

Jens Hölterhoff

## Grabenlose Erneuerung von Abwasserkanälen

Grabenlose Reparatur-, Renovierungs- und Erneuerungsverfahren für Abwasserkanäle weisen laut DWA-Umfrage bereits einen Marktanteil von 64,4% auf. Die inzwischen immer bekannter werdenden Vorteile der grabenlosen Bauweisen lassen die Marktanteile dabei stetig wachsen.

Bauen ohne Gräben hat viele Vorteile: für die Umwelt, den Verkehr und die Anwohner der betroffenen Region. Grabenlose Bauverfahren kommen ohne große Erdbewegungen aus, nur wenige Schächte genügen. Über der Erde läuft alles wie gewohnt weiter:

- keine oder geringe Straßenaufbrüche, Absperrungen und Staus
- kaum Erdbewegungen und Baustellenverkehr (LKW-Transporte)
- keine oder nur punktuelle Grundwasser-Absenkungen
- geringere Umweltbelastung durch deutlich weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen und Feinstaub
- kaum Belastung der Anwohner durch Schmutz und Lärm
- keine Gefahr für historische Bauten
- sichere Kanalverlegung

Allein in Berlin werden im Bereich des Kanalneubaus und der Kanalerneuerung über 50% der Maßnahmen grabenlos durchgeführt. Seit 1984, der Einführung des Mikrotunnelbaus in Berlin, konnten bei den Berliner Wasserbetrieben bereits 67 Mio. € eingespart und in andere Bauvorhaben investiert werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass die volkswirtschaftlichen Einsparungen für die Stadt Berlin noch einmal deutlich höher sind. Insgesamt wurden bereits über 780 km Sammel- und Hausanschlusskanäle grabenlos gebaut. Dadurch wurden

- 2,4 Mio m<sup>3</sup> an Bodenaushub vermieden,
- 1,3 Millionen m<sup>2</sup> Fahrbahnfläche weder aufgebrochen noch wiederhergestellt,
- 198.000 LKW-Ladungen nicht durch die Stadt befördert,
- 212 Millionen m<sup>3</sup> Grundwasser nicht gefördert (dies entspricht der Wasserversorgung Berlins für fast ein Jahr).

In Zukunft werden die umweltpolitischen und volkswirtschaftlichen Aspekte, ähnlich wie im Ausland bereits praktiziert, eine größere Rolle spielen. Werden diese in die Vergabekriterien mit einbezogen, kommt man an den grabenlosen Bauweisen nicht mehr vorbei.

Betrachtet man allerdings die beiden letzten DWA-Umfragen genauer, gibt es einen leichten Rückgang im Bereich der grabenlosen Erneuerung und Renovierung sowie eine starke Zunahme im Bereich der Reparatur. Auch wenn die Umfrageergebnisse nicht direkt miteinander vergleichbar sind, sind sie zumindest ein Indiz dafür, dass die Netzbetreiber offensichtlich im Moment mehr auf kostengünstige und schnelle, aber weniger nachhaltige Verfahren setzen. Ein Vergleich der Lebensdauern zeigt jedoch, dass gerade aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine Gegenüberstellung angebracht ist.

Die GSTT-Information Nr. 21 geht bei grabenlosen Reparaturverfahren von einer Lebensdauer von 10–20 Jahren aus (DWA-Erfahrungswerte im Mittel 18 Jahre), bei den Renovierungsverfahren liegt die Spanne je nach Verfahren bereits zwischen 40–100 Jahren (DWA-Erfahrungswerte im Mittel 47 Jahre). Der Erfahrungswert berücksichtigt bei den Renovierungsverfahren offensichtlich nicht die Auskleidung mit vorgefertigten Rohren (ohne Verformungs- und Reduktionsverfahren), da hier ähnliche Lebensdauern wie beim Neubau anzusetzen sind. Beim Neubau und der Erneuerung wird von 80–100 Jahren und beim Mikrotunnelbau von 120 Jahren ausgegangen. Die DWA-Erfahrungswerte in offener Bauweise (86 Jahre) sind gegenüber denen in geschlossener Bauweise eingebauter Rohre (79 Jahre) nicht nachvollziehbar, da die Wanddicken der Vortriebsrohre in der Regel größer und die Betung im Allgemeinen sicherer herzustellen sind. Der DWA-Hauptausschuss Entwässerungssysteme empfiehlt, für die Erneuerung in geschlossener Bauweise das 1,5-fache der technischen Nutzungsdauer der Erneuerung in offener Bauweise anzusetzen – bei 86 Jahren entspricht das einer Lebensdauer von rund 130 Jahren.

### Überblick über die grabenlosen Erneuerungsverfahren für Abwasserkanäle

Die Verfahren werden nach DIN EN 752 folgendermaßen definiert:

„*Erneuerung*: Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder einer anderen Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen.“

Folgen die Abwasserkanäle einer neuen Linienführung, sollten für den Bau der Gefälleleitungen nur noch steuerbare Verfahren zum Einsatz kommen.

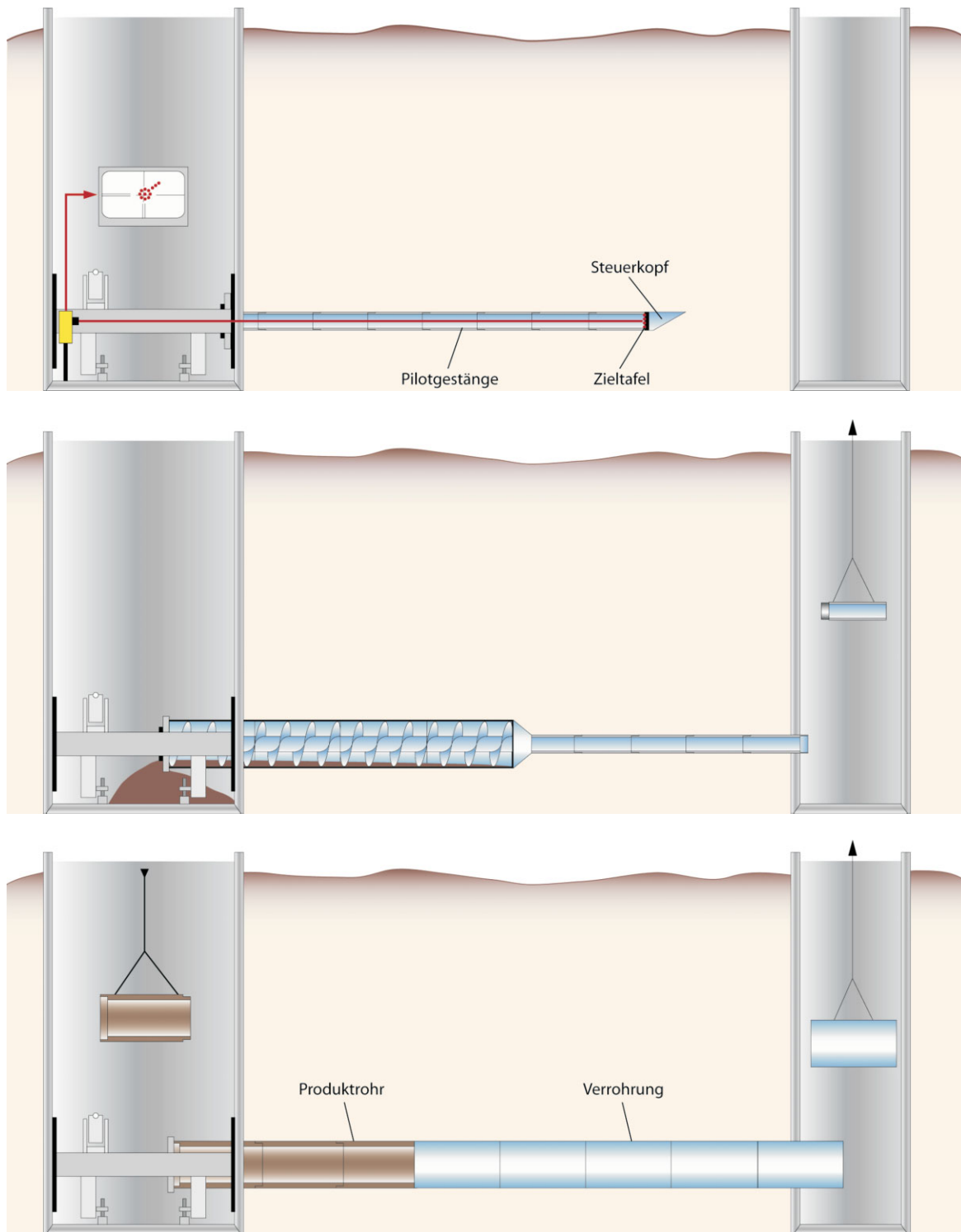
Zu den grabenlosen Erneuerungsverfahren zählen: Rohrvortriebsverfahren einschließlich Pipeeating und Berstverfahren.

### Rohrvortrieb – Mikrotunnelbau

Die Entwicklung der gesteuerten Mikrotunnelsysteme hat seinen Ursprung in Japan. Die grabenlosen Technologien haben in den letzten 26 Jahren eine sprunghafte Entwicklung gezeigt: Kaum ein anderer Bereich in der Bauverfahrenstechnik hat in diesem Zeitraum so viele Innovationen aufzuweisen, wobei viele dieser Entwicklungen ihren Ursprung in Deutschland haben.

Das Grundprinzip der Schild-Rohrvortriebssysteme für die Neuverlegung von Kanälen und Druckrohrleitungen im Nennweitenbereich DN 250 – 3000 ist gleich: Ein durch drei bis vier Hydraulikzylinder steuerbarer Stahlgelenkkopf baut mit einer Schürfscheibe den anstehenden Boden ab. Der gelöste Boden wird mit speziellen Förderschnecken abgefördert oder im Einlauftrichter mit Wasser bzw. Bentonit gemischt und abgepumpt. Die Lage des





**Bild 2.** Boden verdrängende Pilotbohrung (Abb.: Bohrtec)

aufwendig, bei entsprechenden Randbedingungen können jedoch Einsparungen gegenüber der konventionellen Leitungserneuerung in gleicher Trasse und offener Bauweise erzielt werden.

**Gesteuerter Pilotrohrvortrieb**

Die ursprünglich für die unterirdische Herstellung von Hausanschlusskanälen DN 150 konzipierten Vortriebssysteme wurden für den Bau von Sammelkanälen ab DN 200 erweitert.

Die wesentlich robusteren Maschinen können mit größeren Drehmomenten und höheren Pressenkräften Vortriebslängen von rund 100 Metern auffahren.

Die Systeme sind im Aufbau wesentlich einfacher als die bisher vorgestellten Mikrotunnelanlagen. Beim gesteuerten Pilotrohrvortrieb handelt es sich um eine wirtschaftliche Alternative zur grabenlosen Verlegung von Abwasserkanälen kleiner Nennweiten. Im ersten Verfahrensschritt werden die Pilotrohre durch den Boden bis in die Zielbaugrube gepresst. Hierbei wird der Boden nicht abgebaut, sondern nur verdrängt. Mit Hilfe eines optischen

Theodoliten-Vermessungssysteme mit CCD-Kamera, Monitor und LED-Zieltafel im Kopf des Pilotgestänges werden hierbei die Richtung und die Neigung permanent überwacht. Der Kopf des Pilotgestänges ist beim Vortrieb über eine schräge Ebene steuerbar. Mit der Rotation des Gestänges kann die schiefe Ebene beim Vortrieb in jede Richtung gebracht werden.

Im zweiten Verfahrensschritt wird eine am zielgenau verlegten Pilotrohr orientierte Aufweitungsbohrung mit einer Stahlschutzverrohrung durchgeführt. Der abgebaute Boden wird mit Förderschnecken in den Startschacht transportiert.

Im dritten Verfahrensschritt werden die Vortriebsrohre nachgeschoben und die Stahlschutzverrohrung im Ziel-schacht ausgebaut.

### Pilotrohrvortrieb mit dem Front Steer

Eine Weiterentwicklung des Pilotrohrvortriebes speziell für schwierigere, nicht verdrängbare, dicht gelagerte Böden ist das so genannte Front-Steer-Verfahren. Das System arbeitet ebenso mit einem optischen Vermessungssystem bestehend aus Theodolit mit CCD-Kamera, Monitor und LED-Zieltafel. Das Abbauwerkzeug baut den Boden/Fels durch Rotation kontinuierlich ab, mittels Hohlbohrschnecken mit optischer Gasse wird der Abtransport in den Startschacht gewährleistet. Das Steuerrohr nutzt die Bodenreaktionskraft zur Steuerung. Über ein Bedien- und Steuerpult, das die jeweilige Steuerposition des Kopfes anzeigt, können wahlweise im Hand- oder Automatikbetrieb Steuerbewegungen vorgenommen werden, indem das Steuerrohr räumlich verwinkelt wird.

Die Förderschnecken der aufgeführten Pilotrohr-Vortriebssysteme können mit zellradschleusenähnlichen Konstruktionen kombiniert werden, mit denen – in Abhängigkeit von der Grundwasserfließgeschwindigkeit – Grundwasserstände von über 2 m beherrscht werden können.

Sowohl beim Mikrotunnelbau als auch beim Pilotvortrieb haben folgende bodenmechanischen Eigenschaften, die in vielfältiger Weise die Bauwerkskonstruktion und die Bauausführung beeinflussen, eine große Bedeutung:

- Erddrücke und Verkehrslasten (zur Rohrdimensionierung)
- schwimmende Bodenarten und Bohrhindernisse
- Schneid- und Förderfähigkeit des Bodens
- Verdrängungsfähigkeit des Bodens
- Bodenauflockerung am Schneidschuh durch „ständigen Grundbruch“
- Bodensetzungen über der Vortriebsstrecke
- Haft- und Gleitreibung zwischen Rohrwand und Boden.

Da Bodenarten und Grundwasserstände von erheblicher Bedeutung sind, sollten Bodenuntersuchungen frühzeitig die Voraussetzungen für eine optimale Entscheidung liefern. Unzureichende Beschreibungen der anstehenden Bodenarten und Bodengruppen verursachen vielfach bautechnische Schwierigkeiten, da das Verfahren, die Vortriebsmaschine oder das Abbauwerkzeug unkorrekt gewählt wurden. Die Einstufung der Bodenklassen sollte generell nach der DIN 18319 – Rohrvortriebsarbeiten – VOB Teil C erfolgen.

### Berstlining

Bei dem Berstlining-Verfahren wird das Altrohr mithilfe eines konisch geformten Stahlkörpers – dem sogenannten Berstkörper – unter Einleitung hydraulischer oder pneumatischer Energie zerstört. Im Gegensatz zu dem deutlich aufwendigeren Pipe-eating-Verfahren wird der Boden nicht abgefördert, der Berst-Körper verdrängt die geborstene Alrohrleitung in den umgebenden Boden und vergrößert den Querschnitt, der damit etwas größer als die nachzuziehende Neurohrleitung ist. Die Kraftüberleitung von der Berststation zum Berstkörper erfolgt über Seil, Gestänge oder Kette. Je nachdem, aus welchem Material die alte Leitung besteht, kann zusätzlich vor dem Berstkörper ein Schneidwerkzeug montiert werden. Während der Berstkörper durch das alte Rohr gezogen wird, wird gleichzeitig ein neues Rohr mit gleicher oder größerer Nennweite in den freien Querschnitt eingezogen.

Voraussetzung für den Einsatz des Berstlining-Verfahrens sind berstfähige Rohrwerkstoffe, was aber praktisch für alle klassischen Rohrwerkstoffe im Kanalbau wie Faserzement, Beton und Steinzeug zutrifft, und eine verdichtbare Bodenmatrix in der Rohrtrasse. Als Neurohre eignen sich Rohre aus den Werkstoffen Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und duktilem Gusseisen (GGG). Aber auch Neurohre aus PVC, glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK), Steinzeug, Beton und Polymerbeton sind unter gewissen Voraussetzungen verwendbar. Der Einsatzbereich

## Belüften von Abwasserkanälen mit Luftstrahldüsen und Zubehör



Düse mit Standfuß



Düse mit Standrohr

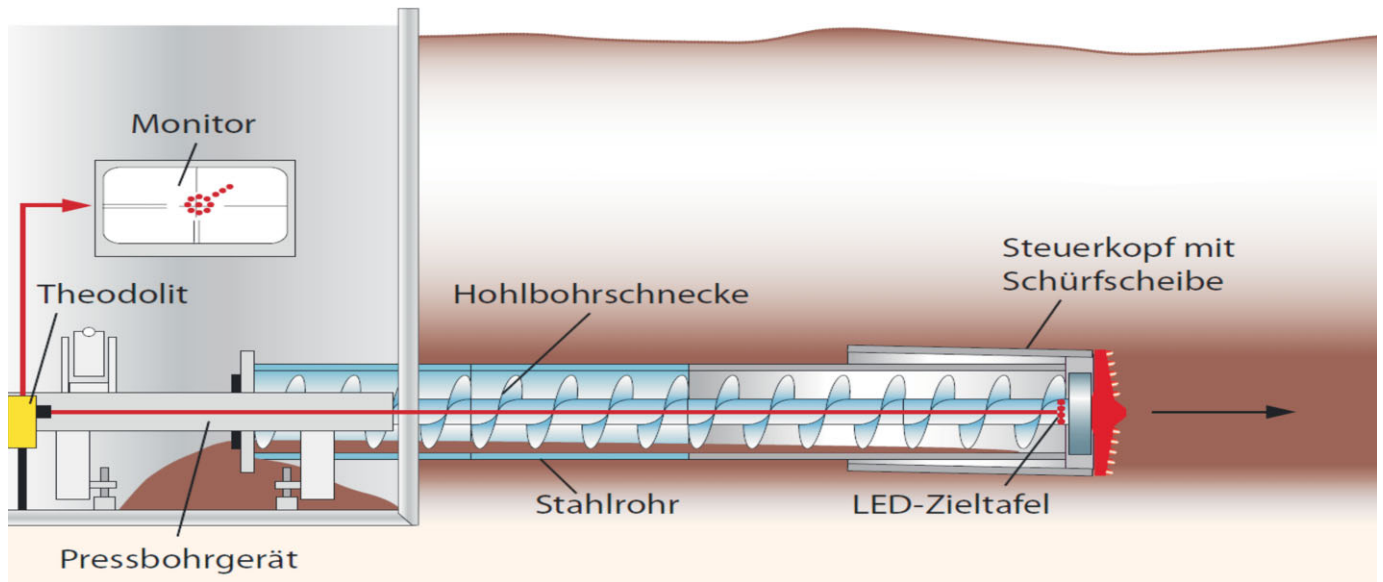
- Einfacher Anschluss an den Kompressor und einfache Bedienung
- Keine Wartung
- Robuste Konstruktion
- Geringer Druckluftverbrauch
- Hoher Wirkungsgrad
- Liefermenge von 10–300 m<sup>3</sup>/min Volumenstrom
- Keine beweglichen Teile
- Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre



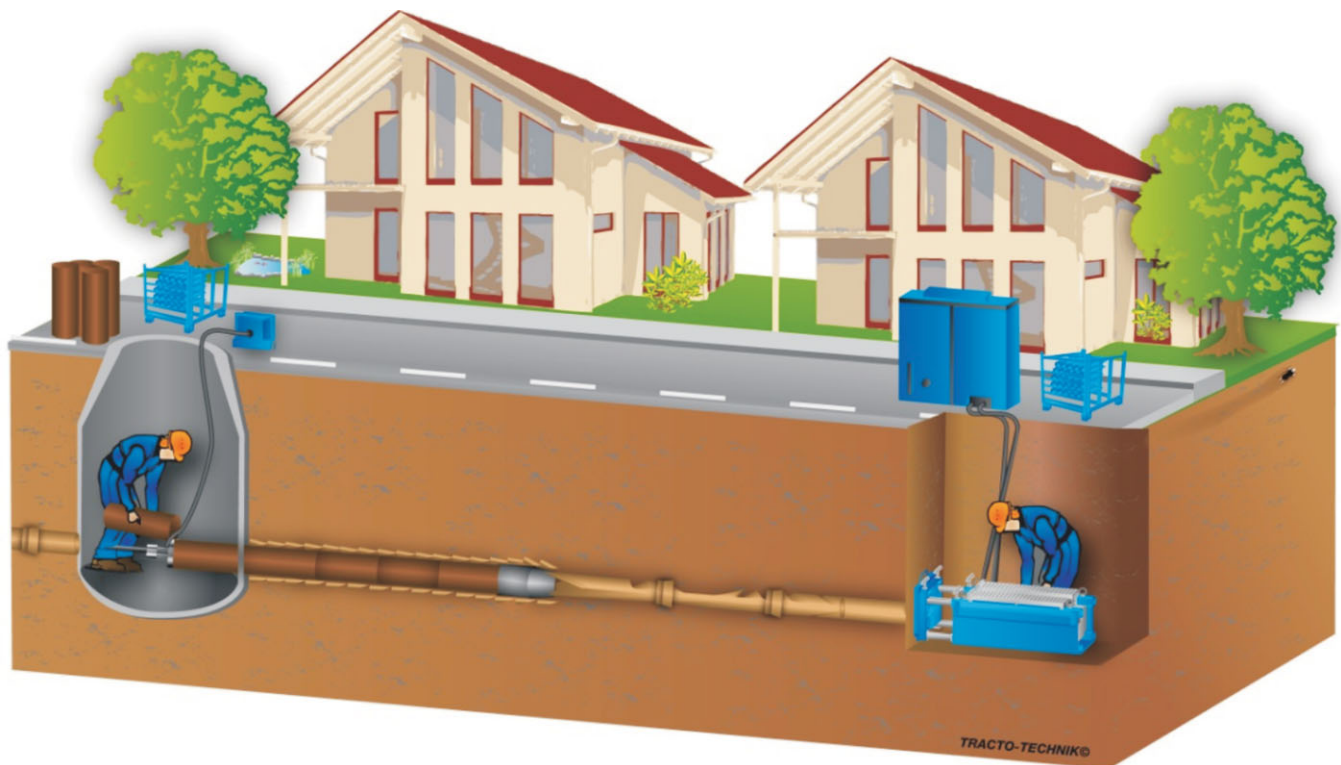
**Schwarz GmbH**  
**Lufttechnik · Blechverarbeitung**

Fritz-Haber-Straße 21  
 D-46485 Wesel  
 Telefon-Nr. +49 2 81/5 21 93  
 Email: info@schwarz-wesel.com  
 www.schwarz-wesel.com





**Bild 3.** Boden gewinnende Pilotbohrung (Abb.: Bohrtec)



**Bild 4.** Verfahrensskizze statisches Berstlining mit Kurzrohren: Grube zu Schacht (Abb.: Tracto Technik)

liegt zwischen DN 100 bis DN 600, in Sonderfällen auch darüber hinaus. Das Berstverfahren kann grundsätzlich je nach örtlichen Randbedingungen und je nach Aufgabenstellung auf unterschiedliche Weise eingesetzt werden. Insgesamt sind drei Anwendungen denkbar:

- Bei der Erneuerung von Schacht zu Schacht kann auf die Erstellung von Baugruben verzichtet werden. Zum Einsatz kommen in diesem Fall ausschließlich Kurzrohre und ein dynamisches Berstwerkzeug. Die alten Schachtbauwerke bleiben erhalten.
- Bei der Erneuerung von Schacht zu Baugrube wird die Zugvorrichtung in der Baugrube positioniert, diese zieht

den Berstkörper mit angehängten Kurzrohren zunächst vom ersten benachbarten Schacht in Richtung Baugrube. Nach Erneuerung der ersten Haltung wird die Zugvorrichtung gedreht und arbeitet analog aus Richtung des zweiten Schachtes. Auf diese Art und Weise gibt es keine besondere Größenanforderung an die Berstausrüstung und jedes zweite Schachtbauwerk kann erhalten bleiben.

- Bei der Erneuerung von Baugrube zu Baugrube werden vorzugsweise Rohrstränge anstelle der Kurzrohre eingebaut. Dabei können entweder alle alten Schachtbauwerke entfernt und erneuert werden oder die Baugruben

werden unmittelbar vor den Schachtbauwerken angeordnet, um die alten Schächte auch weiterhin nutzen zu können.

### Dynamisches Bersten

Beim dynamischen Berstverfahren wird der Berstkopf mithilfe dynamischer Rammenergie, erzeugt durch Druckluft, und zusätzlicher Unterstützung durch den Einsatz einer Zugwinde im Zielschacht bzw. in der -baugrube durch die Altrohrleitung gebracht. Der Bersthammer wird dabei aus einer Grube oder einem Schacht heraus gestartet und treibt sich zur Zielgrube bzw. zum Zielschacht vor. Dabei wird die Altrohrleitung durch den Bersthammer geborsten und das Altrohr durch den hinter dem Berstwerkzeug angeordneten Aufweitkörper radial in das umgebende Erdreich verdrängt. Gleichzeitig mit dem Vortrieb wird das neue Rohr gleicher oder größerer Nennweite in den freien Querschnitt eingezogen. Dieses Verfahren kommt besonders in stark verdichteten und steinigten Böden und bei Altröhren aus spröden Werkstoffen zum Einsatz.

### Statisches Bersten

Beim statischen Berstverfahren, auch hydraulisches Berstverfahren mit Gestänge genannt, werden die erforder-

lichen Kräfte für Bersten, Verdrängen und Rohreinzug hydraulisch über ein schub- und zugfestes Gestänge eingebracht. Zunächst wird die hydraulisch angetriebene Zugvorrichtung in die Maschinenbaugrube eingebracht und verspannt. Anschließend wird das Berstgestänge mit vorauslaufendem Führungskaliber durch die Altrohrleitung eingeschoben. In der Startgrube wird das Führungskaliber gegen ein konisches Berstwerkzeug ausgetauscht. Das neue Rohr wird durch einen Zugkopf am Gestängestrang befestigt. Beim Zurückziehen der Berstgestänge in Richtung Zielgrube wird die Altrohrleitung durch das Berstwerkzeug geborsten und das Altrohr durch den hinter dem Berstwerkzeug angeordneten Aufweitkörper radial in das umgebende Erdreich verdrängt. Gleichzeitig mit dem Vortrieb wird das neue Rohr gleicher oder größerer Nennweite in den freien Querschnitt eingezogen. Im Gegensatz zum dynamischen Bersten können neben Kurzrohren auch Langrohre von der Trommel eingezogen werden, da kein Druckluftschlauch durch die neue Leitung eingefädelt werden muss.

Prof. Jens Hölterhoff, Professor für Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, Hochschule Wismar, und Vorstandsvorsitzender der German Society for Trenchless Technology e.V. (GSTT)

Online-Bestellung: [www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)



Abb. vorläufig

## Schrägkabelbrücken

### 40 Jahre Erfahrung weltweit

■ Schrägkabelbrücken befinden sich weltweit in einer stürmischen Entwicklung. Während im Jahr 1986 ca. 150 größere Schrägkabelbrücken weltweit bekannt waren, ist ihre Zahl heute auf ein Vielfaches gestiegen. Um 1975 betrug die größte Spannweite 404 m, 1995 betrug sie bereits 856 m und liegt heute bei 1088 m. Der wirtschaftliche Bereich für die konkurrierenden Hängebrücken wird zunehmend auf noch größere Spannweiten eingeschränkt und Schrägkabelbrücken stehen weltweit im Mittelpunkt des Interesses der Brückeningenieure.

Im vorliegenden Werk werden alle Phasen des Entwurfs, der Montageplanung und der Bauausführung grundsätzlich behandelt und anhand von ca. 250 ausgeführten Beispielen erläutert und illustriert. Dabei wird bewusst kein Bezug auf Vorschriften genommen. Die dargestellten Brücken sind nach internationalen Vorschriften bemessen worden, z.B. DIN, Eurocode, AASHTO, British Standard. Besonderes Gewicht wurde auf die Kapitel über Kabel und Montage gelegt, denn hierin liegt der entscheidende Unterschied zu anderen Brückenformen.

Die Auswahl der behandelten Schrägkabelbrücken erfolgte nach folgenden Gesichtspunkten: Brücken, an denen der Autor mitgearbeitet hat oder das Ingenieurbüro Leonhardt, Andrä und Partner (LAP) maßgeblich beteiligt war, und Brücken mit konstruktiven Besonderheiten bzw. Rekordspannweiten. Die maßgeblichen Entwurfsingenieure werden vorgestellt.

Ein Buch für praktisch tätige Ingenieure und Studierende gleichermaßen.



A Wiley Company

**Ernst & Sohn**  
Verlag für Architektur und technische  
Wissenschaften GmbH & Co. KG

Kundenservice: Wiley-VCH  
Boschstraße 12  
D-69469 Weinheim

Tel. +49 (0)6201 606-400  
Fax +49 (0)6201 606-184  
[service@wiley-vch.de](mailto:service@wiley-vch.de)

\* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland. inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten. Irrtum und Änderungen vorbehalten. 0214100006\_dp