt das langfristige Abkopplungspotential von Anliegerstraßen in den untersuch-

ten Ortsteilen Erle und Resser Mark in der Stadt Gelsenkirchen bei bis zu 53 % und kurzfristig dürften etwa 22 % erreichbar sein (**Tabelle 1**). Im Vergleich mit Ergebnissen zur Potenzialermittlung für die Abkopplung von Dachflächen ergeben sich für Straßenflächen etwa gleich große Abkopplungspotenziale. Sowohl für die Abkopplungsmaßnahmen auf den privaten Grundstücken als auch für diejenigen auf den öffentlich genutzten Flächen bedarf es einer Motivation, um die Maßnahmen umzusetzen. Bei privaten Flächen kann es die Reduzierung der Abwassergebühr sein. Für eine Umsetzung auf öffentlichen Flächen im Straßenraum muss jedoch in erster Linie die grundsätzliche Bereitschaft der Kommune/des Baulastträgers vorhanden sein, gegebenenfalls Straßenraum für Anlagen zur Versickerung und/oder Rückhaltung zur Verfügung zu stellen [3].

Hinzu kommt, dass die technischen Lösungen so gestaltet werden müssen, dass sie jeweils von den unterschiedlichen Abteilungen/Ämtern/Eigenbetrieben einer Stadt mitgetragen werden und den in den Regelwerken beschriebenen Anforderungen an die eingesetzten Materialien und Bauteile entsprechen. Des Weiteren sind Lösungen zu bevorzugen, die keine Einschränkungen der Gebrauchstauglichkeit der so genutzten Räume zur Folge haben. Lösungen im Raum unterhalb von genutzten Verkehrsflächen sind zu bevorzugen. Zu beachten ist jedoch, dass diese Räume ebenfalls nicht ungenutzt sind. Abwasserkanäle, Trinkwasser- und Gasleitungen, Stromkabel sowie Telekommunikationsleitungen werden bereits unterirdisch eingebaut und führen schon jetzt zu Konkurrenzsituationen. Hinzu kommen ungeplante unterirdische Versorgungsnetze, nämlich das Wurzelwerk von Bäumen, die scheinbar unkontrolliert mit den Kanälen und Leitungen interagieren [4]. Somit bedarf es zur Umsetzung des Schwammstadt-Prinzips einer interdisziplinären Abstimmung unter Einbeziehung der Abteilungen für Stadtgrün.

Tabelle 1:

Zusammenstellung der Abkopplungspotenziale für Straßen im Untersuchungsgebiet Erle/Resser Mark als Ergebnis der straßenweisen Ermittlung [3]

Straßenkategorie	kurzfristiges (min.) Abkopplungspotenzial		langfristiges (max.) Abkopplungspotenzial	
	ha	%	ha	%
Anliegerstraßen	6,8	22,3	16,2	53,3
Sammelstraßen	1,9	13,9	4,8	33,8
Hauptverkehrsstraßen	2,9	7,5	8,4	21,7
alle Straßen	12,1	13,2	31,2	34,1

4 Bau- und vegetationstechnische Anforderungen

Für die Lösung dieser auf den ersten Blick scheinbar unlösbaren Aufgabe gibt es einige wesentliche verbindende Elemente. Dies sind zum einen Porenräume in groben gebrochenen Bettungsmaterialien von Kanälen und Leitungen, die überbaubar sind, als Speicher für Regenwasser genutzt werden können und gleichzeitig Bäumen einen ausreichend großen Wurzelraum bieten. Zum anderen sind es Rohrsysteme, die ausreichend robust sind und nicht von den spitzkörnigen Bettungsmaterialien geschädigt werden. Zusätzlich müssen sie dicht gegenüber Wasseraußendruck sein und nachgewiesen haben, dass sie wurzelfest sind.

Dieses Boden-Rohr-System unterscheidet sich somit vom üblichen Rohr-Boden-System, bei dem die Böden so ausgewählt oder auch modifiziert werden, dass sie lediglich eine optimale Bettung der Kanäle und Leitungen sicherstellen.

In **Bild 2 oben** sind beispielhaft gebrochene grobkörnige Substrate dargestellt, die einen ausreichend großen Porenraum für Niederschlagswasser und Baumwurzeln sicherstellen, dabei hoch verdichtet werden können und nach der Fertigstellung eine vollständige Nutzung der Oberfläche ermöglichen (**Bild 2 unten**) [5].

Die dargestellte Art der oberflächennahen Umsetzung des „Schwammstadt-Prinzips“ greift durch die Umsetzung im Gehwegbereich sehr stark in die Leitungsbereiche von Versorgungsunternehmen ein. Dies veranschaulicht auch **Bild 3**. Trinkwasser- und Gasleitungen werden bevorzugt im Gehweg eingebaut. Hier finden sich auch die Kabel der Strom- und der Kommunikations-Netzbetreiber. Hinzu kommt, dass sich Kellerräume häufig direkt

in der Nähe der Gehwege befinden und so bei Einleitung von Niederschlagswasser eine Kellervernässung planerisch und bautechnisch vermieden werden muss. Vor diesem Hintergrund bietet es sich an, eine Bauweise zur Niederschlagswasserbewirtschaftung in den Leitungsgräben von Abwasserkanälen umzusetzen.



Bild 2: Schwammstadt-Prinzip, umgesetzt in Stockholm –
Oben: grobkörnige, gebrochene Substrate mit einem großen Porenraum zur Speicherung von Niederschlagswasser und Nutzung als Wurzelraum
Unten: derselbe Bereich nach Wiederherstellung der Oberfläche

Quelle: Embrén, B.



Bild 3: Beispiel für die Nutzung des unterirdischen Straßenraum
Quelle: RWE-Magazin Juni 2006, verändert durch K. Schröder

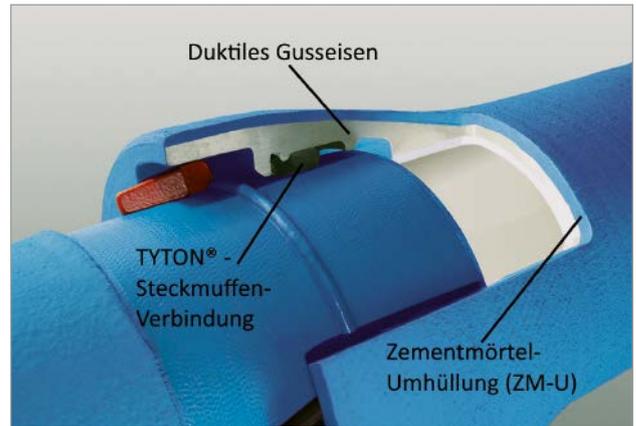


Bild 4:

Links: Einbau von duktilen Gussrohren in einem Boden mit gebrochenen grobkörnigen Steinen
 Rechts: Beispiel eines duktilen Gussrohrs mit TYTON® - Steckmuffen-Verbindung und Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15542 [7], dargestellt im Rohrverbindungs-bereich

5 Duktile Guss-Rohrsysteme – Lösungen mit einem robusten Boden-Rohr-System

Ein Rohrsystem, das in diesem grobkörnigen Bettungsmaterial eingebaut werden darf, wird aus duktilem Gusseisen nach EN 598 [6] gefertigt und mit einer Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15542 [7] gegen Korrosion und mechanische Beanspruchung geschützt. Die verwendeten Steckmuffen-Verbindungen, Typ TYTON®, sind wurzelfest und dicht gegenüber Wasser- und Außendruck. Die Zementmörtel-Umhüllung kann in gebrochenem Bettungsmaterial mit einem Größtkorn bis 63 mm und Einzelkörnern bis max. 100 mm Größe eingesetzt werden [8].

In **Bild 4 links** ist beispielhaft der Einbau solcher Rohre in felsigen Bettungsmaterialien dargestellt. In **Bild 4 rechts** ist ein duktiler Gussrohr mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) und einer TYTON® - Steckmuffen-Verbindung dargestellt.

In **Bild 5** sind die wesentlichen Eigenschaften der Rohrbettung, der Leitungszone und der Hauptverfüllung sowie der Rohreigenschaften während des Einbaus des Boden-Rohr-Systems zusammenfassend dargestellt.

Die Integration dieses Boden-Rohr-Systems in das städtische Umfeld veranschaulicht **Bild 6**. Der Leitungsgraben mit den duktilen Gussrohren wird unterhalb der Fahrbahn zum Speicher für Niederschlagswasser. In diesen Speicher kann das Wasser von nicht belasteten Flächen, wie beispielsweise Dachflächen (Ausnahme Dächer mit Kupfer- oder Zinkdeckung) direkt eingeleitet werden. Belastete Niederschlagswässer werden zunächst vorbehandelt und dann in den Niederschlagswasser-Speicher eingeleitet. Für die Vor-

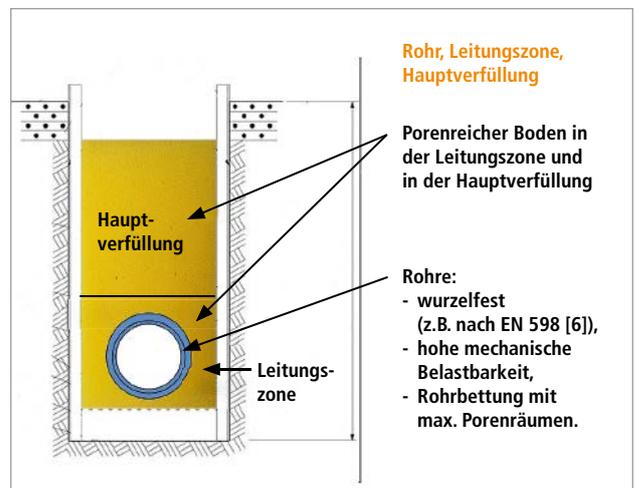


Bild 5:

Das Schwammstadt-Prinzip im Leitungsgraben mit wurzelfesten, mechanisch hoch belastbaren duktilen Gussrohren. Als porenricher Rohrbettung und Hauptverfüllung wird gebrochenes Material mit einem Größtkorn bis 100 mm verwendet.

behandlung können z.B. auf dem Markt befindliche Systeme mit DIBt-Zulassung verwendet werden. Das Wasser dient entweder der Bewässerung der im Leitungsgraben wachsenden Baumwurzeln oder wird im Sinne eines Rigolen-Systems versickert.

Diese dezentrale Speicherung, Versickerung und Verdunstung von Niederschlagswasser am Ort des Niederschlagsereignisses hat mehrere positive Auswirkungen:

- Verbesserung des lokalen Wasserhaushalts,
- Verringerung der Anzahl und der Höhe von Abschlagsereignissen aus der Mischwasserkanalisation,

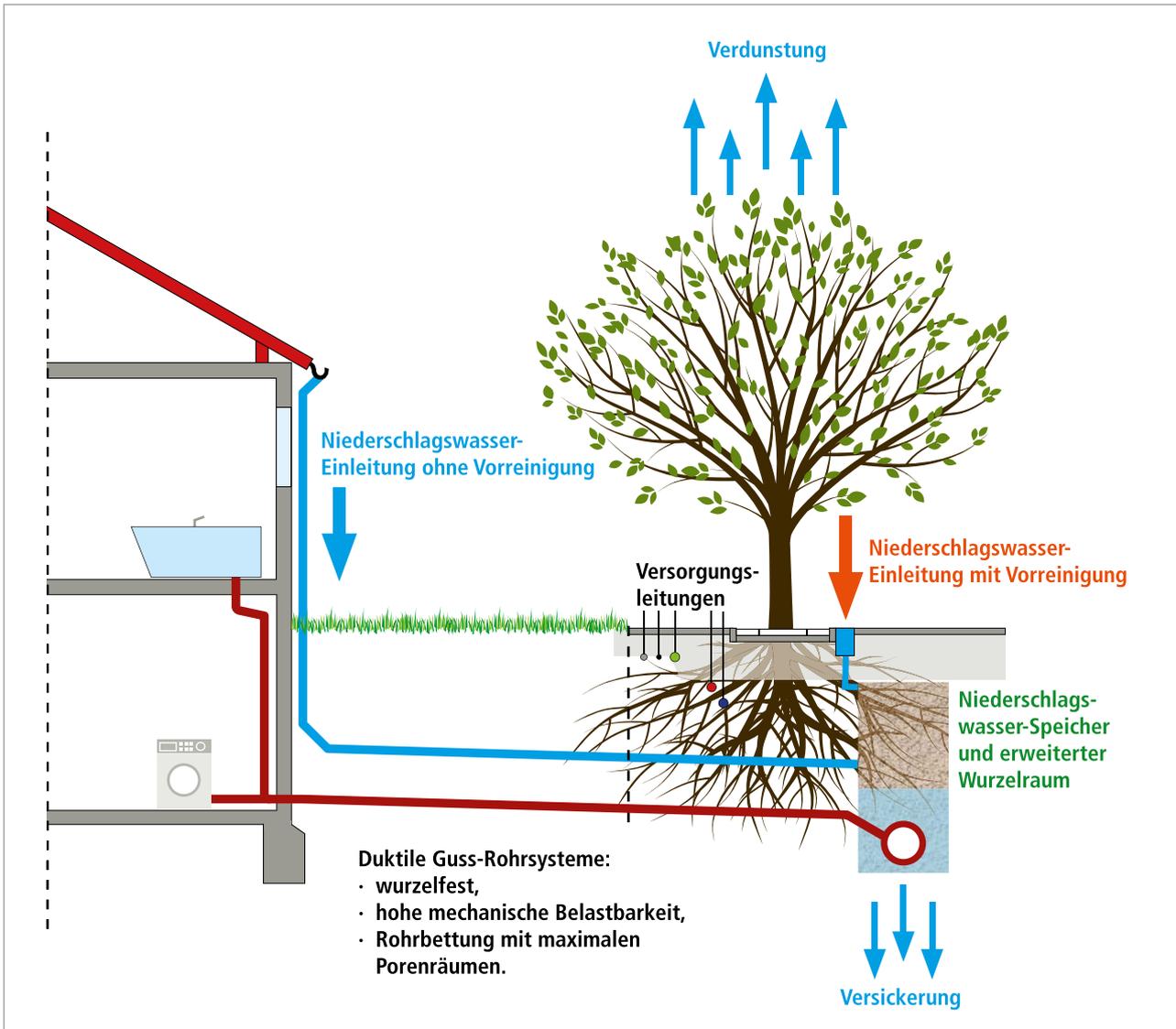


Bild 6:

Das Schwammstadt-Prinzip im Straßenraum. Der Boden im Leitungsgraben wird durch den Einsatz von grobkörnigen gebrochenen Materialien mit großem Speichervolumen zum Niederschlagswasser-Speicher und zum erweiterten Wurzelraum [9].

- Verringerung der Einleitungsmenge von verschmutztem Niederschlagswasser in Gewässer aus der Trennkanalisation,
- Rückhalt von Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen,
- Schaffung von Wurzelraum für ein optimiertes Wachstum von Stadtbäumen,
- gezielte Bewässerung von Stadtbäumen mit Niederschlagswasser,
- Erhöhung der Verdunstungsrate der Bäume mit einer verbesserten Klimatisierung des Umfelds,
- Verbesserung des Objektschutzes durch Abkopplung der Regenwasserfallleitungen von der Gebäudeentwässerung.



Bild 7:

Boden-Rohr-System – positive Auswirkungen auf den Gewässer- und Objektschutz sowie auf das Stadtklima

Die positiven Auswirkungen auf den Gewässer- und Objektschutz sowie auf das Stadtklima sind zusammenfassend in **Bild 7** dargestellt.

6 Zusammenfassung

Beim Bau von Straßen und Bauwerken der unterirdischen Infrastruktur stehen bis heute die Bettung der Rohre und die Tragfähigkeit der Bauwerke im Vordergrund. Hochverdichtete Böden prägen deshalb den städtischen Untergrund. Unplanmäßig geschaffene Porenräume im Boden werden vom Wurzelwerk der städtischen und privaten Bäume genutzt und führen zu ungewollten Interaktionen mit Kanälen und Leitungen. Erhöhte Anforderungen an die Gewässerqualität sowie die Auswirkungen des Klimawandels machen ein Umdenken erforderlich und führen dazu, dass der Speicherwirkung von Böden verstärkt Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, um Niederschlagswasser vor Ort im Boden zu bewirtschaften. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass durch diese Art des naturnahen Niederschlagswasser-Managements in den Städten Grünflächen zu natürlichen „Kühl-schränken“ der Stadt werden können, indem sie ausreichend mit Wasser versorgt werden. Diese Kühlleistung kann durch die geplante Speicherung von Regenwasser, bodenverbessernde Maßnahmen und kontinuierliche Versorgung der Vegetation mit Wasser gesteigert werden. Die Förderung dieses sogenannten Schwammstadt-Prinzips und die Entwicklung nachhaltiger Speicher- und Bewässerungssysteme sind daher zentrale Zukunftsaufgaben für klimaangepasste Städte.

Bauweisen, die dieses Prinzip berücksichtigen, werden bis heute lediglich in Einzelfällen umgesetzt. Das hier dargestellte Boden-Rohr-System, bestehend aus grobkörnigen gebrochenen Bettungsmaterialien mit einem großen Porenraum und robusten duktilen Guss-Rohrsystemen, stellt einen wichtigen Schritt bei der Umsetzung des Schwammstadt-Prinzips dar. Auch der Entwurf des DWA-Regelwerks A 102 [10] kann als Hinweis gedeutet werden, dass in Zukunft vornehmlich die Betreiber von Entwässerungsnetzen mit der Planung, dem Bau und dem Betrieb solcher dezentralen Niederschlagswasserbewirtschaftungsanlagen befasst sein werden und so einen wichtigen Beitrag im Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels leisten.

Literatur

- [1] BBSR 2015: Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung – Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte – Ergebnisbericht der fallstudiengestützten Expertise „Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen als kommunale Gemeinschaftsaufgabe“
- [2] DWA 102, Teil A: Entwurf 2016-08
- [3] Harms, R.; Schneider, F.; Spengler, B. und Geisler, S.: Ermittlung des Abkopplungspotentials von Straßenflächen
Korrespondenz Abwasser 2006 (53) Nr. 3, S. 244-252
- [4] Bennerscheidt, C.: Hintergründe zum Merkblatt Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle. 3R – International, Ausgabe 07-08, 2014, S. 43-47
- [5] Embrén, B.; Bennerscheidt, C.; Stål, Ö. und Schröder, K.: Optimierung von Baumstandorten – Stockholmer Lösung: Wurzelräume schaffen und Regenwasser nutzen, Konfliktpotenzial zwischen Baum und Kanal entschärfen
WWT 7-8, 2008, S. 38-43
- [6] EN 598: 2007+A1:2009
- [7] EN 15542: 2008
- [8] DVGW-Arbeitsblatt W 400-2: 2004-09
- [9] DVGW-Merkblatt GW 125: 2013-02
Merkblatt textgleich als DWA-M 162 und FGSV Nr. 939 erschienen
- [10] Entwurf DWA-A 102: 2016-10

Autor

Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt
EADIPS®/FGR®
European Association
for Ductile Iron Pipe Systems/
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e. V.
Doncaster-Platz 5
45699 Herten/Deutschland
Telefon: +49 (0)2366/9943905
E-Mail: c.bennerscheidt@eadips.org

Duktile Gussrohre im Doppelpack um die Kurve gezogen

Von Lars Kolbig und Lutz Rau

1 Problemstellung

Im Südosten Berlins, im Ortsteil Altglienicke/Grünau, waren im Zuge der Neuordnung des Abwassersystems zwei neue Druckleitungen einzubauen. Nach sorgfältigem Variantenvergleich entschieden sich die Berliner Wasserbetriebe für den kürzesten Leitungsverlauf, der allerdings eine Bahnlinie und eine sieben-spurige Hauptstraße kreuzt. Damit war ein offener Einbau von vornherein ausgeschlossen.

Ein Einbau mittels HDD-Verfahren schied aus Platzgründen und wegen der Bahnquerung ebenfalls aus. So blieb für die grabenlose Neulegung eine im Vortrieb aufgefahrenen Schutzrohrstrecke für die Medienleitungen übrig (**Bild 1**). Allerdings erzwangen die Brückenwiderlager der Bahn für den Vortrieb der Schutzrohre eine große Tiefenlage, außerdem war ein geradliniger Vortrieb nicht möglich.

2 Lösungsansatz

Unter diesen Rahmenbedingungen entschloss man sich, ein Stahlbetonrohr DN 1600 mittels bemanntem Druckluft-Schildvortrieb auf 215 m Länge in gekrümmtem Verlauf an den Widerlagern der Brücke in 13 m Tiefe in ausreichendem und genehmigungsfähigem Abstand vorbei zu führen. In dieses „Schutzrohr“ sollten dann die zwei Medienrohre DN 500 und DN 600 eingezogen werden. Dieses Medienrohrsystem musste als Druckleitung längskraftschlüssig und wegen des gekrümmten Verlaufs abwinkelbar sein. Zudem mussten die Rohre übereinander angeordnet sein, damit sich gleiche Abwinkelungen und Längen ergaben. Wegen der tiefen Schächte durften die Rohre nicht zu lang sein und mussten leicht zu montieren sein (**Bild 2**).



Bild 1:
Einbau eines duktilen Gussrohres DN 600 (unteres Rohr) mit längskraftschlüssiger BLS® - Steckmuffen-Verbindung



Bild 2:
Herablassen eines duktilen Gussrohres zur Montage

Dieses Anforderungsprofil erfüllen duktile Gussrohre zu 100 %. So kamen jeweils 216 m Kanalrohre DN 500 und DN 600 nach EN 598 [1] mit längskraftschlüssiger BLS® - Steckmuffen-Verbindung und Wanddickenklasse K 9 zum Einsatz.

3 Durchführung

Zur erfolgreichen Durchführung eines solch anspruchsvollen Bauvorhabens sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- präzise Planung unter Berücksichtigung sämtlicher Einflussgrößen,
- Durchführung eines gewissenhaften Genehmigungsverfahrens unter Beteiligung aller Medienträger sowie eine fortwährende zeitnahe Kommunikation mit diesen und allen weiteren Betroffenen und Beteiligten,
- exakte Ausschreibung hinsichtlich der Materialien, des Verfahrens und der ausführenden Baufirma,
- Auswahl einer kompetenten, erfahrenen Baufirma unter Berücksichtigung entsprechender Referenzen und wirtschaftlicher Kriterien im Rahmen des gesteckten Zeitplanes,
- konsequente Bauüberwachung der Maßnahme und ihrer Randbedingungen einschließlich Abnahme und Dokumentation.

Für die Berliner Wasserbetriebe eine Selbstverständlichkeit und Tagesgeschäft. Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit, auch bei Sonder- und Spezialbaumaßnahmen, erhielt das Berliner Bauunternehmen Beton & Rohrbau 2.0 GmbH mit seinen überzeugenden Referenzen den Auftrag.

3.1 Bemannter Schildvortrieb der Schutzrohrstrecke

Die Arbeiten begannen mit dem Abteufen der Start- und Zielschächte bis auf 14 m Tiefe, komplett im Grundwasser mittels Bohrpfahlwänden aus wasserdichtem Beton (**Bild 3**). Die Bohrpfahlwände mussten wasserdicht sein, dem enormen Erd- und Wasserdruck standhalten und die Kräfte der Vortriebsmaschine aufnehmen. Aus statischen Gründen wurde für die Start- und Montagegrube ein ellipsenförmiger Grundriss mit der längeren Achse in Vortriebsrichtung gewählt.

Dieser Grundriss war bei der Einrichtung der Vortriebsmaschine und auch bei der Montage der Medienrohre von Vorteil. Zum Schluss wurden die Sohlen wasserdicht betoniert.

Zur Unterstützung aller Arbeiten wurde über dem Start- und Montageschacht eine Kranbahn aufgebaut, mit der alle Maschinen, Rohre und Zubehör sicher in die Grube abgesenkt werden konnten.

Nach Montage der Maschine für den bemannten Schildvortrieb wurde die Bohrpfahlwand in Vortriebsrichtung geöffnet und abgedichtet.

Der kontinuierliche bemannte Vortrieb ist unumgänglich, wenn man tief im Grundwasser einen gesteuerten gekrümmten Vortrieb ausführen will, zumal mit eiszeitlichen Bodeneinschlüssen (Findlingen) zu rechnen ist.

Beim bemannten Vortrieb befinden sich zwei Arbeiter in einer Abraumkammer hinter dem Vortriebsschild und steuern den Vortrieb. Der abgebaute Boden wird über Rohrleitungen über Tage gefördert. Hindernisse, wie große Steine/Findlinge werden von Hand entnommen, größere Brocken werden vor Ort zerkleinert. Zur Vermeidung eines Grundwassereintritts herrscht in der Abraumkammer erhöhter Luftdruck. Die Männer arbeiten unter diesem erhöhten Luftdruck und müssen daher vor und nach der Arbeit die in der Maschine eingebaute



Bild 3: Blick in die Startgrube mit Stahlbetonvortriebsrohren



Bild 4:
Blick in die Schleusenammer

Druckschleuse passieren (**Bild 4**). Wie beim Tauchen müssen sie sich zum Druckausgleich eine bestimmte Zeit in der Druckschleuse aufhalten.

Ohne diesen Überdruck würden die Vortriebsstrecke und der Startschacht geflutet werden. Zwischen den Stahlbeton-Vortriebsrohren und der Bohrpfehlwand ist eine aufwändige Abdichtung erforderlich. Der Vortriebsschild und die Druckschleuse werden durch die Vortriebsrohrsegmente aus der Startgrube heraus entsprechend dem Abraumfortschritt weiter vorgeschoben.

Höhepunkt ist stets das zielgenaue Erreichen der Zielgrube und das Öffnen der Bohrpfehlwand. Dies hat hier vorbildlich geklappt.

3.2 Einbau der duktilen Gussrohre

Um beide Rohre übereinander einziehen zu können, waren folgende Parameter zu berücksichtigen:

- Unabhängig vom Verfahren (Einschieben oder Einziehen) ist in einer Kurve die horizontale Lage des Rohrstrangs zu sichern, damit die Rohre nicht in die Kurve hineingezogen oder aus der Kurve herausgedrückt werden.
- Beim anschließenden Verdämmen des Schutzrohres muss auch die vertikale Lagesicherung bedacht werden.
- Die Vorzugsrichtung bei längskraftschlüssigen Rohren ist immer das Einziehen, weil hier schon während des Arbeitsvorgangs die Steckmuffen-Verbindungen gereckt und verriegelt werden.

Daher wurde auf der Mantelrohrstrecke im Sohlbereich des Innenradius eine U-Schiene angeordnet, in der dann die mit Rollen versehenen Rohrschellengerüste geführt wurden. Auch am inneren Kämpfer des Schutzrohres stützte sich der Rohrstrang über Rollen an den Schellen ab, damit er beim Einzug nicht umkippen konnte. Rohrschellen auf den Gerüsten nahmen die Rohre auf und sorgten für den reibungslosen geführten Einzug. Die Gerüste hatten keine Verbindung untereinander. Die Einzugskräfte wurden nur über die längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen der Rohre übertragen.

Die BLS® - Steckmuffen-Verbindung zeichnet sich durch ihre Montagefreundlichkeit und die hohe zulässige Zugkraft, selbst bei abgewinkeltem Einbau, aus. Deshalb hat sich die BLS® - Steckmuffen-Verbindung bei allen Einbauverfahren und Hochdruckanwendungen bestens bewährt.

Die Längskraftschlüssigkeit wird dabei folgendermaßen erreicht: Das Einsteckende des Rohres ist über dem Rohrumfang mit einer werkseitig aufgetragenen Schweißbraupe ausgestattet, die durch Ihre Wurzel fest und tief in der Rohrwand verankert ist. Im Muffenprofil ist eine (Schubsicherungs-) Kammer mit zwei „Fenstern“ an der Muffenstirn angeordnet. Nach dem Zusammenstecken von Spitze und Muffe werden durch diese Fenster die gusseisernen Verriegelungssegmente eingeführt und über den Rohrumfang verteilt. Ebenso einfach wie die Montage ist auch die Demontage: nach Entnahme der Verriegelungssegmente lassen sich die Verbindungen wieder leicht

lösen, z. B. beim Abbau der Formstücke nach der Druckprobe oder bei der Demontage der Ziehköpfe; hier besitzt das BLS®-System deutliche Vorteile gegenüber anderen Systemen.

An den jeweils ersten Rohren wurden Zugköpfe auf die Spitzenden (ebenfalls System BLS®) montiert (**Bild 5**). Die Zugkräfte werden durch eine Zugkopfgestängekonstruktion aufgenommen. Die mögliche Zugbelastung von 86 t bzw. 120 t bei einer zulässigen Abwinkelung von 2° bzw. 3° sind vom Hersteller garantiert, wurden aber bei diesem Vorhaben mit lediglich 5 t bei weitem nicht ausgeschöpft, was eine erhöhte Sicherheit bedeutet. Durch die Zuggestängekonstruktion ist die ausbalancierte Übertragung der Zugkräfte auf beide Rohrstränge sichergestellt. Die Konstruktion wurde mittels Zugseil gezogen. Das Rohr DN 600 lag dabei unter dem Rohr DN 500 (**Bild 6**). Wichtig war auch die Einhaltung gleicher Rohrlängen, damit die

als Gelenk wirkenden Muffen-Verbindungen immer direkt übereinanderlagen. Die Rohre wurden bündelweise auf der Schellenkonstruktion fixiert, dann montiert, gereckt/verriegelt und festgeschraubt (**Bild 7**). Die Verbindungen sind mit Schrumpfmanschetten umhüllt, weil der Ringraum des Schutzrohres später verfüllt/verdämmert wird.

Für den Abschluss bzw. den Flanschübergang in den Schächten lieferte der Rohrhersteller die passenden Formstücke im BLS®-System (F- und EU-Stücke, [2]) und auch die Zugköpfe.

Während der Montage der Zugköpfe und der ersten Rohrverbindungen wurde die Bau-firma durch einen Techniker des Rohrherstellers unterstützt, ebenso wie beim Aufbringen der Schweißraupen auf den an der Baustelle gekürzten Rohren (**Bild 8**).



Bild 5:
Blick in die Startgrube bei der Zugkopfmontage



Bild 7:
Zum Einzug vorbereitetes Rohrbündel



Bild 6:
Montage der duktilen Gussrohre im Startschacht



Bild 8:
Nachträgliches Aufbringen der Schweißraupe durch den Anwendungstechniker des Rohrherstellers

Nach erfolgreich bestandener Druckprobe und Kamerabefahrung wurden die Schachtsohlen mit Beton teilverfüllt; damit dienten sie zugleich als Widerlager für die aufsteigenden Dükeräste.

4 Schlussbetrachtungen

Die immer dichter verflochtene Infrastruktur der heutigen Städte erfordert, um allen Aspekten der Nachhaltigkeit gerecht zu werden, ein neues Denken hinsichtlich Ausnutzung des Bauraums und Anwendung neuer moderner Bauverfahren. Zur wirtschaftlichen Begründung anspruchsvoller Bauvorhaben ist stets eine möglichst lange betriebssichere und störungsfreie Nutzungsdauer anzustreben.

Die wünschenswerte Kompetenzkette besteht aus

- ausgezeichneter umsichtiger Planung und Vorbereitung,
- kompetenter Baudurchführung durch eine erfahrene Fachfirma,
- erfahrener Bauüberwachung und
- langlebigem Material mit hohen Sicherheitsreserven.

Literatur

- [1] EN 598: 2007+A1:2009
- [2] E-Book, Kapitel 6
Download: www.eadips.org/e-book-d/

Autoren

Dipl.-Ing. (FH), EWE
Lars Kolbig
Beton & Rohrbau 2.0 GmbH
Westhafenstraße 1
13353 Berlin/Deutschland
Telefon: +49 (0)30/397341-0
E-Mail: berlin@beton-rohrbau.de

Dipl.-Ing. (TU) Lutz Rau
Duktus (Wetzlar) GmbH & Co. KG
Verkaufsbüro Berlin
Am Schonungsberg 45
12589 Berlin/Deutschland
Telefon: +49 (0)30/64849070
E-Mail: lutz.rau@duktus.com

Wurzelfestigkeit von duktilen Guss-Rohrverbindungen

Von *Christoph Bennerscheidt*

1 Einleitung

„Wurzeleinwuchs in Abwasserkanälen“ wird im Rahmen der regelmäßig durchgeführten Kamerainspektionen von innen als Abflusshindernis erkannt. In privaten Abwasserleitungen fällt Wurzeleinwuchs spätestens beim Auftreten von Verstopfungen und Rückstau mit den daraus resultierenden Folgen auf. In öffentlichen Abwassernetzen ist Wurzeleinwuchs einer der häufigsten Schäden [1]. Sowohl in privaten als auch in öffentlichen Abwassernetzen gelten diese Leitungsabschnitte als undicht.

2 Wurzelwachstum und Wurzeldrücke

Die Gründe für das Einwachsen von Baumwurzeln in Abwasserleitungen und Kanäle wurden in den letzten 15 Jahren erforscht. Als wichtige Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und Kanäle“ [2] wurden Modelle entwickelt, mit denen das Wurzelwachstum im Bereich von Kanälen und Leitungen beschrieben werden kann. Basierend auf Ergebnissen von zahlreichen Aufgrabungen wurden das Dichtefallenmodell und das Sauerstoffmodell entwickelt und beschrieben; sie eignen sich für die Beschreibung des Wurzelwachstums im unterirdischen Raum. Im Rahmen eines weiteren Forschungsvorhabens [3] wurden Wurzeldrücke von Primärwurzeln und Anpressdrücke von Steckmuffen-Verbindungen an unterschiedlichen Rohrsystemen aus Steinzeug, Kunststoffen und duktilem Gusseisen der Nennweite DN 150 ermittelt. Eine Auswahl der Rohrverbindungen z. B. in Form der maximalen Muffenspalte, bei denen die minimalen Anpressdrücke erwartet werden konnte, wurde nicht getroffen, weil die Spannbreite der Anpressdrücke aufgezeigt werden sollte. Dies nahm die Fachgemeinschaft zum Anlass, die Anpress-

drücke in Steckmuffen-Verbindungen System TYTON® ermitteln zu lassen. Mit Hilfe folgender Kriterien wie

- dem Dichtefallen- und dem Sauerstoffmodell,
- den Untersuchungsergebnissen zum Wurzeldruck von Primärwurzeln unterschiedlicher Bäume,
- den Anpressdruckuntersuchungen an gesteckten Rohrverbindungen im Rahmen von [3] sowie
- Messungen an Steckmuffen-Verbindungen System TYTON® mit maximalem Muffenspalt ließ sich die Wurzelfestigkeit der Steckmuffen-Verbindung System TYTON® einschätzen.

3 Das Dichtefallenmodell

Die gesamte Umgebung von Gebäuden und ihrer Infrastruktur ist ein anthropogen geschaffener Bodenraum. Im Gegensatz zum gewachsenen Boden besitzt er häufig eine geringere Verdichtung bzw. größere Porenräume. Die Dichteunterschiede beeinflussen die Wachstumsrichtung der Wurzelspitze. Die Elastizität der Kalyptra (Wurzelspitze) führt dazu, dass die Wurzeln in die Richtung des leichter zu durchwurzelnden Substrates wachsen (**Bilder 1 und 2**). Ein Zurückwachsen der Wurzeln in einen Bereich höherer Verdichtung bzw. schlechterer Durchwurzelbarkeit ist in der Regel ausgeschlossen. Die Wurzeln werden in Bodenbereichen mit großer Durchwurzelbarkeit „eingefangen“. Der Ringspalt bzw. Ringraum vor dem Dichtelement kann auch, je nach Rohrverbindung, ein Bereich sein, den sich die Wurzeln leicht erschließen. Sie können dort mehrere Jahre wachsen, bevor sie schließlich in eine Leitung einwachsen. Hierzu muss der Anpressdruck des Dichtmittels überwunden werden.



Bild 1:
Starkwurzeln im Leitungsgraben einer
Telekommunikationsleitung

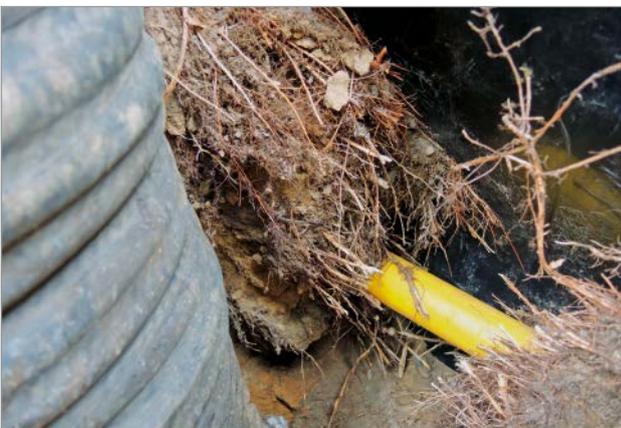


Bild 2:
Feinwurzeln im Leitungsgraben einer Gasleitung
Quelle: Heidger, C.

4 Das Sauerstoffmodell

Die Verfügbarkeit von Sauerstoff im Boden hat großen Einfluss auf die Ausbreitung von Wurzeln. Alle pflanzlichen Organismen benötigen Sauerstoff zur Aufrechterhaltung ihres Stoffwechsels. Die Versiegelung städtischer Böden hat zur Folge, dass der Eintrag von Sauerstoff in den Boden stark eingeschränkt ist. Abwasserleitungen werden meist als Freispiegelleitungen betrieben und ausreichend über Wartungs- und Inspektions-

öffnungen (Schächte) belüftet. Der größte Anteil der Leitung ist mit Luft gefüllt. Bei vergossenen Dichtungen können im Vergussmaterial durch Schwinden Risse entstehen. Der in der Luft enthaltene Sauerstoff kann so in der Umgebung von Rohren und Rohrverbindungen in den Boden gelangen. Bei der Planung von Abwassersystemen bleibt die Gasdurchlässigkeit von Rohren und Rohrverbindungen unberücksichtigt. Sie kann aber auch bei neu eingebauten Abwasserrohren das Wurzelwachstum beeinflussen. Bei nicht gasdichten Rohrwerkstoffen kann selbst bei intakten Leitungen Sauerstoff austreten. Nach dem Sauerstoffmodell wachsen Wurzeln der Sauerstoffquelle entgegen und finden so die Rohrverbindung.

Dieses Modell (Oxytropismus) wird durch die Ergebnisse von [4] gestützt. An Keimlingswurzeln von Erbsen (*Pisum sativum* L.) konnte gezeigt werden, dass diese einem Sauerstoffgradienten in Richtung der höheren O_2 -Konzentration folgten. Darauf aufbauend war es Ziel des Forschungsvorhabens „Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und Kanäle – Ergänzungsvorhaben“ [3], die Ursachen für Wurzeleinwuchs in Leitungen wissenschaftlich zu belegen und die Mechanismen beim Eindringen einer Wurzel in die Leitung sowie die Wechselwirkung zwischen Rohreigenschaften und Wurzeleinwuchs zu beschreiben. Außerdem sollten Vorschläge für Prüfverfahren entwickelt werden, welche die mechanischen und biologischen Vorgänge bei Wurzeleinwuchs realitätsnäher abbilden, damit Rohrverbindungen hinsichtlich ihrer Beständigkeit gegen Wurzeleinwuchs bewertet werden können. Dabei wurden die Unterschiede im Wuchsverhalten unterschiedlicher Baumarten als Charakteristika unterschiedlicher Wurzelsysteme beschrieben. Einen besonderen Schwerpunkt bildeten die Interaktion von Wurzeln mit verschiedenen Rohrverbindungen DN 150 und mechanische Versuche zum Nachweis der Wurzelfestigkeit. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Abschnitt 9, Untersuchungen und Ergebnisse, zusammengefasst.

5 Praxisbeispiele

Den Einfluss der Porenräume auf das Wurzelwachstum veranschaulichen die **Bilder 3 bis 6**. Für die in den **Bildern 3 bis 5** dargestellten Versuche im Botanischen Garten der Ruhr-Universität Bochum wurde eine künstliche Schichtung von zwei Substraten mit unterschiedlicher Porosität in Pflanzgefäßen angelegt. Als Substrat mit hohem Porenanteil und guter

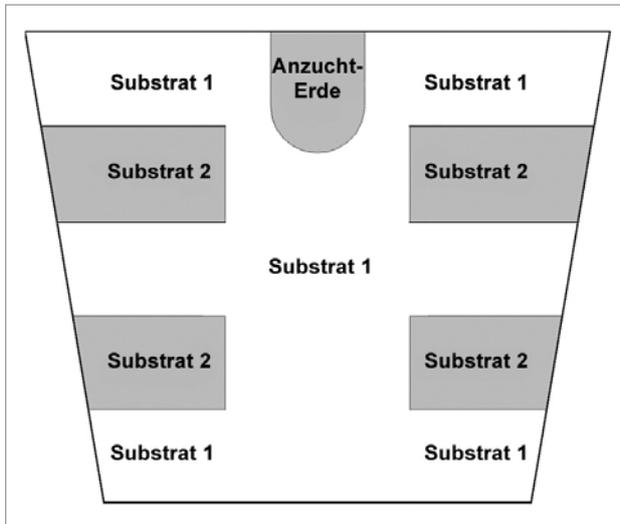


Bild 3:
Schematischer Längsschnitt durch ein Pflanzgefäß
Quelle: Schmiedener, H.



Bild 4:
Seitlich geöffnetes Pflanzgefäß – in den Schichten aus Bentonit sind keine Wurzeln zu erkennen
Quelle: Stützel, T.

Durchwurzelbarkeit wurde Komposterde ausgewählt, wie sie für die Containerkultur im Botanischen Garten der Ruhr-Universität Bochum eingesetzt wird. Für die Herstellung von Bodenbereichen mit geringem Porenanteil und geringer Durchwurzelbarkeit wurde Bentonit gewählt. Das eingesetzte Material besteht aus Tonmineralien mit einer mittleren Partikelgröße von 0,063 mm. Die geringe Größe der Partikel hat zur Folge, dass die für das Wachstum von Wurzeln notwendigen Räume (Bodenporen) mit einer Größe ab 100 µm nicht vorhanden sind [5]. Die Substrate wurden in horizontalen Schichten wechselweise um eine zentrale Säule aus einem der Substrate eingebracht. Den Schichtaufbau veranschaulicht der dargestellte schematische Längsschnitt in **Bild 3**. **Bild 4** zeigt ein seitlich geöffnetes Pflanzgefäß.



Bild 5:
Geöffnetes Pflanzgefäß – Wurzeln mit Wasser freigespült. Die Wurzeln sind nicht in den Bentonit gewachsen.
Quelle: Stützel, T.



Bild 6:
Wurzeln in einer Tiefe von 7 m, die aufgrund der guten Sauerstoffversorgung bis in diese Tiefe gewachsen sind
Quelle: Schmiedener, H.

Allein der Blick auf dieses Bild lässt erahnen, dass keine Wurzeln in den porenraumarmen Bentonit eingewachsen sind, was sich nach dem Aufschneiden des Pflanzgefäßes inklusive Bodenkörper und dem Freispülen der Wurzeln mit Wasser bestätigte. Die Wurzeln hatten sich durch die Komposterde bis auf die Sohle des Pflanzgefäßes ausgebreitet (**Bild 5**). Zwischen den Betonitschichten reichten sie sogar beinahe bis an den vertikalen Rand des Pflanzgefäßes heran [2].

In der Praxis bestätigte sich dieses labortech- nisch simulierte Verhalten des Wurzelwachstums. Die in **Bild 6** dargestellte Verwurzelung wurde in einer Tiefe von 7 m angetroffen. Die Wurzeln hatten sich entlang einer Hausanschlussleitung ausgebreitet, die über das dargestellte Formstück an den Abwasserkanal angeschlossen war. Sie waren bis in den Leitungsgraben des Hauptkanals und dort im Zwickel des Abwasserkanals weitergewachsen. In dieser Tiefe benötigt das wachsende Wurzelwerk eine ausreichende Versorgung mit Sauerstoff. Es liegt die Vermutung nahe, dass dieser Sauerstoff aus den nicht gasdichten Steckmuffen-Verbindungen der Hausanschlussleitung und des Hauptkanals im Sinne des Sauerstoffmodells stammte.

6 Charakteristika unterschiedlicher Wurzelsysteme

Mögliche Auswirkungen der Unterschiede im anatomischen Aufbau der Wurzeln wurden mit Hilfe von Wurzeldruckmessungen an Primärwurzeln untersucht. Grundsätzlich wurde bei Gymnospermenwurzeln (Nadelbäume) ein geringerer Wurzeldruck als bei Angiospermenwurzeln (Laubbäume) gemessen. Die Spitzenwerte der Wurzeldrücke von Gymnospermen variierten zwischen 4,0 bar für Araukarienwurzeln (*Araucaria araucana*) und 8,8 bar für Pinienwurzeln (*Pinus pinea*). Auch die Wurzeldrücke von Angiospermen (Laubbäume) variierten. Als unterer Spitzenwert wurden bei Robinienwurzeln 8,8 bar gemessen und als Obergrenze wurde kurzzeitig ein Wert von 11,9 bar bei Eichenwurzeln gemessen. Im Mittel liegen Wurzeldrücke zwischen 4 bar und 8 bar. Die Ergebnisse der Wurzeldruckmessungen sind in **Tabelle 1** zusammengestellt.

Tabelle 1:

Wurzeldrücke unter idealen Wachstumsbedingungen für die eingesetzten Keimwurzeln – zu jedem Zeitpunkt bestand eine kontinuierliche Wasser- und Sauerstoffversorgung für die Wurzeln

Art	Messreihe	Messdauer [h]	Maximaldruck [bar]	Mittelwert [bar]
Pisum sativum L./ Erbse	1	62,5	4,9	4,07
	2	62,5	5,9	
	3	62,5	2,5	
Quercus robur L./ Stieleiche	1	50,0	1,2	8,42
	2	50,0	5,9	
	3	64,0	11,9	
	4	46,0	10,8	
	5	46,0	12,3	
Robinia pseudoacacia L./ Gewöhnliche Robinie	1	58,0	8,8	6,43
	2	58,5	8,4	
	3	48,0	6,7	
	4	48,0	6,5	
	5	25,0	3,7	
	6	22,0	4,5	
Pinus pinea L./ Pinie/Italienische Steinkiefer	1	700,0	3,6	6,28
	2	700,0	8,8	
	3	670,0	9,8	
	4	670,0	2,9	
Araucaria araucana (MOLINA) K.KOCH/ Chilenische Aurakarie	1	530,0	4,0	4,0

7 Rohrverbindungen

Kanalisationsrohre werden am häufigsten durch Steck-Verbindungen mit Elastomeren als Dichtmittel miteinander verbunden. Sie bieten gegenüber anderen Systemen den Vorteil, dass sie auch unter schwierigen Baustellenbedingungen vergleichsweise einfach zu montieren sind. Die Entwicklung dieser Verbindungen wurde in den letzten Jahrzehnten unter bautechnischen Gesichtspunkten vorangetrieben und optimiert. Die für duktile Gussrohre meistverwendete Muffen-Verbindung ist die TYTON® - Steckmuffen-Verbindung (**Bild 7**). Sie ist im Bereich DN 80 bis DN 1400 genormt. Seit ihrer Einführung auf dem deutschen Markt im Jahre 1957 hat sie sich millionenfach in Trinkwasser-, Rohwasser- und Abwasserleitungen bewährt. Die wesentlichen Abmessungen dieser Verbindung sind in DIN 28603 [6] für die Nennweiten DN 80 bis DN 1400 festgelegt. Die Dichtfunktion der TYTON® - Steckmuffen-Verbindung übernimmt eine profilierte Dichtung, die aus einer weicheren (Dichtteil) und einer härteren Gummimischung (Halteteil) besteht [7].

Die STANDARD – Steckmuffen-Verbindung (**Bild 8**) ist in ihrem konstruktiven Konzept und in ihrer Funktion mit der TYTON® - Steckmuffen-Verbindung vergleichbar. Ihre Verbindungsmaße sind in Deutschland in DIN 28603 [6], (Form C), von DN 80 bis DN 2000 festgelegt. Die Dichtung besteht aus Gummi mit einer einzigen Härte.

8 Interaktion zwischen Rohrverbindungen und Wurzeln

Zur Prüfung von Rohrverbindungen werden in Laborversuchen Belastungssituationen, wie sie im Rohrgraben auftreten können, simuliert und so die Rohr- und Rohrverbindungsqualität sichergestellt. In Rohrverbindungen einwachsende und zu Undichtigkeiten führende Wurzeln stellen eine bis jetzt undefinierte Belastung für Rohrverbindungen dar. Der Lastfall Wurzelwachstum wurde erstmals im Rahmen von [2] beschrieben. Danach wachsen Wurzeln nicht nur in undichte Rohrverbindungen ein. Sie können sogar nach den a. a. R. d. T. „wurzelfeste“ Rohrverbindungen überwinden, sodass die Hypothese „Wasserdichte Rohrverbindung gleich wurzelfeste Rohrverbindung“ nicht in allen Fällen zutrifft. Ergebnisse von Untersuchungen in Schweden [8] und Australien [9] bestätigen diese Beobachtungen. Mit welchen Strategien die Wurzeln eine Rohrverbindung überwinden können, wurde bereits in [2]

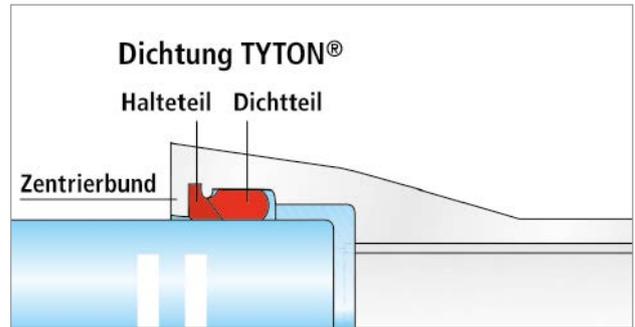


Bild 7:
Steckmuffen-Verbindung für duktile Guss-Rohrsysteme, System TYTON®

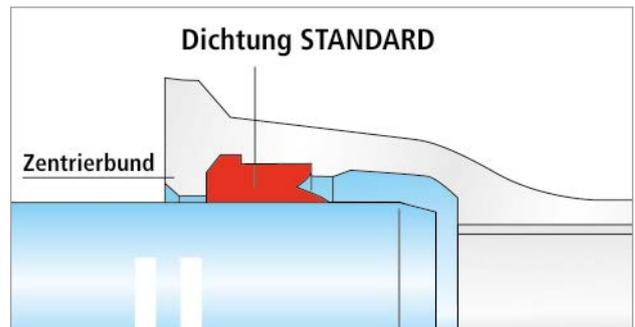


Bild 8:
Steckmuffen-Verbindung für duktile Guss-Rohrsysteme, System STANDARD

beschrieben. Eine besondere Bedeutung kommt dem verwendeten Rohrwerkstoff, der geometrischen Ausführung der Rohrverbindung und der eingesetzten Elastomerdichtung zu. Die Summe der Eigenschaften dieser Einzelkomponenten beeinflusst das Wuchsverhalten der Wurzeln im Bereich der Rohrverbindungen. Weitere Faktoren, wie die Versorgung der Wurzeln über das Rohrleitungssystem mit Sauerstoff (Diffusionsdichtheit von Rohrwerkstoffen und Steck-Verbindungen) sind dabei zu berücksichtigen.

9 Untersuchungen und Ergebnisse

Im Rahmen von [3] wurden an insgesamt elf unterschiedlichen Steckmuffen-Verbindungen der Nennweite DN 150 bzw. OD 160 die Anpressdrücke ermittelt. Darunter waren drei Steckmuffen-Verbindungen für Steinzeugrohre, vier für PVC-Rohre, drei für PP-Rohre und eine Steckmuffen-Verbindung für duktile Gussrohre. Die Ergebnisse der Anpressdruckuntersuchungen an der TYTON® - Steckmuffen-Verbindung DN 150 ohne Scherlast und unter dem Einfluss einer Scherlast sind in **Bild 9** dargestellt (Tabelle 18 in [3] zeigt alle Ergebnisse). Als mittlerer Anpressdruck ohne die Einwir-

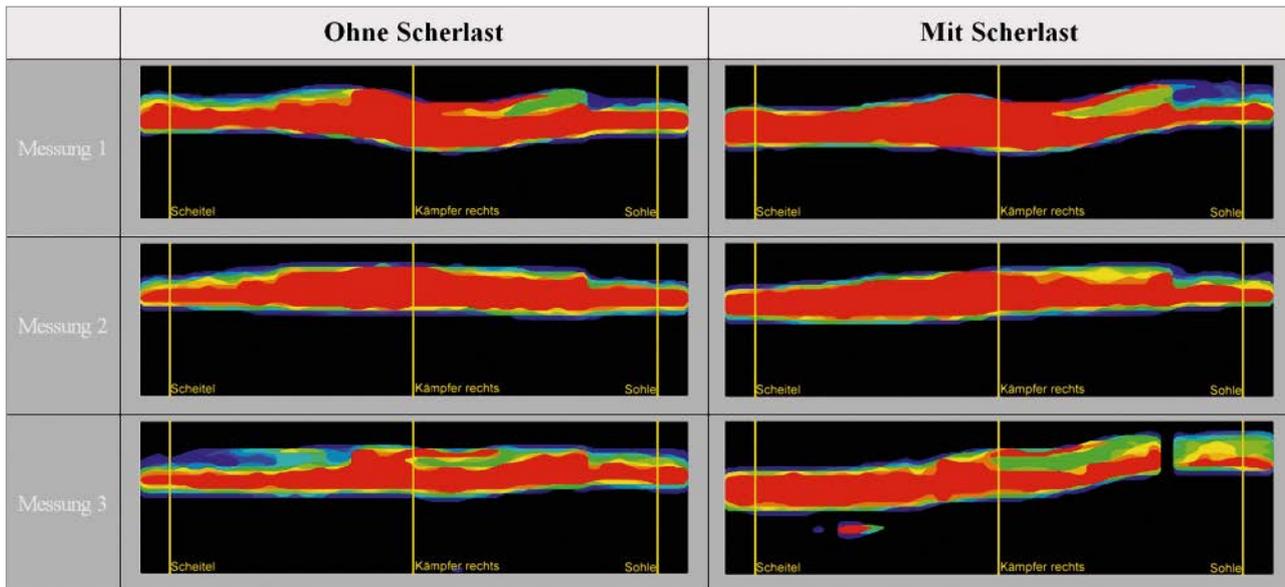


Bild 9:

Messung des Anpressdruckes mittels einer Druckfolie. Rohrverbindung eines duktilen Gussrohres DN 150 mit TYTON® - Steckmuffen-Verbindung ohne Scherlast und mit Scherlast nach EN 598 [10].

Maßgeblicher Anpressdruck im Bereich der Rohrsohle:

Messung 1) ohne Scherlast-Wirkung 24,8 bar, mit Scherlast-Wirkung 21,2 bar,

Messung 2) ohne Scherlast-Wirkung 23,9 bar, mit Scherlast-Wirkung 20,4 bar,

Messung 3) ohne Scherlast-Wirkung 17,8 bar, mit Scherlast-Wirkung 10,8 bar.

Mittelwerte des Anpressdruckes ohne Scherlast-Wirkung 22,2 bar, mit Scherlast-Wirkung 17,5 bar ([3], Abb. 35)

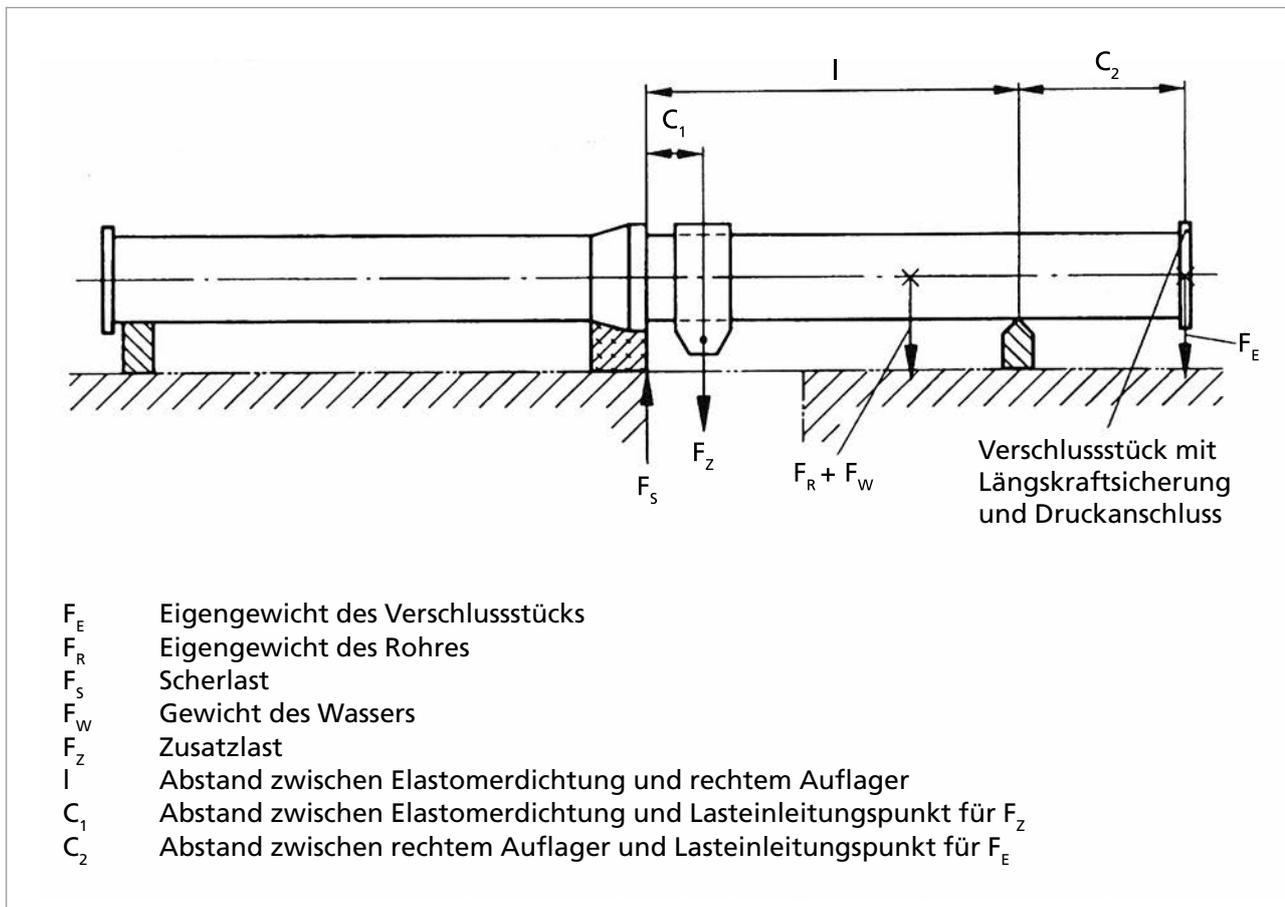


Bild 10:

Scherlastprüfung für Rohrverbindungen von Abwasserkanälen und -leitungen mit Elastomerdichtungen nach [11]

kung einer Scherlast wurde für die Steckmuffen-Verbindung System TYTON® ein Wert von 22,2 bar ermittelt. Unter Scherlast ergab sich an der entlasteten Seite der Steckmuffen-Verbindungen System TYTON® ein gemittelter Anpressdruck von 17,5 bar.

10 Einwuchsrisiko und Wurzelfestigkeit im Licht des Technischen Regelwerks

Die Wurzelfestigkeit von Rohrverbindungen galt in Deutschland nach DIN 4060 [11] als nachgewiesen, wenn die Rohrverbindung unter Scherlast eine Dichtheitsprüfung bei Über- bzw. Unterdruck bestanden hatte (**Bild 10**). Dies geschah unter der Annahme, dass Wurzeln lediglich in undichte Rohrverbindungen einwachsen können.

Dies änderte sich aufgrund der in [2] und [3] beschriebenen Forschungsergebnisse und wurde bei der Veröffentlichung des fachübergreifenden Regelwerks „Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle“, das textgleich als DWA-M 162 [12], DVGW-Merkblatt GW 125 und FGSV 939 erschien, berücksichtigt.

Als wichtige Veränderung wird in den beiden Kapiteln Dichtheit und Wurzelfestigkeit ([12], Kapitel 5.5) sowie Rohrverbindungen ([12], Kapitel 5.6) erstmals ein Einwuchsrisiko für dichte Rohrverbindungen beschrieben ([12], Kapitel 5.5): *„Wurzeln können nicht nur in undichte Rohre bzw. Rohrverbindungen einwachsen, sondern auch in dichte Rohrverbindungen, die den Wurzeln keinen ausreichenden Widerstand entgegenstellen.“*

Weiterhin wird ausgeführt:

„Bei Neubau und fachgerechter Herstellung von Rohrverbindungen (z.B. nach DIN EN 1610/DWA-A 139 für Abwasser) kann davon ausgegangen werden, dass die Gefahr des Einwachsens von Wurzeln in die Leitung gering ist. Zur Erhöhung des Widerstands gegen Wurzeleinwuchs können zusätzliche bauliche Sicherungsmaßnahmen ergriffen werden ([12], Kapitel 7).“

Als zusätzliche bauliche Sicherungsmaßnahmen werden in [12], Kapitel 7.2.2, Maßnahmen beschrieben, die im direkten Bereich von unterirdischen Leitungen bzw. Leitungsgräben ergriffen werden, sogenannte passive Schutzmaßnahmen. Zu den passiven Schutzmaßnahmen gehören:

- Einsatz porenraumarmer Verfüllstoffe im Rohr- oder Leitungsgraben,
- Einbau von Mantelrohren (Schutzrohren) um die Leitung,

- Einbau von Platten oder Folien im Leitungsgraben,
- Auswahl wurzelfester Rohrverbindungen,
- weitere Einbauten.

Aus [12], Kapitel 5.5, des Merkblattes „Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle“ lässt sich somit das Einwuchsrisiko in Steckmuffen-Verbindungen ableiten, selbst dann, wenn die Rohrverbindung fachgerecht hergestellt wurde. Eine Steckmuffen-Verbindung mit dem geringsten bzw. keinem Einwuchsrisiko würde dann als wurzelfest gemäß [12], Kapitel 7, eingestuft werden.

11 Messung des Anpressdrucks an Rohrverbindungen

Die Geometrie des Dichtmittels und der daraus resultierende Einfluss auf den erzeugten Anpressdruck blieben bei der Scherlastprüfung [11] unberücksichtigt. Es wurde lediglich die kurzzeitige Beanspruchung des Dichtmittels im Versuch abgebildet. Eigenschaftsänderungen des Elastomers wie die Verringerung des Anpressdrucks unter länger andauernder Scherlast blieben unberücksichtigt.

In EN 14741 [13] wird ein Prüfverfahren zur Bestimmung des Langzeit-Dichtverhaltens von Elastomer-Dichtungen durch Extrapolation und Abschätzung des Dichtdrucks nach 100 Jahren beschrieben. Das Verfahren lautet in EN 14741 [13] wie folgt:

*„Der Dichtdruck in einer Verbindung wird geschätzt durch Messen des zum Anheben der Dichtung erforderlichen Drucks in jedem der drei PTFE-Schläuche, die gleichmäßig um den Umfang einer Verbindung zwischen Gummidichtung und Außenwand des Spitzendes oder, sofern zutreffend, der Muffe verteilt angebracht sind (**Bild 11**). In einer Umgebung mit Temperaturregelung und in zunehmenden Zeitabständen wird Stickstoff oder Luft mit einer konstanten Durchflussgeschwindigkeit von 120 ml/min durch drei biegsame PTFE-Schläuche gepresst. Der für das Erreichen dieser Durchflussgeschwindigkeit erforderliche Stickstoff- oder Luftdruck p wird gemessen. Der Druck p_t wird innerhalb eines Zeitraumes in zunehmenden Zeitabständen gemessen. Die extrapolierten Regressionslinien für p_t werden verwendet, um die geschätzten Werte p_x nach 100 Jahren und p_y nach 24 h zu errechnen.“*

PTFE (Polytetrafluorethylen)-Schlauch:

gedehnter Schlauch, der normalerweise als Schrumpfschlauch verwendet wird. Der ursprüngliche Durchmesser und die ursprüngliche Wanddicke nach dem Schrumpfen sind normalerweise festgelegt. Es ist zu beachten, dass die Maße im gedehnten Zustand normalerweise nicht festgelegt sind. Die ermittelte Wanddicke und der ermittelte Durchmesser sind sorgfältig zu überprüfen. Die angegebenen Grenzabweichungen sollten als Richtlinie für den Lieferanten angesehen werden.

p_t :
der im PTFE-Schlauch bei einer Durchflussgeschwindigkeit von 120 ml/min während der Zeit t [h] gemessene Druck [bar]

p_x :
extrapolierter Druck nach 100 Jahren [bar]

p_y :
berechneter Druck nach 24 h [bar]

Der Versuchsaufbau ist in **Bild 11** dargestellt. Die Untersuchungen werden nach EN 14741 [13] ohne die Einwirkung von Scherlasten durchgeführt. In **Bild 12** ist ein typischer Verlauf einer Anpressdruckmessung mit anschließender Extrapolation beispielhaft dargestellt.

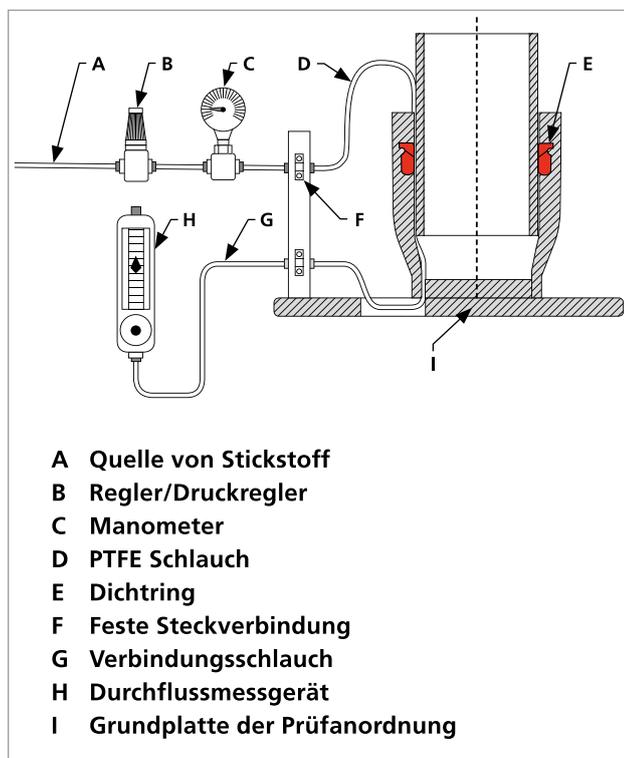


Bild 11:
Messung des Anpressdrucks,
entnommen aus [2], veröffentlicht in [14]

12 Nachweis der Wurzelfestigkeit von TYTON® - Steckmuffen-Verbindungen

Im Folgenden wird ein Weg aufgezeigt, wie die Wurzelfestigkeit von Steckmuffen-Verbindungen in Anlehnung an EN 14741 [13] mit einem modifizierten Versuch zur Ermittlung des Langzeit-Dichtverhalten von Elastomer-Dichtungen durch Abschätzung des Dichtdrucks nachgewiesen werden kann.

Für die Anwendbarkeit und die anschließende Interpretation der Ergebnisse müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die im Rahmen der Prüfungen eingesetzten Rohrwerkstoffe und Steckmuffen-Verbindungen sind nachweislich diffusionsdicht [15], sodass die Sauerstoffversorgung der Wurzeln im Leitungsgraben über das Rohrsystem unterbleibt.
- Es werden die minimal möglichen Anpressdrücke für die zu prüfende Steckmuffen-Verbindung ermittelt. Hierfür sind z. B. die Randbedingungen der Typ-Prüfungen duktiler Gussrohr-Verbindungen zu beachten. Es werden Steckmuffen-Verbindungen mit einem maximalen Verbindungsspalt nach EN 598 [10] eingesetzt, die in achsgleicher Lage mit einer Scherlast belastet werden.
- Die Wanddicke des eingesetzten Messmittels (PTFE-Schlauch) kann bereits die Anpressdruckmessung beeinflussen. Um dies zu berücksichtigen, ist vor der Prüfung der Durchmesser des Spitzendes um einen entsprechenden Betrag (z. B. durch „Abdrehen“) zu verringern.
- Die Prüfungen werden repräsentativ für die in EN 598 [10] beschriebenen DN-Gruppierungen an Steckmuffen-Verbindungen DN 200, DN 400 und DN 800 durchgeführt.

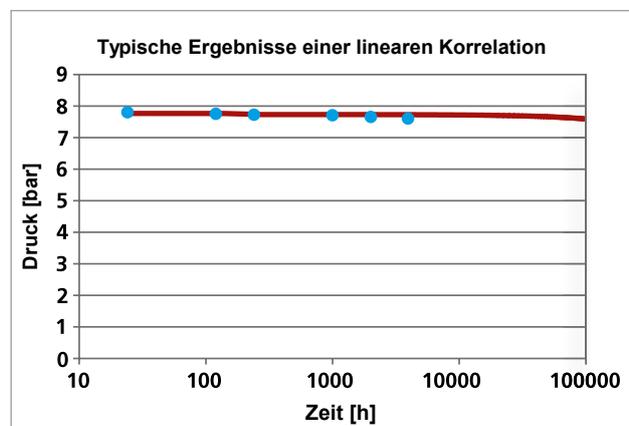


Bild 12:
Typischer Verlauf einer Anpressdruckmessung mit anschließender Extrapolation

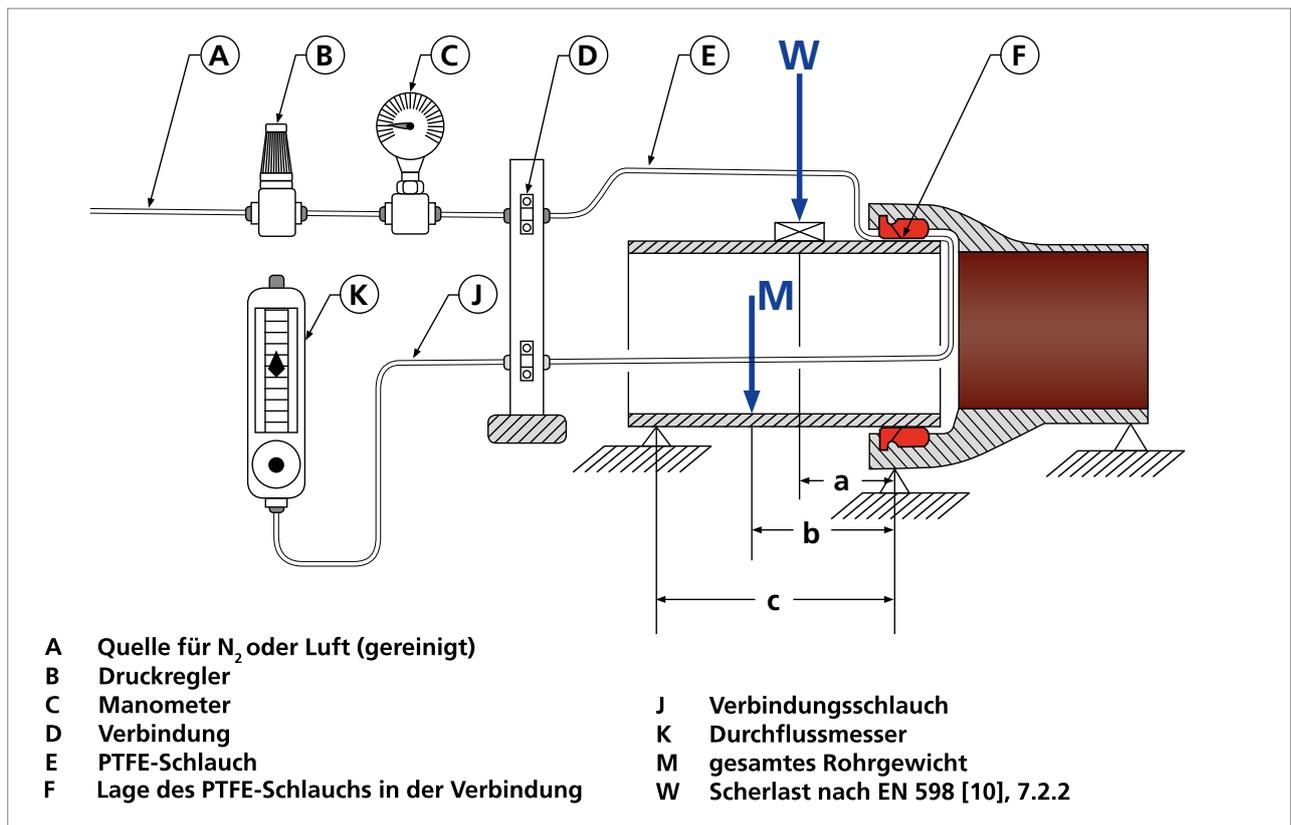


Bild 13:

Schematische Darstellung des Prüfaufbaus in Anlehnung an EN 14741 [13]: Steckmuffen-Verbindung mit einem maximalen Verbindungsspalt. Umfang des Spitzendes um den Betrag der Messmittel (PTFE-Schläuche) verringert. Messung mit vier PTFE-Schläuchen, die im durch Scherlast entlasteten Rohverbereich eingebaut werden (Zeichnung EN 14741 [13], ergänzt durch J. Rammelsberg)

Der Versuchsaufbau ist in **Bild 13** dargestellt.

Abweichend von den Vorgaben in EN 14741 [13] werden nicht drei, sondern vier PTFE-Schläuche auf der unbelasteten Seite der in **Bild 13** dargestellten achsgleich montierten und scherkraftbelasteten Verbindung zwischen der Dichtung und der Oberfläche des Einsteckendes entsprechend **Bild 14** auf den Positionen 0°, 45°, 90° und 300° positioniert. Danach werden die zum Anheben der Dichtung erforderlichen Drücke gemäß EN 14741 [13] in den vorgegebenen Zeitabständen gemessen.

Die Wurzelfestigkeit der geprüften Steckmuffen-Verbindung gilt als nachgewiesen, wenn der Anpressdruck zwischen Elastomerdichtung und Spitze einer Steckmuffen-Verbindung größer ist als der mittlere Druck der Wurzelspitze und somit auch die Breite der Dichtfläche als ausreichend groß angenommen werden kann, um die Wurzelspitze vom Sauerstoffangebot im Porenraum des Bodens abzuschneiden (Diffusionsdichtheit).

Dies ist bei den Steckmuffen-Verbindungen System TYTON® und System STANDARD der Fall, wenn der nach dem hier beschriebenen Verfahren in Anlehnung an EN 14741 [13] extrapolierte Druck nach 100 Jahren, ermittelt an Steckmuffen-Verbindungen mit einem maximalen Verbindungsspalt nach EN 598 [10], im Mittel größer ist als 7,0 bar.

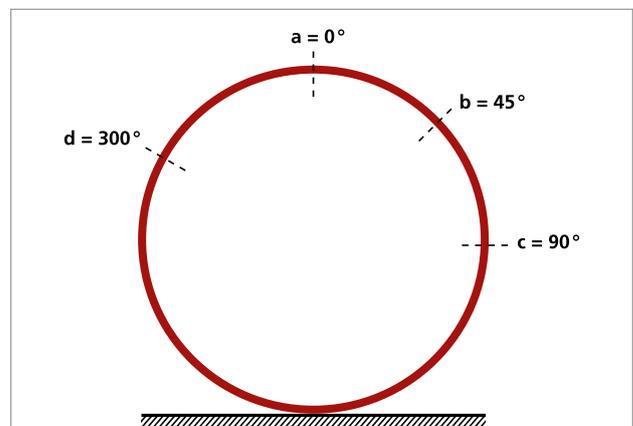


Bild 14:
Anordnung der Prüfschläuche

Mit dem hier dargestellten Verfahren wurden Untersuchungen zur Abschätzung des Dichtdrucks an Steckmuffen-Verbindungen, System TYTON®, der Nennweiten DN 200 und DN 400 durchgeführt [16]. Den realen Versuchsaufbau zeigen die **Bilder 15 und 16**.

Für die TYTON® - Steckmuffen-Verbindung DN 200 wurde ein Mittelwert von 7,67 bar nach 100 Jahren abgeschätzt und für die TYTON® - Steckmuffen-Verbindung DN 400 betrug der abgeschätzte Mittelwert 7,76 bar nach 100 Jahren. Im Ergebnis werden die geprüften Steckmuffen-Verbindungen als wurzelfest eingestuft.

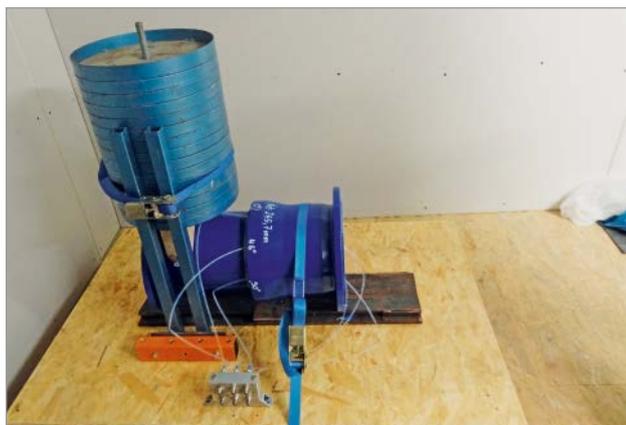


Bild 15:
Prüfaufbau für eine TYTON® - Steckmuffen-Verbindung DN 200 in Anlehnung an EN 14741 [13] beim IRO „Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg e. V.“



Bild 16:
Prüfaufbau für eine TYTON® - Steckmuffen-Verbindung DN 400 in Anlehnung an EN 14741 [13] beim IRO „Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg e. V.“

Die Details der Messungen, Ergebnisse und Auswertung sind im Prüfbericht Nr.: G 32 980 vom 14.02.2013 – Ermittlung des Langzeit-Dichtverhaltens von TYTON® - Steckmuffen-Verbindungen mit Elastomer-Dichtungen durch Abschätzen des Dichtdrucks in Anlehnung an EN 14741 [13] – der Iro GmbH Oldenburg enthalten [16]. Er kann unter www.eadips.org/gutachten/ eingesehen bzw. heruntergeladen werden.

13 Zusammenfassung und Ausblick

Die Gründe für das Einwachsen von Baumwurzeln in Abwasserleitungen und Kanäle wurden in den letzten 15 Jahren erforscht. Als maßgebliche Ergebnisse sind hervorzuheben:

- Dichtefallenmodell,
- Sauerstoffmodell,
- Möglichkeit des Wurzeleinwuchses in wasser-dichte Verbindungen,
- Einfluss der Verbindungs-konstruktion und der Dichtungsgeometrie,
- Diffusionsdichtheit des Werkstoffs für Rohr und Dichtung,
- Höhe des Anpressdrucks der Dichtung,
- Folgen für das Technische Regelwerk.

Duktile Guss-Rohrsysteme, inklusive ihrer Steckmuffen-Verbindungen sind nachweislich diffusionsdicht, sodass eine Sauerstoffversorgung des Wurzelwerks im Leitungsgraben ausgeschlossen werden kann und somit ein maßgeblicher Anreiz für das Wurzelwachstum fehlt. Außerdem wurde im Rahmen von [2] gezeigt, dass die Anpressdrücke und Anpressdruckflächen duktiler Guss-Rohrverbindungen weit oberhalb der ebenfalls experimentell ermittelten mittleren Wurzel-drücke liegen.

In den Produktnormen für duktile Guss-Rohrsysteme [10] werden die üblichen Funktionsprüfungen zur Dichtheit der beweglichen Rohrverbindungen mit einem maximalen Verbindungsspalt unter gleichzeitiger Einwirkung einer Scherlast durchgeführt. Bei der Revision der Produktnorm EN 598 [10] wird die Anforderung und Prüfung auf Wurzelfestigkeit als zusätzliches Element in Form einer Langzeitprüfung in die Norm aufgenommen.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen ergeben sich Anwendungen im unterirdischen Raum, die eine wurzelfeste Steckmuffen-Verbindung voraussetzen. Eine dieser Anwendungen wird im Beitrag „Das Schwammstadt-Prinzip – vom Rohr-Boden- zum Boden-Rohr-System – Lösungen mit duktilen Guss-Rohrsystemen“, Seite 11 ff, beschrieben.

Literatur

- [1] Stein, D. und Kaufmann, O.:
Schadensanalyse an Abwasserkanälen aus Beton- und Steinzeugrohren der Bundesrepublik Deutschland – West
Korrespondenz Abwasser
1993-02
- [2] Stützel, T. u. a.:
Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und Kanäle -
Ruhr-Universität Bochum in Kooperation mit dem IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Forschungsendbericht Juli 2004
Download: www.ikt.de/website/download/fo108langbericht.pdf
- [3] Stützel, T. u. a.:
Wurzeleinwuchs in Abwasserleitungen und Kanäle –
Ergänzungsvorhaben
Ruhr-Universität Bochum in Kooperation mit dem IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Forschungsendbericht Juni 2007
Download: www.ikt.de/website/download/fo160langbericht.pdf
- [4] Porterfield, D. M. und Musgrave, M. E. (1998):
The tropic response of plant roots to oxygen - Oxytropism in *Pisum sativum* L.
Planta 206 (1): 1–6
Zitiert in Streckenbach, M.:
Interaktionen zwischen Wurzel und unterirdischer technischer Infrastruktur – Grundlagen und Strategien zur Problemvermeidung
Dissertation 2009-06
Download: www.streckenbach.org/projekt_jul_2009.html
- [5] Kuntze, H., Roeschmann, G. und Schwertfeger, G.:
Bodenkunde
Thieme-Verlag, 5. Auflage
1994
- [6] DIN 28603: 2002-05
- [7] E-Book 10.2015,
Kapitel 8
Download: www.eadips.org/e-book-d/
- [8] Ridger, D. u. a.:
Evaluation of testing of concrete and PVC pipes
Published in: Final scientific report of COST Action C 15 "Improving relations between technical infrastructure and vegetation"
2008
- [9] Whittle, A.:
The resistance of elastomeric seal pipe joints to tree root penetration
2003-07
- [10] EN 598: 2009-10
- [11] DIN 4060: 1998-02
- [12] DWA-M 162: 2013-02
- [13] EN 14741: 2006-05
- [14] Scharwächter, D.:
Long Term tightness of sealing joints in non-pressure plastic pipe systems
Plastic Pipes XI
2001
- [15] Wolf, W.:
fgr Heft 10 (1975), S. 55 ff
- [16] Rolwers, S.:
Prüfbericht Nr.: G 32 980 –
Ermittlung des Langzeit-Dichtverhaltens von TYTON® - Steckmuffen-Verbindungen mit Elastomer-Dichtungen durch Abschätzen des Dichtdrucks in Anlehnung an EN 14741 [13]
Iro GmbH Oldenburg
2013-02-14

Autor

Dipl.-Ing. Christoph Bennerscheidt
EADIPS®/FGR®
European Association
for Ductile Iron Pipe Systems/
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e. V.
Doncaster-Platz 5
45699 Herten/Deutschland
Telefon: +49 (0)2366/9943905
E-Mail: c.bennerscheidt@eadips.org

Fusion Bonded Epoxy Resicoat R4® schützt erdüberdeckte Gusskomponenten seit über 25 Jahren vor Korrosion

Von Torsten Leitermann

1 Einleitung

Fusion Bonded Epoxy (FBE) ist seit den 1980ern das dominierende duroplastische Beschichtungsmaterial, um Stahl- und Gusskomponenten im Rohrleitungsnetz langfristig bei korrosiven Einsatzbedingungen zu schützen. So findet FBE tagtäglich Einsatz in der Außenbeschichtung von On- und Offshore-Rohren, in der Innenbeschichtung von Öl- und Gasförderrohren („Tubings“, „Casings“) oder im Bereich der Armierungstahlbeschichtung exponierter Bauprojekte wie Staudämmen, Tunneln oder Brücken. Ebenso werden Chemikalien- und Abwassertanks sowie Schwerarmaturen und Formstücke aus Guss oder Stahl für die kommunale und industrielle Gas- und Wasserwirtschaft mit FBE geschützt.

2 Eigenschaften von FBE

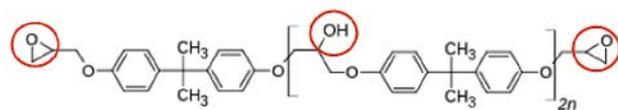
Der Erfolg von reaktiv vernetzendem FBE beruht auf der Summe seiner funktionalen Eigenschaften, die dieses Material auszeichnet und für den Einsatz im Korrosionsschutzbereich prädestiniert: Es verbindet ausgezeichnetes Haftvermögen zum Untergrund mit hoher elektrischer Durchschlagsspannungsfestigkeit, Chemikalienbeständigkeit sowie Verformungs- und Wärmedruckfestigkeit. Somit bietet FBE ein funktionstechnisches Eigenschaftsprofil, welches sich grundlegend von thermoplastisch reversibel verformenden Werkstoffen wie Polyamid, Polyethylen/Polypropylen oder modifizierten Polyolefinen unterscheidet.

3 Herstellung von FBE-Pulver

Zur Herstellung von FBE-Pulver werden feste, also lösemittelfreie Epoxidharze und korrespondierende Epoxidharzhärter zusammen mit

weiteren Rezepturbestandteilen vorgemischt, im Extrusionsverfahren dispergiert (geknetet) und anschließend zu Pulver feingemahlen.

In vereinfachter Darstellung sieht die chemische Struktur eines Epoxidharzfilmes etwa wie folgt aus:



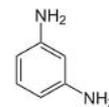
Epoxid

(funktionelle Hydroxylgruppen-OH sowie endständige Epoxidringe-CHOCH₂)

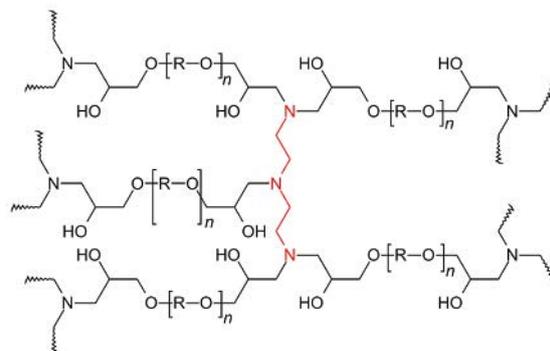
+

Epoxidharzhärter

(neben -NH₂ finden weitere Reaktionsgruppen Anwendung)



=



FBE Polymermatrix (schematisch)

Mit Hilfe von Beschleunigern (Katalysatoren) wird die geeignete Reaktionskinetik auf den anzuwendenden Verarbeitungsprozess eingestellt. Eine Vielzahl anorganischer Füllstoffe wird zur kontrollierten Justierung mechanischer Eigenschaften wie Schlagbeständigkeit, Biegebarkeit oder Dehnung eingesetzt. Ebenso kann die Barrierewirkung des Beschichtungsfilms gegen Diffusion erhöht werden. Anorganische oder organische Pigmente dienen der gewünschten FarbtonEinstellung. Sogenannte Additive werden in geringen Dosierungen eingesetzt und sind Spezialpräparate, die der Steuerung des Produktions- bzw. Verarbeitungsverhaltens dienen.

4 Regulatorische Vorgaben und Zulassungen

FBE-Beschichtungen für den Trinkwassereinsatz müssen den geforderten nationalen bzw. internationalen Trinkwasserregularien entsprechen, um eine Verwendungsgenehmigung zu erlangen. Hierzu werden strenge Anforderungen an das hygienische bzw. toxische Verhalten der eingesetzten Rohstoffe gestellt. Das in Deutschland hierfür gültige Regelwerk ist die „Leitlinie zur hygienischen Beurteilung von organischen Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser“, kurz „Beschichtungsleitlinie“, welches die sogenannte „Positivliste“ enthält. Nur in der Positivliste aufgeführte, von der EFSA (European Food Safety Authority) oder der „Kommission für Bedarfsgegenstände“ des BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) positiv kategorisierte Ausgangsstoffe dürfen in Verkehr gebracht werden. Geprüft wird in verschiedenen Temperaturbereichen.

Die mikrobiologische Unbedenklichkeit nach DVGW-Arbeitsblatt W 270 [1] ist zu erfüllen. Die von den Instituten erteilten Materialfreigaben werden in regelmäßigen Auditüberwachungen auf ihre aktuelle Gültigkeit überprüft und bei Bedarf aktualisiert. Resicoat® verfügt über zahlreiche Hygienezulassungen für den Trinkwassereinsatz, um die weltweite Verwendung des Materials zu ermöglichen: UBA/KTW (D), WRAS-Zulassung (UK), ACS (F), KIWA (NL), Belgaqua (B), NSF61 (US), AS/NZS4020 (Australien) usw.

5 Oberflächenvorbereitung

Keine Beschichtung ist hochwertiger und langlebiger als es die ihr zugrundeliegende Qualität der Oberflächenvorbereitung zulässt. Die

Guss-/Stahlprodukte werden in mehrstrahligen Schleuderradanlagen von Oxidationsprodukten oder anderweitigen, korrosionsstimulierenden Verunreinigungen befreit. Lösliche Salzverbindungen sind nahezu vollständig zu entfernen um potentiellen Osmose-Erscheinungen (Blasenbildung nach Diffusion = Enthftung) im Betriebseinsatz wirkungsvoll vorzubeugen.

Energieintensives, mechanisches Strahlen mit Hilfe von harten, scharfkantigen Hartgussstrahlmitteln (**Bild 1**) profiliert und vergrößert die Metalloberfläche. Dies erhöht die Filmhaftung maßgeblich und damit die Schutzwirkung des applizierten FBE. Vereinzelt Gussspitzen können während des Strahlvorgangs eliminiert werden, wodurch die Anzahl elektrischer Hochspannungsdurchschläge, sogenannter „Holidays“, verringert oder vollständig vermieden werden kann. Scharfkantige Radien hingegen werden durch Strahlen nicht signifikant gerundet, entsprechend müssen beschichtungsgerechte Kantenradien modellseitig berücksichtigt werden. Die Qualität des Strahlprozesses sowie des im Kreislauf befindlichen Strahlmittels ist fortlaufend zu überwachen und zu dokumentieren.



Bild 1: Äußerlich erkennbarer Unterschied scharfkantigen Originalstrahlmittels (links) im Vergleich mit gebrauchtem, „arrondiertem“ Strahlmittel (rechts)

6 Aufbringen von FBE

Das vorbereitete Gussteil wird auf etwa 200 °C Oberflächentemperatur erwärmt und im manuellen Elektrostatik-Sprühverfahren oder im vollautomatisierten Wirbelsinterverfahren integral, also rundum übergangslos einschichtig beschichtet. Die spezifizierten Mindestschichtdicken liegen zumeist im Bereich von 250 µm bis 400 µm. In Einzelfällen werden höhere Schichtdicken bis 600 µm/800 µm gefordert

(Abwasser- oder Seewasseranwendung, Entsalzungsanlagen), die ebenfalls in einem Arbeitsgang appliziert werden (**Bilder 2 und 3**).



Bild 2:
Manuelles Beschichtungsverfahren mittels Elektrostatikpistole – unmittelbares Schmelzen des Pulvers auf dem heißen Untergrund führt zu kontinuierlichem Filmaufbau

Quelle: Düker GmbH

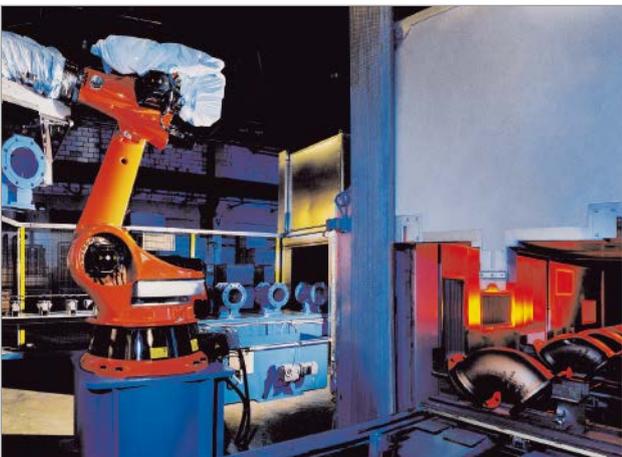


Bild 3:
Automatisches Wirbelsintern mittels Einsatz mehrachsiger beweglicher Roboter – sekundenschneller Filmaufbau während kurzer Kontaktzeit zwischen heißem Werkstück und Pulver

Quelle: Keulahütte GmbH

Die vollständige Aushärtung des Epoxidharzfilms erfolgt über den Wärmeübergang vom Gussteil in den thermoreaktiven, organischen Kunststofffilm. Nur in Ausnahmefällen ist eine gesonderte Nachhärtung des Bauteils erforderlich, sofern die gespeicherte Eigenwärme zur „Selbsthärtung“ nicht ausreicht: dies kann bei dünnwandigen Objekten der Fall sein, bei sehr großen Nennweiten mit langen Beschichtungs-

zeiten (erhöhter Wärmeverlust während des Applikationsvorgangs) oder für den Fall der Verarbeitung eines gezielt reaktionsträgeren FBE-Pulvers, welches zum Erreichen höchstmöglicher Oberflächenglätte entsprechend eingestellt wurde.

7 Korrosionsschutzwirkung von FBE

Die zuverlässige Korrosionsschutzwirkung dickschichtiger FBE resultiert aus dem Zusammenspiel von Adhäsionsvermögen zum Untergrund und elektrischer Porenfreiheit. Mit einer elektrischen Durchschlagsspannungsfestigkeit eines intakten Films von ungefähr 7.500 V/250 µm ist korrosivem Angriff durch allgegenwärtige Elektrolyte bestens vorgebeugt. Salzsprühbeständigkeiten von 4.000 h nach ISO 9227 [2], [3] sind ohne gravierende Unterrostung an der Schnittverletzung erreichbar. Die für FBE spezifischen Permeationsraten niedermolekularer, also diffusionsaktiver Substanzen wie Wasser ($3,9-6,1 \times 10^{-6} \text{ g cm}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ bar}^{-1}$) untermauern die besondere Materialeignung in permanentem Kontakt mit Trinkwasser oder anderweitiger wässriger Medien unterschiedlichster Zusammensetzungen.

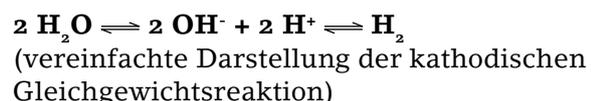
8 Evaluierung der Schutzwirkung von FBE

Im Gegensatz zum „Aktiven Korrosionsschutz“ (Kathodenschutz) übernimmt beim „Passiven Korrosionsschutz“ die FBE-Beschichtung die Funktion der Oxidationshemmung bzw. -verzögerung:

Dem natürlichen Oxidationsvorgang des Eisens



steht die Reduktion des Wassers zu Wasserstoff gegenüber:



Die kathodische Teilreaktion führt also neben lokaler pH-Werterhöhung (OH^-) zur Bildung von Wasserstoffgas H_2 . Beide Phänomene stellen einen unmittelbaren Angriff auf die Beschichtung beziehungsweise eine vorhandene Schadstelle in der Beschichtung dar.

Mit der Messung und Beurteilung der kathodischen Unterwanderungsbeständigkeit (engl.: Cathodic Disbondment Resistance), welche Bestandteil zahlreicher Prüfspezifikationen ist, wird die Schutzfunktion aufgebrachter FBE-Beschichtungen quantifiziert. Der „CD-Test“ simuliert das Enthaftungsverhalten an einer definierten, künstlich bis zum blanken Metalluntergrund geschaffenen Fehlstelle, welche entweder durch kathodischen Schutzstrom oder durch Wasserstoffbildung in wässriger Natriumchloridlösung ausgelöst wird. Der Prüfkörper wird dabei kathodisch polarisiert, also an einer regelbaren Stromquelle am Minuspol angeschlossen. Die Anode besteht üblicherweise aus einer Platinelektrode oder platinierem Titan Draht. Testdauer und -temperatur sind variabel, häufig wird über einen Zeitraum von 30 Tagen bei Raumtemperatur (23 °C) geprüft (**Bild 4**).

Zum Zweck höchstmöglicher Reproduzierbarkeit der Testergebnisse wird unter Zuhilfenahme eines zusätzlichen Potentiostaten gemessen, der die naturgegebene elektrochemische Spannungsdifferenz zwischen dem zu prüfenden Beschichtungskörper und einer Referenzelektrode – entweder Quecksilber/

Quecksilberchlorid (Kalomel) oder Silber/Silberchlorid – konstant regelt. Die Referenzelektrode wird dabei nicht stromdurchflossen (**Bild 5**).

Im Bereich der Fehlstelle oder deren unmittelbaren Umgebung greift elektrolytisch entstehender Wasserstoff die FBE-Beschichtung an der Phasengrenze zum metallischen Untergrund an. Punktuelle Stellen mit ungenügender Haftung (Verunreinigungen, Luft einschüsse, Poren) füllen sich mit H_2 -Gas, welches unter kontinuierlicher Druckzunahme zur Ablösung der Beschichtung führen kann („blistering“) (**Bild 6**).

Sowohl die Wasserdampfdurchlässigkeit des eingesetzten FBE selbst als auch Anzahl und Größe möglicher Filmstörungen (verursacht beim Vorbehandlungs- und Applikationsprozess) beeinflussen also das Ausmaß der Wasserstoffbildung und damit unmittelbar die Wirksamkeit, sprich die Korrosionsschutzwirkung, des FBE.

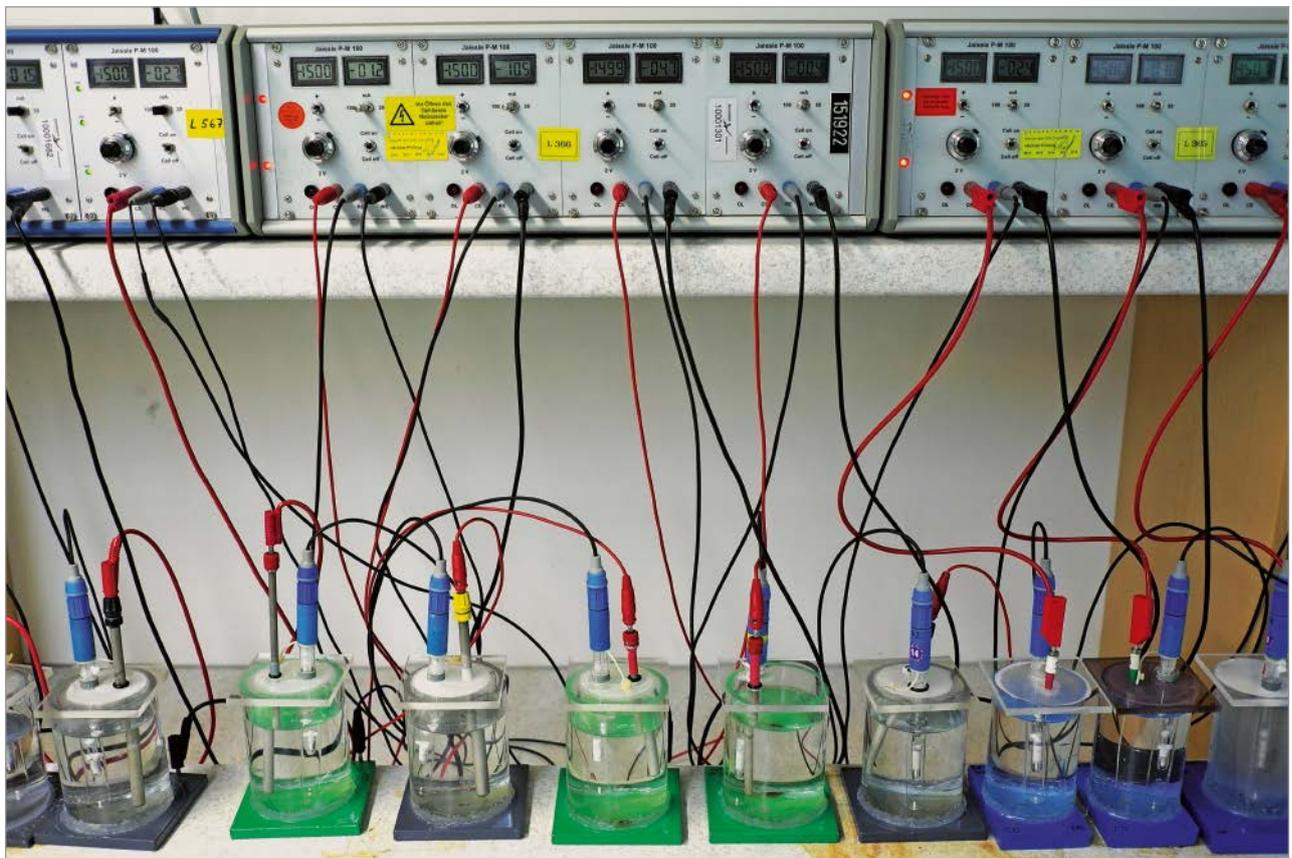


Bild 4: Versuchsanordnung des kathodischen Unterwanderungstests mit Potentiostat, Elektroden, Prüfkörpern – das Referenzpotential $U_{\text{Kalomel gesättigt}}$ ist auf -1.500 mV eingestellt

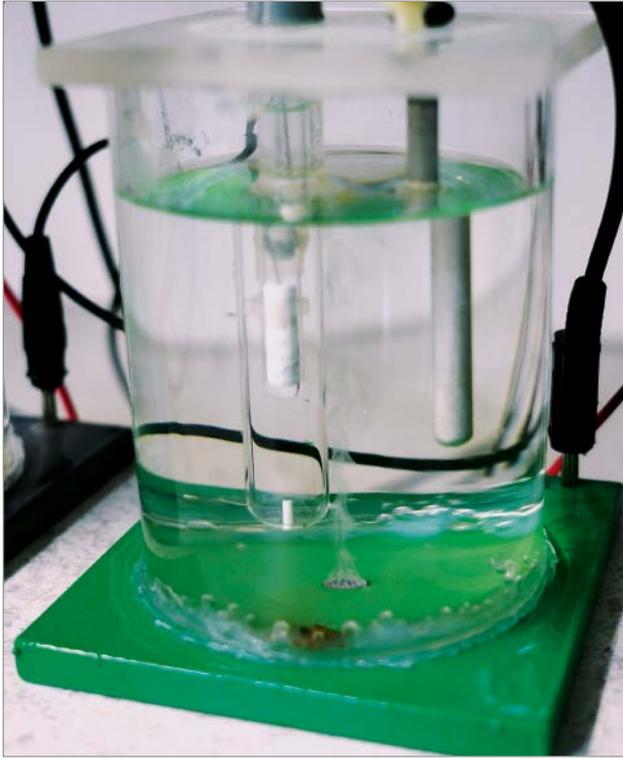


Bild 5:
Beschichteter Prüfkörper während des Messvorgangs – Kalomel-Referenzelektrode (links), Platinelektrode (rechts), an der Fehlstelle ist Wasserstoffentwicklung erkennbar

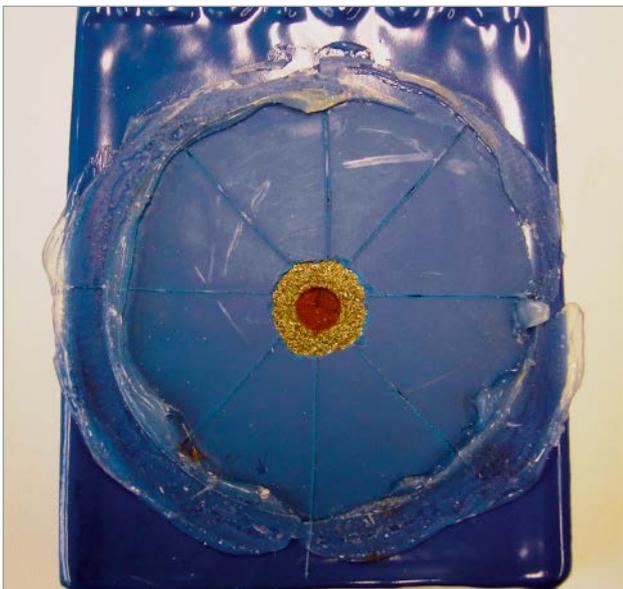


Bild 6:
Der Unterwanderungsbereich – ab äußerem Rand der künstlich geschaffenen Fehlstelle bis zur Unversehrtheit originaler Filmhaftung

Dies gilt für intakte, mehr noch für beschädigte Beschichtungen (Transport, Einbau, Betrieb usw.). Der CD-Test ist somit ein probates Mittel zur kontinuierlichen Qualitätskontrolle des Beschichtungsprozesses:

- die Strahlqualität, also Reinheit und Profil der Metalloberfläche,
- die Werkstücktemperatur während der Applikation,
- die Qualität des verwendeten FBE,
- die Schichtdicke,
- der Vernetzungsgrad des Beschichtungsfilms

wirken unmittelbar auf das langfristige Korrosionsschutzverhalten ein.

9 Ausblick

Beschichtungsspezifikationen zum Schutz von Offshore-Pipelines zeigen einen langjährigen Trend zu erhöhten Mindestschichtdicken, um das Potential der hohen passiven Korrosionsschutzwirkung von FBE wirkungsvoller auszunutzen. Ähnliches ist im Anwendungsbereich unter- und überirdisch installierter Gussarmaturen und -formstücke ebenfalls denkbar, jedoch stellt der eingangs erwähnte Wert von etwa 600 µm eine Grenze dar, die aus technischen Gründen möglichst nicht überschritten werden sollte, damit die vollständige Vernetzung aus der Eigenwärme der Bauteile sicher eingehalten wird und die Duktilität des Films erhalten bleibt.

Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 270: 2007-11
- [2] EN ISO 9227: 2012
- [3] prEN ISO 9227: 2016

Autor

Dipl.-Ing. Torsten Leitermann
AkzoNobel Powder Coatings GmbH @ Resicoat®
Markwiesenstraße 50
72770 Reutlingen/Deutschland
Telefon: +49 (0)7121/519195
E-Mail: torsten.leitermann@akzonobel.com

Landeshauptstadt von Sachsen-Anhalt setzt auf Armaturen und Formstücke aus duktilem Gusseisen mit Epoxidharz-Pulver-Beschichtung

Von Sigmund Pionty und René Pehlke

1 Landeshauptstadt Magdeburg

Magdeburg als Landeshauptstadt Sachsen-Anhalts liegt am Schnittpunkt von Elbe, Elbe-Havel- und Mittellandkanal. Mit 235.723 Einwohnern zählt sie zu den Großstädten Deutschlands und ist Universitätsstadt; das Wahrzeichen Magdeburgs ist der Dom. Bekannte Söhne der Stadt sind Otto von Guericke, der durch seinen Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln zum Begründer der Vakuumtechnik wurde, sowie der Barockkomponist Georg Philipp Telemann.

Die Städtischen Werke Magdeburg GmbH & Co. KG (SWM Magdeburg) (**Bild 1**) sind für die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser, Gas, Strom, Fernwärme sowie für die Abwasserentsorgung der Stadt Magdeburg verantwortlich und darüber hinaus Betriebsführer für den Wasserversorgungszweckverband im Landkreis Schönebeck.



Bild 1:
Logo der Städtischen Werke Magdeburg GmbH & Co. KG

2 Städtische Werke Magdeburg GmbH & Co. KG

Für die Trinkwasserversorgung unterhält die SWM Magdeburg Rohrleitungssysteme von insgesamt 1.224 km Länge, davon 818 km Haupt- und Versorgungsleitungen mit einem Anteil von etwa 360 km aus Gusseisen. Das Magdeburger Trinkwasser hat eine sehr hohe Qualität. Es stammt aus dem Grundwasservorkommen der Colbitz-Letzlinger Heide, dem größten unbewohnten Gebiet Deutschlands. Schon das Grundwasser weist eine einwandfreie bakteriologische Beschaffenheit auf.

3 Baumaßnahmen der SWM Magdeburg

Im Jahr 2016 gab es im Bereich der Wiener Straße in Magdeburg umfangreiche Baumaßnahmen (**Bilder 2 und 3**). Dabei handelte es sich unter anderem um die Haupteinspeisungen vom Hochbehälter „Thauberg“ zur Aufspeisung der Stadtgebiete „Sudenburg“ und „Stadtzentrum“. Diese Aufspeisung dient im Allgemeinen der Stabilisierung der Wasserversorgung für das gesamte Stadtgebiet der Stadt Magdeburg. Im Ausbaubereich „Halberstädter Straße – Südring – Wiener Straße“ sind ebenso die Hauptversorgungsleitungen in Richtung „Stadtfeld“ und „Leipziger Straße“ (Stadtteil: Reform) angeschlossen. Ein weiterer wichtiger Grund für die Erneuerung der Trinkwasserleitung ist der verkehrstechnische Ausbau des Kreuzungsbereiches „Halberstädter Straße – Südring“. Hier wird die Straßenbahntrasse ausgebaut.



Bild 2:
Armaturen und Formstücke DN 500 aus duktilem Gusseisen – Wiener Straße



Bild 3:
Armaturen und Formstücke aus duktilem Gusseisen im Leitungsbereich DN 150 – Wiener Straße

4 Einbau von Formstücken und Armaturen aus duktilem Gusseisen

Für den zuvor genannten Bauabschnitt lieferte die Keulahütte GmbH in Krauschwitz neben Druckrohrformstücken (DN 80 – DN 700, PN 10) nach EN 545 [1] auch doppelzentrische Absperrklappen DN 400 und DN 500, PN 10, nach EN 593 [2], [3], weichdichtende Absperrschieber DN 80 – DN 150, PN 10, nach EN 1171 [4] und Unterflurhydranten DN 80 (einfache Absperrung) nach DIN 14339 [5] und DVGW- Prüfgrundlage W 386 [6]. Alle Druckrohrformstücke, Armaturen und Hydranten erhielten eine integrale Epoxidharz-Pulverbeschichtung entsprechend den Richtlinien der GSK (Gütegemeinschaft Schwerer Korrosionsschutz) [7].

Die kompromisslose Qualität der Keulahütte GmbH – sie beruht auf dem kompletten und fast einzigartigen Produktionszyklus, beginnend mit dem Gießprozess über die Bearbeitung, Beschichtung bis hin zur Armaturenmontage am Standort Krauschwitz, sowie eine offene Kommunikation und Nähe zum Kunden – war das wesentliche Entscheidungskriterium im hart umkämpften Armaturenmarkt.

5 Konstruktionswerkstoff

Als Konstruktionswerkstoff für die Absperrklappen, Schieber und Hydranten hat sich EN-GJS-400-15 durchgesetzt. Wegen des optimalen Verhältnisses von Festigkeit und Bruchdehnung empfiehlt sich dieses moderne

Gussmaterial für viele Einsatzfälle. Die Kombination einer Mindestbruchdehnung von 15 % mit einer Zugfestigkeit von mindestens 400 N/mm² ist Grundlage einer Sicherheitsstrategie, bei der sich missbräuchliche Überlastung durch sichtbare plastische Verformung lange vor dem Bruch dokumentiert (**Tabelle 1**).

Tabelle 1:
Mechanische Kennwerte und Gefügeeigenschaften des Gusswerkstoffes für Armaturen und Hydranten

	Armaturen und Hydranten	Formstücke
Mechanische Kennwerte (t ≤ 30 mm)	EN-GJS-400-15 (EN 1563 [8], [9])	EN 545 [1]
Zugfestigkeit R _m (MPa) min.	400	420
Streckgrenze R _{p0,2} (MPa) min.	250	270
Bruchdehnung A (%) min.	15	10

Gefügeeigenschaften	EN-GJS-400-15 (EN 1563 [8], [9])
Grafitbildung (entsprechend ISO 945-1 [10], [11])	Form V und VI
Vorherrschendes Gefüge	Ferrit

6 Korrosionsschutz mittels Epoxidharz-Pulver-Beschichtung

Bei der Wahl des Korrosionsschutzes setzen immer mehr Anwender auf die Epoxidharz-Pulver-Beschichtung. 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 bei Schiebern und Hydranten optimal nutzen.

In Verbindung mit den Verfahrens- und Qualitätsparametern der Beschichtung erfüllt dieser sogenannte „Integrale Korrosionsschutz“ sehr hohe Nutzungsdauererwartungen. Wesentliche Voraussetzung ist eine Nennschichtdicke von mindestens 250 µm; diese Anforderung ist kompromisslos einzuhalten. Die Bauteile werden im Zwangsdurchlauf allseitig mit höchster Sorgfalt gestrahlt, gereinigt, erwärmt und ohne Zeitverzug beschichtet.

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

- hervorragende Haftfestigkeit von mind. 12 N/mm² (nach 7-tägiger Heißwasserlagerung),
- Porenfreiheit bei 3 KV Hochspannungsprüfung,
- kathodische Unterwanderung < 10 mm (CD-Test),
- Schlagfestigkeit > 5 Joule,
- vollständige Vernetzung (MIBK-Test),
- hohe Abriebfestigkeit,
- Temperaturbeständigkeit gegenüber flüssigen Medien bis 40 °C/50 °C (Dauereinsatz),
- extrem hohe Chemikalienbeständigkeit bei gleichzeitiger Trinkwassereignung,
- professionelle Reparatursets erlauben die Ausbesserung von Beschädigungen mit artgleichem Material.

Das Rohrnetz der Städtischen Werke Magdeburg GmbH & Co. KG weist im Bereich der Haupt- und Versorgungsleitungen einen hohen Gussrohranteil auf. Guss ist ein altbewährter Werkstoff, der schon in der Vergangenheit seine hohe Beständigkeit und Belastbarkeit nachgewiesen hat. Mit den über Jahrzehnte erarbeiteten wissenschaftlichen Erkenntnissen kann das moderne duktile Gusseisen nach wie vor seine Stellung im Einsatz für erdüberdeckte Druckrohrleitungen und im Anlagenbau behaupten. Schon bei der Materialwahl in der Planungsphase sind seine herausragenden Eigenschaften gerade unter den ständig steigenden Verkehrsbelastungen ein gewichtiges Argument. In Kombination mit der modernen Epoxidharz-Pulver-Beschichtung – unter Einhaltung der oben genannten Parameter – werden die positiven Qualitätsmerkmale zusätzlich gesichert und somit die lange Nutzungsdauer des Rohrleitungsnetzes begründet.

Literatur

- [1] EN 545: 2010
- [2] EN 593: 2009+A1:2011
- [3] prEN 593: 2016
- [4] EN 1171: 2015
- [5] DIN 14339: 2005
- [6] DVGW-Prüfgrundlage W 386: 2014-09
- [7] RAL – GZ 662: 2014-08
- [8] EN 1563: 2011
- [9] prEN 1563: 2016
- [10] EN ISO 945-1: 2008+AC:2010
- [11] prEN ISO 945-1: 2016

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Sigmund Pionty
Keulahütte GmbH
Geschwister-Scholl-Str. 15
02957 Krauschwitz/Deutschland
Telefon: +49 (0)035771/54-270
E-Mail: pionty@vem-group.com

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 neue Generation eines weichdichtenden Schiebers

Von Matthias Müller

1 Vorstellung

Die jüngste TALIS-Innovation: Der weichdichtende Keilschieber mit dem Namen INFINITY ist die neue Generation dieser Baureihe (**Bilder 1 und 2**). Erhältlich in den Nennweiten DN 40 bis DN 600 und in den Druckstufen PN 10 und PN 16 entspricht dieser Schieber dem neuesten Stand der Technik mit einzigartigen Eigenschaften.



Bild 1:
Schnittbild eines zusammengebauten Schiebers INFINITY in den Nennweiten bis DN 300



Bild 2:
Schnittbild – Ausführung eines zusammengebauten Schiebers INFINITY für die Nennweiten DN 350 bis DN 600

Alle Teile des weichdichtenden Keilschiebers INFINITY werden in europäischen Ländern hergestellt (**Bilder 3 und 4**). Die Verwendung von qualitativ hochwertigen Materialien, bearbeitet mit neuesten Fertigungstechniken, sichert dem Betreiber eine Armatur mit langer Lebensdauer sowie mit einer sehr guten Bedienbarkeit und mit einzigartigen Sicherheitsfeatures.



Bild 3:
Einzelteile des INFINITY bis zur Nennweite DN 300

2 Konstruktion des INFINITY

Das neue Keilführungssystem zwischen Gehäuse und Keil und die neue Spindellagerung mit einer einteiligen Spindel (**Bild 5**) reduzieren die Reibungskräfte und sorgen für Funktionalität mit niedrigen Drehmomenten.

Die Spindellagerung für Nennweiten DN > 300 verfügt standardmäßig oberhalb und unterhalb des Spindelbundes über je ein Rillenkugellager, welche die Drehmomente erheblich reduzieren. Die Haube mit Bajonettverschluss (bis DN 300) enthält eine gewindefreie Spindellagerung, wodurch eine nahtlose Beschichtung möglich ist. Der patentierte Bajonettverschluss ist mit einer 3-fach Verriegelung mit Verdrehschutz ausgestattet. Eine Selbstdemontage ist dadurch nicht möglich. Die mediumfreie Spindellagerung mit mehreren O-Ringen gilt als „wartungsfrei“ und für den Erdbau geeignet.



Bild 4:
Einzelteile des INFINITY in der Ausführung DN 350 bis DN 600



Bild 5:
Spindel einteilig mit
Spindelbund –
Trapezgewinde gerollt



Bild 6:
Schmutzkappe mit 3 Dichtungen



Bild 7:
Vollgummierter
Keil in EPDM- oder
NBR-Qualität –
Keilführung mit anvul-
kanisierter U-Schiene
aus Sonderkunststoff –
Spindelmutter lose
eingelegt

Deshalb sind die Verbindungsschrauben zwischen Gehäuse und Haube versenkt und vergossen. Die Gewindeflöcher sind zuverlässig mit der zwischen Haube und Gehäuse in einer Nut gekammerten Brillendichtung vor Korrosion geschützt.

Mit ihren drei Dichtlippen hält die Schmutzkappe auf der Haube Staub, Schmutz und Feuchtigkeit sicher zurück (**Bild 6**). Bei Erdeinbau bzw.

Einbau in einer Trinkwasseraufbereitungsanlage oder beim Einbau in einem Schacht, in dem sich Schwitzwasser bilden kann, ist dies von Vorteil.

Neu überarbeitet wurde das Keilführungssystem. Die U-Führung des Keils in der Vorgängerausführung wurde nun auf das Gehäuse übertragen. Am neuen Keil ist auf beiden Seiten eine C-Führung angebracht, an der wiederum ein C-Führungsteil aus Sonderkunststoff aufgespresst ist. Die lange Keilführung verhindert ein „Kippen“ des Keils unter Betriebsdruck, was wiederum einer Schiefelage der Spindelmutter entgegenwirkt, d. h. der Verschleiß der Spindelmutter verringert sich und die Spindel wird vom Druck des Mediums entlastet.

Die Kunststoffschienen sind an dem vollgummierten Keil anvulkanisiert (**Bild 7**). Sie verhindern Beschädigungen des Korrosionsschutzes in der Gehäuseführung, beugen somit Reibungsschäden vor und sorgen ebenfalls für niedrige Bedienkräfte. Der neu konzipierte Keil besitzt ein breites Dichtungsprofil, mit dem, unabhängig vom Druck des Mediums auf den Keil, eine zuverlässige Abdichtung erreicht wird.

Nach dem Öffnen befindet sich der Keil vollkommen außerhalb des freien Durchgangs. Der dadurch glatte und molchbare Durchgang setzt dem Medium kein Hindernis entgegen, der Fließwiderstand ist sehr gering und die Ablagerung von Feststoffen wird vermieden. Nicht zuletzt ermöglicht dies auch einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage.

Im Keilhaus ist die Spindelmutter lose eingelegt; d. h. sie kann sich im Vergleich mit einer im Keilhaus festvergossenen Spindelmutter gewissen Fluchtabweichungen zur fest gelagerten Spindel besser anpassen. Dies erhöht die Standzeit der Spindelmutter erheblich. Außerdem lässt sie sich als Verschleißteil, falls nötig, problemlos austauschen.

3 Korrosionsschutz

Es stehen zwei Beschichtungssysteme zur Verfügung (**Bilder 8 und 9**). Zum einen die bewährte Epoxidharz-Pulver-Beschichtung mit einer Schichtdicke von mindestens 250 µm nach der GSK-Richtlinie RAL – GZ 662 [1] mit der DVGW-Trinkwasserzulassung KTW und dem DVGW-Arbeitsblatt W 270 [2] sowie das Korrosionsschutzsystem EMAIL.



Bild 8:
INFINITY ohne Handrad – kurze Ausführung R14
entsprechend EN 558 [3] mit Epoxidharz-Pulver-
Beschichtung



Bild 9:
INFINITY in langer Baulänge R15 –
innen und außen emailliert –
mit an der Brillendichtung integriertem Kantenschutz

Beide Korrosionsschutzsysteme werden an den Gehäuseteilen (Gehäuse und Haube) sowohl innen als auch außen nahtlos aufgebracht.

EMAIL ist nach dem Brennen bei rund 720 °C ein glasartiger, hochfester Werkstoff, der mit dem metallischen Trägermaterial (hier Gusseisen mit Kugelgraphit EN-JS 1050 nach EN 1563 [4], [5]) eine dauerhafte und unlösliche Verbindung eingeht, wodurch keine Unterwanderung der Schutzschicht an Verletzungen möglich ist. Im EMAIL ist ein spezielles Fasermaterial eingelagert. Im Fall einer Beschädigung verhindern diese Fasern ein Reißen des EMAILs. Die Oberfläche der Emaillierung ist extrem glatt, Grundvoraussetzung für hygienisch einwandfreie Verhältnisse. Weder versprödet sie, noch k Reidet sie unter UV-Licht. Sie ist zudem extrem beständig, sowohl gegen hohe Temperaturen als auch gegen abrupte Temperaturschwankungen. Besonders geeignet ist dieses Beschichtungssystem bei harten (kalkhaltigen) Wässern. Es besitzt ebenfalls die DVGW-Zulassung nach [2]. Die voll emaillierte Ausführung INFINITY verfügt an der Gehäuse-/Haubenkante über eine Brillendich-

tung (**Bild 9**) mit integriertem Kantenschutz, um Stoßschäden bei Lieferung und Montage vorzubeugen.

4 Prüfungen und Zulassungszertifikate

INFINITY wurde unter Berücksichtigung der Norm EN 1171 [6] konstruiert. Der Schieber wird nach den Kriterien der EN 12266-1 [7], auf Leckrate A, und EN 1074-2 [8] geprüft. INFINITY besitzt das DVGW-Prüfzertifikat für Trinkwasser und die Zulassungen ACS, WRAS und GOST.

Werkstoffstandards für den Trinkwasserbereich:

- Gehäuseteile duktilen Gusseisen EN-JS 1050,
- Spindelmutter aus Messing 2.0202, zugelassen nach UBA,
- Dichtungen und Keilgummierung EPDM,
- Spindel aus nichtrostendem Cr-Stahl 1.4021,
- Lagerbuchse aus Alubronze,
- Schrauben in V2A,
- Epoxidharz-Pulver-Beschichtung nach GSK-Richtlinie oder
- EMAIL,
- Einsatzbereich bis max. 50 °C.



Bild 10:
INFINITY – Ausführung bis DN 300 in der langen Baulänge R15 – vorbereitet mit einem Adapter für den Erdeinbau entsprechend [10]



Bild 12:
INFINITY mit aufgebautem E-Antrieb in der Ausführung bis DN 300



Bild 11:
INFINITY bis DN 300 in der langen Baulänge R15 mit Handrad und Epoxidharz-Pulver-Beschichtung

Für den Einsatz im Abwasserbereich werden dem Medium entsprechend andere Werkstoffe eingesetzt.

EN 1092-2 [9] in den Druckstufen PN 10 und PN 16. Als Antriebsvariante stehen Spindelvierkant (bei der Baulänge R15 bis DN 300 vorbereitet für Erdeinbaugarnitur (**Bild 10**) nach DVGW-Prüfgrundlage GW 336-2 [10]), Ausführung mit Handrad (**Bild 11**) und Ausführung vorbereitet für bzw. mit aufgebautem E-Antrieb (**Bild 12**) zur Verfügung. Der weichdichtende Schieber INFINITY ist verwendbar für Trinkwasser, Brauchwasser, Löschwasser und Abwasser.

Literatur

- [1] RAL – GZ 662: 2014-08
- [2] DVGW-Arbeitsblatt W 270: 2011-07
- [3] EN 558: 2008+A1:2011
- [4] EN 1563: 2011
- [5] prEN 1563: 2016
- [6] EN 1171: 2015
- [7] EN 12266-1: 2012
- [8] EN 1074-2: 1074-2:2000 + A1:2004
- [9] EN 1092-2: 1997
- [10] DVGW-Prüfgrundlage GW 336-2: 2010-09

5 Markteinführung

INFINITY wird Mitte des Jahres 2017 durch die Firma ERHARD GmbH & Co. KG auf dem deutschen Markt eingeführt. Der Produktbereich umfasst zunächst die Ausführung der Baulängen R14 und R15 entsprechend EN 558 [3] mit der üblichen Flanschausführung nach

Autor

Matthias Müller
TALIS Management Central Europe GmbH
Meeboldstraße 22
89522 Heidenheim/Deutschland
Telefon: +49 (0)7321/320-217
E-Mail: mmuellertr@talis-group.com

Neubau einer UV-Desinfektionsanlage im Wasserwerk Menden-Halingen der Wasserwerke Westfalen GmbH

Von Dietmar Hölting

1 Anforderungen an das Trinkwasser

Um die steigenden Anforderungen an das Trinkwasser (Stichwort: „Spurenstoffe“) auch zukünftig erfüllen und Trinkwasser bester Qualität fördern und aufbereiten zu können, werden die Wasserwerke der Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW) sukzessive mit weitergehenden Aufbereitungsanlagen ausgestattet. Diese Maßnahme ist vor allem vor dem Hintergrund einer zukünftigen Novellierung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) mit neuen oder verschärften Grenz- und Maßnahmenwerten von Bedeutung.

In der Regel wird in diesem Zusammenhang auch das Verfahren der chemischen Desinfektion mittels ClO_2 auf physikalische Desinfektion durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht (UV-Desinfektion) umgestellt.

2 Baumaßnahmen

So wird auch im Wasserwerk Halingen vor dem Neubau einer weitergehenden Aufbereitungsanlage vorsorglich eine UV-Desinfektionsanlage gebaut und in Betrieb genommen.

Mit den hierzu erforderlichen Rohrleitungsbauarbeiten haben die Kollegen der WWW, wegen der durchweg positiven Erfahrungen im Umbau des Wasserwerkes Echthausen in Wickede/Ruhr, die GELSENWASSER Betriebsdirektion in Unna beauftragt.

3 Bauliche Anforderungen

Die konkrete Aufgabenstellung enthielt:

- Installation von zwei Absperrklappen DN 1000 als Trennstellen zwischen bestrahltem und unbestrahltem Trinkwasser in einer Doppelleitung DN 1000,
- Bau von zwei Abzweigen DN 800 in Fließrichtung vor den Trennklappen, jeweils separat absperrbar ausgeführt unter Verwendung von zwei Absperrklappen DN 800,
- Bau von zwei Abzweigen DN 800 in Fließrichtung hinter den Trennklappen, jeweils separat absperrbar ausgeführt unter Verwendung von zwei Absperrklappen DN 800,
- Einbau der Zulaufleitung zur UV-Desinfektionsanlage in DN 800,
- Einbau der Ablaufleitung aus der UV-Desinfektionsanlage in Richtung Rohrnetz in DN 800.

4 Baudurchführung

Sämtliche Absperrarmaturen wurden in langer Bauform mit seitlicher Umföhrung ausgewählt und montiert (**Bild 1**).

Die Einbausituation der Armaturen und Rohrleitungen stellt besondere Ansprüche an den Korrosionsschutz, da als Verfüllmaterial ausschließlich Ruhrkies wiederverwendet werden musste. Wegen wechselnder Grundwasserstände im Uferbereich der Ruhr mit Mobilisierung und Ausschwemmung des Verfüllmaterials wurde eine Verfüllung der Baugruben mit Sand oder steinfreiem Boden als ungeeignet erachtet. Entsprechende Erfahrungen lagen vor.



Bild 1:
Zu- und Ablaufleitung
DN 800 mit emaillierten
Absperrklappen
DN 800 aus duktilem
Gusseisen zur UV
Anlage im Wasserwerk
Halingen der WWWW



Bild 2:
Detailansicht einer
emaillierten Absperr-
klappe DN 800 mit
seitlicher Umföhrung
und Austauschstück
zur UV Anlage im
Wasserwerk Halingen
der WWWW

5 Anforderungen an den Korrosionsschutz

Hier vertraute man wegen guter Erfahrungen mit dem Produkt Email der verstärkten Außenemaillierung der Firma Düker GmbH, (**Bild 2**). Bereits seit vielen Jahren begleitet GELSENWASSER die Entwicklung und Verarbeitung von technischen Emails als Korrosionsschutz. Emaillierte Formstücke und Armaturen können gemäß den hauseigenen Einbaulinien ohne zusätzlichen passiven Korrosionsschutz in steinfreien Böden oder Sand eingebaut werden. Wegen der besonderen Situation im Wasserwerk Halingen und der Bedeutung der Armaturen im Netz hat man sich in diesem Fall für die Verwendung von Bitumen als zusätzlichem Korrosionsschutz entschieden, wie auch Felsschutzmatten zum mechanischen Schutz der Armaturen verwendet worden sind.

Autor

Dipl.-Ing. Dietmar Hölting
GELSENWASSER AG
Betriebsdirektion Unna
Viktoriastraße 34
59425 Unna/Deutschland
Telefon: +49 (0)2303/204-250
E-Mail: dietmar.hoelting@gelsenwasser.de

Unser Antrieb für Innovation ist Optimierung

Von Ursula Ritter

1 Historie

Die doppelzentrisch weichdichtenden Düker Absperrklappen Typ 451 mit Schubkurbelgetriebe sind seit Jahrzehnten weltweit erfolgreich im Einsatz. Mit dem Gehäusewerkstoff duktiles Gusseisen, zum Schutz gegen Korrosion serienmäßig emailliert, erfüllen sie in den unterschiedlichsten Einsatzgebieten und Betriebsbedingungen konstant und zuverlässig ihre Aufgaben.

Und doch – wie heißt es so schön: NICHTS ist so gut, dass es im Detail nicht noch weiter verbessert werden kann.

2 Die NEUE Linie

Düker-Absperrklappen Typ 4510 – rundum übergangslos emailliert mit Düker etec Email, dem Markenzeichen für den besonderen Oberflächenschutz – erfüllen in höchstem Maße die spezifischen Anforderungen der modernen Wasserwirtschaft an wirtschaftliche Effizienz, Nachhaltigkeit und langfristige Sicherheit.

Die Düker-Absperrklappen mit doppelzentrisch gelagerter Klappenscheibe sind in beiden Durchflussrichtungen dicht. Die Getriebeanordnung ist je nach Einbausituation variabel wählbar.

2.1 Klappenscheibe

Die neue Klappenscheibe wurde mit computerunterstützter Strömungssimulation CFD strömungsgünstig optimiert (**Bild 1**). Die neue Körperform der Scheibe verbindet höchste Stabilität und geringste Druckverluste mit einem hervorragenden Schutz vor Kavitation.

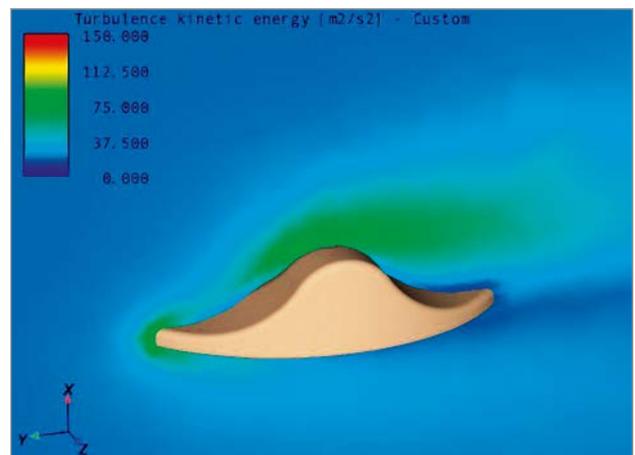


Bild 1:
Mit Hilfe der Strömungssimulation CFD optimierte Klappenscheibe

Die Klappenscheibe ist komplett emailliert und selbstzentrierend (**Bild 2**). Die Hauptabdichtung, ein endloser Dichtring mit ausgeprägtem O-Ringprofil, wird mit einem einteiligen Klemmring an der Klappenscheibe mit Schrauben



Bild 2:
Selbstzentrierende Klappenscheibe komplett emailliert

befestigt und mit Gewindestiften fixiert. Mit Hilfe der Befestigungsschrauben ist die Hauptabdichtung leicht nachstellbar und bei Bedarf problemlos auszuwechseln. Mit diesem System wird eine kontrollierte und bedarfsgerechte Vorspannung der Dichtung erzielt. Selbst bei hohen Spaltgeschwindigkeiten besteht keine Gefahr, dass die Dichtung herausgezogen wird.

2.2 Verbindung zwischen Klappenscheibe und Welle

Eine Vierkantsteck-Verbindung (**Bild 3**) gewährt eine spielfreie Verbindung und stellt eine optimale Drehmomentübertragung sicher. Diese Konstruktion ermöglicht es, die Augen der Klappenscheibe mit einer Sacklochbohrung geschlossen zu halten. Durch ein zusätzliches Axialdichtelement – O-Ringe-Paket zwischen Lagerauge der Klappenscheibe und der Stirnseite der Lagerbuchse sowie einem zusätzlichen O-Ring radial auf dem Außendurchmesser der Lagerbuchse angeordnet – wird eine vollständig dichte Trennung der Lagerung vom Medium erreicht. Korrosionsbildung an Verbindungsstellen ist ausgeschlossen.

2.3 Lagerung

Lagerbuchsen aus spezieller Bronze stehen für exzellente Notlaufeigenschaften. Sie sind hoch verschleißfest und zeigen ein hervorragendes Verhalten in Bezug auf Flächenpressung und Reibwerte. Antriebswelle und Lagerzapfen aus Edelstahl sind durch O-Ringe zwischen Lagerauge der Scheibe und Lagerbuchse mediumfrei gekammert (**Bild 4**).

3 Schubkurbelgetriebe

Das von der Düker GmbH entwickelte selbsthemmende Schubkurbelgetriebe wird seit Beginn der Klappenfertigung kompromisslos als Standard eingesetzt (**Bild 5**). Robust, kraftvoll und zuverlässig für eine leichte und sichere Bedienung gegen einen Differenzdruck bis zur Höhe des Nenn drucks.

Das Prinzip eines Schubkurbelgetriebes ist in **Bild 6** dargestellt. Nach Meyers Lexikon (Fig. 1, S. 855) ist ein „Kurbelgetriebe (Kurbelmechanismus) ein Mechanismus, der eine rotierende Bewegung in eine geradlinig hin und her gehende oder im Kreisbogen schwingende verwandelt oder umgekehrt eine der letzteren Bewegungen in eine rotierende überführt. Das wichtigste Kurbelgetriebe ist das Schubkurbelgetriebe“.



Bild 3:
Vierkantsteck-Verbindung – Verbindung zwischen Klappenscheibe und Welle

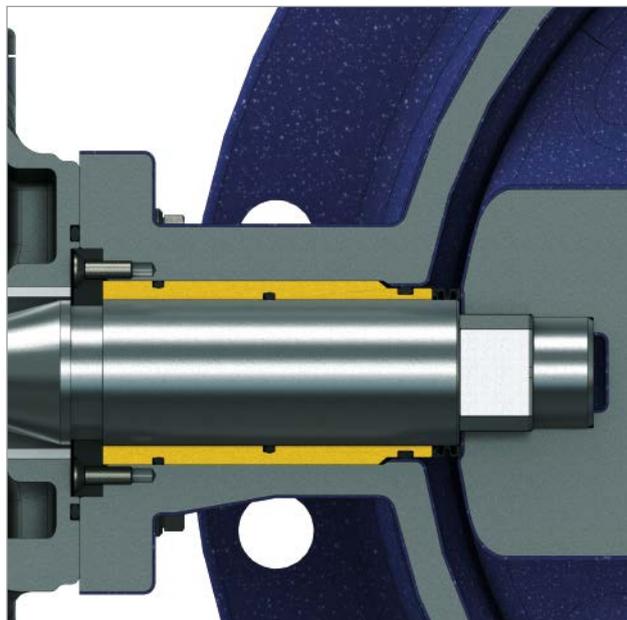


Bild 4:
Lagerbuchsen, Antriebswelle und Lagerzapfen sind mit dem Gehäuse ausblasesicher fixiert



Bild 5:
Selbsthemmendes Düker-Schubkurbelgetriebe

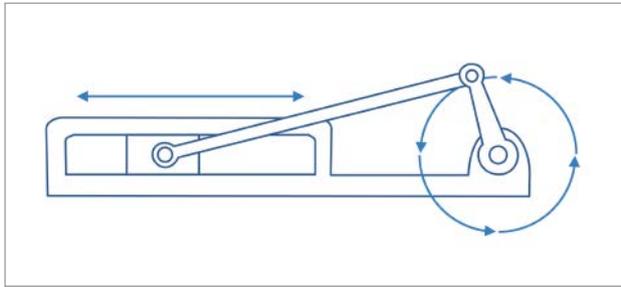


Bild 6:
Schematische Darstellung eines Schubkurbelgetriebes
Quelle: Meyers Lexikon, Fig. 1, S. 855

Die besondere Bewegungskinematik des Düker-Schubkurbelgetriebes ist optimal auf den Drehmomentbedarf der Düker Absperrklappe abgestimmt. Der Drehmomentverlauf zur Betätigung der Klappenscheibe ist nicht wie bei Schneckenradgetrieben konstant und linear, sondern er steigt kurz vor dem Schließpunkt stark an (**Bild 7**). Der hydraulisch unwirksame Offenstellungsbereich der Klappenscheibe wird schnell durchfahren. In der hydraulisch wirksamen Schließ-Endphase verlangsamt sich die Schließgeschwindigkeit extrem.

Dieses kinematische Verhalten (Kniehebeleffekt) lässt ein äußerst weiches Schließen der Klappenscheibe zu, was letztlich die Gefahr von Druckstößen minimiert.

Vorzüge eines Schubkurbelgetriebes:

- massives, geschlossenes Gussgehäuse mit Schutzart IP 68, wartungsfrei, für den Erdbau und den Einsatz unter Wasser hervorragend geeignet,
- nachstellbare Endanschläge auf der Spindel, wovon ein Anschlag sicherstellt, dass bei Betrieb keine Kräfte auf die Gehäuseteile wirken,
- mechanische Stellungsanzeige serienmäßig unter Kunststoffglas zur optischen Kontrolle der Klappenscheibenstellung,
- Sicherungstifte am Verbindungsflansch zwischen Gehäuse und Getriebe als Verdrehsicherung,
- nur ein Aufsatzflansch (F10) zur Aufnahme unterschiedlicher Antriebsvarianten,
- Handrad mit Ballengriff,
- Einbaugarnitur mit Flanschglocke und O-Ring für einen dichten Anschluss,
- Elektroantriebe – Schwenkantriebe – Pneumatikantriebe – Hydraulikantriebe – Endschalter.

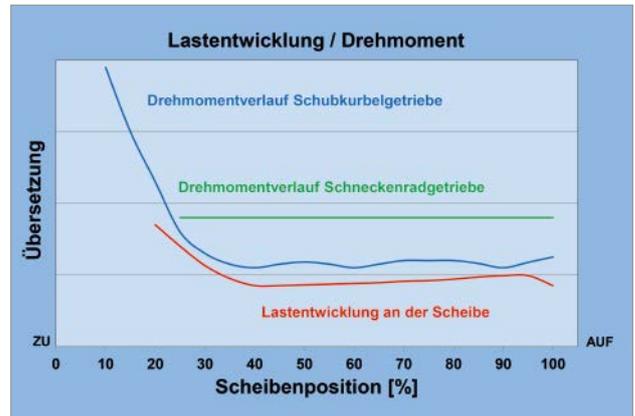


Bild 7:
Drehmomentverlauf eines Schubkurbelgetriebes im Vergleich zum Schneckenradgetriebe

4 Das Sortiment

4.1 Standard Düker-Absperrklappe

Die Standard Düker-Absperrklappe, Baulänge F14 (**Bild 8**), gibt es in den Nennweiten DN 100 bis DN 1200 und in den Druckstufen PN 10 – PN 25 sowie PN 40 auf Anfrage.

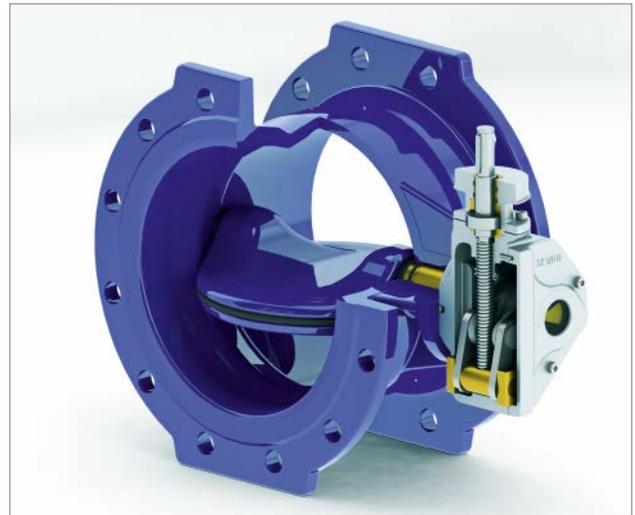


Bild 8:
Standard Absperrklappe, Baulänge F14

Standardbeschichtung:

- für den Wasserbereich: innen und außen etc Email blau, Sonderfarben außen auf Anfrage,
- für den Gasbereich: innen etc Email blau, außen Email gelb oder innen etc Email blau, außen PUR, 15 KV geprüft.

Neben der Standardausführung gibt es noch eine Reihe von Ausführungen für spezielle Einsatzfälle.

4.2 Absperrklappen in langer Bauart

Düker-Absperrklappen in langer Bauart R15 mit Umführung (**Bild 9**) gibt es in den Nennweiten DN 300 bis DN 1200 und in den Druckstufen PN 10, PN 16 sowie PN 25 auf Anfrage.

Einsatzbereich und Varianten:

- zur druckstoßfreien Befüllung und Entleerung von Rohrleitungen über den im Bypass angeordneten Absperrschieber, kostenintensive Montagen im Rohrgraben entfallen,
- Umführung 1/10 der Nennweite DN – andere Durchmesser möglich,
- ohne Umführung.



Bild 9:
Absperrklappe
lange Bauart R15
mit Umführung

4.3 Absperrklappe mit Blockflansch

Absperrklappen mit Blockflanschen (**Bild 10**) eignen sich zum Aufbau einer Entlüftung vor und hinter dem Gehäusesitz. Beispiel: Hydranten oder Absperrschieber mit Be- und Entlüftungsventilen.



Bild 10:
Absperrklappe mit Blockflanschen

4.4 Absperrklappe UVV mit 3-Punkt-Verriegelung

Absperrklappe UVV mit 3-Punkt-Verriegelung (**Bild 11**) sind für Revisionsarbeiten in begehbaren Leitungssystemen gedacht. Details: Zwei feste Anschläge, ein beweglicher Anschlag. Am beweglichen Anschlag fährt ein Bolzen mittels Handradbetätigung in das Gehäuse ein und blockiert die geschlossene Klappenscheibe. Die zwei festen Anschläge sind fix im Gehäuse. Optional ist eine zusätzliche mechanische Verriegelung des Bolzens, aber auch eine Stellungsüberwachung mittels Endlagenschalter möglich.



Bild 11:
Absperrklappe UVV mit 3-Punkt-Verriegelung

4.5 Absperrklappen mit Verriegelungsflansch

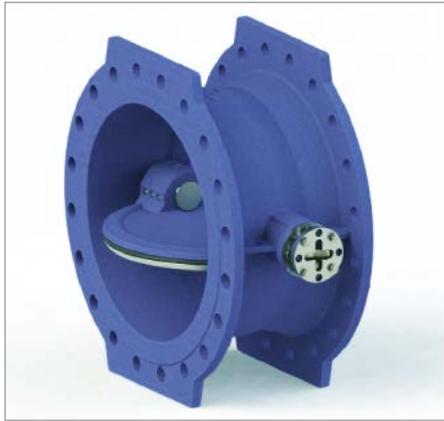
Eine Absperrklappe mit „locking device“ Verriegelungsflansch an der Blindseite ist in **Bild 12** dargestellt. Der Verriegelungsflansch erlaubt das sichere Feststellen der Klappenscheibe in OFFEN- oder GESCHLOSSEN-Stellung. Ein Getriebeaustausch während des Betriebes ist dadurch möglich.

4.6 Absperrklappen mit Steckmuffe Novo Sit®

Düker-Absperrklappen mit Steckmuffe Novo Sit® (**Bild 13**) sind gedacht für den längskraftschlüssigen Einbau. Es gibt sie für duktile Gussrohre in den Nennweiten DN 150 bis DN 500 und in den Druckstufen bis PN 25. Für PE-Rohrleitungen gibt es die Absperrklappen mit einem PE-Übergang zum Schweißen in den Druckstufen PN 10 und PN 16.

4.7 Absperrklappe mit Losflansch

Eine Absperrklappe mit Losflansch zeigt **Bild 14**. Die eine Seite besitzt einen zugfesten Losflansch und die andere Seite einen Festflansch. Eingebaut



Position OFFEN



Position GESCHLOSSEN



Bild 12:

Absperrklappe mit „locking device“ Verriegelungsflansch – Stellung des Verriegelungsflansches in der Klappenposition OFFEN und GESCHLOSSEN



Bild 13:

Absperrklappe mit Steckmuffe Novo Sit®



Bild 14:

Absperrklappe mit Losflansch

wird die Absperrklappe mit Losflansch in Rohrnetzen und Anlagen und als Austauscharmatur bei Sanierung (variable Baulänge). Bei Neubauten kann auf Pass- und Ausbaustücke verzichtet werden. Durch den Festflansch ist ein verdreh-sicherer Einbau sichergestellt.

5 Schlussbetrachtung

Die robuste und stabile Konstruktion der Düker-Absperrklappen in Verbindung mit den überragenden Materialeigenschaften der Emaillierung erfüllt kompromisslos den hohen Anspruch der Betreiber an Qualität, Sicherheit, Langlebigkeit und Hygiene. Von der Produktion bis zum Betrieb.

Düker – Made in Germany

Unsere Stärke liegt in der Konzentration auf Systemtechnik, Flexibilität, Langlebigkeit, sowie der Weiterentwicklung und Pflege der Produktpaletten. Im Fokus stehen Innovation und Kundennutzen. Unsere Herausforderung ist es, dem Kunden etwas zu geben, was er gerne haben möchte. Auf der Basis dieses Anspruchs wurde das Portfolio der Düker-Armaturenfamilie von Absperrklappen neu definiert.

Autorin

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

Elastomerdichtungen in Trinkwasseranwendungen

Von Rüdiger Werner und Harald Hager

1 Einleitung

Die Anforderungen an Dichtungswerkstoffe im Kontakt mit Trinkwasser werden zunehmend strenger und dabei komplexer. In den europäischen Ländern existieren unterschiedliche Anforderungen an die Qualität des Trinkwassers. Zur Umsetzung der EU-Richtlinie zur Festsetzung von Standards für Trinkwasser [1] bestehen einzelne nationale Verordnungen (z. B. in Deutschland die Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001). Für die hygienische Bewertung organischer Materialien im Kontakt mit Trinkwasser gibt das deutsche Umweltbundesamt (UBA) Leitlinien in Form verschiedener Empfehlungen heraus. Woco hat Elastomerwerkstoffe entwickelt, die uneingeschränkt die Elastomerleitlinie des deutschen Umweltbundesamtes vom 22.12.2011 erfüllen.

Rohre und Rohrverbindungen in der Trinkwasser-Versorgung und -Installation sind gemäß den Normen EN 805 [2] und EN 806-2 [3] unter der Berücksichtigung einer fachgerechten Wartung und angemessenen Betriebsbedingungen für eine Lebensdauer von 50 Jahren zu planen.

Bei Rohrleitungen für den Wassertransport bestand hierbei das Problem der dichten und dauerhaften Verbindung der Systemkomponenten untereinander. Durch den Einsatz von Dichtungen aus verschiedenen Elastomeren wurde das Dichtungsproblem gelöst. Die Anforderungen an den Dichtungswerkstoff sind dabei sehr hoch. Das Elastomer muss gesetzliche, hygienische und technische Anforderungen erfüllen.

2 Anforderungen an das Elastomer für den Einsatz in Trinkwasseranwendungen

Die im Jahr 2011 erstmals veröffentlichte Elastomerleitlinie [4] des Umweltbundesamtes (UBA) sieht vor, dass die zur Herstellung von Elastomeren verwendeten Ausgangsstoffe nach den Prinzipien der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) bewertet werden. Sie gelten für die Zulassung von Ausgangsstoffen zur Herstellung von Kunststoffen im Kontakt mit Lebensmitteln.

Die Elastomerleitlinie vom 22.12.2011 ersetzt die KTW-Empfehlung Teil 1.3.13 (KTW = Kunststoffe im Trinkwasser), deren Gültigkeit zum 31.12.2016 ausgelaufen ist. Die Positivliste der Elastomerleitlinie besteht aus zwei Teilen. Teil 1 enthält alle vom UBA geprüften und als unbedenklich bewerteten Ausgangsstoffe. Im Teil 2 der Positivliste sind Ausgangsstoffe gelistet, die noch nicht vollständig vom UBA bewertet wurden. Die Stoffe nach Teil 2 waren bis zum 31.12.2016 befristet einsetzbar.

Zum heutigen Zeitpunkt erfüllen nur wenige Rezepturen die Anforderungen der Positivliste Teil 1. Das UBA hat bisher nur wenige Anträge erhalten, um Ausgangsstoffe in den Rezepturen der Elastomere vom Teil 2 in den Teil 1 der Positivliste zu überführen. Deshalb hat das Umweltbundesamt nach Anhörung der betroffenen Herstellerverbände die Frist der Übergangsregelung für die Verwendung von Stoffen aus dem Teil 2 der Positivliste verlängert. Dies sollte verhindern, dass ab dem 01.01.2017 keine Elastomere auf der Grundlage der Positivliste vom 22.12.2011 verfügbar sind.

Woco IPS – Pipe System Components – hat spezielle Elastomerwerkstoffe entwickelt, die bereits heute uneingeschränkt, d.h. nach Positivliste Teil 1, die Anforderungen der Elastomerleitlinie des Umweltbundesamtes – hygienische Unbedenklichkeit und mikrobiologischer Bewuchs – erfüllen. Woco stellt dem Anwender die unterschiedlichsten Werkstoffe (EPDM, Butyl, usw.) in Härteabstufungen von 55-85 Shore A für Rohrleitungsdichtungen und Dichtungssysteme zur Verfügung.

Anforderungen an fertige Dichtungen sind in den einschlägigen Produktnormen spezifiziert. Dabei hängt die Leistungsfähigkeit einer Rohrleitungsdichtung von den Werkstoffeigenschaften der Dichtung, der geometrischen Form der Dichtung und der Konstruktion der Rohrverbindung ab.

Die europäische Norm EN 681-1 [5], [6] regelt die Werkstoffanforderungen für Rohrleitungsdichtungen (vulkanisierte Gummidichtungen) für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung. Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen werden gemäß EN 545 [7] hergestellt. Konstruktive Details und Werkstoffkenngrößen der Dichtungen der Steckmuffen-Verbindungen TYTON® und STANDARD sind in der DIN 28603 [8] definiert.

Ergänzend dazu existiert die vom DVGW im Technischen Komitee für „Bauteile Wasserversorgungssysteme“ erstellte DVGW-Prüfgrundlage W 384 vom Mai 2014 [9], welche die alte VP 546:2007-05 abgelöst hat. Sie legt Anforderungen und Prüfungen von Dichtungen für Steckmuffen-Verbindungen in Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen oder Stahl fest. Weiterhin enthält sie Angaben zur Gütesicherung dieser Bauteile, die sicherstellen sollen, dass die Konformität der hergestellten Bauteile mit den Anforderungen dieser Prüfgrundlage auch langfristig gegeben ist. Die dieser Prüfgrundlage entsprechenden Bauteile sind konform mit den geltenden europäischen Normen, mit den Anforderungen des DVGW-Regelwerkes sowie den nationalen gesetzlichen Bestimmungen. Durch die Eigenüberwachung sowie die jährlich vorgeschriebene Fremdüberwachung sichert der Hersteller die erforderliche Zuverlässigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Qualität, Hygiene und Umweltverträglichkeit, wie sie für den Einsatz in der Trinkwasserversorgung gefordert werden. Nachweis und Kundenkriterium ist z.B. ein DVGW-Baumusterprüfzertifikat (**Bild 1**).



Bild 1: Ausschnitt aus dem DVGW-Baumusterprüfzertifikat für die Firma Woco IPS GmbH

3 Messung des Druckverformungsrestes (DVR)

Ein wesentliches Kriterium für eine zuverlässige Aussage über die dauerhafte Dichtheit der Rohrverbindung ist der Druckverformungsrest (DVR). Der Druckverformungsrest gibt Auskunft über die visko-elastischen Eigenschaften eines Dichtungswerkstoffes. Gemessen wird der DVR (Compression Set) nach Prüfverfahren ISO 815-1 [10] oder ISO 815-2 [11] wie folgt (**Bild 2**):

- Herstellung von zylindrischen Proben mit Messung der Ausgangshöhe H_0 ,
- Verformung auf H_1 (25 % von H_0) für eine bestimmte Zeit,
- Messung der Dicke H_2 nach Entlastung,
- Errechnung des DVR entsprechend der Gleichung 1.

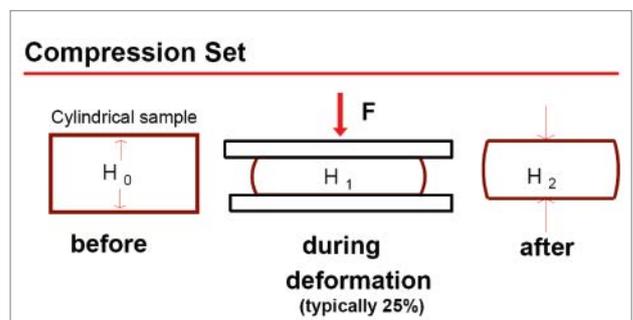


Bild 2: Darstellung der DVR-Messung nach ISO 815-1 [10] oder ISO 815-2 [11]

$$\text{Compression Set} = \frac{H_0 - H_2}{H_0 - H_1} \times 100 [\%] \quad (1)$$

Beispiel:

bei einer TYTON®-Dichtung DN 200 mit einem Dichtwulstdurchmesser von $c = 18 \text{ mm}$ (**Bild 3**) bedeutet ein DVR von 8 % ein Maß von 0,36 mm ($H_0 - H_2$) und ein DVR von 12 % ein Maß von 0,54 mm ($H_0 - H_2$).

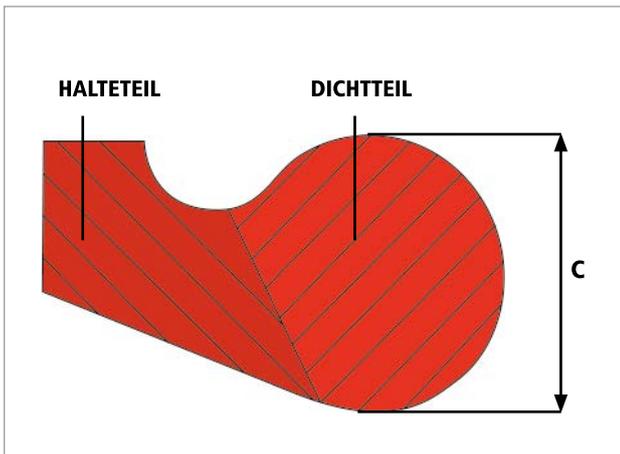


Bild 3:
Querschnitt der TYTON®-Dichtung

Die TYTON®-Dichtung (**Bild 3**) enthält eine Kombination aus zwei verschiedenen Härten mit einem Weichteil (Dichtteil) von 55 Shore A, welches die Dichtfunktion sicherstellt und einem Hartteil (Halteteil) von 85 Shore A, welches die Haltefunktion während der Montage übernimmt. Für das Weichteil gilt nach EN 681-1 [5] ein max. DVR von 12 % nach 72 h bei 23 °C. Woco orientiert sich jedoch an der höheren Anforderung der DIN 28603 [8] von 8 % für die Härteklasse 50 und stellt damit seine Produkte sowie die Produkte seiner Kunden auf eine erhöhte Qualitätsstufe.

4 Durchführung von Langzeitversuchen

Im Rahmen der Vorhersage über das Langzeitverhalten von Dichtungen beschäftigt sich Woco seit längerer Zeit mit validierten Rechenverfahren. Dazu wurde in der Vergangenheit in einem Forschungsprojekt mit dem DVGW eine Prüfmethode erarbeitet, die eine Vorhersage über einen Zeitraum von mindestens 50 Jahren ermöglicht. Prüfgrundlage war die Bestimmung des Druckverformungsrestes an O-Ringen verschiedenster Elastomertypen über ein Jahr mit den Variablen Temperatur und

Zeit. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Auswertung in einem Rechenverfahren nach Arrhenius gute Ergebnisse liefert. Mittels linearer Schadensakkumulation wurde die Bauteillebensdauer berechnet. Hierbei wurden real gemessene Zeit-Temperatur-Kollektive verwendet. Zur Überprüfung der Ergebnisse wurden die experimentell ermittelten Daten einer reaktionskinetischen Computersimulation unterzogen. Diese Berechnungen führten zu nahezu identischen Ergebnissen. Diese Methode wurde mittlerweile in die DVGW-Prüfgrundlage G 5406 [12] übernommen und umgesetzt.

Die Methode ist grundsätzlich auch für Elastomerdichtungen in Wasseranwendungen geeignet und wird somit auch für TYTON®-Dichtungen benutzt, um Vergleichsmessungen von Wettbewerbstteilen durchzuführen oder rechnerische Ableitungen des Langzeitverhaltens zu erhalten.

Das nachfolgende Beispiel (**Bild 4**) zeigt den Verlauf des Langzeit-DVR bei 23 °C nach der Methode der DVGW-Prüfgrundlage G 5406 [12] berechnet für TYTON®-Dichtungen EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Terpolymer) 55 Shore A (Normprobekörper, 25 % Verformung). Der erste Wert des DVR in **Tabelle 1** beträgt nach 72 h $\leq 8\%$. Nach 50 Jahren liegt er bei etwa 40 %, was als sehr gut zu bezeichnen ist. Zum Vergleich: Üblicherweise wird mit Grenz-DVR-Werten von mindestens 70 % und schlechter gerechnet!

Tabelle 1:
Rechenwerte des DVR nach Arrhenius

Zeit		DVR (%)
Stunden	Jahre	Rechen-Wert
71,4	0,008	6,5
247	0,028	8,0
903	0,1	10,0
8.232	0,94	15,0
33.946	3,9	20,0
90.621	10,3	25,0
183.741	21,0	30,0
308.137	35,2	35,0
449.718	51,3	40,0

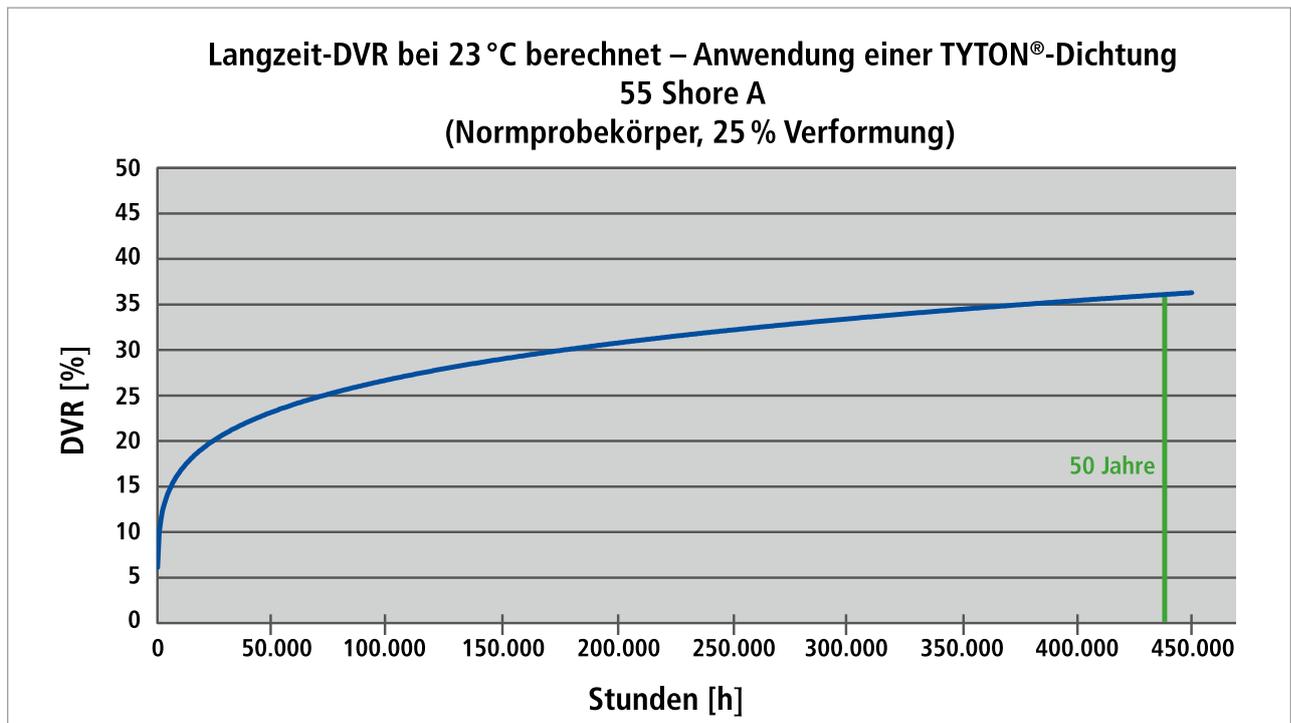


Bild 4:

Nach [12] berechneter Langzeit-DVR einer TYTON®-Dichtung EPDM 55 Shore A bei 23 °C

5 Fazit

Dichtungen aus Elastomerwerkstoffen sind seit über 50 Jahren in Trinkwasseranwendungen im Einsatz und haben sich in der Praxis bestens bewährt. Langzeituntersuchungen und DVR-Prüfungen belegen diesen Praxisbefund sehr gut. Trotz neuer Richt- bzw. Leitlinien sind wir heute und auch in Zukunft in der Lage, leistungsfähige Werkstoffe für die Wasserversorgung anzubieten.

Die Woco IPS GmbH Business Unit – Pipe System Components (PSC) ist Spezialist im weltweiten Markt von Dichtungselementen für Rohrleitungssysteme und bietet Werkstoffe und Produkte an, die vollumfänglich die Positivliste Teil 1 der Elastomerleitlinie des UBA erfüllen und für eine Vielzahl von Anwendungen geeignet sind.

Literatur

- [1] EU-Richtlinie 98/83/
EG vom 3. November 1998
(ABl. EG Nr. L 330 S. 32)
- [2] EN 805: 2000
- [3] EN 806-2: 2005
- [4] Leitlinie zur hygienischen Beurteilung
von Elastomeren im Kontakt mit
Trinkwasser (Elastomerleitlinie): 2011-12

- [5] EN 681-1: 1996 + A1:1998 + A2:2002 +
AC:2002 + A3:2005
- [6] prEN 681-1: 2016
- [7] EN 545: 2010
- [8] DIN 28603: 2002-05
- [9] DVGW-Prüfgrundlage W 384: 2014-05
- [10] ISO 815-1: 2014
- [11] ISO 815-2: 2014
- [12] DVGW-Prüfgrundlage G 5406: 2016-09

Autoren

Rüdiger Werner
Woco IPS GmbH
Pipe System Components
63628 Bad Soden-Salmünster/Deutschland
Telefon: +49 (0)6056/78-7229
E-Mail: ruwerner@de.wocogroup.com

Harald Hager
Woco GmbH & Co. KG
63628 Bad Soden-Salmünster/Deutschland
Telefon: +49 (0)6056/78-7274
E-Mail: hhager@de.wocogroup.com

Gesamtumfahrung Biel – Löschwasserleitungen aus duktilem Gusseisen in den Autobahntunneln Büttenberg und Längholz

Von Roger Saner

1 Die Stadt Biel – Schweizer Uhrenmetropole

Im Berner Seeland, am Ostufer des Bielersees, liegt die Stadt Biel, mit knapp 55.000 Einwohnern die zehntgrößte Stadt der Schweiz. Im gesamten Einzugsgebiet der Stadt leben ungefähr 150.000 Personen. Direkt am sogenannten „Röstigraben“ gelegen, ist Biel die größte zweisprachige (deutsch/französisch) Stadt der Schweiz. Zudem ist Biel bekannt als Uhrenmetropole und beherbergt den Firmensitz weltbekannter Schweizer Uhrenhersteller.

2 Gesamtprojekt Umfahrung Stadt Biel

Die Autobahnumfahrung A5 der Stadt Biel schließt auf der Strecke zwischen Solothurn und Neuenburg eine der letzten Lücken im Schweizer Nationalstraßennetz. Das neue Teilstück verbindet ebenfalls die Autobahnen A5, A16 Transjurane und die T6 Richtung Bern, die vor Jahrzehnten aus drei Richtungen bis an den Stadtrand von Biel geführt wurden. Gleichzeitig soll der Regionalverkehr gebündelt und weitgehend unterirdisch durch die Agglomeration geleitet werden. Somit werden durch dieses Projekt künftig weite Teile der Gesamtregion und der Stadt Biel vom Durchgangsverkehr entlastet. Bauherr der Gesamtumfahrung A5 Biel ist der Kanton Bern, welcher im Auftrag des Bundes für den Bau der neuen Autobahn zuständig ist.

Nach einer Bauzeit von knapp 10 Jahren wird 2017 der sogenannte Ostast Richtung Bern eröffnet. Der weitgehend unterirdisch verlaufende Ostast A5 Biel führt vom heutigen Anschluss Biel Ost im Bözingenfeld zuerst durch den Büttenbergtunnel. Im Bereich der Gemeinde Orpund wird die neue Autobahn

über eine kurze Strecke offen geführt und verläuft anschließend durch den Längholztunnel (**Bild 1**) bis zur Verzweigung Brüggenmoos.



Bild 1:
Ansicht des Portalbereichs vom Tunnel Längholz

Der Bau des Westastes A5 Biel Richtung Neuenburg beginnt voraussichtlich im Jahr 2020; er soll ab 2030 in Betrieb genommen werden. Ab der Verzweigung Brüggenmoos wird der Westast der A5 in Richtung Neuenburg die neue Umfahrung bis zum Anschluss des Tunnels Vingelz an die bestehende Autobahn A5 führen (**Bild 2**).

3 Löschwasserleitungen Tunnel Büttenberg und Längholz

Die Löschwasserleitungen dieser zwei Tunnel wurden mit duktilen Gussrohren vom Typ vonRoll DUCPUR mit Steckmuffen-Verbindungen ausgeführt. Die Standardrohre DUCPUR verfügen über eine Zink/Bitumenbeschichtung nach EN 545 [1] sowie über eine Auskleidung aus Polyurethan (PUR) gemäß EN 15655 [2].

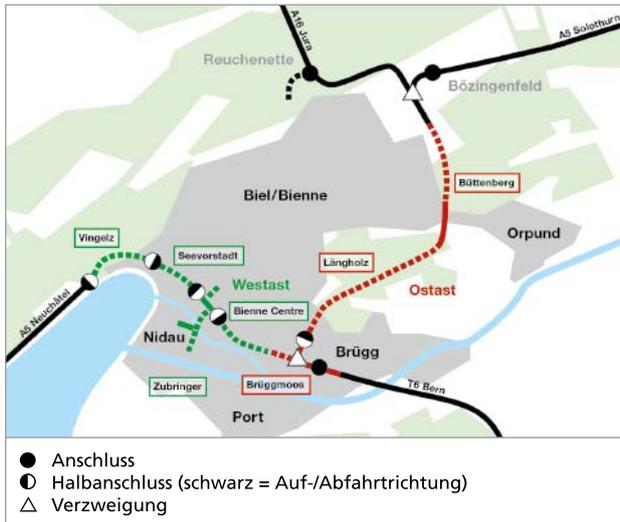


Bild 2:
Übersicht der Autobahnumfahrung Biel

Quelle: (<http://www.a5-biel-bienne.ch/de/kommunikation/medien-unterlagen/>)



Bild 3:
Perspektive der Tunnelfahrbahn Längholz mit
seitlichen Sicherheits- und Hydrantennischen



Bild 4:
Panoramabild der Löschwasserleitung im Werkleitungskanal mit Seitenabgang und Streckenschieber

Die spiegelglatte PUR-Auskleidung verhindert weitestgehend Ablagerungen und fördert durch minimale Reibungsverluste die hydraulische Leistungsfähigkeit der Löschwasserleitung im Brandfall. Komplettiert wurde das System mit ECOFIT Steckmuffen-Formstücken aus duktilem Gusseisen mit integraler Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14901[3] und den erhöhten Anforderungen nach RAL – GZ 662 [4] sowie DIN 3476 [5].

In beiden Tunneln sind die Löschwasserleitungen jeweils in einem Werkleitungskanal unterhalb der Fahrbahnen angeordnet, von wo aus seitliche Stichleitungen zu den Hydrantennischen in die richtungstrennten doppelspurigen Tunnelröhren (**Bild 3**) geführt werden (**Bild 4**). Weil das benötigte Löschwasser aus dem Kreislauf der Trinkwasserversorgung stammt, muss eine übermäßige Erwärmung des Wassers in der Löschwasserleitung im Werkleitungskanal verhindert werden. Deshalb wurden

die duktilen Gussrohre und die Formstücke der Hauptleitung DN 200 zusätzlich mit einer äußeren Wärmedämmung versehen (**Bild 5**).



Bild 5:
Wärmedämmte duktile Gussrohre DUCPUR im
Werkleitungskanal



Bild 6:
Befestigung der gedämmten Löschwasserleitung mit Standardrohrschellen



Bild 7:
Nachdämmung mit Schrumpfmanschetten an den Verbindungsstellen der Steckmuffen

Die Wärmedämmung wird werkseitig auf die DUCPUR-Rohre aufgebracht. Die Gussrohre DN 200 werden dabei konzentrisch in PE-HD-Mantelrohre, $d = 315 \text{ mm}$, geschoben und die Zwischenräume mit FCKW-freiem Polyurethan-Hartschaum ausgeschäumt. Die Einsteckenden müssen dabei für die Montage der Steckmuffen jeweils frei bleiben.

Im Werkleitungskanal wurden die Rohre mit Standardrohrschellen an den Betonuntergrund (Wände/Böden) montiert. Nach der Montage werden die Verbindungen der Steckmuffen mit Schrumpfmanschetten nachgedämmt (**Bilder 6 und 7**).

Alle Verbindungen des flexiblen Steckmuffensystems wurden mit Schubsicherungen von Roll HYDROTIGHT Fig. 2807 B (**Bild 8**) und Fig. 2806 (**Bild 9**) längskraftschlüssig gesichert. Sie nehmen die an Richtungs- oder Querschnittsänderungen sowie an Armaturen auftretenden Kräfte auf.

Den Einbau der Stichleitungen zu den Hydranten-Nischen erleichtern einbetonierte Hüllrohre, in welche die DUCPUR-Rohre DN 125 mit Gleitkufen eingeschoben wurden. Die sehr engen Platzverhältnisse stellten große Anforderungen an die Genauigkeit der Arbeitsausführung bei den Anschlussbereichen und dabei vor allem an die Flexibilität des Schubsicherungssystems HYDROTIGHT (**Bild 10**).



Bild 8:
Steckmuffen-Verbindung mit innenliegender Schubsicherung von Roll HYDROTIGHT Figur 2807 B



Bild 9:
Steckmuffen-Verbindung mit außenliegender Schubsicherung von Roll HYDROTIGHT Figur 2806



Bild 10:
Stichleitung DN 125 zu den Hydranten-Nischen im Hüllrohr (vorn im Bild) und Spülstutzen mit Anbohrschieber auf der Hauptleitung (im Bildhintergrund)

Alle Herausforderungen an einen effizienten, ökonomischen Einbau des vonRoll-Guss-Rohrsystems in diesem Bereich konnten dank der einfach ausrichtbaren Rohrverbindungen mit den außenliegenden Schubsicherungen Fig. 2806 problemlos erfüllt werden (**Bild 11**).



Bild 11:
Stichleitung DN 125, einfach ausrichtbare Formstücke mit außenliegenden Schubsicherungen Fig. 2806

Insgesamt wurden im Projekt Ostast A5 Biel in den beiden Straßentunneln Büttenberg und Längholz für die Löschwasserleitungen über 8.000 m duktile Gussrohre DUCPUR DN 200 für die Hauptleitung und ungefähr 400 m DUCPUR DN 125 für die Hydranten-Stichleitungen eingebaut.

4 Innovative Hydranten für den Löschwasserbezug

In den beiden Tunneln Büttenberg und Längholz wird der Löschwasserbezug im Brandfall mit mehr als 50 Hydranten sichergestellt, die in den Tunnelröhren in periodischen Abständen von ungefähr 150 m angeordnet sind. Sie sind in den seitlichen Hydranten-Nischen montiert und an die Stichleitungen angeschlossen (**Bild 12**).

Die Hydranten bestehen jeweils aus einem Hydranten-Unterteil vom Typ vonRoll VARIO 2.0 und einem Hydranten-Oberteil vonRoll HYTEC.



Bild 12:
Hydranten-Nische mit Anschluss des Hydranten-Unterteils VARIO 2.0 an die Stichleitung DN 125

Das Hydranten-Unterteil VARIO 2.0 aus duktilem Gusseisen ist mit einem einfachen Bajonettsystem in Stufen von 5 cm höhenverstellbar; es kann von einer Person allein bedient werden. Die durchdachte Konstruktion des VARIO 2.0 erlaubt geringste Einbauhöhen ab 25 cm Rohrdeckung und eröffnet ungeahnte Möglichkeiten, gerade auch im Tunnelbau mit seinen oft prekären Platzverhältnissen (**Bild 13**). Schon bei dieser Minimalhöhe gibt es standardmäßig eine Doppelabsperrung, welche Revisionsarbeiten am Hydranten unter vollem Netzdruck erlaubt. Selbst ein späteres Nachrüsten der Doppelabsperrung ist problemlos möglich.

Das Hauptventil kann auf Kundenwunsch sowohl radial als auch konisch dichtend gewählt und sogar nachträglich umgerüstet werden. Alle Gussteile des Hydranten-UT – Einlaufbogen, Mantel- und Teleskoprohr sowie der Konterflansch – sind integral mit Epoxidharz beschichtet (EN 14901 [3] / RAL – GZ 662 [4]). Alle eingesetzten Komponenten werden aus nichtrostenden Materialien gefertigt. Die Materialkombinationen sind perfekt aufeinander abgestimmt und zeichnen sich durch hohe Verschleißfestigkeit aus.

Das Hydranten-Oberteil HYTEC wurde für den Einsatz in aggressivem Tunnelklima entwickelt. Seine Hauptteile bestehen aus einer korrosionsbeständigen Aluminiumlegierung, einzelne Komponenten sind zudem mit einer robusten, witterungsbeständigen Toplex-Beschichtung versehen. Der Hydrant HYTEC kann stufenlos im Vollkreis von 360° ausgerichtet werden und ist damit perfekt geeignet für den Einsatz in den engen Einbaunischen der neuen Autobahntunnel. Zudem ist dank des hohen Fundamentrings eine Anpassung der Einbauhöhe um +/- 50 mm möglich (**Bild 14**).

5 Vollschutz-Absperrarmaturen für den Löschwasserbezug

Für die Löschwasserleitung der Autobahntunnel kamen verschiedene Absperrarmaturen vom Typ vonRoll VS 5000 zum Einsatz. Dazu gehören Streckenschieber, Absperrschieber für die Stichleitungen der Hydranten sowie Anbohrarmaturen für die Reinigungsstutzen und Entleerungen auf der Hauptleitung im Werkleitungskanal (**Bild 15**).

Das Konzept für den Korrosionsschutz der Vollschuttschieber VS 5000 wird bei vonRoll konsequent angewandt. Die Vollschutzphilosophie für höchste Langzeitsicherheit enthält:

- integrale Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14901 [3]/RAL – GZ 662 [4],
- schraubenlose Verbindung zwischen Ober- und Unterteil der Gehäuse,
- durchgehend beschichtete Grobgewinde (**Bild 16**).



Bild 13:
Eingeengte Platzverhältnisse für die Installation der Hydranten



Bild 14:
Hydranten-Unterteil vonRoll VARIO 2.0 und Hydranten-Oberteil vonRoll HYTEC nach der Endmontage



Bild 15:
vonRoll Armaturen im Einsatz – Streckenschieber, Absperrschieber für Stichleitungen sowie Anbohrarmatur zur Entleerung

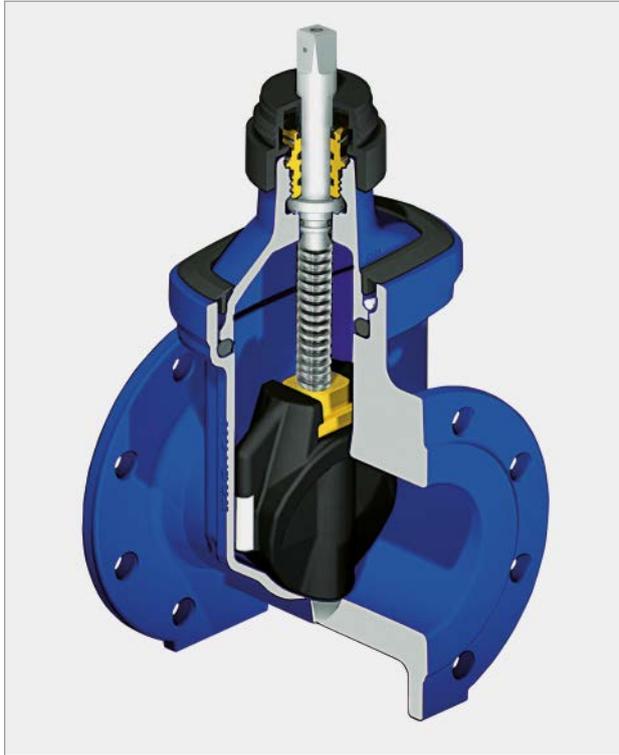


Bild 16:
Schnittbild des Vollschuttschiebers VS 5000 mit schraubenloser Verbindung und beschichtetem Grobgewinde

6 Fazit

Gerade in Autobahntunneln werden von den Betreibern bereits in der Projektierung sehr hohe Anforderungen an die Tunnelsicherheit gestellt, die mit oberster Priorität umgesetzt werden müssen. Um im Brandfall zuverlässig eine maximale Löschwassermenge sicherzustellen, sind in Tunnelbauwerken duktile Gussrohre für die Löschwasserleitungen in jedem Fall die optimale Lösung.

Flexible Guss-Rohrsysteme mit längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen können beim Einbau perfekt den Tunnelgegebenheiten angepasst werden. Die Auskleidung mit Polyurethan (PUR) hat dank ihrer hydraulisch glatten Oberfläche eine sehr hohe hydraulische Leistungsfähigkeit der Löschwasserleitung zur Folge. Gemeinsam mit durchflussstarken Hydranten und Absperrarmaturen ergeben diese Rohrleitungen eine hohe Betriebssicherheit der Löschwasserversorgung in anspruchsvollen Tunnelbauwerken.

Literatur

- [1] EN 545: 2010
- [2] EN 15655: 2009
- [3] EN 14901: 2014
- [4] RAL – GZ 662: 2014-8
- [5] DIN 3476: 1996-08

Autor

Dipl.-Ing. Roger Saner
vonRoll hydro (suisse) ag
von Roll-Strasse 24
4702 Oensingen/Schweiz
Telefon: +41 (0)62/3881237
E-Mail: roger.saner@vonroll-hydro.ch

Leitungsbau

Lauber IWISA
Dipl.-Ing. (FH) Lorenz Ramseier
Kehrstrasse 14
3904 Naters/Schweiz
Telefon: +41 (0)27/9227777
E-Mail: info@lauber-iwisa.ch

Bergbahnen Westendorf – schneller beschneien mit duktilen Gussrohren

Von Mario Ruggenthaler

1 Skischaukel in den Kitzbüheler Alpen

Die renommierte Skischaukel „SkiWelt Wilder Kaiser – Brixental“ mit der Gemeinde Westendorf (Brixental in Tirol) und den Bergbahnen Westendorf mitten in den Kitzbüheler Alpen steigert nochmals die Leistung der bereits weit ausgebauten Beschneigungsanlage. Mit der erweiterten Wasserbevorratung wird zukünftig die Grundbeschneigung des gesamten Skigebietes innerhalb von 72 Stunden möglich sein. Um die Schnee-Erzeuger mit erhöhtem Durchsatz versorgen zu können, wurden circa 7.800 m Druckrohre aus duktilem Gusseisen neu eingebaut. Dadurch lassen sich unter anderem zusätzlich 8,4 ha Pistenfläche beschneien.

2 Bestand und Ausbau der Beschneigungsanlage

Derzeit wird der größte Teil des benötigten Wassers direkt aus der Windauer Ache entnommen. Zusätzlich gehören ein Speicherteich und vier Pumpstationen ohne Speicher zur Anlage, die gemeinsam mit zwei Druckreduzier- und zwei Kompressorstationen den Betrieb sicherstellen. Ziel des Ausbaues ist, die Grundbeschneigung des gesamten Gebietes innerhalb von 72 Stunden mit bevorratetem Wasser zu ermöglichen, womit die Effizienz der Anlage wesentlich gesteigert wird. Dazu wird der bestehende 65.000 m³ fassende Speicherteich „Kreuzjöchelsee“ auf 190.000 m³ vergrößert.

3 Erhöhung der Jahreskonsenswassermenge

Zurzeit werden 97,6 ha Pistenfläche beschneit, die eine Jahreskonsenswassermenge von 317.000 m³ benötigen (entspricht ungefähr 3.250 m³/ha). Die um 8,4 ha vergrößerte

Schneifläche von insgesamt 106 ha erhöht die erforderliche Jahreskonsenswassermenge auf 345.000 m³. Der spezifische Wasserverbrauch von etwa 1.700 m³/ha für die Grundbeschneigung wird nach Umsetzung des Projektes über den Speicherteich zur Verfügung gestellt. Eine rasche Nachspeisung des Teiches ist über das bestehende Leitungssystem sichergestellt.

4 Einbau von zusätzlichen Rohrleitungen

Die benötigte Schneileistung wird von zwei bis drei Propeller-Schnee-Erzeugern je Hektar erbracht und erfordert bei 1.700 m³/ha, die in 72 Stunden transportiert werden sollen, eine Durchsatzleistung von knapp 8 L/s pro Hektar Schneifläche. Weil der Speicherteich am östlichen Rand des Gebietes liegt, war eine Versorgungsleitung vom „Kreuzjöchelsee“ bis zur Bergstation der Alpenrosenbahn nötig. Sie wird mit etwa 2.500 m Länge in der Nennweite DN 500 (letzter Teil DN 400) ausgeführt und versorgt das gesamte obere Skigebiet.

Mehrere Rohrleitungen (**Bild 1**) führen vom Entnahmebauwerk in der Teichsohle unter dem Damm hindurch in die Pumpstation (**Tabelle 1**).

Die Sickerwässer der Dammfuß- und Grunddrainagen unter der Dichtungsfolie des Teiches werden in der Pumpenstation gesammelt (**Bild 2**) und mit einer Tauchpumpe in den See rückgeführt. Im Schadensfall entleert eine im Pumpensumpf angelegte eigene Ableitung DN 250 in das Tosbecken vor der Pumpstation. Der Hochwasserablauf wird mit einer Leitung DN 600 und eigenem Auslaufbauwerk an der westlichen Uferböschung angeordnet.



Bild 1:
Duktile Gussrohrleitungen – fünf Teichleitungen
DN 80 und zwei Entnahmeleitungen DN 600



Bild 3:
Feldleitungsbau – Transportleitung DN 500

Tabelle 1:
Übersicht duktiler Gussrohrleitungen, die vom
Entnahmebauwerk zur Pumpstation führen

Art	Nennweite	Druckstufe
Entnahmeleitung 1	DN 600	PN 10
Entnahmeleitung 2 (auch Notentleerung)	DN 600	PN 10
Teichumwälzung	3 x DN 80	PN 10
Teichtemperatur	DN 80	PN 10
Teichniveau	DN 80	PN 10

Tabelle 2:
Zusammenstellung der Nennweiten DN,
der zulässigen Betriebsdrücke PFA und der einge-
bauten Leitungslängen mit duktilen Gussrohren

Nennweite	Zulässiger Betriebsdruck PFA [bar]	Leitungslänge [m]
DN 600	32	~ 240
DN 500	50	~ 2.060
DN 400	50	~ 460
DN 300	63	~ 1.120
DN 250	63	~ 1.660
DN 200	63	~ 1.150
DN 150	63	~ 500
DN 80	100	~ 675



Bild 2:
Errichtung der neuen Pumpstation

Insgesamt sind circa 7.800 m Rohrmaterial ein-
gebaut, und zwar im Hauptfeldleitungssystem
etwa 7.100 m (**Bild 3**) und Stichleitungen mit
einer Länge von etwa 700 m. Eine Übersicht der
Rohre mit bewährter BLS®/VRS®-T - Steckmuf-
fen-Verbindung zeigt **Tabelle 2**.

5 Ausbildung der Stichleitungen

T-Stücke als Abzweiger von der Hauptleitung
stellen die Verbindung zu den Hydranten an
den Zapfstellen her und werden mit Stichlei-
tungen DN 80 in Unterflurschächten (Beton-
schächte) verbunden. Dort liegt der Anschluss
an die Schneerzeuger in Form von sogenannten
ENH-Stücken (**Bild 4**).

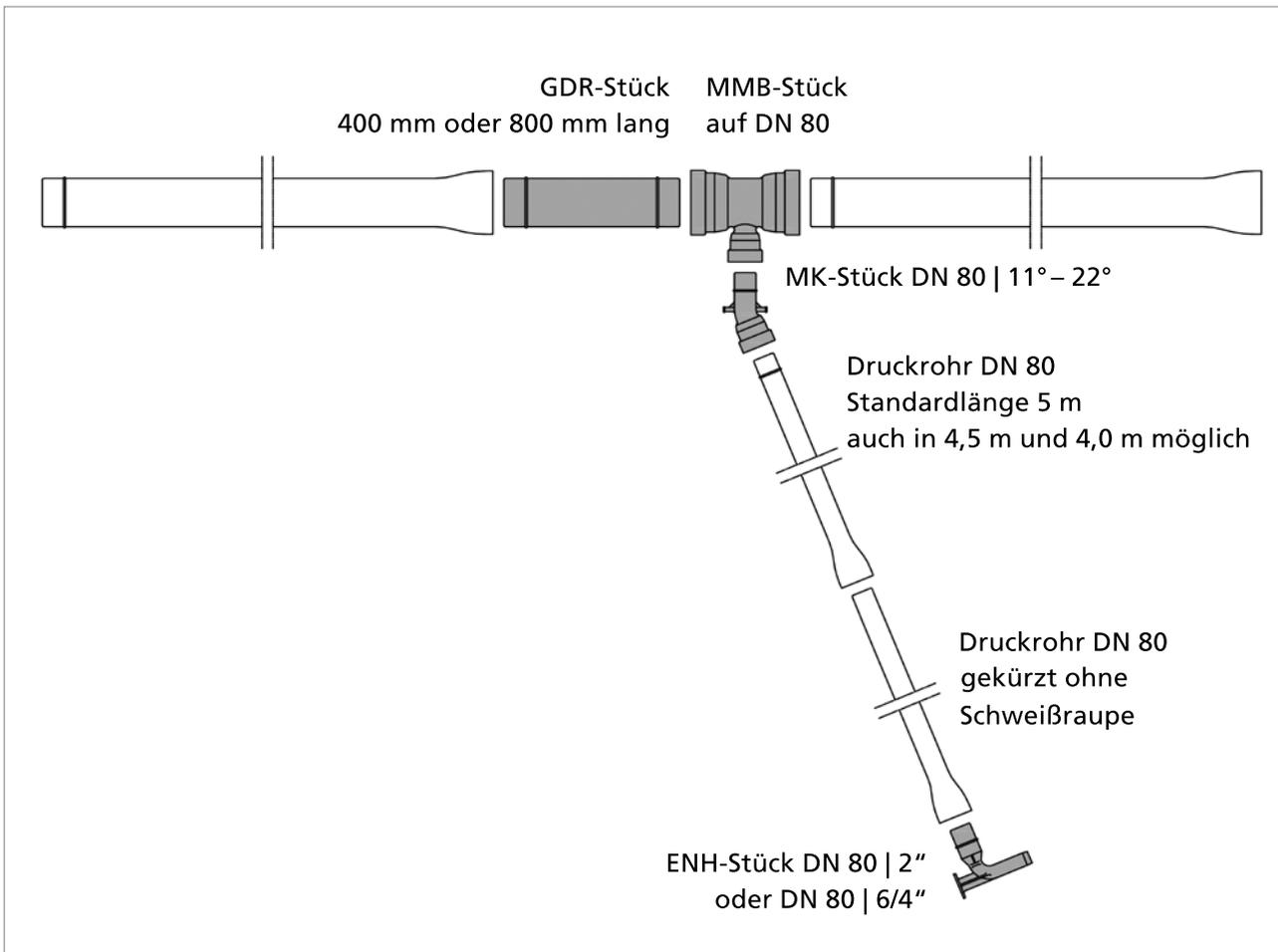


Bild 4:
Beispiel für die Ausbildung der Stichleitungen mit Anschlussmöglichkeit (ENH-Stück) zu den Schneeerzeugern

6 Anforderungen an Rohre aus duktilem Gusseisen

Die großen Höhenunterschiede im Skigebiet stellen erhöhte Anforderungen an das verwendete Rohrmaterial. Neben dem hydrostatischen Druck müssen Druckstöße aufgenommen werden können. Druckstöße sind aufgrund von Regelvorgängen unvermeidbar. Regelarmaturen mit entsprechenden Schließzeiten und Pumpen mit geeigneter Kennlinie verringern Druckstöße bei Regelvorgängen, wie z. B. dem Schließen von Hydranten oder Ausfall von Pumpen. Um diesen erhöhten Anforderungen standhalten zu können, müssen duktile Gussrohre nach dem Mindeststandard der EN 545 [1] produziert werden.

In Österreich sind zudem darüberhinausgehende Anforderungen aus den relevanten Normen (z. B. ÖNORM B 2599-1 [2], ÖNORM B 2597 [3] und ÖNORM B 2560 [4]) einzuhalten.

Die so gefertigten Rohre sind unter den darin geforderten, ungünstigsten Bedingungen zu prüfen (**Tabelle 3**). Der Nachweis über die Prüfungen ist auf Anfrage des Bauherrn vom Hersteller vorzulegen. Gussrohre der Tiroler Rohre GmbH (TRM) werden bei der Typprüfung unter ungünstigsten Bedingungen mit 1,5-fachen PFA + 5 bar getestet (Worst-Case-Prüfung). Zudem weisen sie gegenüber dem Innendruck eine 3-fache Sicherheitsreserve auf.

TRM verfügt über einen entsprechenden Prüfstand am Werksgelände und führt dort alle Nachweise für alle relevanten Nennweiten in Zusammenarbeit mit einer staatlich akkreditierten Prüfanstalt durch.

Die Druckprüfungen auf der Baustelle werden entsprechend der ÖNORM B 5050 [5] durchgeführt.

Tabelle 3:

Beispiel für die Anforderungen eines Typprüfungsnachweises für Rohre aus duktilem Gusseisen mit VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung DN 250, zulässiger Betriebsdruck PFA 100 bar (K 16)

Steckmuffen-Verbindung	Prüfung	Prüfdruck	Prüfdauer	Prüfbedingung	=
VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung					
DN 250 K 16 PFA 100	Positiver hydrostatischer Innendruck	155 bar	2 h	unter Scherlast max. Abwinkelung größter Ringraum min. Wanddicke	✓
	Negativer Innendruck	- 0,9 bar	2 h	unter Scherlast max. Abwinkelung größter Ringraum	✓
	Positiver hydrostatischer Außendruck	2 bar	2 h	unter Scherlast größter Ringraum	✓
	Zyklischer hydrostatischer Innendruck	Zwischen PMA und (PMA-5) bar	24.000 Druck-Zyklen	unter Scherlast größter Ringraum	✓

Literatur

- [1] EN 545: 2010
- [2] ÖNORM B 2599-1: 2016-08-15
- [3] ÖNORM B 2597: 2004-10-01
- [4] ÖNORM B 2560: 2014-12-01
- [5] ÖNORM B 5050: 2015-11-01

Autor

Ing. Mario Ruggenthaler
 TIROLER ROHRE GmbH – TRM
 Innsbrucker Straße 51
 6060 Hall in Tirol/Österreich
 Telefon: +43 (0)664/9680772
 E-Mail: mario.ruggenthaler@trm.at

Wasserkraftwerk Lago di Tomé – Hochdruckleitung DN 400 für eine umweltfreundliche Stromproduktion

Von Roger Saner

1 Einleitung

Der Alpsee Lago di Tomé liegt in der politischen Gemeinde Lavizzara im Bezirk Vallemaggia im Kanton Tessin (**Bild 1**). Der Gebirgsbach Tomé fließt vom Lago di Tomé im gleichnamigen Tal, bis er kurz vor der Ortschaft Broglio am linken Ufer in den Fluss Maggia mündet. Der Abschnitt zwischen dem Alpsee, am hinteren Ende des Tals auf einer Höhe von 1.692 m ü. M. gelegen, und seiner Mündung in die Maggia in der Nähe der Ortschaft Broglio, auf einer Höhe von etwa 680 m ü. M., ist mit einem geodätischen Höhenunterschied von über 1.000 m für die Nutzung der Wasserkraft zur Stromproduktion äußerst interessant.

Der Auftraggeber für Bau und Betrieb des Wasserkraftwerks von Broglio ist die neu gegründete Aktiengesellschaft CEL Lavizzara SA.

2 Projekt Kleinwasserkraftwerk

2.1 Allgemeiner Aufbau

Das neue Wasserkraftwerk Lago di Tomé besteht aus folgenden Komponenten:

- Wasserfassung und Entsander,
- Hochdruckleitung erdüberdeckt,
- Kraftwerksgebäude,
- Unterwasserkanal zur Wasserrückgabe.

2.2 Wasserfassung

Das Einlaufbauwerk wurde circa 120 m unterhalb des Abflusses des Lago di Tomé in den Gebirgsbach errichtet und in die Topografie des steinigen Flusslaufs eingebettet. Mit einer Verkleidung aus Tessiner Natursteinplatten passt sich das Einlaufgebäude in die Umgebung

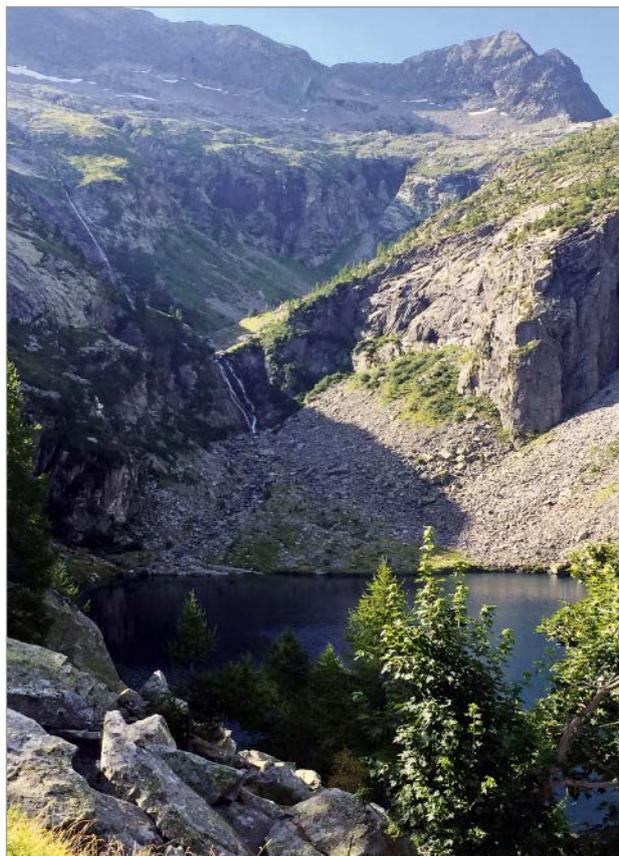


Bild 1:
Alpsee Lago di Tomé 1.692 m ü. M.

ein. Das Wasser gelangt über eine rechteckige Aussparung unterhalb des Wasserspiegels in das Einlaufbauwerk, damit kein Treibgut in das Entsanderbecken eindringen kann (**Bilder 2 und 3**).

2.3 Neue Hochdruckleitung DN 400

Bei der Wahl des geeigneten Rohrmaterials für die Druckleitung gaben einerseits die harten Einbaubedingungen im Gebirge und andererseits die bei knapp 1.000 m Höhendifferenz auftretenden, sehr hohen Drücke bis zu 100 bar



Bild 2:
Wasserzulauf in das Einlaufbauwerk



Bild 4:
Spiegelglatte PUR-Auskleidung,
hydraulisch glatt mit Rauheit $k \leq 0,01$ mm



Bild 3:
Einlaufbauwerk mit Tessiner Naturstein verkleidet

den Ausschlag. Gefragt war ein flexibles Rohrsystem, welches aber auch herausragende mechanische und statische Festigkeitseigenschaften aufweisen musste.

Gemessen an diesen Anforderungen sind die bewährten duktilen Gussrohre von Roll ECOPUR mit verstärkter Umhüllung nach EN 545 [1] wegen ihrer technischen Leistungsfähigkeit für die neue Druckleitung optimal. ECOPUR-Rohre stellen mit der innovativen vonRoll PUR-Beschichtungstechnologie eine sehr hohe hydraulische Leistungsfähigkeit (Rauheit PUR: $k \leq 0,01$ mm) sicher (**Bild 4**) und bieten mit der porenfreien PUR-Umhüllung einen perfekten Außenschutz in allen Böden. Wegen des durchwegs felsigen Untergrundes kam zusätzlich die widerstandsfähige ROCK-Felsschutzhülle zum Einsatz, die bereits werkseitig beim Hersteller auf die Gussrohre aufgebracht wird.

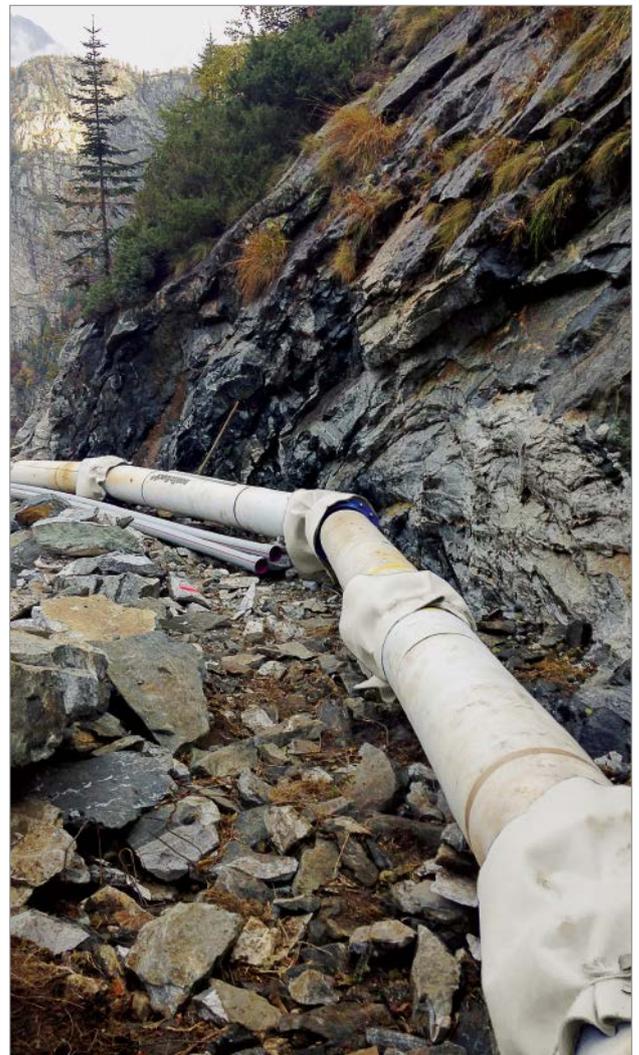


Bild 5:
Abwinkelbare Steckmuffen-Verbindung HYDROTIGHT

Die abwinkelbare Steckmuffen-Verbindung HYDROTIGHT erlaubt eine schnelle und sichere Montage in steilem Gelände (**Bild 5**).

Die erforderlichen Formstücke vom Typ vonRoll ECOFIT verfügen über eine Epoxidharz-Beschichtung nach EN 14901 [2] mit den erhöhten Anforderungen nach RAL – GZ 662 [3]. Das verhältnismäßig geringe Gewicht der vonRoll ECOPUR-Vollschutzrohre kam der Firma für den Leitungsbau im steilen, unzugänglichen Gelände entgegen, weil die Rohre mittels Helikopter transportiert und am Verwendungsort eingebaut werden mussten (**Bild 6**).

Über die gesamte Länge der Leitungstrasse von 3.200 m mit einem Höhenunterschied von knapp 1.000 m waren in der gebirgigen Umgebung mit steinigem, felsigen Böden unterschiedliche und schwierige Einbausituationen zu bewältigen. Um das natürliche Erscheinungsbild der Umgebung so weit wie möglich zu erhalten, wurde die Druckleitung nahezu auf der gesamten Strecke mit einer Ausnahme unterirdisch eingebaut: Einen Bach überquert die Leitung oberirdisch an einer Rohrbrücke. Die naturnahe Widerinstandsetzung der Trasse erfolgte mit Aushubmaterial und natürlichen Stein- und Felsbrocken (**Bilder 7 und 8**).

Je nach Höhenlage wurde die neue Druckleitung für die Druckstufen von PFA 10 bar bis PFA 80 bar mit ECOPUR-Rohren in unterschiedlichen Wanddickenklassen von K 7 bis K 15 mit längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen vom Typ HYDROTIGHT ausgelegt. Im oberen Bereich bis PFA 16 bar genügte zur Kraftaufnahme reibschlüssig gesicherte Steckmuffen-Verbindungen, wodurch sich eine große Flexibilität bei den Schnittrohren im Graben ergab.

In den Bereichen mit höheren Drücken – bis zu PFA 80 bar im untersten Bereich der Leitung – wurden die ECOPUR-Vollschutzrohre werkseitig mit Schweißraupen versehen und mit Schubsicherungen HYDROTIGHT Fig. 2805 formschlüssig gesichert (**Bild 9**).

Bei der Steilheit des Geländes und wegen der hohen Betriebsdrücke wurden bei Richtungsänderungen für die Aufnahme der auftretenden Kräfte Betonwiderlager aus Stahlbeton angeordnet.

Anstelle von auf der Baustelle bearbeiteten Schnittrohren lieferte der Hersteller vonRoll hydro (suisse) ag Kurzrohre in genau definierten Längen mit werkseitig applizierten Schweißraupen, die vollflächig mit Polyurethan geschützt sind. Damit erübrigt sich



Bild 6:
Transport und Einbau der ECOPUR-Rohre mit Helikopter

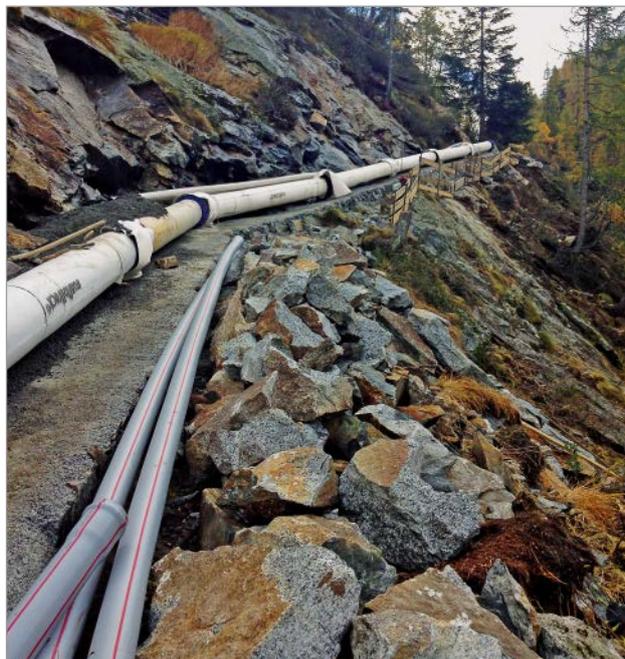


Bild 7:
Druckleitung ECOPUR oberirdisch auf Fels eingebaut



Bild 8:
Naturnahe Widerinstandsetzung mit Bruchsteinmauer um die Druckleitung herum



Bild 9:
ECOPUR-Vollschutzrohre mit Felsschutzhülle ROCK und außenliegender Schubsicherungen HYDROTIGHT Fig. 2805

das aufwändige Aufbringen von Schweißraupen und das nachträgliche Reparieren der Außenbeschichtung auf der Baustelle.

Im Hochdruckbereich ab PFA 63 bar genügen die Standard-Steckmuffen-Formstücke in der Wanddickenklasse K 12 nicht mehr für die Aufnahme der auftretenden Kräfte. vonRoll hydro (suisse) ag produzierte für diese Anwendung Sonderformstücke in den Wanddicken-Klassen K 14 und K 15.

In regelmäßigen Abständen sind an der Druckleitung auch Kontrollöffnungen angeordnet. Diese sind als Doppelmuffenstück mit Flanschabzweig (MMA) DN 400/400 ausgebildet, je nach Einbauort ebenfalls in Sonderausführung bis K 15 und mit Flanschen für die jeweils benötigte Druckstufe bis PN 63 bar (**Bild 10**).

Der unterste und steilste Bereich der Druckleitung mit den höchsten Drücken – ab 80 bar bis zum Turbinenhaus mit nahezu 100 bar – wurde mit geschweißten Stahlrohren ausgeführt. Für den Übergang im Anschlussbe-



Bild 10:
Kontroll- und Reinigungsöffnung, Doppelmuffenstück mit Flanschabzweig (MMA) DN 400/400, Sonderausführung K 15 mit Flanschen PN 63 bar



Bild 11:
Übergang duktiles Gusseisen – Stahl, Sonderformstück, Flanschmuffenstück (E), mit Flanschen PN 100 bar

reich von duktilem Gusseisen auf Stahl bei PFA = 80 bar kam ebenfalls ein Sonderformstück, Flanschmuffenstück (E), mit Flanschen PN 100 bar zum Einsatz (**Bild 11**).

Parallel zur Druckleitung sind im selben Graben auch die Leerrohre für die Versorgungskabel der Einrichtungen an der Wasser-

fassung sowie für das Steuerungskabel zur Kommunikation zwischen Einlauf und Kraftwerk eingebaut worden (**Bild 12**).



Bild 12:
Druckleitung ECOPUR mit parallel geführten
Leerrohren für die Versorgungs- und Steuerungskabel

2.4 Kraftwerksgebäude und Rücklaufkanal

Die Lage des Kraftwerksgebäudes kurz vor der Mündung des Gebirgsflusses Tomé in die Maggia ist ein optimaler Kompromiss zwischen verschiedenen Einflussgrößen. Dazu gehören unter anderem die geodätische Fallhöhe sowie der optimale Zugang zu den Einrichtungen während der Bauzeit und für den späteren Betrieb und die Wartung bei möglichst geringen Umweltbeeinträchtigungen.

Der durch die zweistrahlige Pelton-Turbine erzeugte Strom wird in das 16kV-Netz der Società Elettrica Sopracenerina SES eingespeist. Nach der Turbinierung wird das Wasser in einem Unterwasserkanal mit 1,5 m x 1,5 m Querschnittsfläche und einer Länge von 13 m wieder in den Gebirgsbach Tomé zurückgegeben, der im weiteren Verlauf in den Fluss Maggia mündet (**Bild 13**).



Bild 13:
Kraftwerksgebäude mit unterirdischem Kanal für die
Wasserrückgabe in den Gebirgsbach Tomé

3 Fakten zum Wasserkraftwerk Lago di Tomé

- Wassereinzugsgebiet 3 km²,
- Höhe Alpsee Lago di Tomé 1.692 m ü. M.,
- Wasserfassung Stauziel 1.686 m ü. M.,
- Kraftwerksgebäude,
Turbinenachse 704,55 m ü. M.,
- Nettofallhöhe 945 m,
- durchschnittlich zugeführte Wassermenge
3,10 Mio. m³/Jahr,
- Druckleitung Nennweite DN 400,
effektive Länge 3.110 m,
- Anlagenleistung Kraftwerk 2,05 MW,
- Netto-Energieproduktion 6,5 Mio. kWh/Jahr.

Literatur

- [1] EN 545: 2010
- [2] EN 14901: 2014
- [3] RAL – GZ 662: 2014-08

Autor

Dipl.-Ing. Roger Saner
vonRoll hydro (suisse) ag
von Roll-Strasse 24
4702 Oensingen/Schweiz
Telefon: +41 (0)62/3881237
E-Mail: roger.saner@vonroll-hydro.ch

Bauingenieur/Planer

IM Maggia Engineering SA
Josef Burri, Projektleiter
via Stefano Franscini 5
6601 Locarno/Schweiz
Telefon: +41 (0)91/7566811
E-Mail: info@im-maggia.ch

Kleinwasserkraftwerk Costeana – duktile Gussrohre als Problemlösung bei Erdbewegungen

Von Luca Frasson



Bild 1:
Kleinwasserkraftanlage Costeana

1 Einleitung

Italien deckt 20% seines gesamten Energiebedarfs mit umweltfreundlicher Wasserkraft ab. Jedoch sind die strengen Umweltvorschriften für Großwasserkraftanlagen ein großes Hindernis. Deswegen entstehen immer mehr Kleinwasserkraftanlagen, die natürlich besondere Herausforderungen für Technologie und Konstruktion bereithalten. So auch in Cortina d'Ampezzo, wo die „Regole d'Ampezzo“, eine Gemeinschaft mit Bürgerbeteiligung, ein ambitioniertes Kraftwerk errichten ließ. Die Kleinwasserkraftanlage „Costeana“ (**Bild 1**) fasst das gleichnamige Gewässer und erreicht mit zwei Pelton-Turbinen im Regeljahr eine Leistung von 4,5 GWh Ökostrom.

2 Planung

Im Zuge der Planung tauchte eine besondere Herausforderung auf. Die einzig mögliche Trasse liegt in einem Rutschhang, der während der Schneeschmelze erhebliche Erdbewegungen aufweist. Präzise Vermessungen konnten den Erdrutschbereich (**Bild 2, schraffierte Fläche**) eingrenzen und ergaben, dass sich der Hang nahezu senkrecht zur Achse der Rohrleitung bewegt. Eine Abschätzung der bewegten Erdmasse wird bei konstanter Bewegung mit 4 cm im Monat beziehungsweise 50 cm im Jahr angenommen. Aus diesem Grund kam eine Komplettlösung unter Verwendung von Stahlrohren nicht in Betracht.

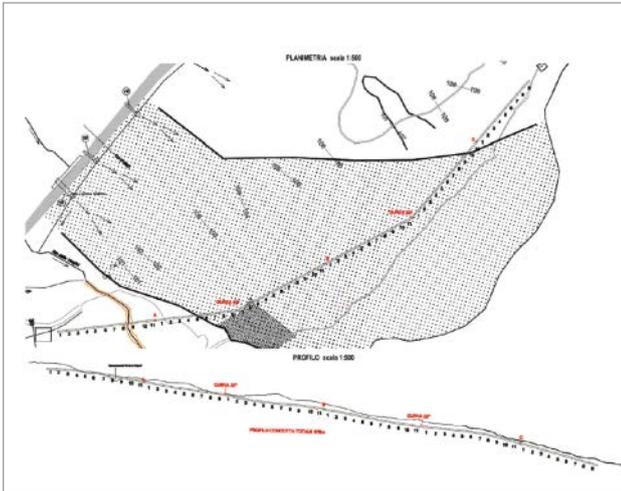


Bild 2:
Rutschhang, schraffiert gekennzeichnet

3 Bauausführung

Projektleiter Roland Bernardi und Ingenieur Massimiliano Fellini entwickelten gemeinsam mit dem Team der Tiroler Rohre GmbH (TRM) eine innovative Lösung für diese anspruchsvollen Bodenverhältnisse. Sie besteht aus einer Kombination von Stahl-Druckrohrleitungen oberhalb des besonders beanspruchten Bereiches und duktilen Gussrohren mit längskraftschlüssiger BLS® - Steckmuffen-Verbindung im Rutschhang. Duktile Gussrohre mit der beweglichen längskraftschlüssigen BLS® - Steckmuffen-Verbindung lassen Dilatationen und Abwinkelungen zu. Aufgrund der unterschiedlichen Materialeigenschaften von Stahl und Gusseisen waren spezielle Übergangsstücke und Beton-Verankerungen erforderlich (**Bild 3**).

4 Einbau von Sonderformstücken

Drei gleiche Rohrabschnitte, die jeweils durch zwei 22°-Bögen getrennt sind, decken den 375 m langen Rutschhang-Abschnitt ab. Diese Entkoppelung allein löst das Problem der ständigen Erdbewegung jedoch nicht vollständig. Ein Spezialprodukt der TRM aus der Beschneigungstechnik bietet bereits die geforderte Flexibilität: Standard-Dehnungsausgleichsstücke können axiale Bewegungen bis zu 50 cm aufnehmen. Für die beschriebene Kraftwerksanlage wurden nun maßgeschneiderte Formstücke aus Stahl entwickelt, die bei einer Länge von 1,50 m bis zu 80 cm Bewegung tolerieren. Schächte für die Dehnungsausgleichsstücke jeweils in der Mitte des Rohrabschnittes ermöglichen eine einfache Überwachung des gesamten Systems mittels GPS-Sonden (**Bild 4**) oder per Sichtkontrolle vor Ort.



Bild 3:
Übergangsstück zwischen Stahl- und duktilem Gussrohr



Bild 4:
GPS-Punkt

5 Funktion des Sonderformstückes

Bei Hangbewegungen werden die ersten Zugkräfte von den längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen aufgenommen. Sobald die Rohrverbindungen komplett „gezogen“ sind, kommen die Dehnungsausgleichsstücke zum Tragen und bieten zusätzliche 80 cm Dehnweg, um dem natürlichen Verlauf des Geländes zu folgen. Möglich wird dieser 80 cm Spielraum durch eine Kombination der BLS® - Steckmuffen-Verbindung zur Sicherung auf der einen Seite des Dehnungsausgleichsstückes und der TYTON® - Steckmuffen-Verbindung auf der anderen Seite, die das eingesteckte Rohr frei gleiten lässt (**Bild 5**).

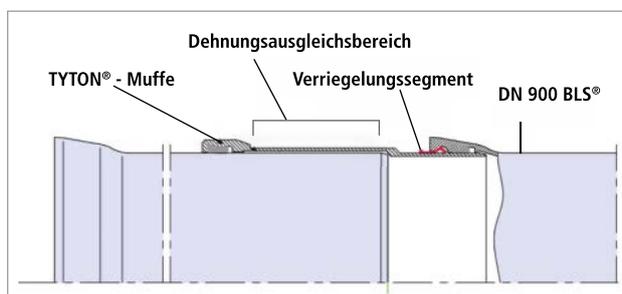


Bild 5:
Dehnungsausgleichsstück im eingebauten Zustand



Bild 6:
Rohrleitungsbau im Rutschhang

6 Einbau duktiler Gussrohre DN 900

Gutes Wetter und die schnelle und sichere Montage der BLS® - Steckmuffen-Verbindungen führten zu einer Bauzeit von nur zwei Wochen für den Einbau von 375 m duktiler Gussrohre DN 900 inklusive Dehnungsausgleichsstücken (**Bild 6**). Aufgrund der BLS® - Steckmuffen-Verbindungen entfielen Schweißarbeiten, Prüfungsvorgänge, nachträgliche Oberflächenbehandlungen und Betonwiderlager. Des Weiteren konnte durch die Verwendung einer Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) bei den duktilen Gussrohren ein aufwändiger Austausch von Aushubmaterial eingespart werden. Ein weiterer Vorteil der ZM-U liegt in der hohen Belastbarkeit sowie der Wiederverfüllung mit Aushubmaterial mit einem Größtkorn von 100 mm.

7 Ausblick

Sollte die berechnete kontinuierliche Hangbewegung tatsächlich in vollem Umfang eintreten, muss im schlimmsten Fall nach 20 Jahren Betrieb ein weiterer Rohrabschnitt eingefügt werden, um neuen Bewegungsraum zu schaffen. Nach einem Jahr Betrieb hat das System schon eine Schneeschmelze ohne Schaden überstanden. Dieses Projekt zeigt das Potenzial duktiler Gussrohre in schwierigem Gelände und schafft wertvolle Erkenntnisse und Erfahrungen für zukünftige Projekte.

Autor

Fachingenieur Luca Frasson
TIROLER ROHRE GmbH – TRM
Innsbrucker Straße 51
6060 Hall in Tirol/Österreich
Telefon: +39 (0)348/2700888
E-Mail: luca.frasson@trm.at

Kraftwerksleitung für das Kraftwerk Bristen im Kanton Uri

Von Werner Volkart

1 Planungs- und Genehmigungsphase

Im Jahr 2008 begann die Planungsphase für das Wasserkraftwerk Bristen im Schweizer Kanton Uri. Über acht Jahre haben sich die Planungen und Behördenverhandlungen hingezogen. Acht Jahre, in denen ein detaillierter Nutzungs- und Umsetzungsplan für ein Wasserkraftwerk erarbeitet wurde. Nach all diesen Bemühungen wird das Wasserkraftwerk Bristen im Maderanertal zu den umweltfreundlichsten in ganz Europa zählen. Im März 2015 war es schließlich soweit: Das positive Gutachten der Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK) lag vor, in dem unmissverständlich festgehalten ist, dass das Projekt am Chärstelenbach die Forderungen nach maximal möglicher Umweltschonung erfüllt [1].

2 Wahl des Rohrwerkstoffes

Drei Monate später erteilte die Gemeinde Silenen die Baubewilligung. Als größte bauliche Herausforderung ist neben der Fertigstellung der Wasserfassung der Einbau der Druckrohrleitung im oberen Trassenabschnitt bis hin zur Fassung anzusehen, eine sowohl in topografischer als auch geologischer Hinsicht diffizile Aufgabe. Insgesamt erstreckt sich die Rohrleitungstrasse über 1.800 m, größtenteils durch unwegsames Gelände. Als Rohrmaterial der Wahl setzten die Betreiber auf duktile Gussrohre DN 1000 in schub- und zugesicherter Ausführung. Geliefert wurden sie vom Schweizer Rohrspezialisten TMH Hagenbucher AG aus Zürich.

Duktile Gussrohre sind für diese Bedingungen optimal geeignet. Das hat nicht nur mit der hohen Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit der Rohre zu tun, sondern auch mit der einfachen Art ihres Einbaus: Der Graben wird ausgehoben

und das Rohr auf der Grabensohle ausgerichtet. Mit Hilfe der Steckmuffen-Verbindung wird das nächste Rohr längskraftschlüssig montiert, und schon kann der Graben wieder verfüllt werden. Die Baustelle bleibt dadurch sehr überschaubar. Ein weiterer Vorteil der duktilen Gussrohre liegt darin, dass sie ohne spezielles Bettungsmaterial im felsigen Untergrund eingebaut werden können [2].

3 Logistik

Wegen der Topografie und des unwegsamen Geländes standen die ausführende Baufirma Epp aus Bristen (Schweiz), die Montagefirma Arnold AG aus Schattdorf (Schweiz), der Rohrproduzent Duktus (Wetzlar) GmbH & Co. KG aus Wetzlar (Deutschland) sowie der Rohrlieferant TMH Hagenbucher AG aus Zürich (Schweiz) vor einer fordernden logistischen Aufgabe. Dies wurde noch dadurch verstärkt, dass insgesamt 50 Passrohrstücke als Sonderrohre kurzfristig auf Maß hergestellt werden mussten, um die Rohrleitung an den Trassenverlauf anpassen zu können. An dieser Stelle waren die Erfahrungen des Rohrlieferanten und seine technische Ausrüstung für die Bearbeitung duktiler Gussrohre von höchstem Wert.

4 Leitungsbau

Der Leitungsbau begann im April 2016. In einer ersten Phase waren die duktilen Gussrohre DN 1000 vom Lagerplatz in Amsteg im Reusstal über eine 3 km lange Bergstraße in das Maderanertal nach Bristen zu transportieren. Hierzu wurde ein Traktor mit Anhänger eingesetzt, der mit einer Ladung bis zu drei Rohre über die enge und serpentinreiche Straße manövrierte (**Bild 1**).



Bild 1:
Transport der duktilen Gussrohre DN 1000 in das Maderanertal



Bild 2:
Montage eines duktilen Gussrohrs „über Kopf“

Von dem Zwischendepot aus transportierte anschließend ein Raupenbagger jedes Rohr einzeln zum Rohrgraben. Die Kraftwerksleitung wurde gegen die Fließrichtung bergauf gebaut, sodass die Rohre und Formstücke „über Kopf“ montiert werden mussten (**Bild 2**).

Voranstrich und einer Bitumendeckschicht, an den Rohrenden aufgetragen.

Im Normalfall wurde dazu der Rohrgraben auf einer Länge von etwa 6 m ausgehoben, das Rohr ausgerichtet und der Graben direkt danach wieder verfüllt. Hierfür wurde ein Bagger mit Sieblöffel eingesetzt, mit dem das Aushubmaterial gebrochen und direkt wieder eingebaut werden konnte. Dank der funktionierenden Transportkette, der zuverlässigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung BLS[®], die auch unter diesen schwierigen Einbaubedingungen sicher und schnell montiert werden kann, sowie des robusten Außenschutzes der Rohre mit einer Zementmörtel-Umhüllung waren die versierten Monteure der Firma Arnold AG (Rohreinbau) in der Lage, Tagesleistungen bis zu 60 m zu erbringen.



Bild 3:
Einbau eines Doppelmuffenbogens 22° (MMK 22) und eines Passrohres an einem Richtungswechsel

Die Sonderrohre, z. B. als Passstücke vor Richtungswechseln (**Bild 3**), wurden im circa 120 km entfernten Hagenbucher-Kompetenz-Zentrum in Eglisau innerhalb von 2 bis 3 Arbeitstagen auf Maß hergestellt (**Bild 4**), zum Einbauort transportiert und eingebaut. Diese Arbeiten konnten im Kompetenzzentrum wetterunabhängig ausgeführt werden. Im Detail wurden die Rohre auf Länge gesägt, die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) auf der passenden Länge entfernt, die Rohrenden angefast und mit einem Schweißautomaten die umlaufenden Schweißraupen aufgebracht (**Bild 5**). Zum Schluss wurde ein Korrosionsschutzüberzug, bestehend aus einem Zink-



Bild 4:
Konfektionierung der Passrohre im Hagenbucher-Kompetenz-Zentrum in Eglisau

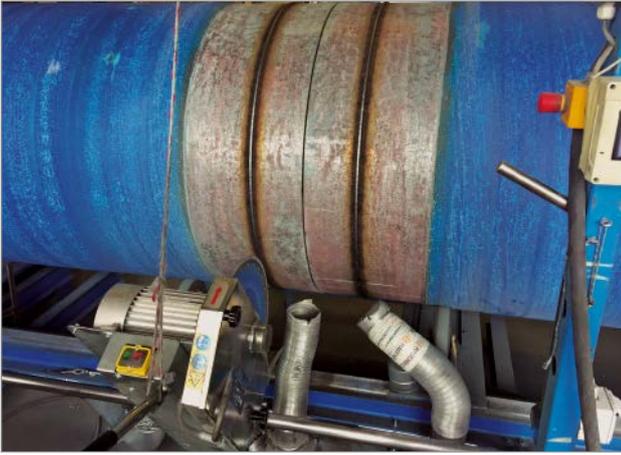


Bild 5:
Schweißraupen auf den Spitzenden von zwei Passrohren



Bild 6:
Verfüllen des Rohrgrabens und Wiederherstellung der Oberfläche im schwierigen alpinen Gelände

Von der Baufirma wurden währenddessen noch offene Leitungsbereiche verfüllt (**Bild 6**), sodass es zu keinem Zeitpunkt zu einer Bauverzögerung wegen der Anfertigung der Sonderrohre kam.

5 Kraftwerksgebäude und Kraftwerksleitung

Damit sich das Kraftwerk, bestehend aus der Wasserfassung in der „Lägni“, der 1.800 m langen Kraftwerksleitung und dem Kraftwerksgebäude an der Talstation der Seilbahn Bristen-Golzern, harmonisch in die Landschaft einfügt, wurde die Wasserfassung hinter einem

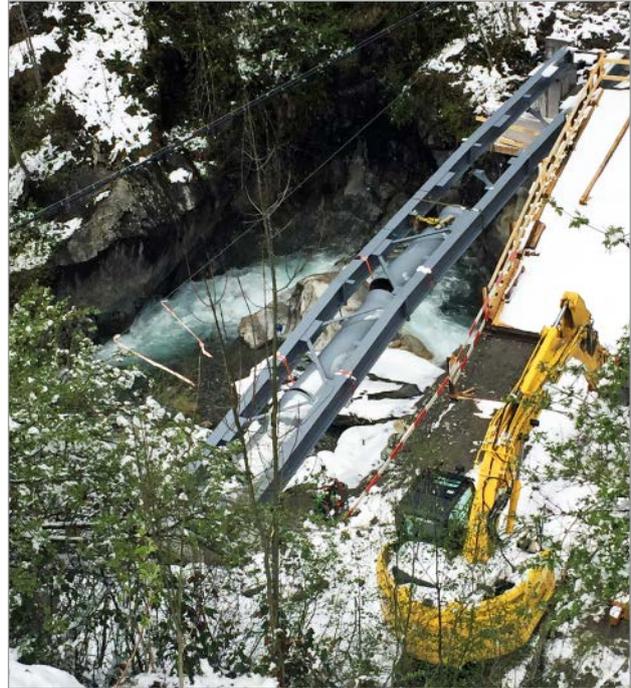


Bild 7:
Stahlkonstruktion der Fußgängerbrücke mit vormontierten duktilen Gussrohren DN 1000 unterhalb der Brücke



Bild 8:
Blick unter die Fußgängerbrücke mit den gebogenen Stahlträgern – die duktilen Gussrohre folgen dem Verlauf der Krümmung

Felsen versteckt, das Kraftwerksgebäude als einsehbares Schaukraftwerk mit einem Giebeldach ausgeführt und die Kraftwerksleitung unterirdisch eingebaut. Lediglich an einem Teilabschnitt musste die Leitung oberirdisch unter einer Rohrbrücke über den Chärstelenbach aufgehängt werden. Mit der Abwinkelbarkeit der längskraftschlüssigen BLS® - Steckmuffen-Verbindungen folgt die Rohrleitung ohne den Einsatz zusätzlicher Formstücke der gebogenen Form der Rohrbrücke (**Bild 7**). Nach Abschluss der Bauar-

beiten wird die Rohrbrücke als Fußgängerbrücke ausgebaut, ohne dass die darunter verlaufende Druckwasserleitung von oben sichtbar sein wird (**Bild 8**).

Die gesamte Kraftwerksleitung wurde innerhalb von nur sieben Monaten fertiggestellt. In der 1.800 m langen Leitung sind 40 Formstücke (Doppelmuffenbögen MMK 11 bis MMK 45), drei Formstücke mit Mannlöchern (**Bild 9**) und 50 Sonderrohre eingebaut.



Bild 9:
Eines von drei Mannlöchern im Verlauf der Kraftwerksleitung

Da sich das Hauptgebäude mit den Turbinen direkt neben der Talstation der bei Wanderern und Mountainbikern beliebten Seilbahn Golzern befindet, soll das Kraftwerk Bristen auch die Funktion eines Schaukraftwerks einnehmen. Auf diesem Weg kann es über die eigentliche Energiegewinnung hinaus zu einem Mehrwert für den Tourismus im Maderanertal beitragen.

6 Angaben zum Projekt

Bauherr: KW Bristen AG
Fassung: Läggi, 1.007 m. ü. M.
Zentrale: Schattigmatt, 827 m. ü. M
Bruttogefälle: 180 m
Druckleitung: 1.800 m duktile Gussrohre mit längskraftschlüssiger BLS® - Steckmuffen-Verbindung und Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U)
Formstücke: 40 Muffen-Bögen DN 1000 aus duktilem Gusseisen – MMK 11° bis MMK 45° mit längskraftschlüssiger BLS® - Steckmuffen-Verbindung

Literatur

- [1] Eberhard, S.:
Ein Projekt mit Zukunftscharakter –
Wasserkraftwerk-Neubau in Bristen UR
Bulletin 11/2016,
Sonderdruck veröffentlicht:
www.kw-bristen.ch
- [2] DAS GRÜNE KRAFTWERK AM
CHÄRSTELLENBACH IM KANTON URI
GEHT IN DIE BAUPHASE
Erschienen in ZEK Hydro
Ausgabe April 2016, S. 47 ff

Autor

Werner Volkart
Rohre und Armaturen
TMH Hagenbucher AG
Friesstrasse 19
8050 Zürich/Schweiz
Telefon: +41 (0)44/3064748
E-Mail: w.volkart@hagenbucher.ch

Bildnachweis

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

Gesamtherstellung

schneider.media

Herausgeber und Copyright

EADIPS®/FGR®
European Association
for Ductile Iron Pipe Systems/
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e. V.
Doncaster-Platz 5
45699 Herten/Deutschland

Telefon: +49 (0)2366/9943905
Telefax: +49 (0)2366/9943906
E-Mail: info@eadips.org

Redaktion

Christoph Bennerscheidt
Raimund Moisa
Dr.-Ing. Jürgen Rammelsberg

Redaktionsleitung

Christoph Bennerscheidt

Redaktionsschluss

09. Januar 2017

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. Nachdruck kompletter Beiträge mit Quellenangabe erlaubt, Belegexemplar erbeten.



eadips.org

Ordentliche Mitglieder

Düker

KEULA
hütte

vonRollhydro
vonRoll hydro (deutschland) gmbh

DUKTUS

FRISCHHUT RANGE

vonRollhydro
vonRoll hydro (suisse) ag

ERHARD
BY TALIS

TIROLER ROHRE

Fördermitglieder


AkzoNobel


SAINT-GOBAIN

REIF TBU

 **FRIEDRICHSHÜTTE**

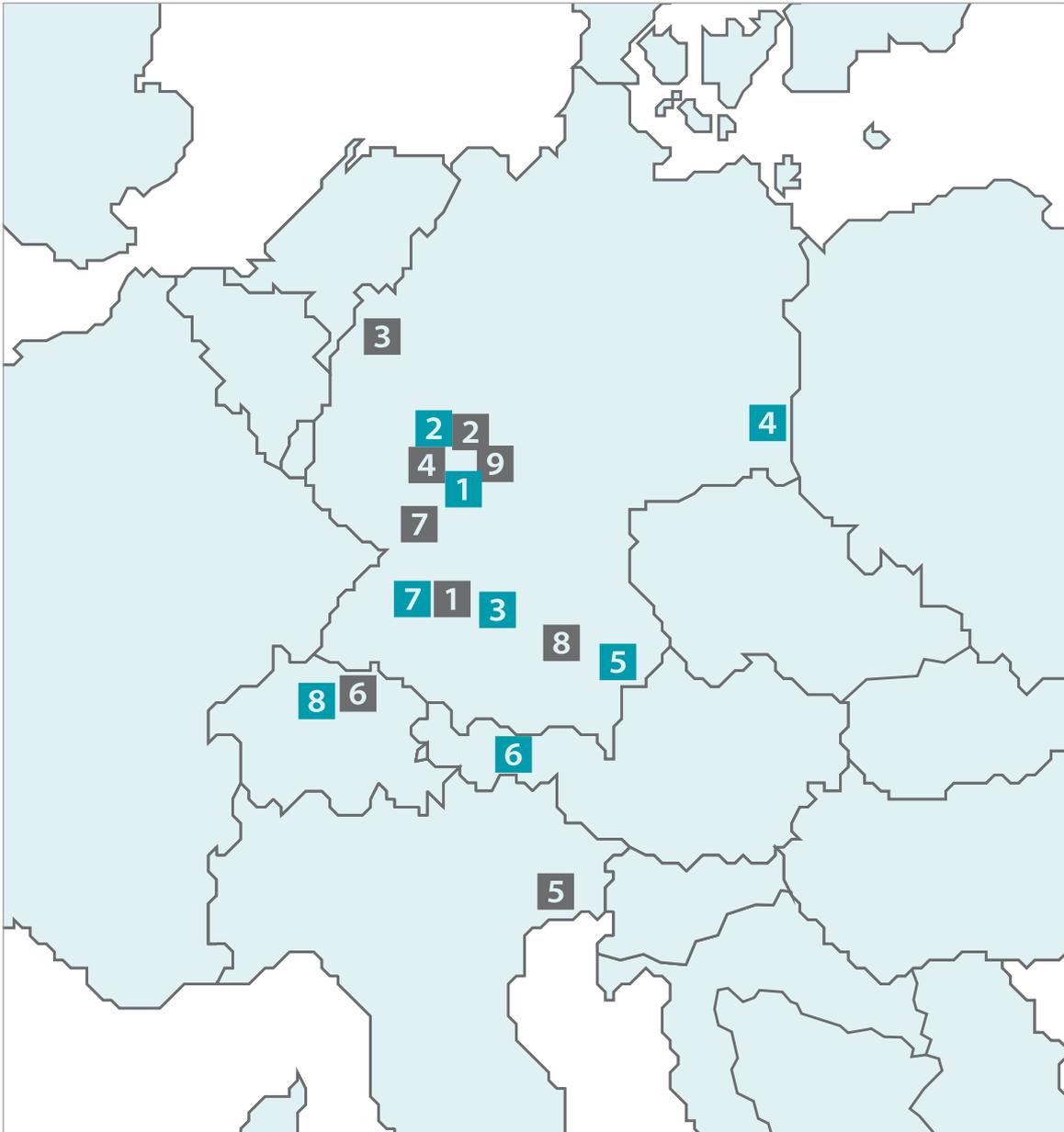
SATTEC DBS
gamma

 **HAGENBUCHER**

HTI 


Träger + Entenmann
Ferrum
Handel
te

(P)(S)(C)
Member of the Woco Group



Ordentliche Mitglieder

- 1 Düker GmbH
- 2 Duktus (Wetzlar) GmbH & Co. KG
- 3 ERHARD GmbH & Co. KG
- 4 Keulahütte GmbH
- 5 Ludwig Frischhut GmbH und Co. KG
- 6 TIROLER ROHRE GmbH
- 7 vonRoll hydro (deutschland) gmbh
- 8 vonRoll hydro (suisse) ag

Fördermitglieder

- 1 Akzo Nobel Powder Coatings GmbH
- 2 Friedrichshütte GmbH
- 3 Rhein-Ruhr Collin KG
- 4 Saint-Gobain Building Distribution Deutschland GmbH
- 5 SATTEC DBS GOMMA SRL
- 6 THM Hagenbucher AG
- 7 Tröger + Entenmann KG
- 8 Vertriebsgesellschaft für Tiefbau und Umwelttechnik mbH + Co. KG
- 9 Woco IPS GmbH

NEWSLETTER

GUSS-ROHRSYSTEME

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



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

NEWSLETTER

Liebe Leserinnen und Leser,

Im letzten Newsletter des Jahres 2016 berichte ich Ihnen über Projekte aus Österreich, der Schweiz und Norwegen. Duktiles Guss wird in vielfältiger Weise eingesetzt. Röhre, Formstücke und Armaturen stehen dabei stets im Mittelpunkt der Betrachtungen. Vor diesem Hintergrund berichte ich in einem Beitrag über den weiteren Ausbau von erneuerbaren Energien. Robuste und betriebsichere duktile Gussrohre werden hierfür bevorzugt in Kraftwerksleitungen eingesetzt.



Die Versorgungssicherheit mit Trinkwasser steht im zweiten Beitrag im Mittelpunkt eines Großprojekts in der Schweiz, welches natürlich auch den Einbau von duktilen Gussrohren als Transportleitungen aus neu erschlossenen Trinkwassergewinnungsgebieten enthält. Im dritten Beitrag berichte ich Ihnen dann über einen anderen Anwendungsbereich duktiler Gussrohre. Duktile Rammpfähle werden seit ca. 30 Jahren als Gründungselemente eingesetzt. Wie diese Pfähle nach einer Betriebszeit von 30 Jahren aussahen, wird in Beitrag Nr. 3 dargestellt.

Liebe Leserinnen und Leser, abschließend wünschen wir Ihnen ein gesegnetes Weihnachtsfest und einen erfolgreichen Start in das Jahr 2017.

Viel Freude und Anregungen beim Lesen

Ihr Christoph Bennerscheidt

750 Meter duktile Gussrohre für die Turbinenleitung



In Ullensvang in der norwegischen Provinz Hordaland mit ihrer Hauptstadt Bergen, baut die Sunnhordaland Kraftlag (SKL) ein neues Wasserkraftwerk. Für einen Teil der Turbinenleitung ...

[Weiterlesen ...](#)

Neue Trinkwasser-Transportleitungen für Bellinzona im Kanton Tessin



Bellinzona ist der Hauptort und nach Lugano, die zweitgrößte Stadt des Kantons Tessin (Schweiz). Die Azienda Municipalizzate Bellinzona AMB, das Versorgungsunternehmen der Stadt Bellinzona, setzt seit sechs Jahren ...

[Weiterlesen ...](#)

30 Jahre duktile Gussrammpfähle



Durch einen Technologietransfer (Lizenzvereinbarung) zwischen den Firmen Tiroler Röhren- und Metallwerke AG und AB Gustavsberg im Jahr 1986 kam der duktile Rammpfahl nach Österreich, wo seine Erfolgsgeschichte begann. 7 Mio. Laufmeter wurden in ...

[Weiterlesen ...](#)

Immer aktuell, immer informiert

Der periodisch erscheinende Newsletter informiert die Fachleute der Branche topaktuell über interessante europäische Rohrleitungsprojekte sowie über die vielfältigen Aktivitäten der EADIPS®/FGR®.



Anmeldung unter
eadips.org/newsletter-d/

Notizen



EADIPS®

FGR®

**European Association for
Ductile Iron Pipe Systems**

Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme



**Nachhaltig überlegen –
duktiler Guss-Rohrsysteme**

Ökonomisch überlegen

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

Ökologisch überlegen

Duktile Guss-Rohrsysteme schaffen nachweislich echte Nachhaltigkeit!

Technisch überlegen

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