



# Unterirdische Bauweisen für die Herstellung von Wasser- und Abwasser-Infrastruktur

Mai 2011



German Water  
Partnership

Die Wege für den Bau neuer Infrastrukturen für die Wasserver- und die Abwasserentsorgung können bei begrenztem Platzangebot an der Oberfläche nur unter die Erde führen. Dies gilt insbesondere für die Megacitys der Welt, in denen die Wasserversorgung häufig unzureichend und die Abwasserentsorgung oftmals sogar mangelhaft ist. Neben der extrem engen Bebauung gebietet hier vor allem die enorme Verkehrsbelastung der Straßen möglichst „unsichtbare“ Lösungen zum Bau von Ver- und Entsorgungsleitungen.

Solche unterirdischen Bauweisen sind keine Zauberei. Im Gegenteil, sie sind exakte Technik. In den vergangenen dreißig Jahren sind die verschiedensten Technologien dafür in Deutschland entwickelt worden, und es gibt heute kaum noch einen Anwendungsfall, für den es keine technische Lösung gibt. Das gilt nicht nur für den Neubau von unterirdischen Leitungssystemen, sondern auch für die Instandhaltung, die Sanierung und die Erneuerung. Nur zwei Schächte, die für den unterirdischen Einbau von Leitungen erforderlich sind – ein Start- und ein Zielschacht – und je nach Tunnellänge auch einige wenige Zwischenschächte – können bei allen unterirdischen Verfahren an der Oberfläche „stören“. Mehr nicht!

Die Techniken und Maschinen für die unterirdische Bauweise sind von deutschen Ingenieuren, Maschinen- und Rohrherstellern gemeinsam entwickelt, gebaut und kontinuierlich optimiert worden. Eine geniale Technik, die sich der offenen Bauweise als zunehmend überlegen erweist – ökonomisch und ökologisch.

Mit intelligenter Technik und geballtem Know-how „Made in Germany“ bietet die unterirdische Bauweise absolut überzeugende Vorteile, die weltweit erfolgreich und anerkannt sind.



# Wirtschaftliche Lösungen zum Bau von Infrastrukturanlagen

Unterirdisch – umweltverträglich – überzeugend

Neun Milliarden Menschen werden Mitte dieses Jahrhunderts voraussichtlich auf der Erde leben, zwei Drittel davon in den großen Ballungsräumen. Mexiko-Stadt, Rio de Janeiro, Chicago, New York, Seoul, Moskau und Mumbai sind die derzeit größten Städte der Welt. Im Süden und im Osten wachsen neue aufstrebende Wirtschaftszentren heran: Shanghai, Jakarta, Neu Delhi, St. Petersburg und Kairo sind nur einige von ihnen. Sie alle stehen schon jetzt vor der gewaltigen Herausforderung, die Versorgung ihrer Bewohner zu sichern.

## Urbanisierung als Herausforderung

Ein Grundbedürfnis aller Menschen ist die Versorgung mit frischem Wasser und die Entsorgung von Abwasser. In den Megastädten der Welt, die z.T. völlig unzureichend mit Wasser versorgt und noch viel weniger an Abwassersysteme angeschlossen sind, kann eine umweltverträgliche Lösung nur in unterirdischer Bauweise erfolgen, wenn die ohnehin in vielen Städten katastrophalen Verkehrsverhältnisse nicht völlig kollabieren sollen.

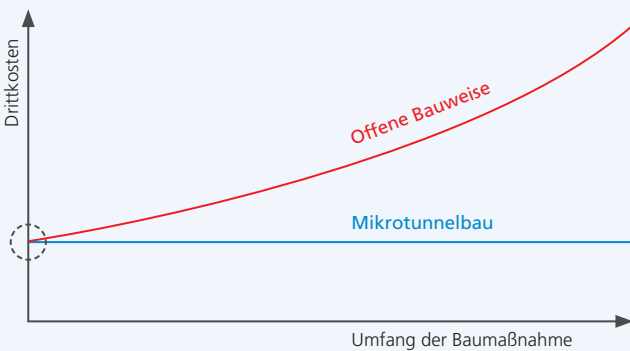
Die Infrastruktur wächst durchaus nach einfachen Regeln: nach der Wasserversorgung folgt die Abwasserentsorgung; Leider erfolgt dies nicht parallel. Die Wege für neue Infrastrukturen können bei begrenztem Platzangebot an der Oberfläche nur unter die Erde führen. Deshalb erschließen



Tunnel- und Rohrleitungssysteme immer mehr Städte und Regionen auf dieser Welt, um sie für die Herausforderungen der Zukunft fit zu machen.

Aber nicht nur neue Rohrleitungen sind Teil der Lösung, auch bestehende Systeme müssen instandgesetzt und saniert werden. So ist die Modernisierung von weltweit hunderttausenden von Kilometern unterirdischer Rohrleitungssysteme erforderlich. Und das so wirtschaftlich und zuverlässig wie möglich, und am sinnvollsten unterirdisch ohne zu stören.

#### Drittkosten aus offenem und geschlossenem Bau



#### Unten grabenlos bauen, oben ungestört leben

Während unter der Erde ein Tunnel gebohrt wird, muss das Leben an der Oberfläche ungestört weitergehen. Verkehrsstaus, -behinderungen und Umleitungen bedeuten nicht zuletzt wirtschaftliche Einbußen. Die grabenlose Bauweise ist deshalb der ideale Weg: Abgesehen von Start- und Zielschacht – und je nach Tunnellänge von einigen wenigen Zwischenschächten – bleibt das Leben an der Oberfläche entlang der Tunnelstrecke weitgehend unberührt. Verkehrswege bleiben von Staus, Geschäfte von Umsatzeinbußen und Städte von störenden Großbaustellen verschont; Lärm und Schmutz werden weitgehend vermieden, CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den reduzierten Einsatz von Baumaschinen und -fahrzeugen deutlich minimiert.

## Nachhaltigkeit

Der Bau der Wasser- und Abwasserinfrastruktur in der unterirdischen Bauweise bringt für die zukünftige Betriebszeit viele Vorteile und rechnet sich durch eine deutlich verbesserte Betriebssicherheit, eine besonders lange Lebensdauer der Anlagen und durch ein wesentlich reduzierteres Maß an Fehlern beim Einbau. In der Summe entspricht die unterirdische Bauweise dem Idealbild der Nachhaltigkeit.

Weltweit werden unterirdische Infrastrukturprojekte mit deutschem Know-how ausgeführt, deutsche Techniken sind im Einsatz, um moderne Ver- und Entsorgungstunnel aufzufahren. Um die anstehenden Aufgaben auch in Zukunft gemeinsam mit lokalen Partnern zu lösen, bietet die unterirdische Bauweise überzeugende Vorteile:

### Vorteile der unterirdischen Bauweise

- Kosten und Termine lassen sich mit der unterirdischen Bauweise wesentlich präziser abschätzen und einhalten
- Oberirdisches Leben bleibt weitgehend unberührt
- Minimale Lärmbelastung, minimale Erschütterungen
- Belastungen für Verkehr und Straßen sind gering
- Bestehende Leitungen werden einfach umfahren
- Schonender Umgang mit Natur und Bausubstanz
- Die Deponiebelastung ist durch minimalen Aushub bis zu 95 % geringer. Auch in extrem dichter Bebauung möglich
- Bauarbeiten sind weitgehend witterungsunabhängig
- Sichere Arbeitsbedingungen bei der Bauausführung
- Weniger Energieverbrauch, mehr als 50 % Einsparung
- Keine Grundwasserabsenkung erforderlich
- Geringe Abhängigkeit der Baukosten von der Tiefenlage
- Minimierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

## Die Unterirdische Bauweise – Made in Germany

In den vergangenen Jahrzehnten wurden in Deutschland die grabenlosen Technologien zum Bau von Rohrleitungen maßgeblich vorangetrieben, so dass heute nahezu für jeden Anwendungsfall technische Lösungen vorliegen. Dies erfolgte in enger Zusammenarbeit von Bauherren, Planern, Zulieferindustrie, Maschinenherstellern und Bauunternehmen.



Heute sind in Deutschland entwickelte Einbautechniken im Mikrotunnelbau weltweit führend; gleiches gilt auch für die technischen Regelwerke und Normen, die auch in vielen Ländern als Grundlage für Planung und Ausführung von Netzinfrastrukturprojekten herangezogen werden. Schwerpunkte der Bauplanung von Netzen für die Wasser- und Abwasser-Infrastruktur in der unterirdischen Bauweise sollten stets auf der Ausführungsqualität während der Bauphase und für die Betriebszeit sowie auf der Ausführungssicherheit für die dabei betroffenen Personen (Arbeitssicherheit) liegen.

Die vorliegenden Regelwerke für Planung, Bau und Betrieb wie z.B. das

- **DWA-Arbeitsblatt A 125 (englisch und deutsch)**  
„Rohrvortrieb und verwandte Verfahren“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.)

sowie das

- **DWA-Arbeitsblatt A 161 (englisch und deutsch)**  
„Statische Berechnung von Vortriebsrohren“ (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.)

sind richtungsweisend und werden weltweit angewandt. Diese Technischen Regeln gehen weit über die bekannte europäische Norm DIN EN 12889 und die internationalen Normen hinaus.

Daneben existiert eine Vielzahl von Rohrmaterial-spezifischen Regelwerken und Verfahrensanweisungen zur Baugrunderkundung. Ein Auszug aus dem **DWA-Arbeitsblatt A 125** zeigt nachfolgend die wesentlichen steuerbaren unterirdischen Bauweisen, die zur Erreichung einer möglichst hohen Einbauqualität zur Verfügung stehen.

#### Verfahren und Darstellung

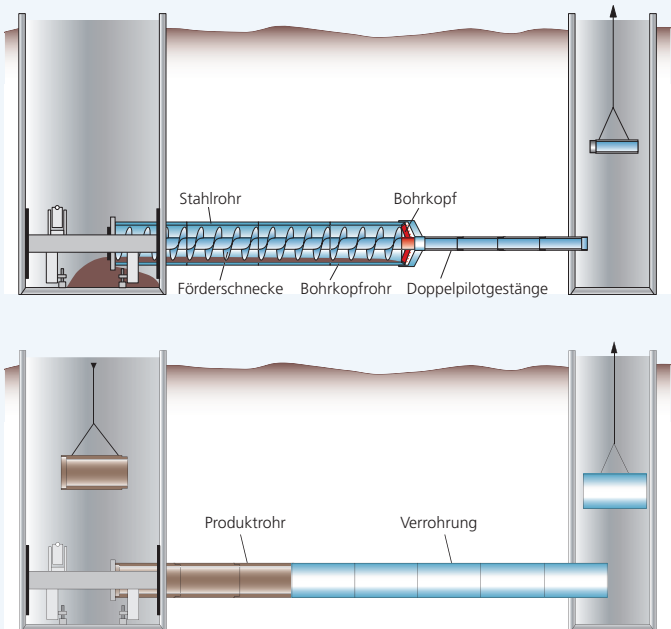
- Gesteuerter Pilotrohrvortrieb
- Microtunnelling
- Horizontal Directional Drilling (HDD)

# Technologien für die Unterirdische Bauweise

## Gesteuerte Pilotbohrung

Bohrungen werden üblicherweise von einem Startschacht zu einem Zielschacht hergestellt. Sind längere Bohrungen auszuführen oder ist eine höhere Bohrgenauigkeit gefordert, werden Bohrungen gesteuert als Pilotrohrvortriebe durchgeführt. Im ersten Schritt wird das Pilotrohr durch den Boden bis in die Zielgrube gepresst; Richtung und Neigung werden dabei permanent überwacht. Nach Abschluss der gesteuerten Pilotbohrung stehen – je nach Durchmesser – verschiedene Verfahrensalternativen für die Aufweitungsbohrung zur Verfügung. Allen Verfahren gemein ist, dass im letzten Schritt die Produktleitung eingeschoben wird.

WEITERE INFOS: [www.bohrtec.de](http://www.bohrtec.de)





## Microtunnelling

Beim Rohrvortrieb wird der Rohrstrang mit der an der Spitze positionierten Vortriebsmaschine mit Hilfe hydraulischer Pressen aus dem Startschacht in Richtung auf den Zielschacht vorgetrieben. Die Entfernung zum Zielschacht kann dabei je nach Nennweite, Geologie, Material der Rohre und Anzahl der Dehnerstationen bis zu 2000 Meter und mehr betragen. Haben die Vorpresszylinder ihre Endstellung erreicht, werden sie zurückgezogen. Das nächste Vortriebsrohr wird in den Startschacht hinabgelassen, eingebaut und anschließend vorgepresst. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis der Zielschacht erreicht ist. In diesem wird die Vortriebsmaschine geborgen und anschließend für den nächsten Einsatz vorbereitet.

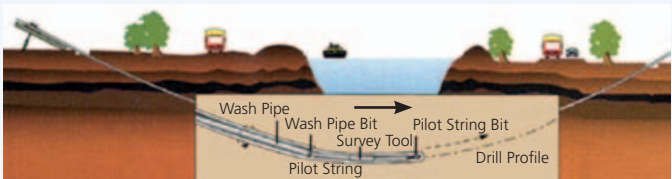
WEITERE INFOS: [www.herrenknecht.de](http://www.herrenknecht.de)



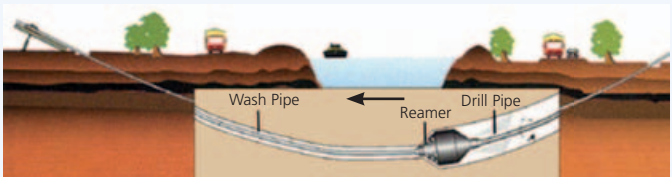
## Horizontal Directional Drilling (HDD)

Der Einbau von Rohrleitungen im HDD-Verfahren erfolgt grundsätzlich in drei Schritten: Im ersten Schritt erfolgt vom Angriffspunkt aus eine Pilotbohrung in Richtung Austrittspunkt. Im zweiten Schritt erfolgt die Bohrlochaufweitung, im dritten der Produktrohreinzug. HDD-Techniken werden ausschließlich bei zugfesten Rohrleitungen im Wasser- und Abwasser- sowie im Öl- und Gasbereich eingesetzt.

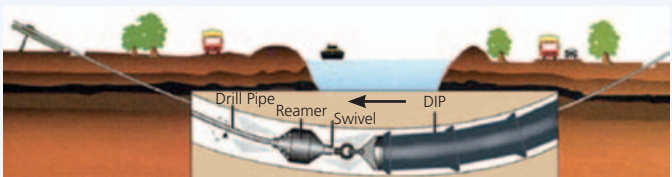
WEITERE INFOS: [www.herrenknecht.de](http://www.herrenknecht.de)



Pilot Hole

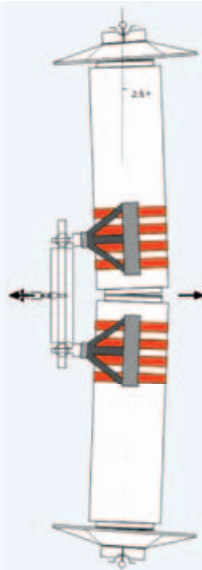
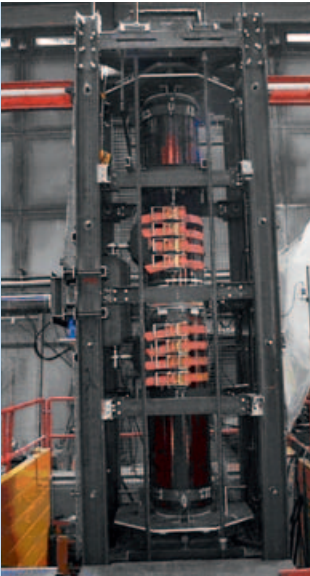


Pre-Reaming



Pull-Back

# Forschungen und Ergebnisse

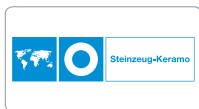


## Versuchsstand zur Untersuchung von Vortriebsrohren und Fugenzwischenlagen

Über die Weiterentwicklung der Druckübertragung zwischen den Bauteilen besteht eine dauerhafte Zusammenarbeit von Universitäten, Maschinen- und Rohrherstellern sowie Bauunternehmen. Ähnliche Kooperationen bestehen seit langem für die Entwicklung von automatisierten Überwachungssystemen zur Steuerung und Qualitätsverbesserung des Microtunnellings. Universitäten, Maschinen- und Rohrhersteller sowie Städte und Kommunen arbeiten hier mit finanzieller Förderung durch die Bundesrepublik Deutschland Hand in Hand. So entstand beispielsweise das Unternehmen Bohrtec als Spinn Off aus der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen. Alle neuen Maschinen und Verfahrenstechniken werden bis heute in dort vorhandenen Prüfständen praxisnah getestet.

Last but not least wird auch die Weiterentwicklung der längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindung mit Unterstützung verschiedener Technischer Universitäten betrieben.

# Erfahrungen und Referenzen



## Unternehmensgruppe Steinzeug-Keramo

Die deutsche Steinzeugindustrie ist mit ihren Bauteilen seit Beginn des planmäßigen Mikrotunnelbaus in Deutschland im Jahre 1984 dabei und hat ihre Rohre, deren Verbindungen und die Druckübertragungstechnik zusammen mit Bauherren und Bauunternehmen auf den Rohrvortrieb hin ausgerichtet. Damit verbunden ist die Erfahrung von tausenden von Kilometern unterirdisch hergestellter Abwasserkanäle.

Der Bau von Abwasserkanälen ist eine grundlegende Maßnahme im Rahmen der Herstellung oder Erneuerung der technischen Infrastruktur. Damit direkt verbunden sind die Anwendungsgebiete und Erfahrungen zum Einbau der Steinzeugrohre:

- Häusliches, gewerbliches und industrielles Abwasser
- Kanäle in Tiefenlagen von bis zu 15 m mit und ohne Grundwasser
- Rohrvortrieb in Längen von 50, 100, 150 und 200 m je nach Vortriebstechnik
- Adaptierbare Technik zum Kurvenvortrieb

Die Steinzeug-Vortriebsrohre werden weltweit zum Bau von Abwasserkanälen eingesetzt. Steinzeug ist ein Werkstoff, der sich für diesen Einsatzzweck besonders gut eignet. Die Rohre sind auf die gängigen Außendurchmesser der Vortriebsmaschinen abgestimmt und sind – basierend auf den langjährigen Erfahrungen und dem steten Dialog mit Vortriebsunternehmen, Maschinenherstellern und Bauherren – kontinuierlich weiterentwickelt worden.

Zu nennen sind insbesondere die Erhöhung der spezifischen Längsdruckfestigkeit auf 100 N/mm<sup>2</sup>, die Erhöhung der Wand-

stärken auf bis zu 10 cm, die computergesteuerte Vermessung der Rohre vor und während der Herstellung, die Weiterentwicklung der Druckübertragungsmaterialien und die patentierte Vorspannung der Rohrenden zur Steigerung der Robustheit. Damit stehen robuste und baustellengerechte Bauteile für einen breiten Anwendungsbereich mit Vortriebskräften von bis zu 600 t/6000 kN und realisierbaren Vortriebslängen von 250 m und mehr zur Verfügung. Die Rohre sind auch für den Einsatz im Kurvenvortrieb mit zusätzlichen maschinentechnischen Ausrüstungen einsetzbar. Referenzen liegen für den Vortrieb mit Steinzeug-Vortriebsrohren unter Verkehrswegen, wie Autobahnen, Flughäfen, Eisenbahnen und Flüssen vor.

Steinzeug-Vortriebsrohre werden erfolgreich im Grundwasser, in unterschiedlichen Baugrundverhältnissen und auch im Festgestein eingesetzt.

WEITERE INFOS: [www.steinzeug-keramo.com](http://www.steinzeug-keramo.com)

The logo for Bohrtec GmbH, featuring the word "Bohrtec" in a bold, black, sans-serif font. The letter "o" is stylized with a red and black gradient.

## Bohrtec GmbH

Die Bohrtec GmbH entwickelt seit 25 Jahren kontinuierlich Techniken für die unterirdische Bauweise. Hierbei legt das Unternehmen stets Wert auf einfach zu bedienende und wirtschaftlich lohnende Maschinen. Bereits nach kurzer Einarbeitung durch das Bohrtec-Team kann die Maschinentechnik von geschultem Personal bedient werden. Neben der einfachen Wartung ist insbesondere die solide Bauweise der Maschinen hervorzuheben. Seit über 10 Jahren ist die Bohrtec GmbH weltweit durch das Partnerunternehmen, die Herrenknecht AG, vertreten.

Inzwischen sind Bohrtec-Bohrmaschinen auf allen 5 Kontinenten erfolgreich im Einsatz. Über 300 Maschinen und Systeme wurden verkauft, mit denen mittlerweile über 400.000 Meter erfolgreich unterirdisch gebaut wurden. Zahlreiche Spezialprojekte, wie z.B. Rohrschirmdecken, Drainageleitungen oder

Gebäudeunterfangungen, wurden mit begleitender Beratung von Bohrtec-Ingenieuren erfolgreich ausgeführt.

Durch die kontinuierlichen Anregungen, die sich aus der praktischen Anwendung ergeben, werden mit den Partnern neue Verfahrenstechniken entwickelt und in Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule Aachen zur Marktreife geführt.



## Herrenknecht AG

Die Herrenknecht AG ist Technologie- und Marktführer im Bereich der maschinellen Tunnelvortriebstechnik. Als einziges Unternehmen weltweit liefert Herrenknecht modernste Tunnelbohranlagen für alle Baugründe und in allen Durchmessern – von 0,10 bis 19 Metern. Die Produktpalette umfasst maßgeschneiderte Maschinen für Verkehrstunnel (Traffic Tunnelling) und Ver- und Entsorgungstunnel (Utility Tunnelling).

Darüber hinaus bietet Herrenknecht überall dort, wo Pipelines unterirdisch verlegt werden, eine wirtschaftliche, schnelle und sichere Lösung: die Horizontalbohrtechnik (Horizontal Directional Drilling, HDD). Mit dieser grabenlosen Verlegetechnik können Hindernisse wie Flüsse, Berge, Straßen und Wohngebiete ebenso wie schwieriges Gelände und Naturschutzgebiete problemlos unterquert werden. Zudem sind die unterirdisch verlegten Pipelines besser gegen äußere Einflüsse geschützt.

Unter dem Dach des Konzerns bildet sich ein Team innovativer Spezialisten, das auf Wunsch integrierte Lösungen rund um den Tunnelbau mit projektspezifischen Equipment- und Servicepaketen anbietet: Separationsanlagen, Förderbandanlagen, Navigationssysteme, Rolling-Stock-Systeme sowie Tübbingschaltungen bis hin zur schlüsselfertigen Tübbingfabrik. Das Angebot umfasst zudem Serviceleistungen in der technischen Beratung, Planung und Überwachung von Vortriebsprojekten sowie Personallösungen zur temporären Ergänzung von Baustellencrews.

Die Herrenknecht AG entwickelt innovative technische Lösungen, um vertikale Schächte bis in große Tiefen abzuteufen sowie Schrägschächte erfolgreich auffahren zu können. Das Unternehmen stellt außerdem modernste Tiefbohranlagen her, um bis in eine Tiefe von 6.000 Metern vorzudringen, sowie Anlagen für die Erschließung oberflächennaher Geothermie.

The logo for Duktus, featuring the word "DUKTUS" in a bold, blue, sans-serif font. The letter "U" is stylized with a red dot above it. The logo is contained within a white rectangular box with a thin black border.

### Unternehmensgruppe Duktus

Die Entwicklung der grabenlosen Rohreinbautechniken ist untrennbar auch mit duktilen Gussrohren, deren Verbindungen und Außenschutzarten verbunden. Mit den ersten grabenlosen Rohreinbauten in den 1970er-Jahren begann eine rasante Entwicklung. Weitere, neue Verfahren kamen auf den Markt – immer größere Dimensionen und Leitungslängen wurden verlangt. Auch Duktus liefert seit über 30 Jahren duktile Trink- und Abwasser-Rohrleitungen für den grabenlosen Einbau.

Duktile Gussrohre werden bei grabenlosen Verfahren in der Regel eingezogen. Dazu werden die Rohre mit zugsicherer, formschlüssiger Verbindung, mit Schweißbraupe am Einsteckende und vor der Muffe angegossener, separater Schubsicherungskammer mit Riegelementen verwendet. Die BLS-/VRS-T-Verbindung von Duktus ist gültiger Standard, in Hinblick auf möglichst viel Flexibilität in der Muffe (Abwinkelbarkeit) und in Verbindung mit einfachster und schneller Montage. Darüber hinaus ist diese Verbindung in der Lage, höchste Zugkräfte aufzunehmen.

Um beim Rohreinzug den hohen physikalischen Belastungen der Außenbeschichtung gerecht zu werden, liefert Duktus für die grabenlosen Einbauverfahren die Zementmörtelumhüllung („ZMU“) nach DIN EN 15542.

## Autorenteam



### Bohrtec GmbH

**E** [info@bohrtec.de](mailto:info@bohrtec.de)

**W** [www.bohrtec.de](http://www.bohrtec.de)

**I** Micromachines for soft soil up to 120 m length, OD 1,4 m



### Duktus Rohrsysteme Wetzlar GmbH

**E** [manfred.hoffmann@duktus.com](mailto:manfred.hoffmann@duktus.com)

**W** [www.duktus.com](http://www.duktus.com)

**I** Supplier of ductile iron pipes, fittings and accessories



### Herrenknecht AG

**E** [marketing@herrenknecht.de](mailto:marketing@herrenknecht.de)

**W** [www.herrenknecht.de](http://www.herrenknecht.de)

**I** Tunnel boring technology, equipment and services



### Steinzeug-Keramo

**E** [info@steinzeug-keramo.com](mailto:info@steinzeug-keramo.com)

**W** [www.steinzeug-keramo.com](http://www.steinzeug-keramo.com)

**I** Production and development of vitrified clay pipes and fittings



### GSTT – German Society for Trenchless Technology e. V.

**E** [info@gstt.de](mailto:info@gstt.de)

**W** [www.gstt.de](http://www.gstt.de)

**I** Association for Trenchless Technology



## German Water Partnership

Kontakt:

German Water Partnership e. V.

Reinhardtstr. 32 · 10117 Berlin

[www.germanwaterpartnership.de](http://www.germanwaterpartnership.de)

Supported by



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung