# GRABENLOSE EINBAUVERFAHREN

## mit duktilen Gussrohren

DUKTUS KEULA ALTECNO

ZERO WATERLOSS

vonroll-hydro.world

DUKTUS

# UMWELTSCHONEND!

Duktile Gussrohrsysteme für die grabenlose Verlegung.
Informieren Sie sich im Internet unter www.vonroll-hydro.world

# Grabenlose Einbauverfahren mit duktilen Gussrohren von Duktus

## 1. Vorwort

In der Aufbauphase unserer heutigen städtischen Infrastruktur mussten auf Baustellen sehr viele Arbeiter beschäftigt werden. Von Hand wurden Rohrgräben ausgehoben, ohne maschinelle Hebezeuge wurden die Rohre in den Graben abgelassen, große Massen an Sand und Verfüllmaterial wurden von Hand eingebaut.

Der meist verwendete Rohrwerkstoff war das Gusseisen; die Rohrverbindungen wurden mit Hanfstricken und Bleiverguss abgedichtet.

Heute, mehr als 100 bis 120 Jahre später, sind die damals angelegten Rohrnetze sanierungs- und erneuerungsbedürftig.

Allein, wo in den früheren städtischen Straßen genügend Platz für flanierende Fußgänger und vornehme Equipagen zur Verfügung stand, rollt heute mehrspurig der dichte Autoverkehr, die Straßenränder sind von parkenden Fahrzeugen zugestellt, so dass die Lieferfahrzeuge häufig in zweiter Reihe parken und zu weiteren Verkehrsstörungen führen.

Müssten die Sanierungs- und Erneuerungsarbeiten am liegenden Leitungsnetz hier im konventionell offenen Rohrgraben stattfinden, wäre der allgemeine Verkehrskollaps perfekt (siehe Bild 2.1), wobei die zusätzlichen Kosten für Verspätungen, Abgas- und Lärmemissionen und Umsatzeinbußen wegen behinderten Publikumsverkehrs von der Allgemeinheit getragen werden.

Es war daher nur logisch, dass bereits vor 30 Jahren in den Ballungsräumen der Industriestaaten mit der Entwicklung grabenloser Rohrbauverfahren begonnen wurde, zunächst im Bereich der Erneuerung und Neuverlegung von Abwasserkanälen, die im Allgemeinen im untersten Stockwerk der Rohrleitungsebenen unter der Oberfläche liegen.

Bald griff diese Entwicklung mehr und mehr auf die Erneuerung und Sanierung von Trinkwasser- und Gasleitungen über. Es entwickelte sich eine Sparte des grabenlosen Bauens mit spezieller Maschinentechnik, Bauverfahren, Technischem Regelwerk und natürlich nicht zuletzt mit den Rohren, die für diese grabenlosen Einbauverfahren geeignet sein mussten.

An diesen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte hat die Firma Duktus mit ihrem duktilen Gussrohr einen entscheidenden und prägenden Anteil, und hiervon möchte das vorliegende Handbuch berichten. Darüber hinaus soll es den heutigen Stand der Technik beschreiben, und zwar bei welchen Bauverfahren das duktile Gussrohr eingesetzt werden kann, welche Leistungsmerkmale es besitzt und mit welchen Referenzen es dieses Leistungsvermögen unter Beweis gestellt hat.

Wetzlar, im März 2016

DUKTUS

Impressum

Herausgeber:

vonRoll hydro (deutschland) gmbh & co. kg
Sophienstraße 52 - 54
35576 Wetzlar

Telefon: +49 64 41- 49 24 01
Telefax: +49 64 41- 49 14 55

E-Mail: support@vonroll-hydro.world
www.vonroll-hydro.world

Autoren:
Dipl.-Ing. Stephan Hobohm (vonRoll hydro (deutschland) gmbh & co. kg) unter der Mitwirkung von: Dipl.-Ing. Steffen Ertelt, Dipl.-Ing. Lutz Rau, Wolfgang Rink – vonRoll hydro (deutschland) gmbh & co. kg, Dr. Jürgen Rammelsberg

Fotonachweis:
vonRoll hydro (deutschland) gmbh & co. kg
Berliner Wasserbetriebe
Karl Weiss GmbH & Co. KG, Berlin
Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme
Tracto Technik GmbH & Co. KG, Lennestadt
Frank Föckersperger GmbH, Aurachtal
TMH Hagenbucher, Zürich
Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG, Wesel
IB Opfermann, Hamburg
UNGER ingenieure

© vonRoll hydro (deutschland) gmbh & co. kg
Alle Rechte vorbehalten

Abweichungen bei den Abbildungen, Maß- und Massenangaben sind möglich. Im Sinne des technischen Fortschrittes behalten wir uns vor, an den Produkten Änderungen und Verbesserungen ohne Ankündigung durchzuführen.

DUKTUS

**Duktus-Handbuch**

**Grabenloser Einbau duktiler Gussrohre**

**Inhalt:**


1. Vorwort ..... 5

2. Warum Grabenlos? ..... 8

3. Warum duktiles Gussrohr? ..... 13

4. Grabenlose Einbauverfahren ..... 26
4.1 Verfahren zur trassengleichen Auswechslung bestehender Leitungen ..... 26
4.1.1 Berstlining ..... 26
4.1.2 Press-Zieh-Verfahren ..... 34
4.1.3 Hilfsrohrverfahren ..... 41
4.2 Grabenlose Neuverlegung ..... 45
4.2.1 Horizontalspülverfahren ..... 45
4.2.2 Einpflügen/Einfräsen ..... 56
4.2.3 Gesteuerter Pilotvortrieb ..... 62
4.3 Reliningverfahren ..... 68

5. Sonstige Einbauverfahren ..... 77
5.1 Einschwimmen ..... 77
5.2 Fliegende Leitung ..... 84
5.3 Dükerleitungen ..... 88

6. Technische Datenblätter ..... 94
6.1 Das BLS®-Rohr ..... 94
6.2 Die BLS®-Steckmuffenverbindung ..... 95
6.3 BLS®-Zugköpfe ..... 96

7 Einbauanleitungen ..... 96
7.1 Rohre und Formstücke mit BLS®-Steckmuffenverbindung DN 80-DN 500 ..... 96
7.2 Rohre und Formstücke mit BLS®-Steckmuffenverbindung DN 600-DN 1000 ..... 105
7.3 Rohre aus duktilem Gusseisen mit ZMU ..... 112

8. Literaturverzeichnis ..... 120

9. Ansprechpartner ..... 124

## 2. Warum grabenlos?

### 2.1 Geschichtliche Entwicklung

Die Wurzeln der als grabenlose Einbauverfahren bekannten Rohrverlegung liegen in der Erdraketentechnik. Aus dieser entwickelte sich Anfang der 1980er-Jahre das Berstlining. Die British Gas verwendete bereits Anfang der 80er Jahre in großem Stil modifizierte Erdraketen zur grabenlosen Erneuerung von Rohren. British Gas und der Bauunternehmer DJ Ryan & Sons meldeten hierfür im Jahre 1981 erste Patente an. Seitdem sollen weltweit mehr als 50.000 km Rohrleitungen im Berstlining verlegt bzw. erneuert worden sein.

Das Berstlining wurde über die Jahre weiterentwickelt. So stellten die Berliner Wasserbetriebe in Zusammenarbeit mit der Fa. Karl Weiss im Jahre 1990 das so genannte Berliner Verfahren, heute besser bekannt als Press-Zieh- oder Hydros-Verfahren, vor. Hieraus wiederum entwickelte sich später das Hilfsrohrverfahren. Beide Verfahren werden seitdem von den Berliner Wasserbetrieben mit duktilen Gussrohren praktiziert. Jährlich werden allein in Berlin auf diese Weise in den Nennweiten DN 80 bis DN 500 rund 10.000 m Rohrleitungen saniert.

Parallel zu dem vor genannten trassengleichen Rohrauswechslungsverfahren entwickelten sich die Verfahren zur grabenlosen Neuverlegung von Rohrleitungen.

An erster Stelle sei hier das Horizontalspülbohrverfahren (HDD) genannt. Als erste erfolgreiche Spülbohrung gilt die etwa 180 Meter lange Unterquerung des Pajaro in der Nähe von Watsonville/Kalifornien aus dem Jahr 1972. Wesentliche Details dieser Technik wurden aus der Tiefbohrtechnik für z. B. Erdöl übernommen und weiterentwickelt. In den Folgejahren bis 1980 erfolgte eine rasante Weiterentwicklung der gesteuerten Horizontalbohrtechnik. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch die ersten Projekte im HDD-Verfahren in Europa realisiert. Der erste Einsatz von duktilen Gussrohren aus Wetzlar im HDD-Verfahren ist im Jahr 1994, für den Moseldüker in Kinheim, zu verzeichnen.

Neben diesen klassischen grabenlosen Verfahren hat sich eine weitere Möglichkeit zur grabenlosen Erneuerung alter Leitungen etabliert – das so genannte Langrohrrelining. Diese Methode basiert auf dem Einziehen einer kleineren, neuen Leitung in eine alte sanierungsbedürftige oder überdimensionierte Leitung. Erste Maßnahmen mit duktilen Gussrohren lassen sich auf das Jahr 1987 datieren.

Im Laufe der Zeit wurden weitere Verfahren entwickelt, die mehr oder weniger verbreitet am Markt angewendet werden. Einige dieser Verfahren, das Einpflügen, Einschwimmen oder Einziehen werden im weiteren Verlauf diese Buches näher beschrieben.

Bild 2.1
Verkehrsbehinderung durch Baustellen

### 2.2 Wirtschaftliche Aspekte grabenloser Einbauverfahren

Im landläufigen Sinn wird heutzutage ein Verfahren zum Einbau von Rohren meist dann als wirtschaftlich bezeichnet, wenn die damit gebaute Rohrleitung zum niedrigsten Preis angeboten und gebaut werden kann. In dieser Betrachtungsweise kommen höchst selten die Betriebs- und Instandhaltungskosten der Rohrleitung vor, geschweige denn die Kosten für die Wiederbeschaffung nach Ablauf der regulären Nutzungsdauer.

Dabei interpretieren auch heute schon Fachkommentare die Forderung der VOB/A §23 Nr. 2, wonach die Angebote wirtschaftlich zu prüfen sind, wie folgt:

Die wirtschaftliche Prüfung von Angeboten steht in engem Zusammenhang mit der technischen Prüfung. Ein angemessener Preis bestimmt sich aus dem günstigsten Preis-Leistungs-Verhältnis, unter Einbeziehung der Nutzungsdauer, der Betriebs- und Instandhaltungskosten sowie weiterer gegenwartsnaher und -ferner Kosten.

In VOB/A §25, Nr. 3, Abs. 2 und 3 heißt es sogar:

„… bei der Beurteilung der Angemessenheit sind die Wirtschaftlichkeit des Bauverfahrens, die gewählten technischen Lösungen oder sonstige günstige Ausführungsbedingungen zu berücksichtigen."

„… soll der Zuschlag auf das Angebot erteilt werden, das unter Berücksichtigung aller Gesichtspunkte, wie z. B. Preis, Ausführungsfrist, Betriebs- und Folgekosten, Gestaltung, Rentabilität oder technischer Wert, als das wirtschaftlichste erscheint. Der niedrigste Angebotspreis allein ist nicht entscheidend." [1].

Nicht betrachtet werden bis heute im Allgemeinen die Kosten, die durch den Leitungsbau in seiner Umgebung verursacht werden und von der Allgemeinheit in Form von Verkehrsbehinderungen, Lärmbelästigungen und Umweltverschmutzung stillschweigend ohne Aussicht auf Erstattung getragen werden. Insofern ist es kaum möglich, die grabenlosen und offenen Verfahren finanziell fair miteinander zu vergleichen, weil die von der Allgemeinheit getragenen „sozialen" Kosten zwar durchaus bezifferbar sind, jedoch bei der Auftragsvergabe nicht berücksichtigt werden.

Wenn allerdings die äußeren Randbedingungen den Einbau einer Rohrleitung im offenen Graben bautechnisch erschweren, dann haben die grabenlosen Verfahren zunehmend bessere Chancen. Die Fülle von heute zu hoher Reife entwickelten Verfahrensvarianten erlaubt es, für jedes Projekt das geeigneteste und wirtschaftlichste Verfahren auszuwählen.

Das Sicherheitsbedürfnis des Betreibers eines Trinkwassernetzes spiegelt sich im DVGW Hinweis W 409 „Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen" [2] wider. Aus betrieblicher Sicht bietet der Rohrleitungsbau im offenen Graben deshalb Vorteile, weil hierfür umfangreiche und gesicherte Erfahrungen vorliegen:

- Vorhandene Leitungsbestände sind sichtbar, vorgegebene Mindestabstände können gezielt eingehalten werden.
- Die Rohrleitung kann unter „Sichtkontrolle“ eingebaut, druckgeprüft und eingemessen werden.
- Nachteilige Einwirkungen auf das neue Rohr (z. B. durch Steine) können nahezu ausgeschlossen werden.
- Alle Rohrverbindungen können vor der Wiederverfüllung überprüft werden.
- Hydranten oder Anschlussleitungen können jederzeit nachträglich eingebaut werden.
- Bei Rohrschäden kann entsprechend dem Stand der Technik Leckortung ohne Einschränkung vorgenommen werden.
- Geplante Vorgaben zu Hoch- und Tiefpunkten sowie zu seitlichen Abständen können ohne weiteres baulich umgesetzt werden.
- Schäden an Anlagen Dritter sind weitestgehend ausgeschlossen.

Für die grabenlosen Verfahren macht W 409 hingegen den Vorbehalt, dass aufgrund der unvollständigen Inaugenscheinnahme der erneuerten oder sanierten Rohrleitung ein erhöhter Aufwand für Bauüberwachung und Qualitätskontrolle geleistet werden muss.

Trotzdem setzt sich allmählich die Erfahrung durch, dass grabenlose Einbau- und Erneuerungsverfahren generell wirtschaftlicher sein können als die konventionellen offenen Verfahren, wenn sich der regionale Wettbewerb um die angefragten Leitungsbauprojekte darauf einstellt. So wird z. B. von einem regionalen Gas- und Wasserversorgungsunternehmen ein Vergleich zwischen offener und geschlossener Bauweise entsprechend Tabelle 2.1 veröffentlicht.

| | Konventionelle Bauweise | Geschlossene Bauweise |
|---|---|---|
| Leitungslänge | 100 % | 100 % |
| Oberfläche Tiefbau | 100 % | 15 % |
| Bauzeit | 100 % | 30 % |
| Kosten | 100 % | 50 - 70 % |
| Nutzungsdauer | 100 % | 70 - 100 % |
| Ressourcenschonung | 20 % | 80 % |
| Lärm, Umwelt, Beeinträchtigung | 100 % | Ideeller Gewinn |

Tabelle 2.1 globaler Vergleich der offenen mit der geschlossenen Bauweise [1]

Ein überschlägiger Vergleich der Kosten von geschlossenen Erneuerungsverfahren mit denen der offenen Bauweise zeigt ebenfalls deutliche Einsparpotenziale der geschlossenen Verfahren auf (Tabelle 2.2).

| Offene Bauweise | Geschlossene Bauweise | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bersten | Raketen-vortrieb | Press-Ziehverfahren | Relining | | |
| 100 % | 70 % | 70 % | 80 % | Mit Ringraum | Ohne Ringraum | Schlauch |
| | | | | 60 % | 70 % | 60 % |

Tabelle 2.2: grober Kostenvergleich der Bauverfahren [1]

Ein größeres in Friedrichshafen ausgeführtes Projekt einer Kanalerneuerung durch Berstlining beziffert die Kostenreduzierung gegenüber der konventionellen Ausführung mit 34 Prozent und bestätigt somit die in [1] gemachten Angaben [3].

Eine nennweitengleiche Auswechslung von 800 Meter duktiler Gussrohre DN 400 durch das statische Berstlining zeigte eine Kostenersparnis von 22 Prozent [4].

Die geschlossenen Verfahren kommen dann an ihre wirtschaftlichen Grenzen, wenn die Dichte der Hausanschlüsse ein gewisses Maß überschreitet, weil dann der Aufwand für Tiefbau und Oberflächenwiederherstellung überproportional anwächst [5].

Zur Sicherung der Ausführungsqualität grabenlos eingebauter oder erneuerter Trinkwasserleitungen hat der DVGW in den letzten Jahren mit der Reihe GW 320-1 ff. ein umfangreiches Technisches Regelwerk erarbeitet, das genau diesem Bedürfnis Rechnung trägt. Für die gängigen grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren sind die qualitätsrelevanten Parameter beschrieben und mit Grenzwerten und Messvorschriften festgelegt worden. Der DVGW-Hinweis W 409 unterstreicht den überragenden Einfluss, den die Wahl des Rohrsystems im Zusammenhang mit der Wahl des Bauverfahrens ausübt.

Die Schwerpunkte für die Wahl des Rohrsystems werden wie folgt genannt:

1. Bettungs- und Nutzungsbedingungen (z. B. Diffusionsverhalten, Leistungsreserven)
2. Funktionalität der Korrosionsschutzsysteme und Verbindungstechnik
3. vorliegende positive Erfahrungen mit bestimmten Systemen
4. angemessene Verfügbarkeit (Lieferfristen, Lagerhaltung, Systemkontinuität)

Im Folgenden soll das System aus duktilen Gussrohren mit BLS®-Verbindung und Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) auf die Erfüllung dieser vier Hauptanforderungen näher untersucht werden, da diese Kombination, wie im weiteren Verlauf dieses Buches klar wird, für grabenlose Einbauverfahren mit duktilen Gussrohren den Standard darstellt.

**zu 1.**
Die Empfindlichkeit gegenüber Bettungsfehlern ist bei Rohren aus duktilem Gusseisen erfahrungsgemäß sehr gering. Der Nachteil der geschlossenen Bauverfahren, die nicht mögliche Kontrolle der Rohrbettung, spielt bei diesem Rohrtyp die geringste Rolle, was nicht zuletzt durch die hervorragenden Ergebnisse der DVGW-Schadensstatistik Wasser [6] belegt wird. Das Diffusionsverhalten duktiler Guss-Rohrsysteme überlässt ihnen in kontaminierten Böden den Vorzug vor den Kunststoffrohren [8]. Aufgrund ihres hohen Arbeitsvermögens besitzen Rohre aus duktilem Gusseisen die größten Leistungsreserven, sowohl hinsichtlich statischer und dynamischer Lasten aus Innendruck oder Erdüberdeckung, als auch hinsichtlich der zulässigen Zugkräfte (siehe Kapitel 3.5).

**zu 2.**

Für die grabenlosen Einbauverfahren mit ihren unbekannten und nicht kontrollierbaren Bettungs- und Auflagerungsbedingungen werden Rohre aus duktilem Gusseisen grundsätzlich mit einer Zementmörtel-Umhüllung nach DIN EN 15 542 [7] eingesetzt. Auf eine Zinkauflage von 200 g/m² wird dabei eine mindestens fünf Millimeter dicke Auflage aus kunststoffmodifiziertem Zementmörtel mit einer Netzbandagierung aufgebracht. Diese Umhüllung ist mechanisch extrem belastbar und gegen Riefenbildung durch spitze Scherben beim Berstlining oder Steine beim Horizontalspülbohren beständig. Für den unwahrscheinlichen Fall einer Beschädigung dieser Schicht steht der aktive Schutz der Zinkauflage mit einer Fernwirkungsreichweite bis zu 20 Millimeter zur Verfügung.

Die Verbindungstechnik mit der längskraftschlüssigen BLS®-Steckmuffen-Verbindung ist der am weitesten reichende Vorteil duktiler Gussrohre. Dies rührt zum ersten von der höchsten zulässigen Zugkraft aller in der Wasserversorgung eingesetzten Rohrwerkstoffe her (siehe Kapitel 3.5), was sich positiv auf erforderliche Teilstreckenlängen auswirkt. Zum zweiten ist die kurze Montagezeit von gerade einmal 5 bis 20 Minuten für die BLS®-Verbindung die wichtigste Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit. Einzelrohrmontage ermöglicht kurze Baugruben, punktförmige Baustellen und Einbaugeschwindigkeiten, die durch den Wechsel des Bohr- und Zuggestänges auf der Maschinenseite bestimmt werden. Unmittelbar nach der kurzen Montage der Verbindung stehen die zulässigen Zugkräfte ohne Abkühlzeit und ohne temperaturbedingte Abminderung in vollen Umfang zur Verfügung. Diese Faktoren sind der Schlüssel zum wirtschaftlichen Erfolg bei der Anwendung duktiler Gussrohre mit den grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren.

**zu 3.**

Gusseisen ist der älteste Werkstoff industriell hergestellter Wasserleitungsrohre. Etwa die Hälfte des liegenden Wasserversorgungsnetzes besteht aus Rohren dieser Werkstoffgruppe. Die Beständigkeit duktiler Gussrohre und ihre Langlebigkeit sind die Basis für ausgezeichnete Praxiserfahrungen, wie sie auch in jüngster Zeit wieder bekräftigt werden konnten [8 und 9].

**zu 4.**

Duktus ist ein bedeutender Hersteller innerhalb der deutschen Gussrohrindustrie und hat sich

gerade in jüngster Zeit mit seinen technischen Entwicklungen für die grabenlosen Einbauverfahren als Vorreiter profiliert, ohne dabei seine Verbundenheit mit den traditionellen Bauweisen aus dem Blick zu verlieren. Für Duktus sind Liefertreue und Systemkontinuität schon immer höchstes Gebot einer kundenorientierten Geschäftsstrategie gewesen, die auch in Zukunft zum Erfolg der Firmengruppe beitragen wird.

Bild 3.1
Wasserleitungsrohr DN 30 aus der 1455 gebauten Wasserleitung des Dillenburger Schlosses.

## 3. Warum duktiles Gussrohr?

### 3.1 Geschichte

Die Geschichte des Gussrohres beginnt bereits im Mittelalter um das Jahr 1455, als Graf Johann IV für sein Schloss in Dillenburg eine gusseiserne Wasserleitung legen ließ. Die Ausführung war noch recht primitiv, die Wanddicken sehr uneinheitlich und die Baulängen mit ca. einem Meter sehr überschaubar. Immerhin waren diese Rohre über 300 Jahre, bis zur Zerstörung des Schlosses im Juli 1760 in Benutzung (siehe Bild 3.1).

In den folgenden Jahrhunderten entwickelte sich die Fertigungstechnik nur sehr langsam.

Bild 3.2 Schreiben der Stadt Koblenz von 1934 und die damals verwendeten Rohre

Die 1783 bis 1786 gebaute Metternicher Wasserleitung bestand zum Beispiel aus Rohren DN 80 mit einer Baulänge vom lediglich 1,5 m. Bei einer durchschnittlichen Fertigungskapazität der damaligen Gießerei (Sayner Hütte) von ungefähr 25 Rohren pro Woche und einer zu bauenden Gesamtlänge von 6 km ist es nicht verwunderlich, dass die Bauzeit 3 Jahre betrug. Wie dem Bild 3.2 zu entnehmen ist, war die Leitung auch noch im Jahre 1934, nach 130 Jahren Betriebsdauer, in Betrieb.

Ein kleiner Meilenstein in der Entwicklung des Gussrohres war das Jahr 1668, als der Sonnenkönig im Schlosspark von Versailles die berühmten Wasserspiele installieren ließ. Hierfür wurden erstmals Flanschenrohre verwendet. Das Rohrnetz hatte eine Länge von 40 km und wies eine maximale Nennweite DN 500 auf. Die Flansche hatten eingegossene Schraubenlöcher und wurden mit zwischengelegten Platten aus Blei und Kupfer abgedichtet. Noch heute verrichten Gussrohre aus der Zeit Ludwig des XIV in Versailles Ihren Dienst (Bild 3.3).

Die drei gerade beschriebenen Beispiele stehen in eindrucksvoller Weise für die schon legendäre Langlebigkeit von Gussrohren. Aus dieser unübertroffenen Langlebigkeit leitet sich auch heute noch die hohe Wirtschaftlichkeit von gusseisernen Rohrsystemen ab, die ja letztendliche in entscheidendem Maße von der zu erwartenden technischen Nutzungsdauer des verwendeten Rohrwerkstoffes abhängt. Weitere Hinweise zu Nutzungsdauern von Rohrsystemen bietet das W 401 [10].

Mit Beginn der Industrialisierung um 1900 setzte der Aufbau flächendeckender Gas- und Wasserversorgungsnetze der großen Städte ein. Dies führte zwangsläufig zu einer rasanten Entwicklung der Gießereien und ihrer Kapazitäten.

Bild 3.3 Flanschenrohre aus dem Schlosspark Versailles

Es wurden Drehgestelle mit stehenden Sandformen eingeführt, durch die es möglich war größere Mengen Gussrohre im industriellen Maßstab zu fertigen (Bild 3.4). Aber auch hier waren die Baulängen begrenzt und die Wandungen noch recht ungleichmäßig. Das änderte sich um 1925 mit der Einführung des Schleuderverfahrens nach De Lavaud (Bild 3.5). Dieses Verfahren wird bis zum heutigen Tag für die Herstellung von Gussrohren verwendet.

Bild 3.4 Drehgestell mit stehenden Sandformen um 1900

Bild 3.5 Schleudergießerei um 1930

In den darauf folgenden Jahren setzte, gemessen ander der Entwicklungsgeschwindigkeit der vorhergehenden 500 Jahre, eine regelrechte Flut an Neuentwicklungen hinsichtlich Verbindungsarten und Beschichtungsvarianten ein.

Um 1930 wurden die Schraubmuffen- und Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen eingeführt und die Rohre innen und außen asphaltiert. Die bis dahin gebräuchliche Blei-Stemmmuffe verschwand vom Markt.

In den 60er Jahren folgte dann das duktile Gusseisen und die Einführung der, bis heute den Standard darstellenden, TYTON®-Verbindung. Durch diese neue, einfach zu montierende Verbindungstechnik konnten die Verlegeleistung von Gussrohren erheblich gesteigert werden.

Das seit Mitte der 60er Jahre verwendete duktile Gusseisen bedingte einige Jahre später die Einführung verschiedener Beschichtungssyteme. So wurden und werden duktile Gussrohre seit dem mit einem Zink-Überzug versehen – in der ersten Zeit mit zusätzlicher bituminösen Deckbeschichtung – später mit einer Deckbeschichtung auf Basis Epoxidharz. In diese Zeit fällt auch die Entwicklung der Zementmörtel-Umhüllung. Diese wird bis heute unter anderem für die, in weiteren Verlauf dieses Buches beschriebenen, grabenlosen Einbauverfahren verwendet.

In den 1970er Jahren setzte dann die Entwicklung von längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen ein. Zuerst als Ersatz für Betonwiderlager konzipiert, setzte sich schnell auch die Verwendung dieser Verbindungen bei grabenlosen Einbauverfahren durch. Den heutigen Stand der Technik stellt im Bereich der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen das BLS®-System dar. Es zeichnet sich durch einfachste und schnelle Montage und dennoch höchste Belastbarkeit aus.

### 3.2 Herstellung

Als Ausgangsstoff für duktile Gussrohre der Firma Duktus werden ohne Ausnahme hochwertigste Materialien verwendet. Für die Gewinnung des Eisens kommt ausschließlich Recyclingmaterial (Eisen- und Stahlschrott) zum Einsatz. Dadurch sind duktile Gussrohre besonders nachhaltig, da diese zum größten Teil aus Recyclingmaterial hergestellt werden und nach Ablauf der extrem langen technischen Nutzungsdauer von bis zu 140 Jahren wieder zu fast 100% recycled werden können.

Der verwendete Schrott wird mit Koks und weiteren Zuschlagstoffen in einem Kupolofen erschmolzen und anschließend der Magnesiumbehandlung zugeführt. Natürlich wird das Roheisen und das behandelte Eisen in engen Abständen auf seine chemische Zusammensetzung und mechanischen Eigenschaften überprüft.

Das nunmehr duktile Gusseisen wird auf die verschiedenen Schleudergussmaschinen verteilt. Hier werden nach dem De Lavaud-Verfahren die „Gussrohrrohlinge“ gegossen. Zur Ausbildung der Muffeninnenkonturen wird ein je nach Verbindungsart unterschiedlich ausgeprägter Sandkern in die Schleuderform (Kokille) eingesetzt. Es folgt das Glühen der Rohre bei ca. 960°C, durch das die Rohre letztendlich ihre duktilen Eigenschaften erhalten.

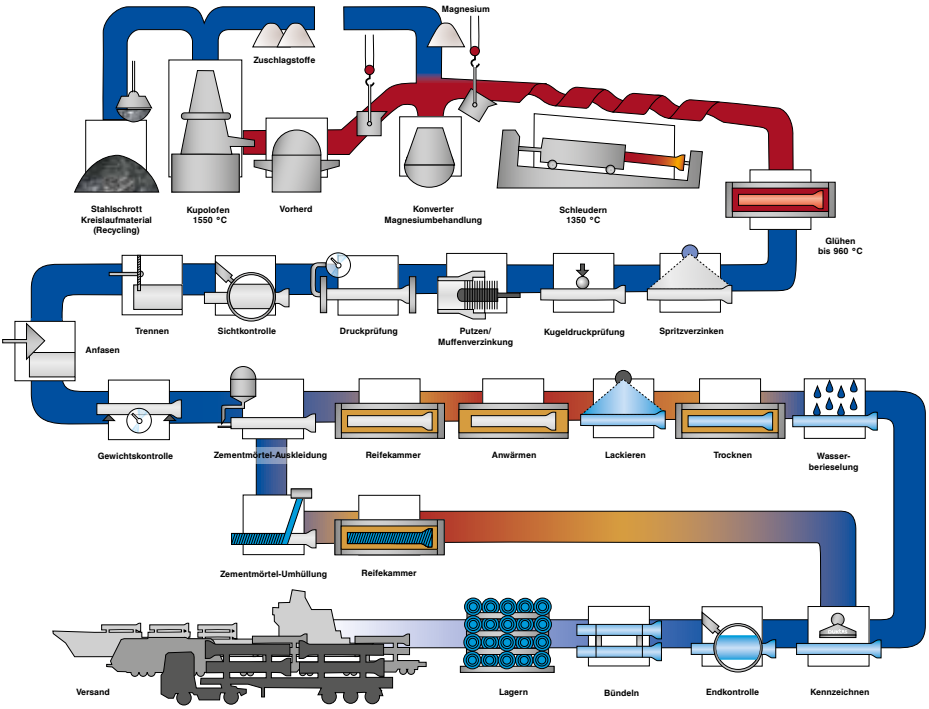
An den Glühofen schließt sich die Putz- und Prüfstrecke an. Hier bekommen die Rohre ihre Zink-(Aluminium)-Beschichtung und werden unter anderem maßlich überprüft und mit bis zu 50 bar auf Dichtheit getestet. In regelmäßigen Intervallen werden Materialproben entnommen und auf Einhaltung der Parameter kontrolliert.

Im weiteren Verlauf bekommen Rohre mit BLS®-Verbindung eine Schweißraupe, bevor alle Rohre eine Zementmörtel-Auskleidung erhalten. Dies erfolgt im Verfahren I nach DIN 2880 [13].

Nun fehlt lediglich noch die Außenbeschichtung. Hierfür stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Den Standard stellt eine Epoxidharz-Deckbeschichtung dar. Alternativ kann aber auch eine Zementmörtel-Umhüllung [7] auf das verzinkte Rohr aufgebracht werden. Die sogenannte ZMU kann später in Böden mit einem Größtkorn von bis zu 100 mm, in Böden beliebiger Korrosivität oder grabenlos eingebaut werden. Weiterhin bedingt die ZMU eine Verlängerung der zu erwartenden technischen Nutzungsdauer auf bis zu 140 Jahre [10].

Im letzten Abschnitt des Produktionsprozesses werden Markierungen aufgebracht, Trinkwasserrohre verdeckelt, die Rohre gebündelt und eine abschließende Qualitätskontrolle durchgeführt.

Bild 3.6
schematische Darstellung des Produktionsprozesses



### 3.3 Werkstoff

Duktiles Gusseisen ist ein zäher Eisen-Kohlenstoff-Werkstoff, dessen Kohlenstoffanteil überwiegend als Graphit in freier Form vorliegt. Vom Grauguss unterscheidet er sich hauptsächlich durch die Gestalt der Graphitteilchen. Das Wort „duktil“ leitet sich vom lateinischen ducere, ductus = führen, verformen ab und bedeutet verformbar. Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen werden statisch als biegeweiche oder flexible Rohre betrachtet.

Beim Grauguss (Bild 3.7) setzen Graphitlamellen wegen ihres Kerbeffekts die relativ hohe Festigkeit des Grundgefüges herab, wobei sie seine Bruchdehnung unter 1% sinken lassen.

Im duktilen Gusseisen ist der Graphit kugelig ausgebildet (Bild 3.8). Diese Sphärolite beeinflussen die Eigenschaften des metallischen Grundgefüges nur unwesentlich. Während beim Gusseisen mit Lamellengraphit die Spannungslinien an den Spitzen der Graphitlamellen stark verdichtet werden, umfließen bei duktilem Gusseisen die Spannungslinien den in Kugelform ausgeschiedenen Graphit fast ungestört. Aus diesem Grunde lässt sich duktiles Gusseisen unter Last verformen.

Eine Behandlung des flüssigen Eisens mit Magnesium bewirkt, dass bei der Erstarrung der Kohlenstoff in weitgehend kugeliger Form kristallisiert. Dies hat eine erhebliche Steigerung von Festigkeit und Verformbarkeit im Vergleich zum Grauguss zur Folge.

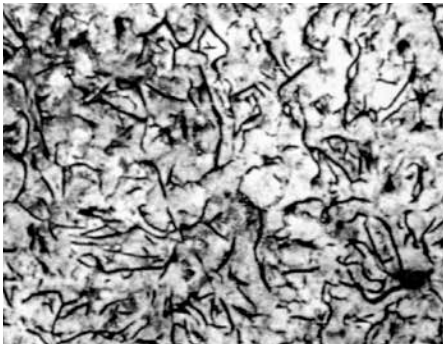


Bild 3.7
Grauguss unter dem Mikroskop
in 100-facher Vergrößerung

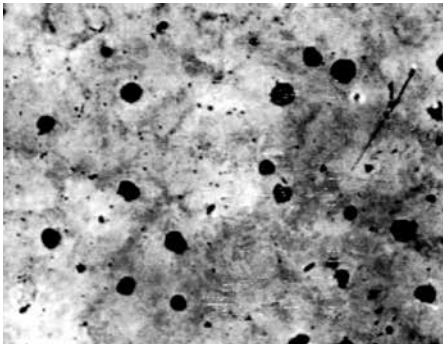


Bild 3.8
duktiles Gusseisen unter dem Mikroskop
in 100-facher Vergrößerung

Entsprechend der maßgebenden Normen EN 545 [11] und EN 598 [12] muss der als Graphit vorliegende Kohlenstoffanteil überwiegend kugelige Form haben, damit die Werkstücke die geforderten Eigenschaften bekommen. Das Grundgefüge der Rohre soll vorwiegend ferritisch sein da Ferrit bei niedrigster Härte zu höchsten Dehnungswerten führt. Formstücke und Zubehörteile werden in Sandformen erzeugt und besitzen ein ferritischperlitisches Gefüge. Sie bedürfen keiner zusätzlichen Wärmebehandlung

Entsprechend der EN 545 [11] und EN 598 [12] sind Zugfestigkeit und Bruchdehnung mittels runder Probestäbe zu prüfen. Weiterhin ist die Härte des Materials zu bestimmen. Sie ist nach oben begrenzt, um eine spanende Bearbeitung z. B. bei Flanschen, zu ermöglichen. Die genormten Werte für die mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften enthält Tabelle 3.1.
Im Bereich der Wärmeeinflusszone von Schweißnähten sind höhere Härten zulässig.Bei Schleudergussrohren können zusätzlich zur Norm im Werk routinemäßige Duktilitätsprüfungen mit Hilfe von Ringfaltproben oder Kugeldruckproben durchgeführt werden.

| Art der Gussstücke | Mindest-Zugfestigkeit $R_m$ [MPa] | Mindest-Bruchdehnung A [%] | |
|---|---|---|---|
| | DN 40 bis DN 2000 | DN 40 bis DN 1000 | DN 1100 bis DN 2000 |
| Schleudergussrohre | 420 | 10 | 7 |
| Nicht nach dem Schleudergussverfahren hergestellte Rohre, Formstücke und Zubehörteile | 420 | 5 | 5 |

Die 0,2 % Dehngrenze ($R_{p0,2}$) kann bestimmt werden. Sie darf nicht kleiner sein als:
- 270 MPa, wenn A ≥ bei DN 40 bis DN 1000 oder A ≥ 10 % bei DN > 1000
- 300 MPa in allen anderen Fällen

Für Schleudergussrohre von DN 40 bis DN 1000 und einer Mindestwanddicke von ≥ 10 mm muss die Bruchdehnung mindestens 7 % betragen.

Tabelle 3.1: Werkstoffeigenschaften von duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 [11]

### 3.4 Beschichtungen

Duktile Gussrohre können mit verschiedenen Innen- und Außenbeschichtungen, abgestimmt auf den jeweiligen Anwendungsfall, versehen werden. Für die innere Beschichtung verwendet die Firma Duktus ausschließlich Zementmörtel-Auskleidungen, da sich diese nach Jahrzehnte langer Erfahrung als Optimum für die innere Beschichtung von Gussrohren erwiesen hat.

Die Außenbeschichtungen bestehen im Wesentlichen aus einem Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug mit einer Deckbeschichtung. Die Deckbeschichtungen können dabei unterschiedlichste Eigenschaften haben. Die jeweilige Farbe hat jedoch keinen Einfluss auf die Verwendung und die Haltbarkeit.

### 3.4.1 Innen

Grundsätzlich beschichten wir unsere duktilen Gussrohre innen mit einer 4 bis 6 mm starken Zementmörtel-Auskleidung (ZMA). Je nach Durchflussmedium (Trinkwasser, Abwasser, Oberflächenwasser, Rohwasser, etc.) kann zwischen einem Hochofenzement und einem Tonerdeschmelzzement gewählt werden.

Die Vorteile einer ZMA bestehen unter anderem in der extrem guten Abriebfestigkeit und dem aktiven Korrosionsschutz. Im Gegensatz zu Auskleidungen aus Kunststoffen wird der Korrosionsschutz auch bei kleineren Beschädigungen (z. B. Risse) aufrecht erhalten.

Die ZMA von Rohren aus duktilem Gusseisen ist integraler Bestandteil des Produkts. Daher sind die Anforderungen und Prüfmethoden in der Produktnorm EN 545 [11] enthalten. Der Einsatzbereich und die Anwendungsgrenzen der beschriebenen Zementmörtel-Auskleidung sind im informativen Anhang E der EN 545 [11] angegeben. Danach ist die Standardauskleidung mit dem Bindemittel Hochofenzement generell für den Trinkwasserbereich uneingeschränkt geeignet, wenn die transportierten Trinkwässer der europäischen Trinkwasserrichtlinie bzw. den nationalen Trinkwasserverordnungen entsprechen. Für andere Wässer (z. B. Rohwässer, Brauchwässer) können entsprechend Tabelle 3.2 und ATV-DVWK M 168 [16] andere Zemente als Bindemittel eingesetzt werden. Eine breite Informationsbasis zu Anwendungsbereichen und Besonderheiten von Zementmörtel-Auskleidungen metallischer Rohre stellt DIN 2880 [13] dar. Hier werden Verhalten und Anforderungen an die Auskleidungen für alle Arten von Wässern, Salzwässern und Solen beschrieben. Zusätzlich gibt es Hinweise auf die Beurteilung von Schwind- und Trocknungsrissen in den ZM-Auskleidungen sowie über deren Selbstheilungsverhalten. Das DVGW-Arbeitsblatt W 346 [14] gibt praxisorientierte Empfehlungen zu Druckprüfung, Spülung, Desinfektion, Einfahren und Betrieb von Trinkwasserleitungen mit Zementmörtel-Auskleidung. Das DVGW-Arbeitsblatt W 347 [15] enthält trinkwasserhygienische Anforderungen und Prüfmethoden an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich, also auch Zementmörtel-Auskleidungen von Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen.

| Wasserkennwerte | Portland-Zement | Sulfatbeständige Zemente (einschließlich Hochofen-Zemente) | Tonerde-Zement |
|---|---|---|---|
| pH Bereich | 6-12 | 5,5-12 | 4-10 |
| Maximalgehalt [mg/l] für: | | | |
| aggressives $CO_2$ | 7 | 15 | unbegrenzt |
| Sulfat ($SO_4^{--}$) | 400 | 3.000 | unbegrenzt |
| Magnesium ($Mg^{++}$) | 100 | 500 | unbegrenzt |
| Ammonium ($NH_4^{+}$) | 30 | 30 | unbegrenzt |

Tabelle 3.2: Einsatzbereiche von Zementmörtel-Auskleidungen

### 3.4.2 Außen

Umhüllungen schützen Gussrohrleitungen dauerhaft. Werkseitige Umhüllungen von duktilen Gussrohren richten sich nach den Bodenbedingungen bzw. Einbauverfahren.

Rohre werden grundsätzlich mit Werksumhüllungen geliefert. Die Korrosionsschutz-Maßnahmen gilt es so zu wählen, dass die Dauerhaftigkeit der Rohrleitung sichergestellt ist.

Dabei sind genaue Kenntnisse über die Bodenarten erforderlich, in welchen die Rohrleitungen eingebaut werden sollen.

In den Produktnormen EN 545 [11] und EN 598 [12] werden die Einsatzgrenzen verschiedener Umhüllungssysteme von Rohren, Formstücken und Zubehörteilen in Bezug auf wichtige, für duktiles Gusseisen korrosionsfördernde Bodenparameter in einem informativen Anhang D dargestellt. Hierzu gehören:

- spezifischer Bodenwiderstand,
- pH-Wert,
- Basenkapazität,
- Lage zum Grundwasser,
- Heterogenität (Mischböden),
- Vorhandensein von Abfällen, Aschen, Schlacken, Abwasser,
- Torfböden,
- Auftreten von Streuströmen.

Für grabenlosen Einbauverfahren, wie sie im weiteren Verlauf diese Buches beschrieben werden, sind die oben genannten Parameter von untergeordneter Bedeutung, da hierfür fast ausschließlich Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) nach DIN EN 15 542 [7] zum Einsatz kommen (Bild 3.9).

Duktile Gussrohre mit ZMU können in Böden beliebiger Korrosivität und bis zu einem Größtkorn von 100 mm eingesetzt werden [55]. Die ZMU verhindert den Zutritt aggressiver Medien und widersteht außerdem mechanischen Belastungen bei Transport und Einbau. Vor allem bei der zunehmenden Anwendung der grabenlosen Einbautechniken hat sich diese Umhüllung hervorragend bewährt. Die mechanische Belastbarkeit der ZMU wird nach [7] durch drei Anforderungen bestimmt:

- Rissfreiheit im Ringverformungsversuch,
- Haftzugfestigkeit,
- Schlagbeständigkeit.

Die Anforderungen sind so festgelegt, dass Beschädigungen der Zementmörtelschicht sowohl bei fachgerechtem Transport als auch bei Einbau in schwierigstem Gelände ausgeschlossen werden können.

Falls Verletzungen dennoch einmal auftreten sollten (z. B. beim Einbau im Berstliningverfahren), werden Beschädigungen durch die Zinkschicht mit ihrer Fernwirkung aktiv geschützt.

Die Verbindungsbereiche werden für grabenlose Einbauverfahren wie auf Bild 3.10 zu sehen mit einem Gummischutzmanschette oder Schrumpfmuffe und einem Stahlblechkegel geschützt.

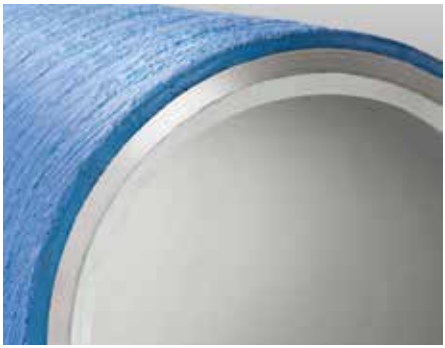


Bild 3.9 duktiles Gussrohr mit ZMU

3.10 Verbindungsschutz für grabenlose Einbauverfahren

### 3.5 Verbindungstechnik

Bei duktilen Gussrohren unterscheidet man grundsätzlich zwischen nicht längskraftschlüssigen und längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen.

Zu den nicht längskraftschlüssigen Verbindungen zählt zum Beispiel die TYTON®-Steckmuffen-Verbindung nach DIN 28 603 [50]. Solche Verbindungen sind nur bedingt für grabenlose Verlegetechniken geeignet. Als einziges Verfahren kommt das Einschieben im Langrohrrelining nach DVGW GW 320-1 [17] in Betracht. Durch das Einschieben wird die Schubkraft vom Spitzende über den Muffengrund in das nächste Rohr übertragen (Bild 4.71). Zulässige Einschubkräfte sind im genannten Arbeitsblatt bzw. im weiteren Verlauf dieses Buches angegeben.

Längskraftschlüssige Muffenverbindungen wiederum unterscheiden sich in reibschlüssig und formschlüssig.

Erstgenannte Verbindungen sind gemäß der DVGW-Arbeitsblättern GW 320-1 [17] bis 324 [38] für grabenlose Einbauverfahren nicht geeignet. Gemäß den vorgenannten Arbeitsblättern sind ausschließlich formschlüssige Verbindungen zu verwenden (Ausnahme Einschieben im Langrohrrelining).

Duktus bietet hierfür die formschlüssige BLS®-Verbindung (Bild 3.11) in den Nennweiten DN 80 bis DN 1000 an. Die BLS®-Verbindung zeichnet sich vor allem durch folgende Punkte aus:

- Einfachste Montage ohne Spezialwerkzeuge (siehe Einbauanleitung Kapitel 7)
- Montage innerhalb weniger Minuten (siehe Tabelle 3.3)
- Verwendbar bei jeder Witterung, ob Hochsommer oder tiefster Winter
- Konstante Zugkräfte auch bei Temperaturen über 20 °C und längerer Belastungsdauer
- Keine Abkühlzeiten – sofortige Belastung nach Installation möglich
- Höchste Zugkräfte und damit Sicherheit (siehe Tabelle 3.3)
- Abwinkelbar bis 5° = Radius 69 m (siehe Tabelle 3.3)
- Verwendung in Einzelrohrmontage oder Einzug als vormontierter Rohrstrang
- Nach oder vor dem Einzug – einfachste Druckprüfung durch schnell (de)montierbare BLS®-Formstücke (keine Verbau der Rohrenden notwendig)

Bild 3.11 BLS®-Verbindung

| DN | Bauteil-betriebs-druck PFA [bar] [1] | zulässige Zugkraft $F_{zul.}$ [kN] [2] | | mögliche Abwin-kelbarkeit der Muf-fen[3] [°] | minimaler Kurvenra-dius [m] | Anzahl Monteure | Montagezeit ohne Ver-bindungs-schutz [min] | Montagezeit bei Verwen-dung einer Schutzman-schette [min] | Montagezeit bei Verwen-dung von Schrumpf-manschetten [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DVGW | Duktus | | | | | | |
| 80* | 110 | 70 | 115 | 5 | 69 | 1 | 5 | 6 | 15 |
| 100* | 100 | 100 | 150 | 5 | 69 | 1 | 5 | 6 | 15 |
| 125* | 100 | 140 | 225 | 5 | 69 | 1 | 5 | 6 | 15 |
| 150* | 75 | 165 | 240 | 5 | 69 | 1 | 5 | 6 | 15 |
| 200 | 63 | 230 | 350 | 4 | 86 | 1 | 6 | 7 | 17 |
| 250 | 44 | 308 | 375 | 4 | 86 | 1 | 7 | 8 | 19 |
| 300 | 40 | 380 | 380 | 4 | 86 | 2 | 8 | 9 | 21 |
| 400 | 30 | 558 | 650 | 3 | 115 | 2 | 10 | 12 | 25 |
| 500 | 30 | 860 | 860 | 3 | 115 | 2 | 12 | 14 | 28 |
| 600 | 32 | 1200 | 1525 | 2 | 172 | 2 | 15 | 18 | 30 |
| 700 | 25 | 1400 | 1650 | 1,5 | 230 | 2 | 16 | – | 31 |
| 800 | 16/25[3] | – | 1460 | 1,5 | 230 | 2 | 17 | – | 32 |
| 900 | 16/25[3] | – | 1845 | 1,5 | 230 | 2 | 18 | – | 33 |
| 1000 | 10/25[3] | – | 1560 | 1,5 | 230 | 2 | 20 | – | 35 |

[1] Berechnungsgrundlage Wanddickenklasse K9. Höhere Drücke und Zugkräfte sind teilweise möglich und mit dem Rohrhersteller abzustimmen. [2] Bei geradlinigem Trassenverlauf (max. 0,5° pro Rohrverbindung) können die Zugkräfte um 50 kN angehoben werden. DN 80 - DN 250 Hochdruckriegel erforderlich.
[3] bei Nennmaß, ˙Wanddickenklassen K10

Tabelle 3.3 technische Daten und Montagezeiten der BLS®-Verbindung

Die zulässigen Zugkräfte des GW 320-1 [17] bis GW 324 [38] erschienen den Fachleuten der Berliner Wasserbetriebe (BWB), die ihrerseits das grabenlose Auswechseln der alten Graugussnetze forcierten, als zu niedrig. So wurden in gemeinsamer Anstrengung der Gussrohrindustrie, der Fa. Karl Weiß und der BWB axiale Zugversuche an Rohren im Nennweitenbereich DN 100 bis DN 200 ohne Innendruck bis zum beginnenden Versagen durchgeführt [18].

Die dabei erzielten Ergebnisse weisen eine etwa dreifache Sicherheit gegenüber den in den DVGW-Arbeitsblättern angegebenen Werten aus.

Sehr gute Übereinstimmung mit den experimentell ermittelten Werten für die zulässige Zugkraft zeigte eine von Prof. Bernhard Falter [19] durchgeführte FEM-Berechnung.

Die hohe Sicherheit der im DVGW-Regelwerk verzeichneten Tabellenwerte für die zulässige Zugkraft von formschlüssigen Verbindungen duktiler Gussrohre hatte drei Folgen:

1. erhöhten die BWB in ihrem firmeninternen Technischen Regelwerk die zulässige Zugkraft gegenüber den Angaben im DVGW-Regelwerk massiv, weil sie nach vielfältigen Praxiserfahrungen von der Leistungsfähigkeit der Verbindungen überzeugt sind
2. wurde in den Tabellen der DVGW-Regeln eine Fußnote eingefügt, wonach die zulässige Zugkraft bei geradlinigen Trassen mit weniger als 0,5° Abwinkelung (= 687 Meter Kurvenradius) um 50 kN erhöht werden kann (siehe Tabelle 3.3).
3. erhöhte Duktus seine zulässigen Zugkräfte für die BLS®-Verbindung auf die in Tabelle 3.3 angegebenen Werte.

### 3.6 Zusammenfassung

Rohre aus duktilem Gusseisen von Duktus mit formschlüssiger BLS®-Verbindung weisen von allen gängigen Wasserleitungswerkstoffen die höchsten zulässigen Zugkräfte auf. Dies erlaubt größere Baugrubenabstände bei der Anwendung duktiler Gussrohre und verbessert so deren Wirtschaftlichkeit, ohne dass Abstriche bei der Sicherheit hingenommen werden müssen. Zusätzliche Steigerungen, sowohl für Betriebsdruck als auch für die zulässige Zugkraft, sind mit einer Erhöhung der Wanddickenklasse möglich, bedürfen jedoch besonderer Vereinbarungen mit unserer Anwendungstechnik.

Zusammen mit der Zementmörtel-Umhüllung stellt die BLS®-Verbindung die perfekte Kombination als Rohrleitungsmaterial für grabenlosen Rohrneuverlegungen oder Auswechslungen dar. Während die BLS®-Verbindung maximale Zugkraft und damit höchstmögliche Sicherheit bzw. Einbaulängen garantiert, bietet die Zementmörtel-Umhüllung den bestmöglichen Korrosionsschutz gepaart mit herausragenden mechanischen Schutzeigenschaften.

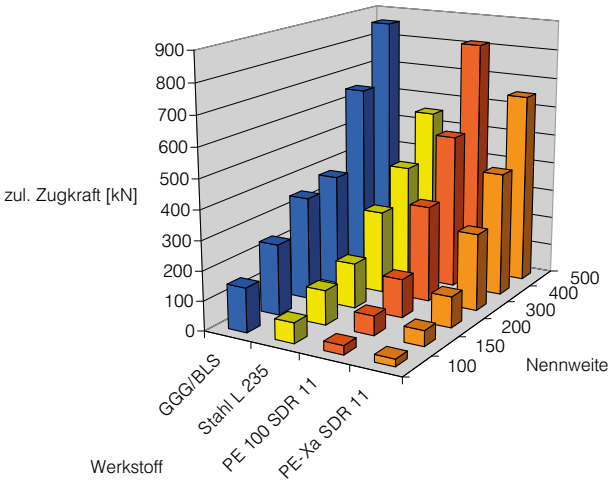



Bild 3.12 maximal zulässige Zugkräfte verschiedener Werkstoffe nach DVGW GW 320-1 [17] bis GW 324 [38]

## 4. Grabenlose Einbauverfahren

Bei den grabenlosen Einbauverfahren unterscheiden wir im weiteren Verlauf dieses Buches grundsätzlich in:

- Verfahren zur trassengleichen Auswechslung bestehender Leitungen
  Hierzu zählen das Berstlining, das Press-Zieh-Verfahren und das Hilfsrohr-Verfahren. Bei diesen Verfahren wird die vorhandene Rohrtrasse zum Einbringen eines neuen Rohres in gleicher oder abweichender Dimension genutzt.
- Grabenlose Neuverlegung von Rohrleitungen
  Die üblichen Verfahren für duktile Gussrohre stellen das Spülbohren (HDD), das Einpflügen und das Einfräsen, aber auch der gesteuerte Pilotvortrieb dar.
- Reliningverfahren
  Unter Relining versteht man das Einziehen oder Einschieben eines Neurohres in ein altes, größeres Medienrohr. Gewöhnlich geht dies mit einer Querschnittverkleinerung einher.
- Sonstige Verfahren
  Die in diesem Buch beschriebenen „sonstigen grabenlosen Einbauverfahren“ können im weitesten Sinne als grabenlos eingeordnet werden. Erwähnung finden die fliegende Leitung, das Einschwimmen von duktilen Gussrohren, sowie Dükerleitungen.

Im weiteren Verlauf werden die oben genannten Verfahren einzeln erklärt und auf Besonderheiten im Zusammenhang mit der Verwendung von duktilen Gussrohren hingewiesen.

### 4.1 Verfahren zur trassengleichen Auswechslung bestehender Leitungen

#### 4.1.1 Berstlining

**Allgemeines**

Das Berstlining wird zur grabenlosen und trassengleichen Erneuerung von Rohrleitungen eingesetzt. Hierfür wird die vorhandene Altrohrleitung mittels eines Berstkopfes zerstört, gleichzeitig durch eine Aufweitstufe (siehe Bild 4.2) in das umgebende Erdreich verdrängt und der neue Rohrstrang eingezogen. Das Altrohr-Material verbleibt als Scherben im Erdreich. Dies birgt je nach Material sowohl Vorteile in Bezug auf Entsorgung, als auch Nachteile in Punkto Belastung des neuen Rohres. Unter Verwendung von duktilen Gussrohren mit Zementmörtel-Umhüllung kann jedoch von einer Unempfindlichkeit des Rohrkörpers und der ZMU gegenüber den entstehenden Belastungen (z. B. Scherben) ausgegangen werden.

Man unterscheidet beim Berstlining das dynamische und das statische Verfahren.

Das Berstlining wurde in seiner dynamischen Arbeitsweise (Bild 4.1) aus der Bodenrakete mit Aufweitkopf entwickelt und diente ursprünglich der Erneuerung von Abwasserkanälen aus Steinzeug.

Bei zu geringen Abständen zu benachbarten Leitungen und Bauwerken waren diese jedoch durch die entstehenden Erschütterungen gefährdet.

Bild 4.1 dynamisches Berstlining

Deswegen entwickelte sich in der Folge das statische Berstlining. Hierbei wird ein Aufweitkopf (Bild 4.2), dessen erste Stufe mit Brechrippen bestückt sein kann, durch stetig und erschütterungsfrei arbeitende Ziehgeräte durch die Altrohrleitung gezogen und diese dadurch aufgeborsten. Die neuen Rohre werden unmittelbar an den Berst-/Aufweitkopf angekoppelt und in den mit etwa 10 Prozent Überschnitt aufgeweiteten Kanal eingezogen.

Bild 4.2 Berstkopf mit Rippen, Aufweitstufe und BLS®-Zugkopf

Beide Berstliningverfahren, das statische sowie das dynamische, finden in der heutigen Praxis Anwendung und sind weit verbreitet. Diesem Umstand hat der DVGW mit dem Merkblatt GW 323 [20] Rechnung getragen und damit Kriterien zur Verfahrensdurchführung mit den damit verbundenen Anforderungen und Gütesicherungen geschaffen.

Berstlining eignet sich besonders gut für Altrohre aus sprödem Material wie Asbestzement, Steinzeug oder Grauguss. Aber auch Rohre aus Stahl oder duktilem Gusseisen können mit dem statischen Verfahren mit Hilfe spezieller Schneidköpfe „geborsten“ werden. Das neu eingezogene Rohr kann in gleicher Nennweite wie das Altrohr oder, je nach Größe des verwendeten Aufweitkopfes, in größeren Dimensionen eingezogen werden.

Eine Nennweitenvergrößerung bis zu zwei Stufen ist möglich. Kann die Neurohrleitung kleiner sein als die Altrohrleitung, bietet sich das Langrohrrelining als Alternative an.

Bei duktilen Gussrohren ist ein Aufweitmaß (siehe Bild 4.3) größer dem Muffenaußendurchmesser zu wählen. Über das Aufweitmaß (AM) ist, in Anlehnung an das GW 323 [20], der benötigte Abstand zu benachbarten Versorgungsträgern und die Überdeckungshöhe zu bestimmen. Folgende Mindestabstände sind nach [20] einzuhalten:

- parallele Leitung: > 3 x AM, min. 40 cm
- parallele bruchgefährdete Leitungen < DN 200: > 5 x AM, min 40 cm
- parallele bruchgefährdete Leitungen ab DN 200: > 5 x AM, min 100 cm
- kreuzende Leitungen im kritischen Abstand möglichst freilegen
- Rohrdeckung: > 10 AM

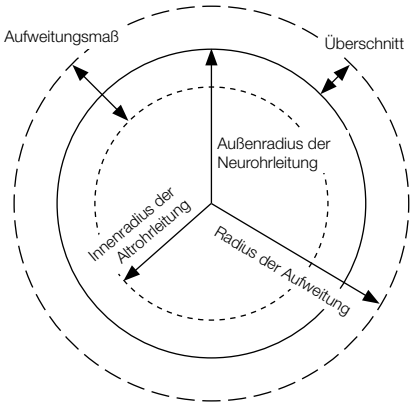



Bild 4.3 Definition des Aufweitungsmaßes

Ein weiterer Vorteil des Berstlinings von Altrohren aus Asbestzement kann darin gesehen werden, dass die problematische und arbeitsschutztechnisch schwierige Bearbeitung der Altrohre bei einem Auswechseln im offenen Graben entfällt [21].

Im Bereich von Verteilungsnetzen ist der Einsatz des Berstlinings (bzw. jedes grabenlosen Auswechselns) in erster Linie von der Anzahl der erforderlichen Zwischenbaugruben abhängig. Zwischenbaugruben für Hausanschlüsse, Armaturen, Richtungs- und Querschnittsänderungen und Abzweige sollten angelegt werden. Bögen bis 11° können gewöhnlich durchfahren werden. Bei zu enger Abfolge von Hausanschlussleitungen kann die Auswechslung im offenen Graben wirtschaftlicher sein [5]. Genau so wichtig ist die Genauigkeit der Dokumentation der bestehenden Altleitung. Unter anderem sind folgende Punkte zu dokumentieren:

- Rohrdurchmesser und Werkstoff des Altrohres
- Nennweiten- und Werkstoffwechsel
- Überdeckungshöhe
- Richtungsänderungen
- Horizontale und vertikale Rohretagen
- Abzweige oder Anschlüsse
- Wassertöpfe
- Armaturen
- Betonwiderlager
- Formstücke, Schellen usw.
- parallele und querende Leitungsanlagen.

Treten hier durch mangelhafte Grundlagenermittlung zu viele „Überraschungen“ während der Bauphase auf, kann sich der Bauherr schnell einer Fülle von Nachträgen gegenüber sehen.

### Verfahrensbeschreibung

Wie bereits beschrieben, unterscheidet man das dynamische und statische Verfahren.

Bei beiden werden unter Verwendung eines Berstkopfes Kräfte in die Altrohrleitung eingeleitet, die dadurch zerstört wird. Spröde Werkstoffe werden in Scherben (Bild 4.4) aufgeborsten, alle anderen aufgeschnitten (Bild 4.5). Die Scherben bzw. das aufgeschnittene Rohr wird in das umgebende Erdreich verdrängt.

Bild 4.4 Grauguss-Scherben

### Dynamisches Verfahren

Die zum Bersten notwendige Krafteinleitung erfolgt in Rohrlängsrichtung durch eine Art Erdrakete. Diese wird durch einen Kompressor angetrieben, der über einen Schlauch mit ihr verbunden ist. Zur Führung des Berstkopfes wird dieser mit einem Zugseil, das durch das Altrohr gezogen wird, durch eine Winde von der Zielgrube aus gezogen. Das dynamische Verfahren ist besonders für stark verdichtete und steinige Böden sowie spröde Altrohre geeignet, ist jedoch für die Neuverlegung von duktilen Gussrohren als ungeeignet zu betrachten.

Bild 4.5 Kontrolliert aufgeschnittenes Altrohr

### Statisches Verfahren

Bei diesem Verfahren wird die Kraft in den Berstkopf durch ein Zuggestänge eingeleitet, das von der Zielgrube aus durch die Altrohrleitung von der Zugmaschine bis zum Berstkopf geführt wird (Bild 4.6).

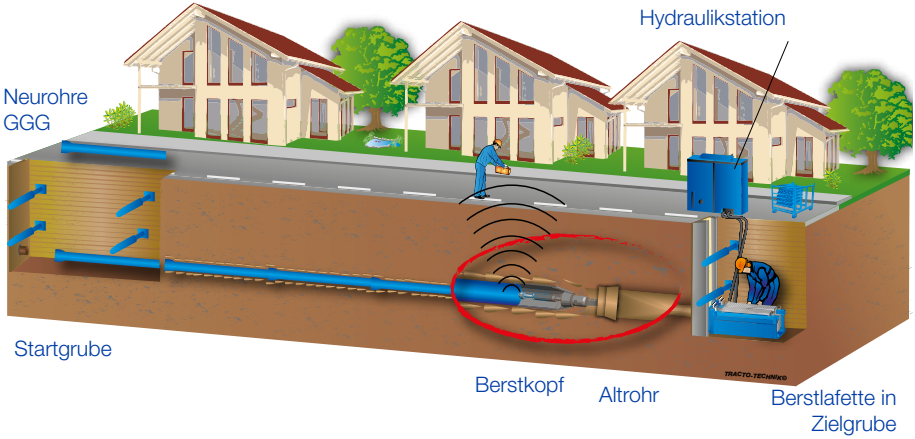



Bild 4.6 Schematische Darstellung einer Berstlining-Baustelle

Die Zugmaschine stützt sich während des Zugvorganges gegen die Grabenwand der Zielgrube ab. Das Zuggestänge wird sukzessive zurückgebaut. Das statische Verfahren eignet sich für gut verdrängbare, homogene Böden und ist für die Neuverlegung von duktilen Gussrohre geeignet.

Die bisher größte im Berstliningverfahren eingezogene Nennweite ist DN 600. Prinzipiell ist jedoch jede Nennweite, also auch DN 1000, einsetzbar. Je nach zu berstender Nennweite und zu erwartender Aufweitung sind die Zugleistungen der eingesetzten Maschinen auszulegen. Als grobe Einteilung können folgende Zugleistungen, in Abhängigkeit vom Altrohr-Durchmesser, angenommen werden, siehe hierzu [22]:

- ≤ DN 250 → 400 kN
- > DN 250 ≤ DN 400 → 770 kN
- > DN 400 ≤ DN 600 → 1250 kN
- > DN 600 bis DN 1000 → 2500 kN

Die zu erwartenden Zugkräfte sind darüber hinaus aber auch noch abhängig von einigen anderen Faktoren, wie z. B.: dem Aufweitmaß, dem anstehenden Boden und der Haltungslänge. Der größte Anteil an den Zugkräften wir durch das Aufbrechen des Altrohres und das Aufweiten hervorgerufen. Hinzu kommt ein relativ kleiner Anteil aus Mantelreibung des Rohres.

Die üblichen Haltungslängen liegen zwischen 50 und 200 m. Größere Längen sind theoretisch auch möglich, da ja nur ein kleiner Teil der Zugkraft auf das Rohrmaterial und dessen Länge und folglich Mantelreibung zurückzuführen ist. Begrenzt werden die Haltungslängen aber meist durch örtliche Gegebenheiten, wie Richtungsänderungen oder sonstige Einbauten. Welche Längen tatsächlich möglich und sinnvoll sind, ist für jedes Objekt separat festzulegen.

Bild 4.7 Schneidrad für duktile Werkstoffe

Bild 4.8 Rollenschneidmesser mit Aufweitstufe

Inzwischen liegen auch Praxiserfahrungen mit der Auswechslung duktiler Rohrwerkstoffe (GGG und Stahl) durch Rohre aus duktilem Gusseisen vor. Hier werden die Altrohre mit speziellen Perforier- und Schneidrädern (Bild 4.7 und 4.8) aufgeschnitten und mit dem nachfolgenden Aufweitkopf so weit aufgebogen, dass die Neurohrleitung nachgezogen werden kann. Der Einsatz bis zur Nennweite 500 ist erprobt [4], jedoch zeichnet sich hier der Grenzbereich des Verfahrens ab.

### Beschichtung und Verbindungsart

Wie bereits im Kapitel 3 beschrieben, ist für fast alle grabenlosen Einbauverfahren eine Zementmörtel-Umhüllung und die BLS®-Verbindung erforderlich. So auch beim Berstlining.

Die ZMU bietet einen unübertroffenen mechanischen und chemischen Schutz gegenüber dem anstehenden Erdreich und vor allem den Scherben des Altrohrmaterials. Der Schutz des Muffenbereichs wird dabei durch eine Gummischutzmanschette oder Schrumpfmuffen und einen Blechkonus ergänzt, welcher die Rohrmuffen in ihrer exponierten Lage wirkungsvoll gegen mechanische Beeinflussungen schützt. (siehe Bild 3.10) Kunststoffrohre hingegen dürfen nur mit Schutzmantel eingesetzt werden. (Bemerkung: die in GWF 3/2000 [23] beschriebenen Untersuchungen geben deutliche Hinweise dafür, dass auch dieser Schutzmantel kein universelles Hindernis gegenüber Schädigungen des Kernrohres durch Punktlasten darstellt.)

Wie immer, wenn die BLS®-Verbindung grabenlos eingesetzt wird, ist in den Nennweiten DN 80 bis einschließlich DN 250 ein zusätzlicher Hochdruckriegel zu verwenden. Ab der Nennweite DN 600 werden die Verriegelungssegmente durch eine spezielle Metallschelle fixiert. Die möglichen Zugkräfte für alle Nennweiten der BLS®-Verbindung sind im DVGW-Arbeitsblatt GW 323 [20] bzw. in Tabelle 3.3 dieses Buches hinterlegt. Die tatsächlich entstehenden Zugkräfte sind wie in DVGW Arbeitsblatt GW 323 [20] beschrieben zu messen und zu dokumentieren. Ein Beispiel für eine solche grafische Ausgabe eines Zugkraftprotokolls ist in Bild 4.9 zu sehen.

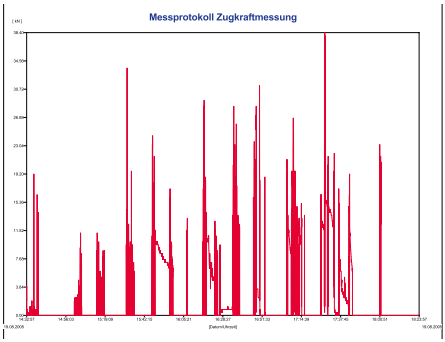



Bild 4.9 Beispiel eines Zugkraftprotokolls

### Anforderungen an das Bauunternehmen

Das mit der Durchführung der Berstliningmaßnahme beauftragte Unternehmen muss die erforderliche Befähigung besitzen. Diese muss dem Auftraggeber nachgewiesen werden und gilt als nachgewiesen, wenn das Unternehmen über ein DVGW-Zertifikat nach DVGW-Arbeitsblatt GW 301 [31] und GW 302 [32] in der entsprechenden Gruppe GN 3 verfügt.
Die mit der Durchführung beauftragte Kolonne muss aus Fachkräften und unterwiesenen Personen bestehen. Pro Jahr ist laut DVGW mindestens eine (interne) Schulung durchzuführen. Die Bedienung der Arbeitsmittel darf nur durch geschultes, mit den Bedienungsanweisungen der Arbeitsmittel und Arbeitsanweisungen vertraut gemachtes Personal erfolgen.

### Referenzliste (Auszug):

| Objekt | DN (Neurohr) | Länge [m] | Baujahr |
|---|---|---|---|
| Ludwigshafen | 300 | 110 | 2012 |
| | 400 | 580 | 2012 |
| | 500 | 1050 | 2012 |
| Linz – Landstrasse | 400 | 200 | 2012 |
| Wilgersdorf | 100 | 150 | 2011 |
| Zürich - Opfikon | 600 | 240 | 2011 |
| Marburg | 150 | 1200 | 2011 |
| Lauenförde | 200 | 1200 | 2010 |
| Brixen | 150 | 60 | 2010 |
| Klagenfurt | 100 | 1000 | 2010 |
| Wien | 150 | 530 | 2009 |
| | 150 | 750 | 2008 |
| | 300 | 480 | 2008 |
| Salzburg | 200 | 300 | 2008 |
| Wien | 200 | 450 | 2007 |
| Zittau | 200 | 600 | 2007 |
| Siegen | 150 | 250 | 2007 |
| Bad Laasphe | 200 | 400 | 2007 |
| Ober Rabenstein | 250 | 3000 | 2006/07 |

### 4.1.2 Press-Zieh-Verfahren

**Allgemeines**

Der größte Innovationsschub auf dem Sektor der grabenlosen Auswechslung ging von Berlin aus. Hier ist, mit einem Alter von bis zu 120 Jahren, das älteste Grauguss-Wasserrohrnetz Deutschlands in Betrieb und muss dringend erneuert werden. Die äußeren Randbedingungen in Berlin erschweren die Auswechslung vor allem wegen folgender zwei Forderungen:

1. Die Rohrleitungen liegen im Wurzelbereich der Straßenbäume am Rand der Bürgersteige. Die Bäume stehen unter strengem Schutz, die Wurzeln dürfen keinesfalls geschädigt werden. Das Anlegen von Rohrgräben mit konventionellem Einbau verbietet sich.
2. Auswechslungsverfahren, bei welchen die Altrohre entweder ganz oder in Bruchstücken in der Trasse verbleiben, können nicht angewendet werden. Alle nicht genutzten Bauteile müssen restlos entfernt werden.

Damit war die Entwicklung zweier spezieller Rohrauswechslungsverfahren – dem Press-Zieh-Verfahren und dem Hilfsrohr-Verfahren – vorprogrammiert; beide sind inzwischen im Technischen Regelwerk des DVGW mit den Arbeitsblättern GW 322-1 [24] und GW 322-2 [25] verankert.

Mit beiden Verfahren können Rohrleitungen grabenlos und trassengleich gegen neue Leitungen gleicher oder größerer Nennweite (z. B. neu DN 125/150 gegen alt DN 100, siehe Tabelle 4.1) ausgewechselt werden, wobei die Rohre der Altleitung entweder in Bruchstücken oder in ganzer Länge geborgen werden. Damit werden folgende Vorteile wahrgenommen:

1. wertvolle Rohstoffe werden wieder dem Materialkreislauf zugeführt,
2. Oberflächen und Natur werden nur minimal beeinträchtigt,
3. der unterirdische Bauraum wird nicht zusätzlich mit neuen Trassen verbaut.
4. Reduzierung der Umweltbelastung durch Altrohrmaterial.

| Nennweite Altrohr | Maximale Nennweite Neurohr |
|---|---|
| DN 80 | DN 150 |
| DN 100 | DN 200 |
| DN 150 | DN 200 |
| DN 200 | DN 300 |
| DN 300 | DN 400 |
| DN 400 | DN 400 |

Tabelle 4.1 Maximale Nennweitenvergrößerung bei der grabenlosen Auswechslung nach GW 322- 1 bzw. GW 322-2

Zusätzliche Pluspunkte der beiden Verfahren sind:

- Die Haltestellen des öffentlichen Busverkehrs brauchen nicht verlegt zu werden
- Der Anlieferverkehr in Geschäftsstraßen wird kaum beeinträchtigt.
- Andere leitungsgebundene Medien werden durch Aufgrabungen nicht gefährdet.
- Je nach verwendeter Maschinentechnik mit einer max. Schallemission von < 54,5 dB(A), ist ein besonders „leises“ und staubfreies Bauen möglich. Es besteht sogar die Möglichkeit, in Wohngebieten ohne nächtliche Unterbrechungen zu arbeiten.

Vor allem im innerstädtischen Baugeschehen mit extrem dicht belegten Leitungstrassen sind parallel verlaufende oder kreuzende Leitungen beim Einsatz großer Tiefbaumaschinen in offenen Gräben stark gefährdet. Diese Gefahr wird mit dem Einsatz grabenloser Auswechslungsverfahren minimiert.

Beide Verfahren (Press-Zieh- und Hilfsrohrverfahren) werden bei Versorgungsleitungen im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 400 eingesetzt. Erforderlich sind:

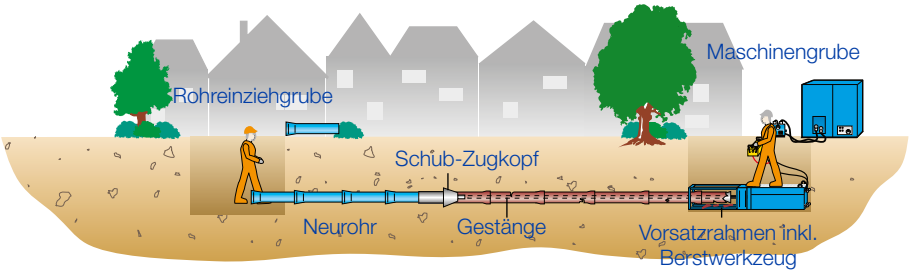
- eine Maschinenbaugrube zur Aufnahme der Maschinentechnik,
- eine Montagegrube für die neuen Rohre (ca. sieben Meter lang),
- Zwischenbaugruben für die Hausanschlüsse bzw. Abzweige.

Der Abstand der Zwischenbaugruben hängt von der Nennweite des Altrohres und dessen Zustand, der Nennweite des neuen Rohres, der Maschinentechnik, der Bodenart, dem Baum- bzw. Wurzelbestand und natürlich von den verkehrs- und medientechnischen Bedingungen ab. Der Abstand der Zwischengruben sollte je nach Verfahren und Örtlichkeit 25 bis 50 Meter nicht überschreiten. Start- und Zielgrube haben bei einem geradlinigen Trassenverlauf bzw. einem minimalen Krümmungsradius von 170 Meter im Normalfall einen Abstand von 100 bis 180 Meter.

Vor dem Auswechselvorgang wird die Altleitung außer Betrieb genommen. Die Anlieger werden über „fliegende“ Interimsleitungen weiter versorgt, deren Wasser in den Hausanschlussgruben in die abgeklemmten Hausanschlussleitungen eingespeist wird.

**Verfahrensbeschreibung**

Beim Press-Zieh Verfahren wird das Altrohr auf einen Spaltkegel geschoben, zerbrochen und in Scherben aus der Maschinen- oder Zwischenbaugrube entnommen. Die Neurohre mit längskraftschlüssigen Verbindungen – z. B. BLS® – werden mittels Zug-/Schubkopf am Ende des Zuggestänges angehängt und in den freiwerdenden Hohlraum nachgezogen. Beide Teilschritte finden gleichzeitig statt. Dabei kann, wie bereits beschrieben noch eine Aufweitstufe hinter den Zugkopf geschaltet werden, durch die bis zu zwei Nennweiten erweitert werden kann (siehe Tabelle 4.1).




Nach dem Herstellen und Verbauen der erforderlichen Start-, Ziel und Zwischenbaugruben werden die darin enthaltenen alten Leitungsabschnitte herausgetrennt und ausgebaut. Hierdurch muss das Altrohr nicht auf einmal über die gesamte Länge vom Erdreich gelöst werden, sondern nur zwischen den einzelnen Gruben. Folge ist eine geringere Zugkraft. Speziell vorbereitete Montage/Startgruben erleichtern die Rohrmontage und vermeiden den Eintrag von Verunreinigungen (Bild 4.10 und 4.11). Auf Grund der Baulänge von Gussrohren sollte deren Länge 7 m bis 8 m nicht unterschreiten.

Bild 4.10 Start- und Montagegrube

Bild 4.11 Montagezubehör

Zunächst wird ein kuppelbares Zuggestänge in die Altleitung eingeschoben und am Ende der Altleitung an einem Übergangsadapter (Bild 4.12) verankert, so dass die alten Rohre beim Auswechselvorgang aus dem Erdreich geschoben werden. Es verbleiben keine Scherben in der Bettungszone der neuen Rohrleitung. Das neue Rohr wird ebenfalls am Übergangsadapter befestigt und simultan mit dem Rohrausbau hinterher gezogen.

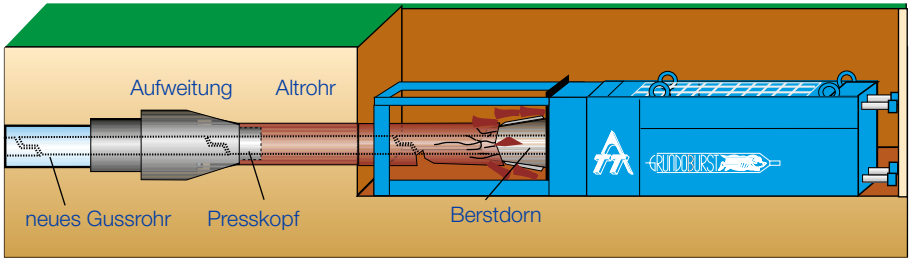



Bild 4.12 Zugmaschine mit Berstdorn und Press-Zieh-Kopf mit Aufweitstufe

Die Zugkräfte werden über das Zuggestänge am Übergangsadapter als axiale Druckkräfte in das Ende der Altleitung eingeleitet. Unter Umständen kann es vorkommen, dass das Altrohr bereits so schwach ist, dass es die auftretenden Schubkräfte nicht aufnehmen und somit nicht aus dem Erdreich herausgepresst werden kann. In solchen Fällen muss das Altrohr vorher verstärkt werden. Dies kann zum Beispiel durch Einziehen eines Leerrohres und anschließendes Verfüllen des Hohlraumes mit Beton zwischen Alt- und Leerrohr erfolgen.

Auf den neu einzuziehenden Rohrstrang wirken nur die Zugkräfte aus dem Eigengewicht und der Mantelreibung. Da die Muffe ähnlich wie ein Aufweitkörper wirkt, entstehen im Allgemeinen nur dort die Kräfte aus Mantelreibung, während der im Durchmesser kleinere, 6 Meter lange Rohrschaft keinen Beitrag für die Entstehung von Mantelreibungskräften liefert.

Das Arbeitsblatt GW 322-1 [24] schreibt eine kontinuierliche Messung und Aufzeichnung dieser Kräfte vor, damit die neue Leitung nicht über die maximal zulässigen Zugkräfte beansprucht wird. Die Zugkraftmessung ist der Nachweis dafür, dass die zulässige Belastung während des Auswechselvorganges nicht überschritten wurde (Qualitätssicherung). Akustische Überlastsicherungen, Sollbruchstellen oder ähnliche Provisorien bieten keine ausreichende Sicherheit.

An der Rückwand der Zielbaugrube stützt sich das hydraulische Press-/Ziehgerät z. B. über eine stählerne Widerlagerplatte ab (Bild 4.13). Sie ist auf die Reaktionskräfte und die Nennweite bemessen und lässt nur einen geringen Überschnitt am Rohr zu, damit möglichst kein Erdreich in die Grube gefördert wird.

Die hydraulischen Vorschubzylinder des Press-/Ziehgeräts gestatten ein erschütterungs- und ruckfreies Herausschieben der alten Rohre.

In den Zwischenbaugruben wird das Altrohr über einen Spaltkegel geschoben oder mit einem automatischen Rohrknacker zertrümmert (Bild 4.14). Auf diese Wiese wird immer nur der Altrohrabschnitt vor dem Spaltkegel herausgepresst, was zu einer nicht unwesentlichen Verringerung der benötigten Zugkräfte führt. Die Lage und Größe der Zwischenbaugruben wird örtlich auf Grund von z. B. Hausanschlüssen, Abzweigen, Einbauten festgelegt. Gewöhnlich beträgt der Abstand zwischen ihnen 20 bis 50 Meter.

Die in den Zwischen- und Zielgruben entstehenden Scherben werden mit Hilfe von Gefäßen zur Oberfläche gefördert. Beim letzten Ziehabschnitt wird das in die Zielgrube gezogene Altrohr in der Regel beim Rückwärtshub der Vorschubzylinder zerkleinert

Bild 4.13 Zugmaschine

Bild 4.14 Hydraulischer Rohrknacker

Genau wie beim Berstlining (siehe Abschnitt 4.1.1) ist auch hier ein Aufweitmaß größer dem Muffendurchmesser zu wählen. Über das Aufweitmaß (AM –siehe Bild 4.3) ist, in Anlehnung an das GW 323 [20], der benötigte Abstand zu benachbarten Versorgungsträgern und die Überdeckungshöhe zu bestimmen. Folgende mindest Abstände sind nach [20] einzuhalten:

- parallele Leitung: > 3 x AM, min. 40 cm
- parallele bruchgefährdete Leitungen < DN 200: > 5 x AM, min 40 cm
- parallele bruchgefährdete Leitungen ab DN 200: > 5 x AM, min 100 cm
- kreuzende Leitungen im kritischen Abstand möglichst Freilegen
- Rohrdeckung: > 10 AM

Natürlich muss auch im Vorfeld einer Baumaßnahme mittels Press-Zieh-Verfahren eine peinlich genaue Dokumentation des IST-Bestandes erfolgen – vergleiche Abschnitt 4.1.1.

### Beschichtung und Verbindungsart

Da das Press-Zieh-Verfahren ein naher Verwandter des bereits beschrieben Berstlinings ist, ist auch hier eine Zementmörtel-Umhüllung und die BLS®-Verbindung erforderlich.

Die ZMU bietet einen unübertroffenen mechanischen und chemischen Schutz gegenüber dem anstehenden Erdreich. Der Schutz des Muffenbereichs wird dabei durch eine Gummischutzmanschette oder Schrumpfmuffen und einen Blechkonus ergänzt, welcher die Rohrmuffen in ihrer exponierten Lage wirkungsvoll gegen mechanische Beeinflussungen schützt. (siehe Bild 3.10) Kunststoffrohre hingegen dürfen nur mit Schutzmantel eingesetzt werden. (Bemerkung: die in GWF 3/2000 [23] beschriebenen Untersuchungen geben deutliche Hinweise dafür, dass auch dieser Schutzmantel kein universelles Hindernis gegenüber Schädigungen des Kernrohres durch Punktlasten darstellt.)

Wie immer, wenn die BLS®-Verbindung grabenlos eingesetzt wird, ist in den Nennweiten DN 80 bis einschließlich DN 250 ein zusätzlicher Hochdruckriegel zu verwenden. Die möglichen Zugkräfte für alle Nennweiten der BLS®-Verbindung sind im DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1 [24] bzw. in Tabelle 3.3 dieses Buches hinterlegt. Die tatsächlich entstehenden Zugkräfte sind wie in [24] beschrieben zu messen und zu dokumentieren. Ein Beispiel für eine solche grafische Ausgabe eines Zugkraftprotokolls ist in Bild 4.9 zu sehen.

### Neueste Entwicklungen

Im Zuge des Baustellentages der Wasser Berlin 2011 wurde als Weltpremiere eine Weiterentwicklung des Press-Zieh-Verfahrens vorgestellt.
Gemeinsam mit der Firma Tracto Technik aus Lennestadt entwickelte die Firma Josef Pfaffinger – Niederlassung Berlin – eine auf dem Press-Zieh-Verfahren basierende Möglichkeit auch größere Nennweitenunterschiede, selbst bei kleinen Überdeckungshöhen, auszuwechseln.

Dies wurde durch eine, zwischen Press-Ziehkopf und Neurohr platzierte, Bodenentnahme realisiert. Der entnommene Boden wurde mittels Förderschnecke durch ein im Medienrohr verlaufendes Stahlrohr in die Startgrube abtransportiert. Gleichzeitig wurde das Altrohr in die Zielgrube gepresst und dort aufgeborsten. Auf diese Weise konnte, bei gerade einmal 1,5 m Rohrdeckung, ein altes Graugussrohr DN 300 durch ein neues duktiles Kanalrohr der Nennweite DN 500 ersetzt werden. Die hierbei erprobten Haltungslängen betrugen ca. 50 m. Zum Einsatz kamen duktile Kanalrohre nach EN 598 [12] mit BLS®-Verbindung und ZMU-Plus-Außenbeschichtung. Durch die ZMU-Plus-Beschichtung und den sehr geringen Überschnitt konnten von ca. 15 mm spätere Setzungen auf ein Minimum reduziert werden.

Bild 4.16 ZMU-Plus-Kanalrohr mit eingebautem Förderrohr und Schneckengestänge

Bild 4.15 Blick in eine der Baustellengruben

Bild 4.17
Zugkopf mit innenliegender Förderschnecke

### 4.1.3 Hilfsrohrverfahren

#### Allgemeines

Wie bereits in Punkt 4.1.2 beschrieben hat sich das Hilfsrohrverfahren aus dem Berstlining bzw. dem Press-Zieh-Verfahren heraus entwickelt. Im Prinzip gelten die gleichen Grundsätze wir bereits in 4.1.1 und 4.1.2 beschrieben.

Im Gegensatz zum vor genannten Press-Zieh-Verfahren wird das Hilfsrohrverfahren zur trassengleichen Auswechslung von duktilen Werkstoffen, also solchen die sich nicht in Ziel- oder Zwischenbaugrube aufbersten lassen (z. B. Stahlrohr), verwendet. Sollen solche Werkstoffe graben- und restlos aus dem Erdreich entfernt und trassengleich ein neues Rohr eingezogen werden, kommt das Hilfsrohrverfahren nach DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2 [25] zum Einsatz. Auch bei diesem Verfahren sind Vergrößerungen bis zu zwei Nennweiten möglich (siehe Tabelle 4.1). Hinsichtlich des Aufweitmaßes und der eng damit in Zusammenhang stehenden Mindestabstände zu benachbarten Versorgungsträgern und zur Oberfläche gelten sinngemäß die Aussagen aus den Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2 bzw. [25]

#### Verfahrensbeschreibung

Beim Hilfsrohrverfahren ist der Auswechslungsvorgang in mehrere Arbeitsschritte aufgeteilt.

Ebenso wie bei dem in 4.1.2 beschriebenen Press-/Ziehverfahren sind auch hier eine Maschinenbaugrube und eine Montagebaugrube sowie die Zwischenbaugruben bei Hausanschlüssen bzw. Abzweigen erforderlich. Die Abstände der einzelnen Gruben sind ebenfalls ähnlich.

Im ersten Arbeitsschritt werden die Bau- und Zwischengruben errichtet, die Hausanschlussleitungen abgeklemmt und an die Notversorgungsleitungen angeschlossen (Bild 4.18).

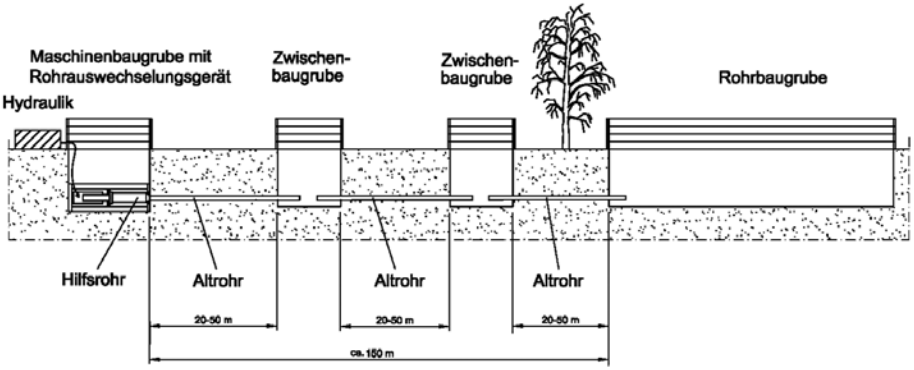



Bild 4.18 Herstellen der Baugruben und Trennen des Altrohres in den Zwischenbaugruben

Fehlende Stücke des Altrohres, die durch Heraustrennen von Hausanschlüssen oder sonstigen Formstücken entstanden sind, werden durch Übergangsstücke ersetzt. Danach drückt die Maschinenpresse die Altrohre mittels längskraftschlüssiger Hilfsrohre (Bilder 4.19 + 4.20) aus Stahl in die Montagegrube, bis sie komplett entfernt sind (Bild 4.22).

Falls das Altrohr die hohen zu erwartenden Presskräfte nicht aufnehmen kann, wird es in den Zwischengruben getrennt und in kurzen Rohrstücken entnommen.

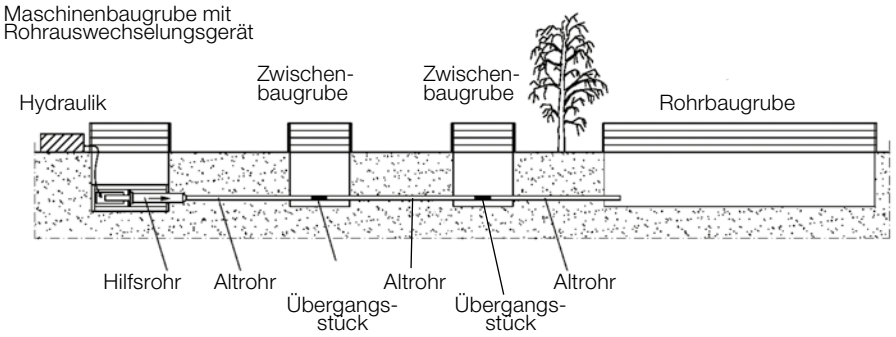



Bild 4.19 Herausschieben des Altrohres mittels Hilfsrohr

Dabei kann es hilfreich sein, mittels hydraulischer Pressen einzelne Abschnitte zu lösen, bevor der ganze Altrohrstrang zur Baugrube geschoben wird. Da in dieser Grube bis 6 Meter lange Teilabschnitte ausgebaut werden können, bietet sich das Verfahren auch gut für das Auswechseln alter Stahlrohre an, weil diese nicht über einen Spaltkegel geborsten werden können (Bild 4.21).

Bild 4.20 Startgrube mit Maschinentechnik und Hilfsrohren

Bild 4.21 Herausgepresstes Stahlrohr

Nach der vollständigen Entfernung des letzten Altrohres ist die Trasse mit den wieder verwendbaren Hilfsrohren belegt (Bild 4.22). Sie übernehmen jetzt die Lasten aus der Überdeckung und der Verkehrslast und sichern so den Rohrkanal.

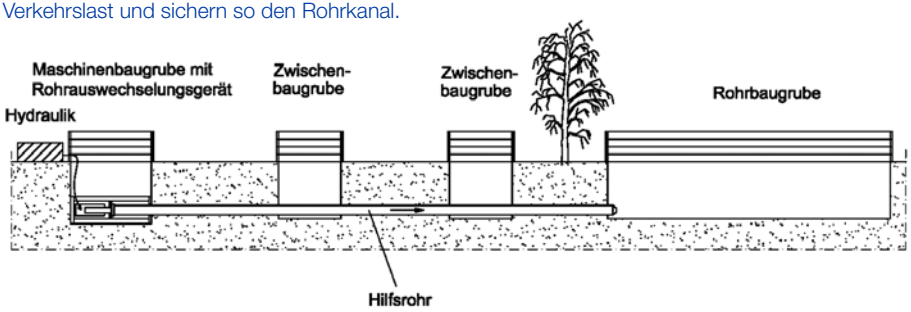



Bild 4.22 mit Hilfsrohren belegte Rohrtrasse

Im letzten Arbeitsschritt wird an die im Rohrkanal befindlichen Hilfsrohre das neue Rohr mittels Zugkopf mit integrierter Zugkraftmesseinrichtung angekoppelt. Die Hilfsrohre werden in die Maschinengrube zurückgezogen und damit die neue Leitung in den vorhandenen Rohrkanal eingezogen (Bild 4.23). Parallel zu Demontage und Ausbau der Hilfsrohre in der Maschinengrube verläuft die Montage der Neurohre in der Rohrbaugrube. Mit einem aufweitenden Zugkopf können auch größer dimensionierte neue Rohre eingezogen werden. Üblicherweise wird mit einem geringen Überschnitt von 10 bis 15 Prozent über Muffenaußendurchmesser gearbeitet.

Die zulässigen Zugkräfte des neuen Rohrs einschließlich seiner Verbindungen dürfen nicht überschritten werden.

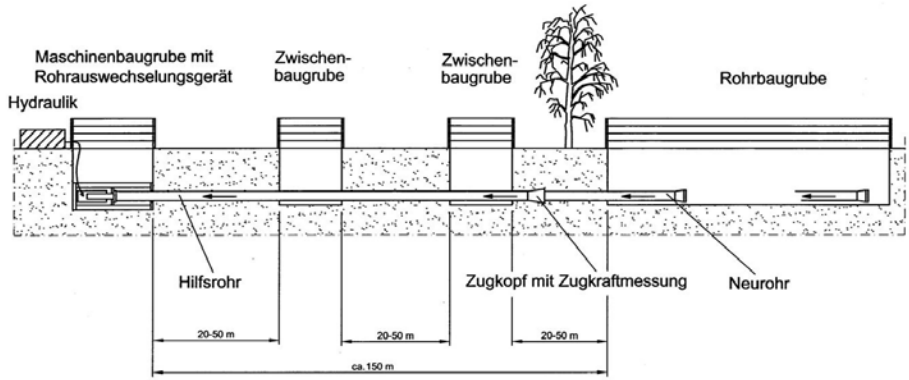



Bild 4.23 Rückziehen des Hilfsrohres mit angekoppeltem Neurohr

### Beschichtung und Verbindungsart

Sinngemäß gilt für das Hilfsrohrverfahren Gleiches wie für das Berstlining und Press-Zieh-Verfahren. Es ist eine ZMU mit Muffenschutz, bestehend aus Gummischutz- oder Schrumpfmanschette und ein Stahlblechkonus auf einer BLS®-Verbindung zu verwenden.

Wie immer, wenn die BLS®-Verbindung grabenlos eingesetzt wird, ist in den Nennweiten DN 80 bis einschließlich DN 250 ein zusätzlicher Hochdruckriegel zu verwenden. Die möglichen Zugkräfte für alle Nennweiten der BLS®-Verbindung sind im DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2 [25] bzw. in Tabelle 3.3 dieses Buches hinterlegt. Die tatsächlich entstehenden Zugkräfte sind wie in [25] beschrieben zu messen und zu dokumentieren. Ein Beispiel für eine solche grafische Ausgabe eines Zugkraftprotokolls ist in Bild 4.9 zu sehen.

### Anforderungen an das Bauunternehmen

Das mit der Durchführung der Baumaßnahme beauftragte Unternehmen muss die erforderliche Befähigung besitzen. Diese muss dem Auftraggeber nachgewiesen werden und gilt als nachgewiesen, wenn das Unternehmen über ein DVGW-Zertifikat nach DVGW-Arbeitsblatt GW 301 [31]und GW 302 [32] in der entsprechenden Gruppe GN 1 verfügt.
Die mit der Durchführung beauftragte Kolonne muss aus Fachkräften und unterwiesenen Personen bestehen. Pro Jahr ist laut DVGW mindestens eine (interne) Schulung durchzuführen. Die Bedienung der Arbeitsmittel darf nur durch geschultes, mit den Bedienungsanweisungen der Arbeitsmittel und Arbeitsanweisungen vertraut gemachtes Personal erfolgen.

### Referenzen

Da sich die beiden zuvor beschriebenen Bauverfahren, das Press-Zieh-Verfahren und das Hilfsrohrverfahren bisher fast ausnahmslos auf das Versorgungsgebiet der Berliner Wasserbetriebe (BWB) konzentrierten, ist die Referenzliste denkbar übersichtlich, aber gleichwohl aussagekräftig.

Im Stadtgebiet von Berlin wurden allein mit Rohren von Duktus seit dem Jahr 2007 mehr als 40.000 m der Nennweiten DN 80 bis DN 400 mit diesen beiden Verfahren erfolgreich saniert.

Neben dem Versorgungsgebiet der BWB findet das Press-Zieh-Verfahren auch noch in weiten Teilen der Schweiz und West-Europas Anwendung. In den letzten Jahren wurden allein in der Schweiz ca. 10.000 m duktile Gussrohre mit BLS®-Verbindung und Zementmörtel-Umhüllung mit diesem Verfahren eingebaut.

## 4.2 Grabenlose Neuverlegung

Im Gegensatz zu den unter Punkt 4.1 beschriebenen Verfahren zur trassengleichen Auswechslung bestehender Leitungen, werden in diesem Abschnitt die Verfahren zur grabenlosen Neuverlegung duktiler Gussrohre beschrieben. Im Wesentlichen bieten sich hier das Horizontalspülbohren (HDD), das Einpflügen und das Einfräsen an. Während die letztgenannten Verfahren eine eher untergeordnete Rolle spielen, stellt das HHD eine praktisch fast alltägliche Form der grabenlosen Einbaus von duktilen Gussrohren dar.

### 4.2.1 Horizontalspülbohrverfahren
### Allgemeines

Die Entwicklung dieses Verfahrens ist seit Beginn der 90er Jahre eng mit Rohren aus duktilem Gusseisen verbunden. Bereits 1993 hatte Nöh [26] in orientierenden Versuchen 60 m lange Leitungen DN 150 mit formschlüssiger Verbindung eingebaut und zur Beurteilung der Oberflächenbeanspruchung wieder aus dem Bohrkanal herausgezogen. Die hervorragenden Ergebnisse bildeten die Grundlage für einen Doppeldüker 2 x DN 150 von rund 200 Meter Länge, der 1994 bei Kinheim unter der Mosel, teilweise durch felsigen Untergrund, eingezogen wurde.

Bild 4.24 vormontierter Rohrstrang DN 500

4.25 Ankunft in der Zielgrube

Nach diesen positiven Erfahrungen ging es mit der Entwicklung rasant weiter:

1996 waren es Rohre DN 500 [27] (Bilder 4.24 und 4.25), 2000 rückt die Marke auf DN 600 [28] und 2003 wurden Rohre DN 700 in den Niederlanden mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren eingezogen [29].

Zurzeit steht der Rekord – gehalten durch Rohre der Fa. Duktus mit BLS®-Verbindung und ZMU – bei ca. 500 Meter DN 900 in Valencia, Spanien [36] (Bilder 4.26 bis 4.28).

Folglich kann festgestellt werden, dass heutzutage mit duktilen Gussrohren von Duktus Nennweiten von DN 80 bis einschließlich DN 1000 im HDD-Verfahren verlegt werden können.

Parallel verlief die Entwicklung des technischen Regelwerks des DVGW mit dem Arbeitsblatt GW 321, Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung, welches im Oktober 2003 veröffentlicht wurde [30].

4.26 vormontierter Rohrstrang DN 900 im Flutgraben

4.27 schwimmender Rohrstrang

4.28 Beginn des Rohreinzuges mit Barrelreamer

### Verfahrensbeschreibung

Das steuerbare horizontale Spülbohrverfahren (Horizontal Directional Drilling, HDD), im Folgenden Spülbohrverfahren genannt, ist das am weitesten verbreitete grabenlose Verfahren für die Neulegung von Druckrohrleitungen für die Gas- und Wasserversorgung. Das DVGW-Arbeitsblatt GW 321 [30] regelt hierfür im Sinne der Qualitätssicherung Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung.

Der Arbeitsablauf des Spülbohrverfahrens unterteilt sich in der Regel in die drei aufeinander folgenden Arbeitsschritte:

- Pilotbohrung
- Aufweitbohrung(en)
- Einzug

### Pilotbohrung

Sie ist der erste Schritt zur Herstellung eines Bohrkanals von der Startstelle zur Zielgrube, in den der Rohrstrang eingezogen werden kann. Die Pilotbohrung wird mittels eines Bohrkopfes an der Spitze eines Bohrgestänges gesteuert vorgetrieben. Hierbei tritt am Bohrkopf unter hohem Druck eine wässrige Bentonitsuspension, die so genannte Bohrspülung aus, die von der Bohrmaschine durch das Bohrgestänge bis an den Bohrkopf gepumpt wird. Die Bohrspülung dient gleichzeitig dem Abtransport des gelösten Materials und der Stützung des Bohrkanals. Der Bohrkopf ist für alle Bodenarten unterschiedlich ausgebildet. Bei Sandböden reichen im Allgemeinen die Austrittsdüsen für Lösen und Abtransport des Bohrkleins aus. In felsigen Böden können mit Rollenmeißeln ausgerüstete Bohrköpfe eingesetzt werden.

Gesteuert wird die Pilotbohrung durch kontrolliertes Drehen der abgeschrägten Steuerfläche des Bohrkopfes, deren Ausweichbewegung durch Rotation in die gewünschte Richtung gedrängt werden kann (Bild 4.29).

Die Ist-Position des Bohrkopfes wird mittels Funksignalen, eines im Bohrkopf untergebrachten Senders, oberhalb der Trasse angepeilt. Abweichungen von der Soll-Linie werden durch entsprechende Steuerbewegungen korrigiert. Die Steuerungsgenauigkeit ist heute so hoch, dass es gelingt, Pilotbohrungen nach über 1000 Meter Länge in einem nur einem Quadratmeter großen Zielfeld ankommen zu lassen.

Bild 4.29 Bohrkopf für Pilotbohrung

### Aufweitbohrung(en)

Mit der Aufweitbohrung wird die Pilotbohrung, falls erforderlich, in mehreren Schritten mittels geeigneter Werkzeuge auf einen Durchmesser gebracht, der für den Einzug des Medienrohres ausreicht. Hierzu wird an das Pilotgestänge ein Aufweitkopf montiert, dessen Größe und Gestalt sich nach den jeweiligen Bodenverhältnissen und der Dimension des später einzuziehenden Rohres richtet (Bilder 4.30 und 4.31).

Der Aufweitkopf wird unter ständiger Rotation durch das Bohrloch gezogen und weitet so die Pilotbohrung auf. Der abgebaute Boden wird mit der Bohrspülung ausgetragen, gleichzeitig stützt sie den Bohrkanal.

Der Aufweitvorgang wird solange mit immer größeren Köpfen wiederholt, bis der gewünschte Innendurchmesser des Bohrkanals erreicht ist. Der Durchmesser des Bohrkanals richtet sich bei duktilen Gussrohren nach dem Außendurchmesser der Muffe. Gewöhnlich ist ein Überschnitt von 20 % bis 30 % über die Muffe notwendig.

Bilder 4.30 und 4.31 Aufweitköpfe

### Einzug

Nachdem der Bohrkanal seinen endgültigen Durchmesser erreicht hat, kann der Rohrstrang eingezogen werden. An das immer noch im Bohrkanal befindliche Bohrgestänge wird ein Räumwerkzeug (Bild 4.32), anschließend ein Drehgelenk, welches das Mitdrehen des Rohrstranges verhindert, und ein auf das einzuziehende Rohrleitungsmaterial abgestimmter Ziehkopf montiert (Bild 4.33). Der Ziehkopf wird kraft- und formschlüssig mit dem Rohrstrang verbunden.

Die maximal mögliche Länge des einzuziehenden Rohrstranges hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab. Hierzu ist es erforderlich eine Abschätzung der zu erwartenden Zugkraft vorzunehmen. Nach [35] ist dies mit folgender Formel möglich:

**F = (L + D – K) * X**

F = Zugkraftabschätzung [kN]
L = Bohrungslänge [m]
D = Rohrdurchmesser [mm]

K = Korrekturwert = 500 [kN]
X = Baugrundfaktor

gut geeignete Böden → X = 0,5
normale Böden → X = 1,0
schwierige Böden → X = 1,5

Auf Grund der Zugkraftabschätzung kann nun in Abstimmung mit den Werten der Tabelle 3.3 bzw. den zulässigen Zugkräften aus [30] die maximal mögliche Rohrstranglänge festgelegt werden.
In der Praxis hat es sich gezeigt, dass gewöhnlich Zugkräfte im Bereich von 40 % bis 70 % des theoretischen Rohrgewichtes auftreten.

Neben der Zugkraft spielt der geplante bzw. mögliche Radius der Bohrung eine wichtige Rolle. Dieser wird bedingt durch:

- das Bohrgestänge
- das Rohrmaterial
- Baugrund und örtliche Gegebenheiten

Die für HHD einzusetzende BLS®-Verbindung kann je nach Nennweite zwischen 1,5° und 5° abgewinkelt werden. Das entspricht einem minimalen Kurvenradius von 230 m bis 69 m.

Bei Raumkurven, also Kurven die sowohl vertikal, als auch horizontal verlaufen, errechnet sich der kombinierte Radius wie folgt:

$$R_{comb.} = \sqrt{\frac{R_h^{\,2} \cdot R_v^{\,2}}{R_h^{\,2} + R_v^{\,2}}}$$

Der kombinierte Radius ist kleiner als die einzelnen Radien.

Hinsichtlich der Überdeckungshöhe sollte ein Mindestmaß von 5 m bzw. der 10-15fache Rohrdurchmesser nicht unterschritten werden.
Auch beim Einziehen wird Bohrspülung durch das Bohrgestänge gepumpt. Sie tritt am Räumwerkzeug aus, sorgt dabei für den Abtransport des Bohrgutes und vermindert gleichzeitig die Reibungskräfte.

Die beim Einziehen auf den Neurohrstrang wirkenden Kräfte sind zu messen und zu protokollieren.

Bilder 4.32
Räumwerkzeug mit Drehgelenk und Zugkopf

4.33 Zugkopf mit Stahlblechkonus

### Anforderungen an das Bauunternehmen

Die mit der Ausführung von Spülbohrmaßnahmen beauftragten Unternehmen müssen die erforderliche Befähigung besitzen. Diese gilt als nachgewiesen, wenn das Unternehmen über ein DVGW-Zertifikat nach DVGW-Arbeitsblatt GW 301 [31] bzw. 302 [32] in der entsprechenden Gruppe GN 2 verfügt. Darüber hinaus muss in dem Unternehmen eine gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 329 [33] qualifizierte Fachaufsicht angestellt sein.

### Rohrleitungsmaterialien

Rohre und Verbindungen müssen für die verfahrensbedingten Belastungen geeignet sein. Zulässige Zugkräfte, Biegeradien bzw. Abwinkelbarkeiten sind im Anhang A des Arbeitsblattes GW 321 [30] für die üblichen Rohrwerkstoffe Stahl, PE-X, PE 100 und GGG festgelegt (siehe auch Tabelle 3.3). Je nach Werkstoff sind die Rohre mit einem geeigneten Außenschutz zu versehen, der das Rohr gegen Beschädigung, wie z. B. Riefenbildung, schützt.

Duktile Gussrohre nach DIN EN 545 [11] (Trinkwasser) bzw. DIN EN 598 [12] (Abwasser) sind in besonderer Weise für die grabenlose Verlegung mittels Spülbohrverfahren geeignet. Als erstes maßgebliches Merkmal ist der Rohrwerkstoff selbst zu nennen. Duktiles Gusseisen besitzt die Fähigkeit, extreme Belastungen schadlos aufzunehmen. Dementsprechend ist es auch nahezu ausgeschlossen, dass die Rohrwand jemals Schaden durch im Erdreich verborgene Gegenstände nimmt.

Ein weiteres überragendes Merkmal ist die Außenbeschichtung. Duktile Gussrohre für das Spülbohrverfahren sind mit einer ca. fünf Millimeter dicken kunststoffmodifizierten Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) nach DIN EN 15 542 [7] versehen. Sie verhindert wirksam eine Beschädigung des Rohrkörpers und ist für Böden beliebiger Aggressivität geeignet (DIN 30 675-2 [34]).

Die dritte Voraussetzung für den Einsatz duktiler Gussrohre beim HDD-Verfahren ist die BLS®-Steckmuffen-Verbindung.

Die form- und längskraftschlüssige BLS®-Steckmuffen-Verbindung vereinigt Funktionalität, Robustheit sowie einfache, schnelle und sichere Montage. Sie ist innerhalb weniger Minuten, selbst unter widrigsten Bedingungen, wie Eis und Schnee, ohne großen Aufwand zu montieren und senkt so die Stillstandzeiten des Einzugvorgangs bei Teilstrang- oder Einzelrohrmontage auf ein kaum zu unterbietendes Minimum. Gleichzeitig besitzt sie gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 321 [30] von den üblichen im Wasserleitungsbau verwendeten Rohrwerkstoffen die höchsten zulässigen Zugkräfte (siehe Bild 3.12). Diese zulässigen Zugkräfte stehen unmittelbar nach der Verbindungsmontage ohne Abminderung sofort zur Verfügung.

Abkühlzeiten oder Abminderungen der Zugkraft wegen erhöhter Rohrwand- bzw. Umgebungstemperaturen bzw. wegen längerer Einzugszeiten sind bei der Montage von Rohren aus duktilem Gusseisen unbekannt.

Zulässige Zugkräfte, Betriebsdrücke und Abwinklungen sind in Tabelle 3.3 aufgeführt.

Für die in der Tabelle aufgeführten zulässigen Zugkräfte ist in den Nennweiten DN 80 bis DN 250 der Einsatz eines zusätzlichen Hochdruckriegels vorgeschrieben. Die angegebenen Betriebsdrücke und Zugkräfte basieren auf einer Wanddickenklasse K9. Höhere Werte, sowohl für Betriebsdruck als auch für Zugkraft, sind z. B. durch Erhöhung der Wanddickenklasse möglich. Bei Abwinklungen ≤ 0,5° pro Verbindung können die angegebenen Werte um weitere 50 kN angehoben werden.

Durch die möglichen Abwinklungen von bis zu 5° in jeder Verbindung kann ein minimaler Kurvenradius von nur 69 Meter realisiert werden.

Hinsichtlich des Verbindungsschutzes stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

- Manschette aus wärmeschrumpfendem Material nach DIN 30 672 [39] mit Stahlblechkonus
- ZM-Schutzmanschette mit Stahlblechkonus

Die Wahl des Muffenschutzes hängt maßgeblich vom gewählten Einbauverfahren ab.

Rohre aus duktilem Gusseisen können grundsätzlich in zwei Verfahrensvarianten eingezogen werden:

1. Rohrstrang- bzw. Teilstrangeinzug
2. Einzelrohreinzug

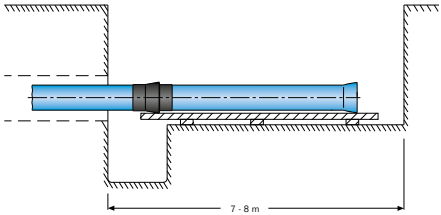
Für die erste Variante, den Rohrstrangeinzug, spricht, dass ein Rohrstrang zunächst aus einzelnen Rohren zusammengefügt, mit Wasser gefüllt und druckgeprüft wird, bevor er dann in den inzwischen fertig gestellten Bohrkanal eingezogen wird. Lange Zeit war diese Variante sogar von Bauversicherungen vorgeschrieben worden, weil diese Variante für die sicherste gehalten wurde.

Während des Einzuges wird der Vorgang nur noch für die Zugstangendemontage auf der Maschinenseite kurzzeitig unterbrochen. Diese Zeit muss so kurz wie möglich gehalten werden, damit nicht der Thixotropie-Effekt an der Bohrspülung einsetzt, bei dem sie sich verfestigt.

Voraussetzung für dieses Verfahren ist ausreichend Platz zum Aufbau des Rohrstranges oder von nebeneinander liegenden Teilsträngen. Nachteilig wirkt sich das Gesamtgewicht des Rohrstranges aus, welches die erforderlichen Zugkräfte wegen der Reibung des Stranges auf dem Untergrund erhöht. Sie kann z. B. durch mit Gleitmittel eingefettete Blechbahnen vermindert werden, auf denen der Rohrstrang montiert wird oder durch aufgeblasene Gummirollen. Stehen mit Wasser oder Betonit gefüllte Kanäle/Rohrgräben zur Verfügung, kann der Strang darin schwimmen (Bild 4.27). Generell kann festgestellt werden, dass der Strangeinzug (Bild 4.24) den Vorteil der Punktbaustellen grabenloser Einbauverfahren zunichte macht. Dies gilt grundsätzlich für Rohre aus allen Rohrwerkstoffen.

Die zweite Variante, der Einzelrohreinzug, wiederum ist für kleine, punktuelle Baustellen bestens geeignet. Dabei ist zu beachten, dass bei Rohren, welche durch Schweißen zu Leitungssträngen gefügt werden müssen, der Rohreinzeleinzug generell nicht angewandt werden kann, weil die Zeitdauer für das Schweißen, Abkühlen und Prüfen der Schweißung zu lang ist. Das Festwerden der Bohrspülung infolge der Thixotropie ist die unvermeidbare Folge.

Bild 4.34 Prinzipskizze einer Montagegrube




Genau hier liegt der Vorteil der BLS®-Verbindung von Duktus. Die Montagedauer dieser Verbindung ist ähnlich kurz wie die Zeit, die für die Demontage des Zuggestänges auf der Maschinenseite benötigt wird (siehe Tabelle 3.3). Damit bekommen Rohre aus duktilem Gusseisen mit BLS®-Verbindung einen uneinholbaren Vorsprung vor den Rohren aus anderen Werkstoffen. Der Platzbedarf an der Rohreinzugseite ist nur unwesentlich größer als eine Rohrlänge, meist reichen Baugruben von sieben bis acht Meter Länge aus (Bild 4.34), oder die Rohre werden auf einer Montagerampe gefügt. Die punktuelle Baustelle wird mit diesen Rohren möglich. Es müssen keine Kräfte aus Reibung auf dem Untergrund berücksichtigt werden, meist kann sogar die nächst kleinere Maschine eingesetzt werden, was ebenfalls positive Auswirkungen auf der Kostenseite zur Folge hat. Die Einzelrohrmontage auf einer Rampe hat zudem den Vorzug, dass die Arbeiten in Augenhöhe, quasi unter Werkstattbedingungen, ausgeführt werden können, was vom ergonomischen Gesichtspunkt von Bedeutung ist (Bild 4.35). Außerdem ist die Verbindungsmontage auf einer Rampe mit einigem Abstand vom Schmutz und Schlamm hinsichtlich der trinkwasserhygienischen Randbedingungen und der späteren Freigabe von unschätzbarem Vorteil.

Bild 4.35 Montagerampe für Einzelrohreinzug

Es leuchtet ein, dass der Geschwindigkeitsgewinn der geschilderten Verfahrensvariante nicht durch die Applikation einer wärmeschrumpfenden Manschette zunichte gemacht werden darf. Hier ist die Domäne der einfach und schnell zurückstülpbaren ZM-Schutzmanschette, die mit einem Blechkonus vor den unbekannten Rauigkeiten im Bohrkanal geschützt wird. Dieser wird zusammen mit der ZM-Schutzmanschette vor der Rohrmontage über die Rohrmuffe geschoben und nach Montage der Verbindung in Position gebracht (Bild 4.36) und ggf. umgebördelt.

Bild 4.36 BLS®-Verbindung mit ZM-Manschette und Stahlblechkonus

Die Tabelle 4.2 gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der Nachumhüllung bei den unterschiedlichen Verfahrensvarianten:

Tabelle 4.2: Möglichkeiten der Nachumhüllung der Verbindung

| Variante | Außenschutz | Verbindungsschutz |
|---|---|---|
| Einzelrohreinzug | ZMU | ZM-Schutzmanschette mit Stahlblechkonus |
| (Teil-)Rohrstrangeinzug | ZMU | ZM-Schutzmanschette oder Schrumpf-Manschette mit Stahlblechkonus [1)] |

[1)] Informationen hierzu sind unseren Produktkatalogen zu entnehmen. Schrumpfmanschetten aus Bandmaterial sollten, wenn möglich, bei Spülbohrobjekten vermieden werden.

Die beiden bereits erwähnten Einbaumethoden, die Einzelrohrmontage und das Einziehen eines vormontierten (Teil-)Rohrstrangs, werden je nach Platzangebot der Baustelle praktiziert.

In innerstädtischen, bebauten Bereichen kommt größtenteils die Einzelrohrmontage in Betracht. Hierfür ist eine Startgrube von ca. sieben bis acht Meter Länge erforderlich. Die Montage und der Muffenschutz finden in der Baugrube statt. Noch geringer kann der Eingriff in die Straßenoberfläche werden, wenn die Rohre auf einer ortsbeweglichen Rampe gefügt werden.

Abhängig von den Randbedingungen, wie Nenndurchmesser, Untergrund und Vorbereitung der Gleitfläche des Rohrstrangs, sind Längen von einigen hundert Metern einziehbar.

**Zusammenfassung**

Duktile Gussrohre mit kunststoffmodifizierter Zementmörtel-Umhüllung und BLS®-Verbindung der Fa. Duktus sind in ihrer heutigen Form nicht nur für den Einbau im offenen Graben geeignet, sondern darüber hinaus eine interessante Alternative, wenn es um moderne grabenlose Einbau-Verfahren, wie das steuerbare horizontale Spülbohren, geht. Sie vereinigen einfachste, schnell und unter fast allen Bedingungen zu montierende, aber gleichzeitig auch hoch belastbare Verbindungstechnik mit einem den Anforderungen gewachsenen Beschichtungssystem. Darüber hinaus widersteht das Rohr praktisch allen beim Spülbohren auftretenden externen Belastungen und weist die mit Abstand längste technische Nutzungsdauer aller Rohrwerkstoffe gemäß DVGW-Hinweis W 401 [10] auf.

Duktile Gussrohre sind die erste Wahl, wenn es darum geht, eine nachhaltige Investition zu tätigen. Dass sich diese Tatsache bereits herumgesprochen hat, beweist eine Vielzahl von Objekten, die in den letzten Jahren und Jahrzehnten mittels der steuerbaren horizontalen Spülbohrtechnik realisiert wurden. Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Referenzen können hiervon nur einen kleinen Teil der interessantesten Spülbohrprojekte aufzeigen.

## Referenzliste (Auszug)

| Objekt | Nennweite DN | Länge [m] | Jahr |
|---|---|---|---|
| Grobbendonk, Belgien | 600 | 380 | 2015 |
| Osthofen | 400 | 240 | 2015 |
| Badrina | 500 | 480 | 2015 |
| Lochmühle Körner | 200 | 250 | 2014 |
| Berlin – Bühringstraße | 100 | 175 | 2014 |
| Reutlingen | 400 | 370 | 2014 |
| Milei Leutkirch | 300 | 590 | 2013 |
| Berlin –Wuhlheide | 600 | 285 | 2012 |
| Sinntal – Oberzell | 125 | 54 | 2012 |
| Rio Alberche (Toledo), Spanien | 400 | 510 | 2011 |
| Saint Dizier – Frankreich | 300 | 102 | 2011 |
| Berlin – Havelchaussee Tiefenwerder | 700 | 480 | 2011 |
| Rügen – Dreschwitz | 300 | 132 | 2010 |
| Grobbendonk – Albertkanaalstraat, Belgien | 900 | 342 | 2010 |
| Döllnitz – HWS Halle | 500 | 360 | 2010 |
| Toba – Wiedermuth Verbindungsleitung | 100 | 240 | 2010 |
| Göteborg – Marienholmsgatan, Schweden | 400 | 90 | 2010 |
| Asperg | 150 | 4 x 100 | 2010 |
| Potsdam – Fahrland | 250 | 4 x 170 | 2010 |
| Berlin – Stahnsdorf | 250 | 600 | 2008 |
| Gent – Belgien | 600 | 384 | 2008 |
| Bad Suderode – Überlandl. (Sachsen-Anhalt) | 400 | 280 + 342 | 2008 |
| Valencia, Spanien | 900 | 540 | 2007 |
| Blankenfelde Mahlow, Kreuzung L40 | 300 | 90 | 2006 |
| Schwante, Dorfstraße | 300 | 192 | 2006 |
| Nieder Neuendorf, Düker Havelkanal | 200 | 360 | 2006 |
| Wolfenbüttel | 500 | 246 | 2006 |
| Halle, Maxim-Gorki-Straße | 150 | 286 | 2006 |
| Rügen, Prora 3. BA | 300 + 250 | 625 + 450 | 2005 |
| Großbeeren, Kleinbeerener Straße | 300 | 126 | 2005 |
| Nieder Neuendorf, 1 BA | 200 | 366 | 2005 |
| Eichwalde | 300 | 126 | 2004 |
| Berlin Frohnau | 100 | 78 | 2004 |
| Münster bei Dieburg | 100 | 90 | 2004 |

### 4.2.2 Einpflügen/Einfräsen

#### Allgemeines

Seit längerem werden im ländlichen Raum, in Trassen ohne bisher vorhandene Infrastruktur oder sonstige Hindernisse, Kabel und Kunststoffrohrleitungen von der Trommel aus eingepflügt. Dies geschieht vorzugsweise entlang von Wirtschaftswegen, am Rande landwirtschaftlich genutzter Flächen. Im Jahre 2000 wurde das Verfahren mit Rohren aus duktilem Gusseisen erstmalig im Rahmen eines Forschungsprojektes erfolgreich erprobt und in der Zwischenzeit zum Standardverfahren weiterentwickelt, welches nun auch im Technischen Regelwerk des DVGW und der DWA Einzug gehalten hat.

Für den Einbau von duktilen Gussrohren wird das Nachziehpflugverfahren nach ATV-DVWK-Merkblatt M 160 [37] und DVGW Arbeitsblatt GW 324 [38] angewandt.

#### Verfahrensbeschreibung

Durch einen raketenkopfförmigen Aufweitkörper am unteren Ende eines Pflugschwertes wird ein Hohlraum erzeugt. In diesen Hohlraum wird im gleichen Arbeitsschritt der an dem Aufweitkörper angehängte Rohrstrang eingezogen. Bild 4.39 zeigt das Prinzip des Verfahrens. Es ist bisher mit den Nennweiten DN 80 bis DN 300 eingesetzt worden.

Die erforderliche Maschinentechnik besteht aus einem Zugfahrzeug (Bild 4.38) und einem Pflug (Bild 4.39) mit Pflugschwert. Zur vertikalen Konstanz der Rohrtrasse bei wechselndem Geländeprofil kann die Eintauchtiefe des Schwertes hydraulisch gesteuert werden.

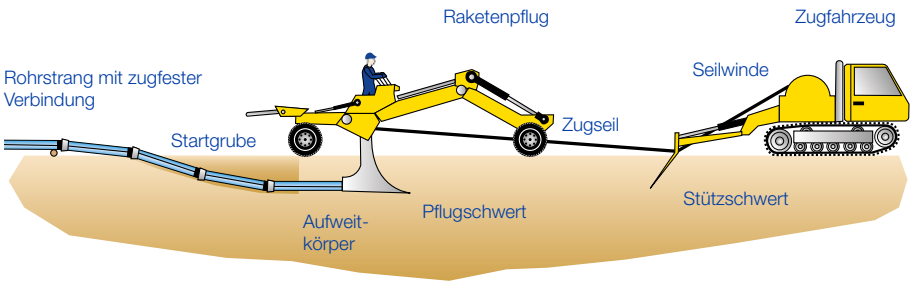



Bild 4.34

Der Pflug wird über ein Stahlseil (Bild 4.40) mit dem Zugfahrzeug verbunden, welches sich zur Abtragung der Zugkräfte in den Baugrund mittels Schild auf dem Boden abstützen kann. Die form- und längskraftschlüssig verbundene Leitung aus duktilen Gussrohrleitungen wird entlang der Trasse ausgelegt. Anschließend wird der Rohrstrang an den Aufweitkörper (Bild 4.41) angehängt und über eine Startgrube mit geneigter Rampe (Bild 4.42) in den Boden (Bild 4.43) eingepflügt. Die Länge der Startgrube ist abhängig von der Abwinkelbarkeit der längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindung.

Bild 4.38

Bild 4.39
Bild 4.41

Bild 4.40
Bild 4.42

**Außenbeschichtung**

Für das Raketenpflugverfahren kommt dem Rohraußenschutz eine besondere Bedeutung zu, da der angehängte Rohrstrang zumeist ohne Gleitmittel (Bentonit o. ä.) in den anstehenden Boden eingepflügt wird. Da die genauen Untergrundverhältnisse zumeist nicht exakt bekannt sind, ist eine hoch belastbarer Rohraußenbeschichtung erforderlich, die auch bei extremer mechanischer Belastung unbeschädigt und somit für die Lebensdauer der Rohrleitung wirksam bleibt.

Für duktile Gussrohre wird hierfür eine mit Kunststoff modifizierte Zementmörtel-Umhüllung (Bild 4.44) nach DIN EN 15 542 [7], eingesetzt.

Als Muffenverbindungsschutz wird PE-Schrumpfmaterial nach DIN 30 672 [39] mit einem zusätzlichen Blechkonus (Bild 4.45), als mechanischem Schutz des Schrumpfmaterials während des Einziehvorganges, oder eine ZM-Schutzmanschette mit mechanisch schützendem Stahlblechkonus eingesetzt.

Bild 4.43

Bild 4.44

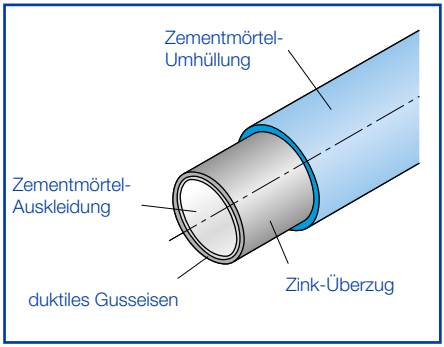



Bild 4.45

### Verbindung

Für das Raketenpflugverfahren wird die längskraftschlüssige BLS®-Steckmuffenverbindung verwendet. Im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 250 wird diese BLS®-Verbindung zur Maximierung der Zugkraftübertragung durch einen Hochdruckriegel (Bild 4.46) ergänzt.

Die zulässigen Zugkräfte und die minimalen Kurvenradien sind im DVGW Arbeitsblatt GW 324 [38] und im ATV-Merkblatt ATV-DVWK-M 160 [37] angegeben bzw. siehe Tabelle 3.3. Die in dem DVGW-Arbeitsblatt und ATV-DWA-Merkblatt aufgeführte VRS®-T-Verbindung entspricht dabei, in Bezug auf die Konstruktion der längskraftschlüssigen Verbindungselemente, zu 100 Prozent der BLS®-Verbindung.

Die Ankopplung des Rohrstranges an den Pflug oder die Fräse erfolgt mittels eines BLS®-Zugkopfes. (Bild 4.47)

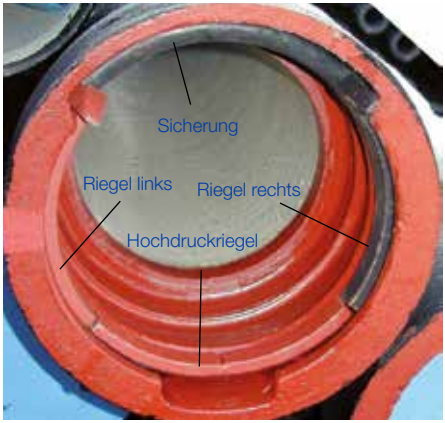



Bild 4.46

Bild 4.47 BLS®-Zugkopf

### Einsatzbereiche und Vorteile des Einbauverfahrens

Das Raketenpflugverfahren ist besonders für den Einbau von Rohrleitungen in ländlichen Gebieten und Wasserschutzgebieten geeignet. Die Kreuzung kleiner, flacher Gewässer (Bild 4.48) und der Einbau in Böschungen stellen für dieses Einbauverfahren keine technischen Probleme dar. Der Einbau unter dem Grundwasserspiegel ist ebenfalls möglich. Das Gelände muss unbefestigt sein und darf keine größeren Hindernisse im Trassenbereich aufweisen. Die genaue Lage der kreuzenden Leitungen muss im Vorfeld genau bekannt sein. Das Raketenpflugverfahren eignet sich sehr gut in Bodenarten, die sich leicht verdrängen lassen. Zu den verdrängbaren Böden zählen Kies-Schluff-Gemische, Kies-Ton-Gemische, Sand-Schluff-Gemische, Sand-Ton-Gemische in lockerer Lagerung.

Mit dem Einzug der Rohrleitung können gleichzeitig zusätzliche Schutzrohre, Kabel und Warnbänder eingebaut werden (Bild 4.49). Zur Verfüllung des Ringraums oder zur Verringerung der Reibungskräfte kann eine Bentonitsuspension eingebracht werden.

Einzelne Rohrleitungsstränge werden untereinander mittels U-Stücken (Bilder 4.50 und 4.51 verbunden.

Bild 4.48 Gewässerkreuzung

Bild 4.49

Bild 4.50

Bild 4.51

Bild 4.52

Die nach dem Einzug der Rohrleitung vorhanden Oberflächenverwerfungen (Bild 4.52) werden anschließend durch Überfahren mit dem Bagger wieder geglättet.

Weitere Vorteile des Raketenpflugverfahrens sind:

- geringe Einbaukosten gegenüber konventioneller Bauweise
- kurze Bauzeiten
- kein Oberbodenabtrag nötig
- geringe Trassenbreiten (bis ca. sechs Meter)
- keine Bodenvermischung
- Einbautiefen bis zwei Meter.

Hervorzuheben sind die erzielbaren Einbaugeschwindigkeiten: sie liegen in der Regel zwischen zwei und sieben Metern pro Minute.

### Anforderungen an das Bauunternehmen

Das mit der Durchführung der Baumaßnahme beauftragte Unternehmen muss die erforderliche Befähigung besitzen. Diese muss dem Auftraggeber nachgewiesen werden und gilt als nachgewiesen, wenn das Unternehmen ein DVGW-Zertifikat nach DVGW GW 301 [31] und GW 302 [32] in der Zusatzgruppe GN 4 (Fräsen) bzw. GN 5 (Pflügen) hat.
Die mit der Durchführung beauftragte Kolonne muss aus Fachkräften und unterwiesenen Personen bestehen. Pro Jahr ist laut DVGW mindestens eine (interne) Schulung durchzuführen. Die Bedienung der Arbeitsmittel darf nur durch geschultes, mit den Bedienungsanweisungen der Arbeitsmittel und Arbeitsanweisungen vertraut gemachtes Personal erfolgen.

Die folgende Referenzliste enthält einige der in den letzten Jahren ausgeführten Leitungsbauprojekte mit dem Raketenpflugverfahren.

### Referenzliste (Auszug)

| Objekt | Nennweite DN | Länge [m] | Jahr |
|---|---|---|---|
| Laue-Poßdorf (bei Delitzsch) | 200 | 1.248 | 2000 |
| Impfingen | 150 | 797 | 2001 |
| Hergenstadt | 150 | 2.500 | 2002 |
| Untersollbach | 150 | 2.037 | 2004 |
| Öhringen | 100 + 150 | 1000 | 2005 |
| Adelsheim – Hergenstadt | 150 | 2.500 | 2005 |
| Bad Wimpfen im Tal | 200 | 800 | 2006 |
| Öhringen – Eckartsweiler | 150 | 500 | 2010 |

### 4.2.3 Gesteuerter Pilotvortrieb

#### Allgemeines

Eine interessante Variante des grabenlosen Einbaus neuer Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen war erstmals im Jahr 2006 auf der Messe Wasser Berlin zu sehen [44] – Der so genannte gesteuerte Pilotvortrieb. Mittels einer Vortriebsmaschine für das Microtunneling wurde eine gesteuerte Pilotbohrung über etwa 70 Meter zur Zielgrube aufgefahren. In einem zweiten Schritt wurde diese Bohrung unter Bodenentnahme durch Hilfsrohre mit Schneckenförderung auf 480 Millimeter Durchmesser aufgeweitet. Der dritte Schritt bestand im Zurückziehen dieser Hilfsrohre unter gleichzeitigem Einzeleinzug duktiler Gussrohre. Die erzielbare Genauigkeit dieser Verfahrensvariante ist so hoch, dass sogar die hohen Anforderungen des Entwurfs des DWA-Arbeitsblattes A 125 [45] für Freigefällekanäle erreicht wurden.

Grundvoraussetzungen für einen gesteuerten Pilotvortrieb sind ein verdrängbarer Boden, Haltungslängen < 120 m, keine Steine > 80 mm in der Trasse und ein Grundwasserstand über dem Rohr von weniger als 3 m.

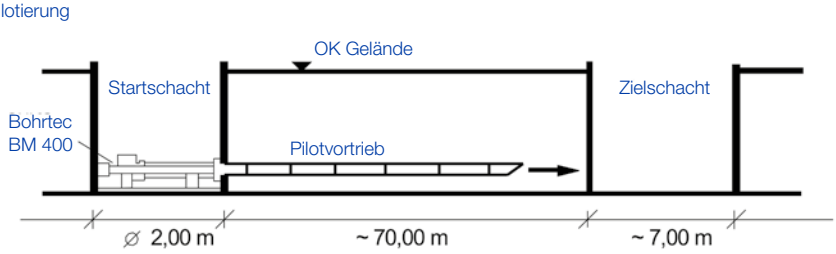
Die verfügbare Maschinentechnik lässt zurzeit den Einbau von Rohren mit einem maximalen Außendurchmesser von 1000 mm zu. Das entspricht einem duktilen Gussrohr mit BLS®-Verbindung der Nennweite DN 800.

Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass auch Rohrmaterialien, die normalerweise nicht als Vortriebsrohr verfügbar sind, sehr genau grabenlos neu verlegt werden können.

#### Verfahrensbeschreibung

Der erste Schritt ist die Pilotbohrung. Das Pilotrohr wird vom Startschacht aus in die Zielbaugrube durch den verdrängungsfähigen Boden gepresst. Mit Hilfe einer optischen Gasse, einem Steuerkopf, einem Theodolit mit CCD-Kamera und Monitor gelingt eine zielgenaue Ansteuerung unter ständiger Kontrolle von Richtung und Neigung (Bild 4.53).

Bild 4.53 Schritt 1: Pilotbohrung



Im zweiten Schritt wird die Pilotbohrung durch das Vorpressen einer zugfesten Stahlschutzverrohrung erweitert (Bild 4.54).

Gegebenenfalls kann die Bohrung jetzt schon auf das endgültig notwendige Maß aufgeweitet werden. Mit den Stahlschutzrohren werden die Rohrstücke der Pilotbohrung zum Zielschacht geschoben, dort demontiert und geborgen. Das bei der Bohrlocherweiterung entstehende Aushubmaterial wird mit einer Förderschnecke, bestehend aus ein Meter langen Teilstücken, zum Startschacht zurückgefördert. Hier wird der Boden in einem Behälter aufgenommen, mit dem Baustellenhebezeug gehoben und in Containern zur Abfuhr gesammelt.

2. Einpressen Mantelrohr

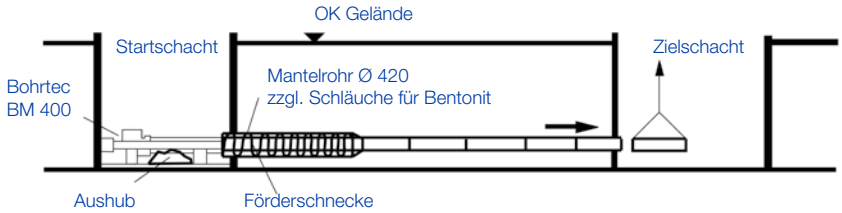
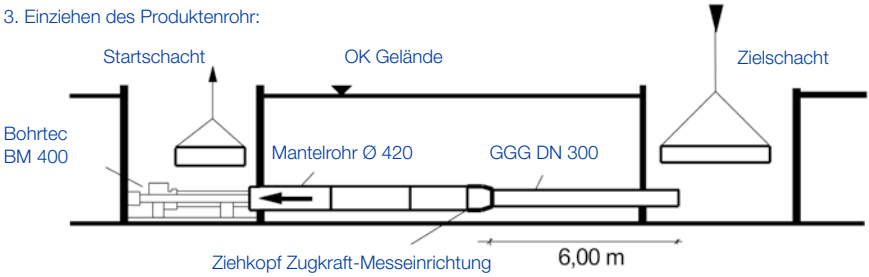



Bild 4.54 a + b
Schritt 2: Einpressen des Mantelrohrs

Im dritten Arbeitsschritt wird das duktile Gussrohr mit BLS®-Verbindung in den Zielschacht abgelassen und an den Ziehkopf des vordersten Mantelrohrs gekoppelt. Die längskraftschlüssig verbundenen Mantelrohre werden nun zum Startschacht zurückgezogen; hier werden sie mit der Förderschnecke zusammen geborgen (Bild 4.55).

3. Einziehen des Produktenrohr:




Mantel- und Produktenrohre müssen längskraftschlüssig ausgerüstet sein

Bild 4.55 Schritt 3: Einziehen des Neurohres durch zurückziehen des Stahlschutzrohres

Alle weiteren Produktrohre werden innerhalb kürzester Zeit (siehe Tabelle 3.3) an das vorher eingezogene Rohr gekoppelt (Bilder 4.56 und 4.57). Der Ziehkopf trägt eine Zugkraftmesseinrichtung, mit der die am Rohrstrang wirkenden Einziehkräfte gemessen und über einen späteren Ausdruck dokumentiert werden.

Bild 4.56
Ablassen eines Rohres in den Zielschacht

Bild 4.57 Ankoppeln neues Rohr

Alternativ zum Ziehkopf kann auch ein sogenannter Hole Opener (Bild 4.58) eingesetzt werden [46]. Dieser hat den Vorteil, dass das zu verlegende Medienrohr millimetergenau verlegt werden kann, was gerade bei der Verlegung von Freispiegelleitungen von Bedeutung ist. Die entstehenden Mantelreibungskräfte können dabei mit einer Bentonitschmierung verringert werden. Die Bentonitmischung kann bei Bedarf durch eine Zuleitung, welche durch das Neurohr verläuft, im Bereich des Hole Openers zwischen Rohr und Boden gepresst werden.

Bild 4.58 a + b Hole Opener mit Anschluss für duktile Gussrohre

### Außenbeschichtung

Grundsätzlich werden für dieses Verfahren Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung nach DIN EN 15 542 [7] eingesetzt. Der Muffenschutz erfolgt wie bereits mehrfach beschrieben mit einer ZM-Gummischutzmanschette und Stahlblechkonus.

In vielen Fällen ist es jedoch der Einsatz eine spezielle Weiterentwicklung der bewährten ZMU notwendig. Vielen Innovationen liegen bewährte Produkte zugrunde, deren geschickte Anpassung und Neuausrichtung für neue Einsatzbedingungen bzw. Grundanforderungen weiterentwickelt wurden. Dies trifft auch für das seit mehreren Jahren in Berlin gebräuchliche ZMU-PLUS-Rohr zu.

Wurde es zunächst auf Wunsch der Berliner Wasserbetriebe (BWB) für die grabenlosen Rohrauswechslungsverfahren im Trinkwasserbereich in grobkörnigen und rolligen Boden zur Einhaltung der Trasse entwickelt und erfolgreich eingesetzt, ergaben sich durch die Verfahren der grabenlosen Neulegung völlig neue Einsatzgebiete.

Beim ZMU-PLUS-Rohr (Bild 4.59) werden duktile Gussrohre mit BLS®-Schubsicherung bis zur Muffenaußenkontur so dick mit Zementmörtel umhüllt, dass sie außen eine zylindrische Kontur ohne erkennbare Muffe erhalten. Die ZM-Umhüllung ist mechanisch extrem robust. Sie widersteht über den kompletten Umfang des Rohrschafts enormen Reibungskräften, die dadurch begrenzt werden, dass die Schichtdicke der Umhüllung keine Plus-Toleranzen aufweist. Nach der Montage der BLS®-Riegel wird die Lücke zwischen Muffenstirn und Spitzende mit flexiblem Material verschlossen und anschließend mit Spezialband verklebt.

Bild 4.59 ZMU-Plus-Rohre

**Verbindung**

Da das Medienrohr beim gesteuerten Pilotvortrieb eingezogen wird, ist auch hier der Einsatz der BLS®-Verbindung notwendig. Zulässige Zugkräfte und Betriebsdrücke der BLS®-Verbindung sind in Tabelle 3.3 aufgeführt.

Bild 4.60 BLS®-Verbindung

### Sonstiges

Die einzelnen Leitungsabschnitte können im Anschluss konventionell in den Montagegruben (ehemalige Start- und Einziehbaugruben) mit Hilfe von Standardformstücken verbunden werden. Für vollständig längskraftschlüssig ausgeführte Leitungen stehen längskraftschlüssige BLS®-Formstücke zur Verfügung (Bild 4.61). Mit Hilfe dieser Formstücke können bei Druckleitungen im Vorfeld des Zusammenschlusses auch die Leitungsenden für die Druckprüfung verschlossen werden. Ein Verbau der Leitungsenden ist in diesem Falle nicht notwendig.

Bild 4.61
BLS®-Formstücke für einen nachträglichen Zusammenschluss und Druckprüfung

Ein Vorteil des gesteuerten Pilotvortriebes ist der sehr geringe Überschnitt. Somit kommt es in der Folge zu keinen oder nur sehr geringen Setzungen. Das Verfahren ist technisch ausgereift. Es kombiniert das bekannte und im Bereich des Baus von Abwasserkanälen bewährte Verfahren des gesteuerten Rohrvortriebs mit dem Einzugsverfahren längskraftschlüssiger duktiler Gussrohre. Verkehr und Umwelt werden nur geringfügig beeinträchtigt. Aufgrund der kurzen Herstellungszeiten, der Einsparung von Tiefbauarbeiten, wie z. B. verbauter Rohrgraben, Bodenzwischenlagerung, An- und Abtransport und Oberflächenwiederherstellung, Schonung der angrenzenden Infrastruktur und emissionsarmer Bauweise erweist sich dieses Verfahren als sehr wirtschaftlich.

### Anforderungen an das Bauunternehmen

Das DVGW-Arbeitsblatt GW 304 [57] trifft hierzu folgende Aussage:
„Mit der Durchführung des Rohrvortriebs dürfen nur qualifizierte Unternehmen betraut werden, die die erforderliche Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit besitzen und über ausreichende technische und wirtschaftliche Mittel verfügen. Bei Ausschreibungen auf Grundlage der DIN 1960 (VOB Teil A) wird – in Abhängigkeit von der Schwierigkeit der Leistung – empfohlen, vom § 3 Nr. 3 Absatz 2 a (Beschränkte Ausschreibung nach Öffentlichem Teilnahmewettbewerb) Gebrauch zu machen.
Der Nachweis der Fachkunde für die Ausführung von steuerbaren Verfahren und Berstverfahren im Kanalbau gilt als erbracht, wenn das Unternehmen ein Zertifikat der entsprechenden Gruppe gemäß Gütesicherung RAL-GZ 961 der Gütegemeinschaft „Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und -kanälen e.V.“ oder einen entsprechenden Qualifikationsnachweis gemäß „Güte- und Prüfbestimmungen RAL-GZ 961“ und einen Vertrag zur RAL-Gütesicherung für die Maßnahme vorlegt. Es sollten Referenzen über die Ausführung vergleichbarer Vortriebsmaßnahmen gefordert werden.“

## 4.3 Reliningverfahren

### Allgemeines

Bei der Leitungserneuerung mittels Reliningverfahren wird eine neue Leitung in eine vorhandene Leitung eingezogen oder eingeschoben. Dies führt immer zu einer Verkleinerung des lichten Innendurchmessers. Beim Relining mit Rohren aus duktilem Gusseisen hängt die Verkleinerung des Leitungsquerschnittes vom Muffenaußendurchmesser der neuen Leitung ab. In der Regel beträgt sie zwei Nennweiten. Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Leitung wird reduziert. Dies wird jedoch zum Teil durch die glatte Innenoberfläche (geringe Wandrauheit) der neuen Leitung kompensiert. Alte Leitungen sind innen oft inkrustiert und besitzen daher eine große Wandrauheit. Das Relingverfahren kann für Trinkwasserleitungen, Brauchwasserleitungen, Abwasserdruckleitungen und Abwasserfreigefälleleitungen eingesetzt werden. Das Langrohrrelining richtet sich nach den DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 [17].

In Deutschland ist der Trinkwasserverbrauch der Bevölkerung und der Industrie seit Jahren rückläufig. Lag der pro Kopf-Verbrauch 1990 noch bei ca. 145 l/(d*E), so sank er bis 2007 auf rund 120 l/(E*d). Dabei schwankt er regional sehr stark zwischen 90 und 135 l/(E*d) [40] Daher bringt eine Verkleinerung des hydraulischen Querschnittes einer Leitung oft Vorteile für die Betreiber mit sich, weil die Fließgeschwindigkeit des Wassers wieder angehoben und die Verweilzeit des Trinkwassers in der Leitung verkürzt wird, wodurch oft hygienische Probleme vermieden werden können.

Auch bei Abwasserleitungen erhöht sich mit dem Relining die Fließgeschwindigkeit, wodurch in vielen Fällen ein Absetzen der im Abwasser mitgeführten Feststoffe vermieden wird. Wegen abgesetzter Feststoffe müssen Abwasserleitungen oft in relativ kurzen Intervallen mittels Hochdruckspülung oder Molchen gereinigt werden. Dies kann sich durch den Einsatz eines kleineren Durchmessers unter Umständen erübrigen.

Bei allen Leitungen, mit nicht zu kurzen Abständen von Richtungsänderungen oder seitlichen Anschlüssen, ist eine Erneuerung mit dem Reliningverfahren immer wirtschaftlicher als die Erneuerung durch eine Neulegung im offenen Rohrgraben. Dies gilt vor allem für Leitungstrassen unter befestigten Oberflächen (z. B. Verkehrsflächen) oder in bebauten Gebieten.

Im Reliningverfahren mit duktilen Gussrohren können, je nach Randbedingung, Abschnittslängen bis weit über 1000 m in einem Zug saniert werden. Hierfür sind lediglich eine Start- und eine Zielgrube notwendig. Hinsichtlich der Nennweite des Neurohres sind keine Grenzen gesetzt.

### Verfahrensbeschreibung

Rohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 [11] oder DIN EN 598 [12] werden beim Reliningverfahren in die alte, vorhandene Leitung auf den Muffen schleifend und mit einem Stahlblechkonus (Bild 4.61) geschützt, eingezogen oder eingeschoben. Auf Grund der hohen Längsbiegesteifigkeit von Gussrohren ist lediglich ein Auflager je Rohr (in diesem Fall die Muffe) notwendig. Weitere Unterstützungen/Gleitkufen sind normalerweise nicht notwendig.

Im ersten Schritt werden entlang der zu sanierenden Leitung Start- und Zielgruben errichtet. Deren Lage richtet sich vor allem nach Zwangspunkten, wie Richtungsänderungen und natürlich dem Anfang und dem Ende der Leitung. Die Größe der Gruben ist abhängig von der eingesetzten Maschinentechnik und dem Neurohrmaterial. Für Gussrohre ist deren Länge von ca. 6 m ausschlaggebend, was eine Baugrubengröße von rund 8 m nach sich zieht. Die Breite der Montagegrube richtet sich nach der einzubauenden Nennweite.

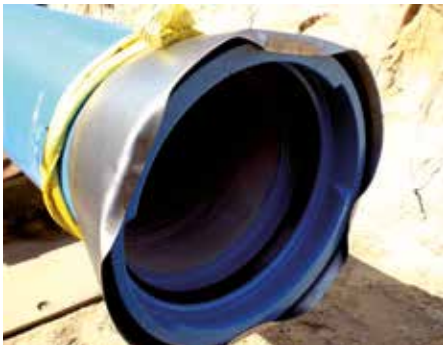


Bild 4.61 Stahlblechkonus zum Schutz der schleifenden Muffe

Bild 4.62 Startgrube

Bild 4.63 Zielgrube

Anschließend wird die Altrohrleitung in den Baugruben aufgetrennt. Wichtig ist im Nachgang eine gute Vorbereitung der Altleitung. Bei den in der Vergangenheit durchgeführten Maßnahmen hat es sich gezeigt, dass sich bei einer guten Vorbereitung der Altleitung – Entfernen von Inkrustierungen (Bild 4.64), Verschließen von Muffenspalten in der Rohrsohle, Auftragen von Gleitmittel in der Rohrsohle usw. – immer ein Reibbeiwert von μ « 1,0 erzielen lässt. Das bedeutet, es muss nur ein Teil des tatsächlichen Rohrgewichtes gezogen werden.

Bild 4.64 Werkzeug zum Entfernen von Inkrustationen

In besonderen Fällen, wie zum Beispiel dem gleichzeitigen Einbringen von zusätzlichen Leerrohren oder Versorgungsträgern, werden auch Rollenschellen (Bild 4.65) eingesetzt. Diese haben zusätzlich den Vorteil, dass sich die Zugkräfte, im Vergleich zur herkömmlichen Methode, wesentlich verringern. Auf Grund der hohen Längsbiegesteifigkeit von Gussrohren ist meist nur eine Schelle je Rohr, kurz hinter jeder Muffe, notwendig.

Beim gleichzeitigen Einziehen/Einschieben mehrerer Leitungen sollte mindestens eine Führungsschiene vorgesehen werden, um das Verdrehen des Leitungsstranges zu vermeiden.

Bild 4.65 a und b Rollenschellen

Die Montage der Rohre erfolgt in fast allen Fällen in Einzelrohrmontage. Die geringe Montagezeiten (siehe Tabelle 3.3) ermöglichen auch hierbei einen schnellen Baufortschritt.

Nach erfolgter Montage wird der Rohrstrang um eine Rohrlänge vorgeschoben oder weitergezogen. Dies geschieht solange bis die gesamte Haltungslänge mit Neurohren belegt ist.

Im Regelfall wird im Anschluss der zwischen Altrohr und Neurohr verbleibende Ringraum mit einem alkalischen Dämmer verfüllt. Dies ist jedoch abhängig von den Randbedingungen, wie Betriebsart, Außenbeschichtung, Größe des Ringraumes und statische Tragkraft des Altrohres.

Die letzten Schritte bestehen in der Dichtheitsprüfung, dem Verbinden der einzelnen Sanierungsabschnitte und dem anschließenden Verfüllen der Baugruben.

Bild 4.66 Vorbereitung zur Dichtheitsprüfung

Bild 4.67 Zusammenschluss von Teilstrecken

### Einziehen

Beim Einziehen ist die formschlüssige längskraftschlüssige BLS®-Steckmuffen-Verbindung einzusetzen. Die zulässigen Zugkräfte, die maximale mögliche Abwinkelbarkeit der BLS®-Verbindung sowie der mögliche Mindestradius können der Tabelle 3.3 bzw. dem DVGW Arbeitsblatt GW 320-1 [17] entnommen werden. Höhere Werte, sowohl für Betriebsdruck als auch für Zugkraft, sind z. B. durch Erhöhung der Wanddickenklasse möglich. Bei Abwinklungen ≤ 0,5° in der Muffe können die angegebenen Werte um weitere 50 kN angehoben werden.

Bewährt hat sich das Einziehen des neuen Rohrstranges mit Zugstangen (Bild 4.68). In [41] wird darüber berichtet. Das Einziehen mit Seilwinde und Stahlseil (Bild 4.69) wird ebenso wie der Einsatz von reibschlüssigen, längskraftschlüssigen Verbindungen nicht empfohlen.

Zum Einziehen des neuen Rohrstranges wird immer ein Zugkopf benötigt. Dieser wird aus einer BLS®-Steckmuffe gefertigt (Bild 4.70). Zugköpfe können den ausführenden Unternehmen von Duktus leihweise gegen eine Kaution und eine Leihgebühr zur Verfügung gestellt werden.

Bild 4.68 Zugmaschine mit Gestänge

Bild 4.69 Zugmaschine mit Seil

Bild 4.70
Rohr mit Zugkopf und Stahlblechkonus

### Einschieben

Beim Einschieben werden Rohre aus duktilem Gusseisen mit der nicht längskraftschlüssigen TYTON®-Steckmuffen-Verbindung in die alte Leitung eingeschoben. Dabei wird die axiale Schubkraft über die Stirnfläche des Einsteckendes in den Muffengrund der TYTON®-Muffe übertragen. Da die Einsteckenden der Rohre angeschrägt (angefast) sind, steht nicht der gesamte Rohrwandquerschnitt (Bild 4.71) zur Übertragung der axialen Schubkraft zur Verfügung.

Des Weiteren muss der nach DIN EN 545 [11] kleinstmögliche Außendurchmesser der Rohre und die kleinste zulässige Wanddicke berücksichtigt werden.

Die Druckfestigkeit von duktilem Gusseisen beträgt $\sigma_D$ = 550 N/mm². Ohne Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes ist damit eine Presskraft von $P = \sigma_D \times A_{Wand}$ möglich, wobei $A_{Wand}$ die Querschnittsfläche der kraftübertragenden Gusswand darstellt.

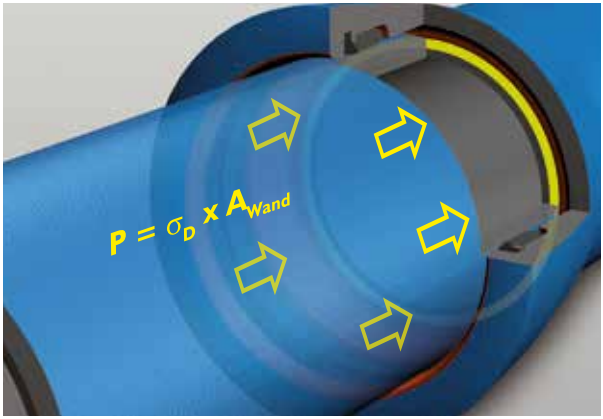



Bild 4.71 Kraftübertragung beim Einschieben

Die zulässigen Einschubkräfte sind im DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 [17] bzw. in Tabelle 4.3 hinterlegt. Die dort angegebenen Werte enthalten keine Sicherheitsbeiwerte. Vor Planung bzw. Baubeginn empfehlen wir, sich mit unserer Anwendungstechnik zur Abstimmung der jeweiligen Werte in Verbindung zu setzen. Je nach Trassenverlauf (Steigung, Radien) und Zustand der Altleitungen sind unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte zu wählen.

Tabelle 4.3 Zulässige Einschubkräfte nach DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 [17] von Rohren aus duktilem Gusseisen (muffenunabhängig, ohne Sicherheitsbeiwert – dieser muss den örtlichen Gegebenheiten, d. h. insbesondere den Kurvenradien und Abwinkelungen, angepasst und mit der Anwendungstechnik von Duktus abgestimmt werden).

| DN | Außendurchmesser $d_s$ [mm] | Wanddicken-klasse | Wanddicke $s_{min}$ [mm] | zul. Druckspan-nung $\sigma_{zul}$ [N/mm²] | zul. Einschubkraft $F_{zul}$ [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 98 | K 10 | 4,7 | 550 | 138 |
| 100 | 118 | K 10 | 4,7 | 550 | 168 |
| 125 | 144 | K 9 | 4,7 | 550 | 206 |
| 150 | 170 | K 9 | 4,7 | 550 | 244 |
| 200 | 222 | K 9 | 4,8 | 550 | 339 |
| 250 | 274 | K 9 | 5,2 | 550 | 513 |
| 300 | 326 | K 9 | 5,6 | 550 | 723 |
| 350 | 378 | K 9 | 6 | 550 | 968 |
| 400 | 429 | K 9 | 6,4 | 550 | 1246 |
| 500 | 532 | K 9 | 7,2 | 550 | 1912 |
| 600 | 635 | K 9 | 8 | 550 | 2750 |
| 700 | 738 | K 9 | 8,8 | 550 | 2425 |
| 800 | 842 | K 9 | 9,6 | 550 | 3350 |
| 900 | 945 | K 9 | 10,4 | 550 | 4330 |
| 1000 | 1048 | K 9 | 11,2 | 550 | 5500 |

Bild 4.72 Einschieben eines Rohres

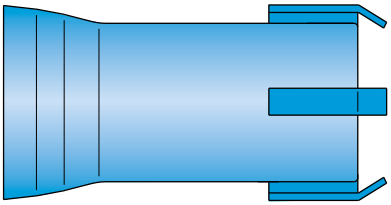


Bild 4.73 Zentrierkopf

In [42] und [43] wird über Reliningmaßnahmen nach diesem Verfahren berichtet.

Beim Einschieben (Bild 4.72) wird stets das Einsteckende voran in die Muffe des zuletzt eingebauten Rohres geschoben. Das Einsteckende des ersten eingebauten Rohres ist mit einem Zentrierkopf (Bild 4.73) zu versehen. Dieser kann von Duktus leihweise zur Verfügung gestellt werden.

Wie beim Einziehen sind mindestens zwei Baugruben erforderlich. Die Größe der Press- und Montagegrube ist abhängig von der Rohrlänge (üblicherweise sechs Meter), der eingesetzten Presseinrichtung und der Nennweite der einzubauenden Rohre. Die Größe der Zielgrube hängt von der Nennweite und evtl. sonstiger Einbauten ab.

### Außenbeschichtung

Wird der zwischen Altrohr und Neurohr verbleibende Ringraum mit einem alkalischen Dämmer verfüllt, benötigen die Rohre lediglich die Außenbeschichtung aus einem Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug (Duktus Zink-Plus) mit Deckbeschichtung. Die Muffe wird beim Einziehen oder Einschieben mittels Stahlblechkonus geschützt (Bild 4.74).

Wird der verbleibende Ringraum nicht verfüllt, empfehlen wir Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) nach DIN EN 15 542 [7] einzusetzen. Die Muffenverbindungen werden mit ZM-Schutzmanschetten aus Gummi oder PE-Schrumpfmaterial nach DIN 30 672 [39] geschützt. Die Muffenverbindungen werden beim Einziehen und Einschieben zusätzlich mit einem Stahlblechkonus mechanischen geschützt (Bild 4.74).

Bild 4.74: Einzug eines Gussrohres mit BLS®-Verbindung, Stahlblechkonus und ZMU

### Vorteile duktiler Gussrohre

Duktile Gussrohre sind hoch belastbar. Es ist sichergestellt, dass alle von außen und innen auf die Leitung einwirkenden Kräfte wie bei einer neuen, im offenen Rohrgraben eingebauten Leitung problemlos aufgenommen werden. Dies ist unabhängig vom Zustand, dem Verhalten und der Standsicherheit der alten Leitung. Bei Rohren aus Kunststoff ist dies nicht immer sichergestellt.

Der wirtschaftliche Vorteil ergibt sich aus den schnell und sicher zu montierenden Steckmuffen-Verbindungen (siehe Tabelle 3.3).

Je nach Leitungsart und Nennweite müssen in den meisten Fällen bei Stahlrohren und auch bei Kunststoffrohren die Verbindungen geschweißt werden. Dies ist in der Regel sehr zeitaufwändig. Während geschweißt wird und der anschließenden Abkühlphase muss das restliche Baustellenpersonal pausieren, alle Maschinen und sonstigen Einrichtungen stehen still.

Des Weiteren spricht die lange technische Nutzungsdauer für Duktus-Rohre aus duktilem Gusseisen (siehe [10]).

### Anforderungen an das Bauunternehmen

Die mit der Durchführung der Baumaßnahme beauftragte Unternehmen muss die erforderliche Befähigung besitzen. Diese muss dem Auftraggeber nachgewiesen werden und gilt als nachgewiesen, wenn das Unternehmen ein DVGW-Zertifikat nach DVGW-Arbeitsblatt GW 301 [31] bzw. 302 [32] in der Zusatzgruppe R 2 hat.

Die mit der Durchführung beauftragte Kolonne muss aus Fachkräften und unterwiesenen Personen bestehen. Pro Jahr ist laut DVGW mindestens eine (interne) Schulung durchzuführen. Die Bedienung der Arbeitsmittel darf nur durch geschultes, mit den Bedienungsanweisungen der Arbeitsmittel und Arbeitsanweisungen vertraut gemachtes Personal erfolgen.

### Referenzen Relining Einzug (Auszug)

| Objekt | Nennweite Alt DN | Nennweite Neu DN | Länge [m] | Jahr |
|---|---|---|---|---|
| Carlsfeld | 800 Beton | 300 | 1.900 | 2015 |
| Hattersheim | 700 GG | 400 | 590 | 2015 |
| Hattersheim | 700 GG | 400 | 490 | 2014 |
| Wedemark | 800 GG | 600 | 2.350 | 2012 |
| Halle | 600 GG | 400 | 410 | 2012 |
| Frankfurt | 600 GG | 400 | 266 | 2011 |
| Budapest | 800 GG | 600 | 159 | 2011 |
| Berlin | 1000 | 800 | 1.400 | 2010 |

### Referenzen Relining Einschub (Auszug)

| Objekt | Nennweite Alt DN | Nennweite Neu DN | Länge [m] | Jahr |
|---|---|---|---|---|
| Nördlingen | Stollen | 250 | 800 | 2014 |
| Hinkelstein | 700 | 400 | 110 | 2011 |
| Leipzig | 1100 GG | 900 | 950 | 2009 |
| Berlin | 1000 Stahl | 800 | 300 | 2005 |
| Leipzig | 1100 GG | 900 | 372 | 2004 |

## 5. Sonstige Einbauverfahren

### 5.1 Einschwimmen
### Allgemeines

Das Einschwimmen von duktilen Gussrohren stellt wohl die außergewöhnlichste Möglichkeit des „grabenlosen“ Einbauens dar.

Ab DN 250 ist der Auftrieb eines Gussrohres so groß, dass es ohne weiteren Auftriebskörper schwimmen kann. Hieraus resultieren die zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einen Rohrstrang auf und letztendlich auch unter das Wasser zu bekommen. Bis einschließlich DN 200 sind je nach Wanddickenklasse zusätzliche Schwimmkörper notwendig, ab DN 250 kann der Rohrstrang selbsttätig schwimmend eingebracht werden.
Generell sollten, auf Grund von nicht absehbaren Belastungen aus Wellengang, Absenkvorgang, Untergrundbeschaffenheit und späteren Untergrundbewegungen, etc., für das Einschwimmen nur Rohre mit der formschlüssigen BLS®-Steckmuffen-Verbindung zum Einsatz kommen. Dies wiederum bedingt, dass die Rohrleitung eingezogen werden sollte, damit die Verbindung gestreckt und damit sicher verriegelt bleibt.

### Verfahrensbeschreibung
### Einschwimmen bis DN 200

Wie bereits angedeutet, ist ein nicht mit Wasser gefülltes duktiles Gussrohr der Wanddickenklasse K9 bis einschließlich DN 200 nicht in der Lage selbsttätig zu schwimmen. Das heißt sein durchschnittliches Gewicht pro Meter ist größer als die zu erwartende Auftriebskraft die aus der Verdrängung des Wassers durch den Rohrkörper resultiert. Bei DN 200 ist nahezu ein Gleichgewicht zwischen Auftrieb und Gewicht hergestellt.
Um Rohre der Dimensionen DN 80 bis DN 200 schwimmender Weise über ein Gewässer ziehen zu können sind folglich zusätzliche Auftriebskörper erforderlich. Dies können spezielle Schwimmsäcke sein oder auch an beiden Enden verschlossene PE-Rohrabschnitte (siehe Bilder 5.1 und 5.2). Die Auftriebskörper sind entsprechend des Rohrstranggewichtes und der Auftriebskraft der verwendeten Nennweite zu dimensionieren.

Bild 5.1 Zugkopf mit Auftriebskörpern

Bild 5.2 Auftriebskörper für DN 200

Die Tabelle 5.1 zeigt die theoretischen Gewichte ($F_{Ab}$) pro Meter Rohrstrang für duktile Gussrohre, Wanddickenklasse K9 mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung, Zink-Überzug und Deckbeschichtung. Weiterhin kann die theoretische Auftriebskraft ($F_{Auf}$) der jeweiligen Nennweite unter Annahme einer Wichte von 10 kN/m³ des verdrängten Wassers, sowie die Differenz der beiden Werte (ΔF) und das Volumen des benötigten Schwimmkörpers pro 6 m-Rohr ($V_{SK}$) entnommen werden.

Tabelle 5.1:
Theoretische Werte für Auf- und Abtrieb, sowie für das Schwimmkörpervolumen pro Rohr

| DN | $d_a$ [mm] | $F_{Ab}$ [kN/m] | $F_{Auf}$ [kN/m] | ΔF [kN/m] | $V_{SK}$ [m³/Rohr] |
|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 98 | 0,155 | 0,075 | 0,08 | 0,048 |
| 100 | 118 | 0,191 | 0,109 | 0,08 | 0,049 |
| 125 | 144 | 0,235 | 0,163 | 0,07 | 0,043 |
| 150 | 170 | 0,279 | 0,227 | 0,05 | 0,031 |
| 200 | 222 | 0,384 | 0,387 | 0,00 | 0,000 |

Die Schwimmkörper werden sinnvoller Weise, entweder im Bereich hinter jeder Muffe platziert oder es werden mehrere Schwimmkörper pro Rohr verteilt. Des Weiteren sollte darauf geachtet werden, dass die Schwimmkörper kontrolliert zu fluten oder zu entfernen sind, damit ein koordiniertes Absenken der Leitung möglich ist.

Je nach Platzverhältnissen oder sonstigen Zwängen, wie z. B. Gezeiten, Wetter, Terminen, kann bei duktilen Gussrohren relativ frei zwischen Einzelrohr- oder (Teil-) Strangmontage gewählt werden. Auf Grund der sehr kurzen Montagezeiten (siehe Tabelle 3.3) ist es nicht unbedingt notwendig, einen kompletten Strang aufzubauen und anschließend im Ganzen einzuziehen. Eine kompakte Baustelleneinrichtung ist durch die unkomplizierte BLS®-Verbindungstechnik ohne große Abstriche an Einzuggeschwindigkeit durchaus möglich. Die Bilder 5.3 und 5.4 zeigen Einzelrohr- und Strangmontage von Rohren der Nennweite DN 1000 mit BLS®-Verbindung.

Der Rohrstrang wird mittels eines Zugkopfes (Bild 5.1) durch das Gewässer gezogen.

Bild 5.3 Einzelrohrmontage in Binz [47]

5.4 Strangmontage bei Magdeburg [48]

Nachdem der Rohrstrang in Position gebracht wurden ist, kann mit dem Absenkvorgang begonnen werden. Hierfür werden die Schwimmkörper kontrolliert geflutet bzw. nacheinander entfernt. Die Rohrleitung sollte jetzt zu sinken beginnen. Alternativ kann das Sinken auch durch das Füllen der Leitung mit Wasser oder durch eine Kombination aus Beiden eingeleitet werden.
Sobald die Rohrleitung auf dem Grund des Gewässers liegt kann nun optional mit dem Verankern der Leitung begonnen werden. Ob dies notwendig ist hängt von den örtlichen Gegebenheiten, wie Topographie und Strömungsverhältnissen ab. Alternativ zum Verankern der Leitung kann die Leitung auch mit einem Damm oder in einem vorher gebaggerten Graben überschüttet werden (siehe Bild 5.5).

Bild 5.5 Aushub eines Grabens unter Wasser mittels Schwimmbagger

Nachdem der Rohrstrang nun in seiner endgültigen Position liegt, kann nach erfolgter Dichtheitsprüfung mit dem Absenkvorgang begonnen werden. Für die Prüfung von Druckleitungen stehen im BLS®-Formstückprogramm spezielle Formstücke, wie der P-Stopfen (Bild 5.6), EU- oder F-Stücke (Bild 4.61) zur Verfügung. Hierdurch kann auf einfachste Weise eine Druckprüfung ohne zusätzliche Widerlager realisiert werden.

Bild 5.6 Druckprüfung an einer Leitung DN 200

**Einschwimmen ab DN 250**

Ab DN 250 sind duktile Gussrohre der Wanddickenklasse K 9 in der Lage zu schwimmen. Das heißt, ihr Auftrieb ist größer als ihr Gewicht. Folglich werden keine weiteren Auftriebskörper benötigt, es sei denn im Leitungsverlauf befinden sich Formstücke, wie Zugkopf oder EU-Stücke, die mit ihrem Gewicht die Rohre nach unten ziehen würden. Im diesen Fall ist wie auf Bild 5.1 dargestellt zu verfahren.

Die Montage des Rohrstranges kann, wie bereits beschrieben, Rohr für Rohr erfolgen und anschließend jeweils um 6 Meter weitergezogen werden oder es wird ein Teilstrang oder gar der gesamte Rohrstrang auf Land vorgestreckt und anschließend in das Gewässer eingebracht.

Der wesentliche Unterschied zu den kleineren Durchmessern besteht darin, dass für das Absenken der Rohrleitung nur das Befüllen der Rohrleitung genutzt werden kann. Hierfür sind wiederum Befüll- und Entlüftungsventile (Bilder 5.7 und 5.8) vorzusehen

Bild 5.7 Zugkopf mit Füllventilen

5.8 Entlüftungsventile

Nachdem die Rohrleitung auf Dichtheit geprüft und anschließend abgesenkt wurde (oder umgekehrt), kann sie nun abhängig von den jeweiligen Randbedingungen in ihrer Lage gesichert werden. Hierfür spielt u.a. die Überlegung eine Rolle, dass eine Leitung ab DN 250 aufschwimmen könnte, wenn sie komplett entleert werden würde. Besteht diese Wahrscheinlichkeit, sollte der Rohrstrang unbedingt dagegen gesichert werden. Neben dem Überschütten oder dem Beschweren mit z. B. Betonankern, kann auch, wie auf Bild 5.9 und Bild 5.10 zu sehen, eine Tiefgründung mit Pfahlschuhen und Spannband zum Einsatz kommen

Bild 5.9 Darstellung einer Tiefgründung (Verankerung) eines duktilen Gussrohres DN 1000

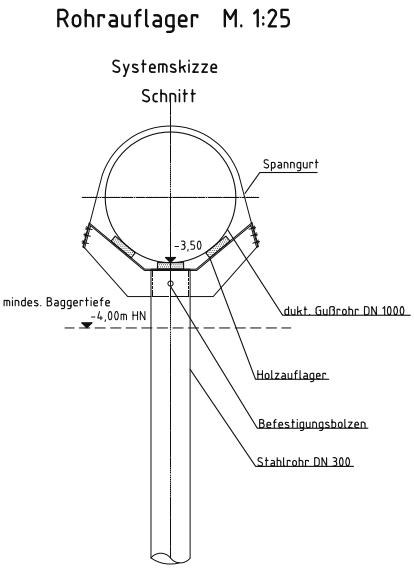



Bild 5.10 Einbringen der Rammpfähle

Falls die Gefahr einer Entleerung der Leitung nicht besteht und liegen auch sonst keine weiteren Gründe für eine Lagesicherung vor, so kann davon ausgegangen werden, dass ein vollgefülltes duktiles Gussrohr nicht aufschwimmen wird.

### Die Rohrverbindung

Grundsätzlich sollten für grabenlose Einbauverfahren, wie es das Einschwimmen im weitesten Sinne darstellt, nur formschlüssige Verbindungen – also die BLS®-Steckmuffen-Verbindung – zum Einsatz kommen. Grund hierfür sind die teilweise nicht absehbaren Belastungen, die beim Einschwimmen vor allem aus Brandung, Wellengang, Strömungen, Windlast, sowie dem meist nicht ebenen und oftmals instabilen Untergrund resultieren. Auch der Absenkvorgang selbst kann erhebliche Kräfte erzeugen. Die Bilder 5.11 und 5.12 zeigen sehr anschaulich, welche Belastungen schon bei geringsten Strömungen auf einen Rohrstrang wirken können.

Bilder 5.11 und 5.12 Einschwimmen einer Leitung DN 1000 [47] und durch Strömung bedingte Auslenkung des Rohrstranges

Wie auf dem vorhergehenden Bildern zu sehen ist die BLS®-Verbindung keineswegs starr, sondern kann, je nach Nennweite, bis zu 5° abgewinkelt werden. Das bedeutet einen minimalen Kurvenradius von rund 70 m.

Weitere Vorteile der Verbindung sind:

- die einfache Montage
- hohe Verlegeleistungen
- zulässige Betriebsdrücke bis über 100 bar (siehe Tabelle 3.3)
- extrem hohe Zugkräfte (siehe Tabelle 3.3)
- umfangreiches Formstückprogramm, inkl. Schieber, Klappen, Hydranten, Be- und Entlüftungen

### Außenbeschichtung

Neben der Verbindungsart stellt die Außenbeschichtung ein entscheidendes Kriterium dar. Für das Einschwimmen bieten sich drei verschiedene Beschichtungen an:

- Zink-Überzug mit Deckbeschichtung
- Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung (Duktus Zink-PLUS)
- Zink-Überzug mit Zementmörtel-Umhüllung (Duktus ZMU)

Welche dieser Beschichtungen zum Einsatz kommt hängt beim Einschwimmen im Wesentlichen von der Lage des Rohres zum (Grund-) Wasserspiegel und der Art des Wassers ab. Liegt das Rohr komplett unter Wasser, ist normalerweise ein Zink-Überzug mit Deckbeschichtung ausreichend. Die Zementmörtel-Umhüllung dagegen ist im Wechselbereich von Luft und Wasser unabdingbar. Weiterhin wird sie benötigt, wenn die Rohre nach dem Versenken mit groben Materialien überschüttet werden sollen.

### Zusammenfassung

Duktile Gussrohre für die Trinkwasserversorgung (DIN EN 545) oder für die Abwasserentsorgung (DIN EN 598) können bis DN 200 nicht schwimmen und müssen deshalb mit Auftriebshilfen versehen werden. Darüber hinaus schwimmen Gussrohre selbstständig. Sobald das Rohr gefüllt ist und auf dem Grund des Gewässers liegt, kann es durch sein Eigengewicht nicht mehr aufschwimmen. Durch die BLS®-Verbindung kann der Rohrstrang in kürzester Zeit montiert werden, ist abwinkelbar und widersteht auch außerplanmäßigen Belastungen.

| Lfd. Nr. | Ort | Nennweite | Länge [m] | Baujahr |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Gstaad – Schweiz | DN 200 | 1200 | 2007 |
| 2 | Binz a. Rügen | DN 1000 | 462 | 2008 |
| 3 | Kreuzlingen/Bodensee – Schweiz | DN 150 | 100 | 2010 |
| 4 | Jersleben/Ohre | DN 1000 | 72 | 2010 |

## 5.2 Fliegende Leitungen
### Allgemeines

Fliegende Leitungen werden umgangssprachlich Leitungen genannt, die oberirdisch zur temporären Ersatzwasserversorgung verlegt werden. Hierbei handelt es sich im herkömmlichen Sinn nicht um ein grabenloses Einbauverfahren. Da aber für eine oberirdisch verlegte Leitung natürlich kein Graben benötigt wird, findet diese Verfahren trotzdem Erwähnung in diesem Buch.

Gewöhnlich sind fliegende Leitungen in kleineren Durchmessern und über kürzere Entfernungen anzutreffen, nämlich dann, wenn die normale Wasserversorgung von Häusern oder Straßenzügen im Zuge von Umbindungen alter Leitungen oder Hausanschlüssen für eine Zeit außer Betrieb genommen werden muss. Hierbei treten meist Betriebsdrücke von wenigen Bar auf. Aber auch längere Distanzen, größere Durchmesser und höhere Drücke sind möglich. In den Fachbeiträgen „Interimsleitung DN 600 sichert die Wasserversorgung in Südsachsen“ [51] und „Neue Lebensadern für ein Berliner Wahrzeichen – Das Olympiastadion“ [52] wird darüber ausführlich berichtet.

Die Gründe für die Verwendung von duktilen Gussrohren vor allem mit der form- und längskraftschlüssiger BLS®-Verbindung liegen auf der Hand:

- Einfachste und vor allem schnelle Montage (siehe Tabelle 3.3)
- Schnelle und einfache Demontage ohne Zerstörung der Verbindung oder des Rohres. Dadurch mehrfache Wiederverwendbarkeit des Rohres
- Erhöhte Vandalismussicherheit
- Betriebsdrücke bis 100 bar möglich
- Durchmesser bis DN 1000
- Verlegbarkeit bei jeder Witterung
- Gleichbleibende Materialkennwerte bei jeder Temperatur
- UV-Beständigkeit

Bild 5.13 Interimsleitung DN 600 mit BLS®-Verbindung

**Verfahrensbeschreibung**

Fliegende Leitungen werden, wie bereits angedeutet, über der Erdoberfläche verlegt. Dabei kann die Rohrleitung direkt auf dem Untergrund (am besten auf Kanthölzern) zum liegen kommen oder auf Rohrbrücken, Traversen oder sonstigen Aufständerungen befestigt sein.

Bild 5.14 Auflagerung auf Kanthölzern

Bild 5.15 Anschluss an eine Rohrbrücke

Das Problem bei der oberirdischen Verlegung stellen vor allem die auftretenden Kräfte aus dem Innendruck dar. Diese können nicht, wie in der konventionellen Erdverlegung, über Widerlager oder eine gewisse Länge schubgesicherter Rohre in das Erdreich abgeleitet werden. Vielmehr ist es erforderlich den gesamten Rohrstrang, inkl. der Einbindungen, in sich über die gesamte Länge längskraftschlüssig auszubilden. Hierfür sollten ausschließlich formschlüssige Verbindungen, wie das BLS®-System zum Einsatz kommen. Reibschlüssige Verbindungen sind aus Sicherheitsgründen und der aufwändigen Demontage zu vermeiden.

Überdies ist es notwendig, die Leitung gegen Lageveränderungen, zum Teil resultierend aus dem inneren Druck, zu sichern. Vor allem im Zuge der Inbetriebnahme ist mit Reckungen der Verbindungen (zwischen 5 mm und 10 mm je Muffe) und daraus folgend mit Lageänderungen, vor allem der Formstücke zu rechnen. Um übermäßige Reckungen der Verbindungen und letztendlich Verschiebungen von Formstücken zu vermeiden, sollten alle Verbindungen nach der Montage so weit wie möglich verriegelt, das heißt gestreckt, werden. Dies geschieht durch Ziehen am Rohr mittels Bagger, Verlegegerät oder Hydraulik-Zylinder (Bild 5.18). Trotzdem wird es bei Druckbeaufschlagung noch zu weiteren Reckungen der Leitung kommen, die aber bei weitem nicht mehr so groß sind. Die Bewegungen der Leitung, besonders an Bögen, sollten während des Druckaufbaus beobachtet werden (Bild 5.16). Um unzulässige Abwinklungen in den Muffen von Bögen zu vermeiden, sollten weiterhin die Verbindungen mit der maximal zulässigen negativen Abwinklung verlegt werden. Bei Inbetriebnahme wird sich der Bogen aus dieser Stellung in die „Normalstellung“ bewegen (Bild 5.17).

An den Einbindepunkten der Interimsleitung an die vorhandene Wasserleitung ist ebenfalls auf Längskraftschlüssigkeit zu achten. In welcher Art und Weise ein längskraftschlüssiger Anschluss an die vorhandene Leitung überhaupt möglich ist, hängt vom vorhandenen Material bzw. dessen Längskraftschlüssigkeit ab. Auf Grund der Vielzahl verschiedener Materialien und Verbindungssystemen können hierfür keine pauschalen Empfehlungen getroffen werden. Jeder Einzelfall sollte bei Bedarf mit unseren erfahrenen Ingenieuren der Anwendungstechnik besprochen werden.

Bild 5.16 Lageüberwachung am Bogen

Auch fliegende Leitungen haben Hoch- und Tiefpunkte bzw. können Druckstößen ausgesetzt sein. Dementsprechend werden Be- und Entlüftungen benötigt. (Bild 5.19) Für deren Ausbildung können zum Beispiel MMA- oder MMB-Sücke mit BLS®-Verbindung verwendet werden auf denen die Armaturen befestigt werden. Denkbar ist aber auch ein aufgeschweißter Dom mit 2“-IG-Abgang und eingeschraubter Armatur.

Bild 5.18 Verriegeln mittels Hydraulikzylinder

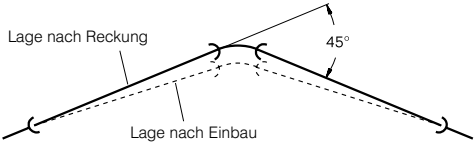



Bild 5.17: negative Abwinklung an Bögen

Bild 5.19 Entlüftung auf MMA mit BLS®-Verbindung

### Die Rohrverbindung

Für duktile Gussrohre und Formstücke, die außerhalb des Erdreiches, also zum Beispiel als fliegende Leitung oder Ersatzwasserversorgung, verlegt werden, sollten immer formschlüssige Verbindungen, wie BLS® verwendet werden. Gründe hierfür sind vor allem:

- Die leichte und zügige Verlegung
- Die schnelle und vor allem zerstörungsfreie Demontierbarkeit.
  Hierdurch können die Rohre und Formstücke mehrfach wiederverwendet werden
- Dauerhaft sichere Verbindung auch bei häufigen Lastwechseln
- Hohe Betriebsdrücke bzw. hohe Sicherheiten
- Abwinkelbarkeit bis zu 5° (ca. 50 cm je Rohr) – dadurch Einsparung von Formstücken
- Montierbar bei fast jeder Witterung

Im Bereich von Formstücken kann natürlich auch mit Flanschverbindungen gearbeitet werden.

### Außenbeschichtung

Da es sich bei fliegenden Leitungen um temporäre Bauwerke handelt kommt der Außenbeschichtung eine eher untergeordnete Bedeutung zu. Üblicherweise sollte ein Zink-Überzug mit Deckbeschichtung ausreichend sein. Unter Umständen sollte die gewählte Außenbeschichtung in Abhängigkeit von der nachfolgenden Verwendung festgelegt werden. Wie bereits erwähnt, können duktile Gussrohre mit BLS®-Verbindung zerstörungsfrei demontiert und dementsprechend wiederverwendet werden.
Für Leitungen die längere Zeit, auch bei kalter Witterung liegen sollen, ist es ratsam über wärmegedämmte Rohre nachzudenken. Gerade bei kleineren Leitungen und oder solchen mit geringem Durchfluss und langer Stagnationszeit bieten sich diese WKG-Rohre an. In Extremfällen können diese Rohre mit einer zusätzlichen Begleitheizung ausgestattet werden. Weitere Informationen hierzu finden Sie in unserem Produktkatalog.

### Zusammenfassung

Duktile Gussrohre mit BLS®-Verbindung bieten sich hervorragend für die Erstellung von temporären Rohrleitungen (fliegende Leitungen oder Ersatzwasserleitungen an). Sie zeichnen sich vor allem durch Ihre Robustheit gegenüber externen Angriffen und inneren Druckbelastungen aus und können bedingt durch die leichte und zerstörungsfreie Demontage mehrfach wiederverwendet werden. Durch die Verwendung der form- und längskraftschlüssigen BLS®-Verbindung sind Widerlager nicht notwendig.

### Referenzen (Auszug)

| Objekt | DN | Länge [m] | Baujahr |
|---|---|---|---|
| Berlin – Olympiastadion | 250 | 240 | 2005 |
| Hartenstein –Chemnitz | 600 | 8 x 2000 | 2007-2011 |
| Netphen TL 19 | 500 | 2 x 100 | 2011 |
| Vianden | 500 | 420 | 2011 |

## 5.3 Dükerleitungen
## Allgemeines

Aus verschiedenen technischen oder wirtschaftlichen Gründen ist es nicht immer sinnvoll, ein Gewässer mit konventionellen grabenlosen Verfahren, wie in Kapitel 4 beschrieben, zu unterfahren. So gestaltet sich das Einschwimmen einer Leitung in einem Fließgewässer sehr schwierig oder der Untergrund verhindert das Einbringen im HDD-Verfahren. Die Gründe können vielfältig sein.

In solchen Fällen kann zu einer ganz speziellen Methode des Dükerbaus gegriffen werden – dem Einziehen des Rohrstranges auf einer Unterkonstruktion über die Gewässersohle. In den Fachartikeln „Bau eines Abwasserdükers von der Rheininsel Niederwerth zur Zentralkläranlage der Stadt Koblenz“ [53] und „Überzeugende Vorstellung: Abwasserleitung durch den Main“ [54] wird über dieses Verfahren berichtet. Beide Maßnahmen wurden von der Fa. Hülskens aus Wesel durchgeführt.

Vorteile dieser Methode können vor allem relativ geringen Baukosten sein und die Möglichkeit, den Rohrstrang vor Einzug komplett auf Dichtheit zu prüfen. Es können gleichzeitig fast beliebig viele Versorgungsträger jeden Durchmessers und sonstige Leitungen eingezogen werden. Auch komplizierte Querschnitte stellen kein Problem dar. Überdies wird das Baugrundrisiko auf ein überschaubares Maß reduziert.

### Verfahrensbeschreibung

Für dieses Verfahren ist es notwendig den gesamten Düker auf ganzer Länge vor dem Einzug zu montieren. Dementsprechend groß ist der Platzbedarf.

Im ersten Schritt wird die Unterkonstruktion für die spätere Montage der Rohrleitung(en) erstellt. Diese Konstruktion besteht gewöhnlich aus einem Stahlprofil, welches später mit Beton gefüllt wird (Bild 5.20). Der Beton dient als Ballastierung und Stabilisierung des Dükers.

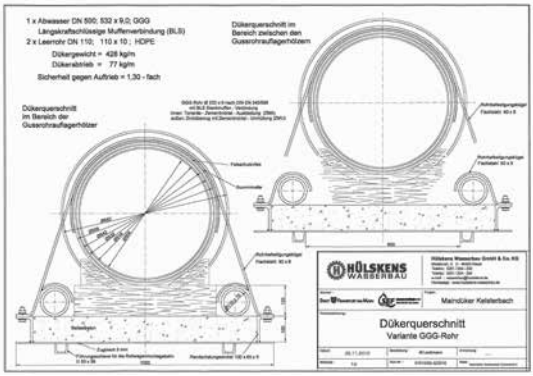



Bild 5.20 Beispiel einer Unterkonstruktion im Querschnitt

Die Unterkonstruktion wird so aufgelagert, dass beim späteren Einzug möglichst wenig Einzugkräfte aufzubringen sind. Dies kann ganz simpel durch Auflagerung auf Stahlplatten geschehen oder durch Positionierung auf Rollenböcken (Bild 5.21).

Bild 5.21 Auflagerung auf Rollenböcken

Nachdem die Unterkonstruktion fertig gestellt und ausbetoniert ist, kann mit der Montage der Rohrleitungen und sonstiger Versorgungsträger begonnen werden. Hierbei sind dem Spielraum an Form und Dimension kaum Grenzen gesetzt. Es können praktisch beliebig viele Trink- oder Abwasserleitungen oder Leerrohre befestigt werden. Gewöhnlich geschieht dies durch „Festschnallen“ auf der Unterkon-struktion (Bild 5.22). Denkbar sind aber auch vorgefertigte Rohrschellen aus Stahl, die mit der Unterkonstruktion verbunden werden.

Bild 5.22 Befestigung der Rohre auf der Unterkonstruktion

Bei der Rohrmontage sollte unbedingt auf eine gute Verriegelung der BLS®-Verbindungen geachtet werden. Dies geschieht am besten nach dem Einlegen der Riegel durch Recken der Verbindung mittels Verlegegerät oder Hydraulikzylinder. (Bild 5.23)

Bild 5.23 Verriegeln der BLS®-Verbindungen

Dieser Schritt ist notwendig, da ohne Verriegelung sich jede Verbindung um bis zu 1 cm recken würde sobald die Leitung von innen unter Druck gesetzt wird. Folge wäre eine Verlängerung der Leitung und nachfolgend Bewegung und eventuell starke Abwinklung von Bögen. Als weitere Folge könnten unzulässige Kräfte in die Unterkonstruktion oder Befestigungen eingeleitet werden.

Je nach Gegebenheiten der Baustelle, ist eine Anzahl von Bögen in Leitungsverlauf zu erwarten um so genannte Dükeräste auszubilden. Dükeräste befinden sich gewöhnlich an beiden Enden des Rohrstranges und dienen dem Verschwenken der Rohrachse über den späteren Wasserspiegel (Bild 5.24).

Da an den Bögen eines Dükerastes durch Innendruck, z. B. während der Druckprüfung, erhebliche Kräfte entstehen können, ist für eine ausreichend dimensionierte Unterkonstruktion zu sorgen, wie auf Bild 5.24 dargestellt.

Nachdem der Rohrstrang, inkl. Dükeräste, montiert ist, kann mit der Druckprobe begonnen werden. Unter Verwendung von Rohren und Formstücken mit BLS®-Verbindung stellt dies kein Problem dar. Mittels der längskraftschlüssigen EU- und F-Stücke werden die Enden der Leitung verschlossen. Ein weiterer Verbau der Rohrenden ist gewöhnlich nicht notwendig. Im Anschluss der bestandenen Druckprüfung werden nun die Befestigungsschellen komplett festgezogen.

Bild 5.24 Montage eines Dükerastes

Parallel zur Rohrleitungsmontage muss noch ein Zugkopf an der Unterkonstruktion befestigt werden. Dieser dient der Befestigung des Zugseils (Bild 5.25). Das Zugseil wird von dort aus, am Grunde des Gewässers entlang, über einen Umlenkrahmen zu einer Seilwinde geführt (Bild 5.26).

Bild 5.25 Zugkopf

Bild 5.26 Blick vom Umlenkrahmen über die Seilwinde zum anderen Ufer

In den meisten Fällen wird es vorher notwendig sein, einen Graben in die Gewässersohle einzubringen. Dadurch wird zum einen der Untergrund geebnet und die Ein- und Ausfahrtsrampen für den Düker modelliert, zum anderen kann der Düker später überschüttet und somit vor äußeren Angriffen (z. B. Anker) geschützt werden.

Nach Beendigung aller vorbreitenden Maßnahmen kann nun mit dem Einzug begonnen werden. Der Düker wird durch die vorbereitete Rinne durch das Wasser gezogen bis der erste Dükerast am anderen Ufer auftaucht (Bild 5.27). Die gesamte Zugkraft wird durch den Zugkopf und die Unterkonstruktion aufgenommen. Das Rohrleitungsmaterial wird durch den Einzugvorgang so gut wie nicht belastet.

Im Nachgang des Einzuges ist der Rohrgraben zu verfüllen, die Dükeräste an die landseitige Leitung anzubinden, die Verbaukästen an den Ufern zu entfernen und die Oberfläche wiederherzustellen.

### Die Rohrverbindung

Auf Grund der vor dem Einzug stattfindenden Druckprüfung ist eine form- und längskraftschlüssige Verbindung, wie die BLS®-Verbindung unumgänglich. Darüber hinaus gewährleistet eine solche Verbindung während des Einzugvorganges und im späteren Betrieb eine gewisse Sicherheit gegenüber unvorhersehbaren Lageänderungen.

Durch die schnelle und einfache Montage (vgl. Tabelle 3.3) ist ein hoher Baufortschritt gewährleistet. Die Sicherung der Bögen durch Betonwiderlager entfällt.

### Außenbeschichtung

Theoretisch können, je nach Randbedingungen, alle zur Verfügung stehenden Außenbeschichtungen zum Einsatz kommen. Jedoch empfiehlt es sich aus folgenden Gründen ausschließlich Rohre mit einer Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) nach DIN EN 15 542 [7] zu verwenden:

- Maximaler Korrosionsschutz – Da die Rohre teilweise im Wechselbereich von Wasser zur Erdreich liegen ist ein hervorragender Korrosionsschutz erforderlich. Ebenso kann das Verfüllmaterial aggressiv sein. Duktile Gussrohre mit ZMU können nach DIN EN 545 [11] in Böden beliebiger Aggressivität verlegt werden.

Bild 5.27 Ankunft an der Seilwinde

Bild 5.28 vormontierter Dükerast mit BLS®-Verbindung

- Maximaler mechanischer Schutz – Die Rohre werden gewöhnlich mit dem Aushubmaterial wieder verfüllt. Rohre mit ZMU können nach DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 in Böden mit einem Größtkorn von bis zu 100 mm eingebettet werden.

- Maximale Lebensdauer – Gemäß dem technischen Hinweis W 401 [10] kann bei duktilen Gussrohren mit ZMU von einer durchschnittlichen Lebensdauer von rund 120 Jahren ausgegangen werden.

Letztendlich ist das duktile Gussohr mit ZMU sehr universell einsetzbar und bietet für diese Einbaumethode die besten Voraussetzungen im Hinblick auf zu erwartende chemische, mechanische Belastungen und Lebensdauer.

### Zusammenfassung

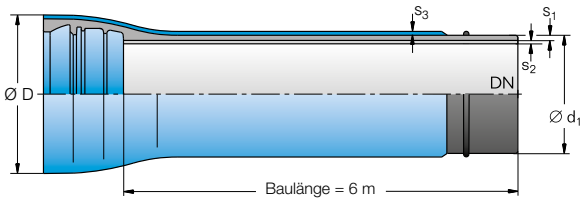
Das Einziehen eines Rohrstranges auf einer Unterkonstruktion durch ein Gewässer stellt eine interessante Alternative zu den sonst üblichen Einbaumethoden dar. Durch die „halb offene“ Bauweise ist ein Gelingen der Maßnahme so gut wie sicher, da alle Hindernisse im Voraus erkannt werden können.

## 6. Technische Datenblätter

### 6.1 Das BLS®-Rohr

Duktile Gussrohre nach DIN EN 545/598 mit BLS®-Verbindung

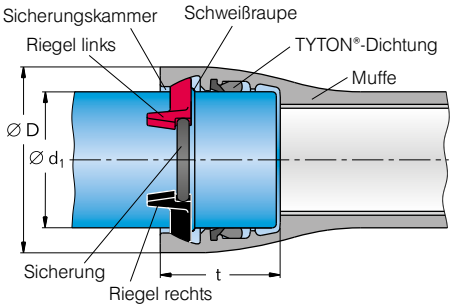
Außen: Zementmörtel-Umhüllung (Duktus ZMU) nach DIN EN 15 542
Innen: Zementmörtel-Auskleidung nach DIN EN 545/598



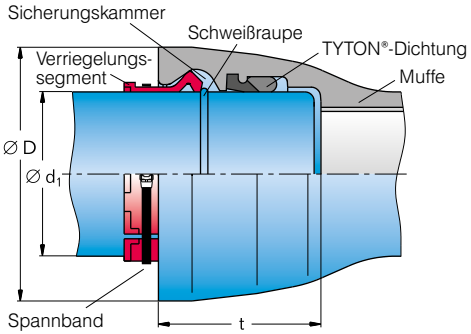

| DN | Maße [mm] | | | | | PFA[1] Wasser [bar] | Masse [kg] ~ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $d_1$ [mm] | D [mm] | Guss $s_1$ | ZMA $s_2$ | ZMU $s_3$ | | ein Rohr [2] (6 m) | ZMU |
| 80[3] | 98 | 156 | 4,7 | 4 | 5 | 100/110[4] | 96,7 | 19,5 |
| 100[3] | 118 | 182 | 4,7 | | | 75/110[4] | 120,3 | 24 |
| 125[3] | 144 | 206 | 4,8 | | | 63/110[4] | 156,4 | 28 |
| 150[3] | 170 | 239 | 4,7 | | | 63/75[4] | 192,0 | 33 |
| 200 | 222 | 293 | 4,8 | | | 40/63[4] | 248,3 | 43 |
| 250 | 274 | 357 | 5,2 | | | 40/44[4] | 330,3 | 52 |
| 300 | 326 | 410 | 5,6 | | | 40 | 424,9 | 63 |
| 400 | 429 | 521 | 6,4 | 5 | | 30 | 624,9 | 82 |
| 500 | 532 | 636 | 7,2 | | | 30 | 839,9 | 101 |
| 600 | 635 | 732 | 8,0 | | | 32 | 1.118,6 | 121 |
| 700 | 738 | 849 | 8,8 | 6 | | 25 | 1.410,1 | 140 |
| 800 | 842 | 960 | 9,6 | | | 16/25[3] | 1.768,0 | 160 |
| 900 | 945 | 1.073 | 10,4 | | | 16/25[3] | 2.131,3 | 179 |
| 1000 | 1.048 | 1.188 | 11,2 | | | 10/25[3] | 2.524,4 | 199 |

[1] PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck, höhere Drücke auf Anfrage; [2] theoretische Massen inkl. ZMA und Zink-Überzug; [3] Wanddickenklasse K10 nach DIN EN 545:2006; [4] mit Hochdruckriegel

## 6.2 Die BLS®-Steckmuffen-Verbindung




DN 80 - DN 500



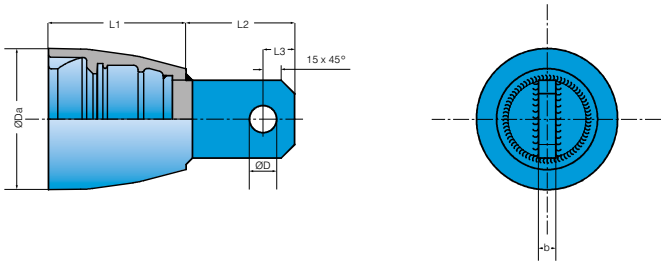

DN 600 - DN 1000

| DN [mm] | PFA [bar][1)] | zulässige Zugkraft $F_{zul}$ [kN][2)] | | mögliche Abwinkelung [°] | min. Kurvenradius [m] | Anzahl Monteure | Montagezeit ohne Verbindungsschutz [min] | Montagezeit bei Verwendung einer Schutzmanschette [min] | Montagezeit bei Verwendung einer Schrumpfmanschette [min] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DVGW | Duktus | | | | | | |
| 80[5)] | 100/110[4)] | 70 | 115 | 5 | 69 | 1 | 5 | 6 | 15 |
| 100[5)] | 75/110[4)] | 100 | 150 | 5 | 69 | 1 | 5 | 6 | 15 |
| 125[5)] | 63/110[4)] | 140 | 225 | 5 | 69 | 1 | 5 | 6 | 15 |
| 150[5)] | 63/75[4)] | 165 | 240 | 5 | 69 | 1 | 5 | 6 | 15 |
| 200 | 40/63[4)] | 230 | 350 | 4 | 86 | 1 | 6 | 7 | 17 |
| 250 | 40/44[4)] | 308 | 375 | 4 | 86 | 1 | 7 | 8 | 19 |
| 300 | 40 | 380 | 380 | 4 | 86 | 2 | 8 | 9 | 21 |
| 400 | 30 | 558 | 650 | 3 | 115 | 2 | 10 | 12 | 25 |
| 500 | 30 | 860 | 860 | 3 | 115 | 2 | 12 | 14 | 28 |
| 600 | 32 | 1200 | 1525 | 2 | 172 | 2 | 15 | 18 | 30 |
| 700 | 25 | 1400 | 1650 | 1,5 | 230 | 2 | 16 | - | 31 |
| 800 | 16/25[5)] | - | 1460 | 1,5 | 230 | 2 | 17 | - | 32 |
| 900 | 16/25[5)] | - | 1845 | 1,5 | 230 | 2 | 18 | - | 33 |
| 1000 | 10/25[5)] | - | 1560 | 1,5 | 230 | 2 | 20 | - | 35 |

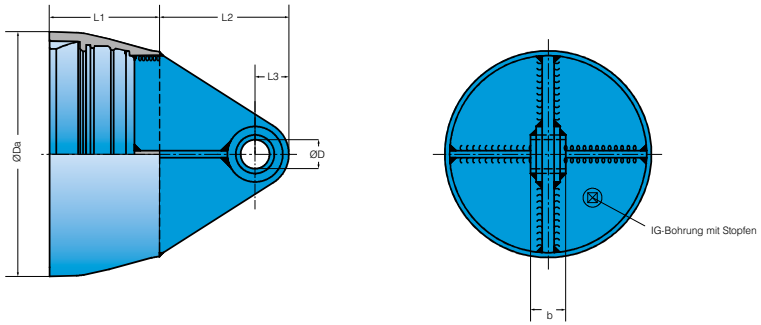
1) PFA: zulässiger Bauteilbetriebsdruck, höhere Drücke auf Anfrage; 2) Bei geradlinigem Trassenverlauf (max. 0,5° pro Rohrverbindung) können die Zugkräfte um 50 kN angehoben werden. 3) Bei Nennmaß; 4) mit Hochdruckriegel. 5) Wanddickenklasse K10 nach DIN EN 545:2006

## 6.3 BLS®-Zugköpfe

### DN 80 - DN 200




### DN 250 - DN 1000




| DN | L1 [mm] | L2 [mm] | L3 [mm] | Da [mm] | ØD [mm] | b [mm] | zulässige Zugkraft $F_{zul}$ [kN] | IG ["] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 80 | 158 | 109 | 35 | 156 | 30 | 26 | 115 | - |
| 100 | 166 | 114 | 46 | 182 | 36 | 35 | 150 | - |
| 125 | 178 | 132 | 50 | 206 | 44 | 45 | 225 | - |
| 150 | 181 | 144 | 56 | 239 | 46 | 50 | 240 | - |
| 200 | 191 | 159 | 65 | 293 | 55 | 60 | 350 | - |
| 250 | 231 | 270 | 87,5 | 357 | 62 | 75 | 375 | ¾ |
| 300 | 231 | 300 | 107,5 | 410 | 62 | 75 | 380 | ¾ |
| 400 | 260 | 335 | 147,5 | 521 | 75 | 95 | 650 | ¾ |
| 500 | 280 | 450 | 165 | 636 | 110 | 140 | 860 | ¾ |
| 600 | 370 | 432 | 180 | 732 | 115 | 145 | 1.525 | ¾ |
| 700 | 350 | 520 | 140 | 849 | 120 | 145 | 1.650 | ¾ |
| 800 | 350 | 520 | 140 | 960 | 120 | 145 | 1.460 | ¾ |
| 900 | 450 | 700 | 175 | 1.073 | 115 | 145 | 1.845 | ¾ |
| 1000 | 500 | 770 | 190 | 1.188 | 115 | 145 | 1.560 | ¾ |

## 7. Einbauanleitungen

### 7.1 Einbauanleitung für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung; DN 80-DN 500

**Geltungsbereich**

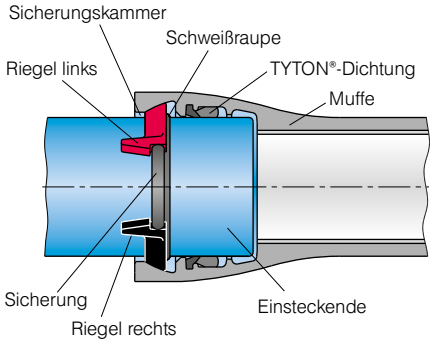
Diese Einbauanleitung gilt für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 und DIN 28 650 mit längskraftschlüssiger BLS®-Steckmuffen-Verbindung DN 80-DN 500 nach DIN 28 603. Für Einbau und Montage von anderen längskraftschlüssigen Verbindungen und/oder Rohren mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) liegen besondere Einbauanleitungen vor.

Bei sehr hohen Innendrücken (z. B. Beschneiungsanlagen) und grabenlosen Einbauverfahren (z. B. Press- Zieh-, Raketenpflug-Verfahren oder Horizontal-Bohrtechnik) ist zusätzlich in den Nennweiten DN 80-DN 250 ein Hochdruckriegel zu verwenden.

Die Zahl der zu sichernden Verbindungen ist gemäß dem DVGW-Merkblatt GW 368 festzulegen.

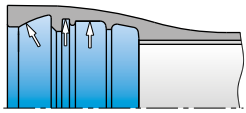
Zulässige Zugkräfte für grabenlose Einbauverfahren sind in den DVGW-Arbeitsblättern GW 320-1, 321, 322-1, 322-2, 323 und 324 bzw. Tabelle 3.3 festgelegt.

**Aufbau der Verbindung**

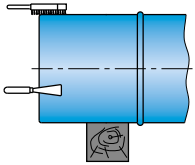


## Reinigen

Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtungssitz, Haltenut, Sicherungskammer und die Riegel sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen. Zum Reinigen der Haltenut einen Kratzer, z. B. einen umgebogenen Schraubendreher, verwenden.

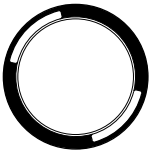


Einsteckende reinigen. Verunreinigungen und eventuelle Farbanhaftungen entfernen.



## Lage der Muffenfenster im Rohrgraben

DN 80 – DN 250



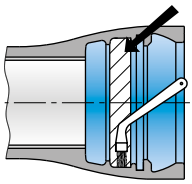
DN 300 – DN 500

Zum Einlegen der Riegel bzw. Verschrauben des Klemmringes empfiehlt sich die Lage der Muffenfenster wie abgebildet.

Bei den Formstücken ergibt sich deren Lage auf Grund der Einbausituation.

Hinweis: Klemmringe dürfen für grabenlose Einbauverfahren nicht verwendet werden!

**Einlegen der Dichtung**
Bei großen DN kann es sinnvoll sein, auch unter der Dichtung Gleitmittel zu verwenden.



Hierfür die gerastert gezeichnete Dichtfläche mit dem vom Rohrhersteller mitgelieferten Gleitmittel sorgfältig und dünn bestreichen.

Hinweis: Kein Gleitmittel in die Haltenut (schmale Kammer) einbringen!

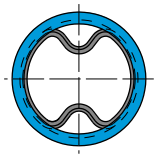
Die Dichtung reinigen und herzförmig zusammendrücken.

Die Dichtung so in die Muffe einsetzen, dass die äußere Hartgummikralle in die Haltenut der Muffe eingreift.

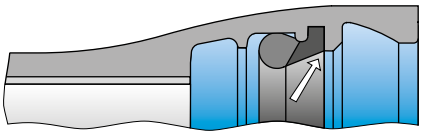
Anschließend die Schlaufe glattdrücken.

Macht das Glattdrücken der Schlaufe Schwierigkeiten, dann an der gegenüberliegenden Seite eine zweite Schlaufe ziehen. Diese beiden kleinen Schlaufen lassen sich dann ohne Mühe glattdrücken.

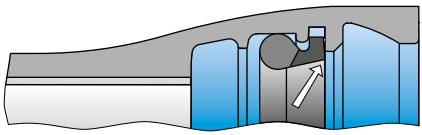
Die Dichtung darf mit der inneren Hartgummikante nicht über den Zentrierbund herausragen.



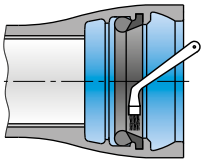
**richtig**



**falsch**



Auf die Dichtung eine dünne Schicht Gleitmittel auftragen.



### Einsteckende mit Schweißraupe

Das gereinigte Einsteckende – besonders an den Anfasungen – dünn mit Gleitmittel bestreichen und dann bis zum Muffengrund (Anschlag) einziehen oder einschieben. Die Rohre dürfen beim Einziehen und Einlegen der Riegel nicht abgewinkelt sein.

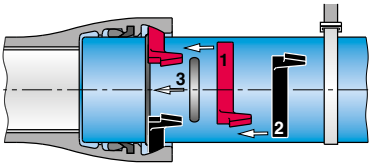
Riegel „rechts“ (1) in das Muffenfenster einlegen und nach rechts bis zum Anschlag schieben.

Riegel „links“ (2) in das Muffenfenster einlegen und nach links bis zum Anschlag schieben.

Sicherung (3) in das Muffenfenster hineindrücken.

Ab DN 300 sind die Schritte 1 bis 3 zwei mal auszuführen, da hier 2x2 Riegel und 2 Sicherungen eingesetzt werden.

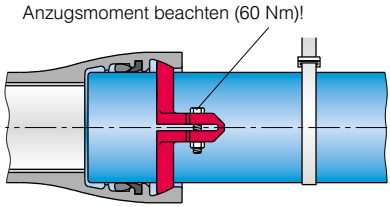
Hebevorrichtung erst entfernen wenn die Verbindung hergestellt ist.

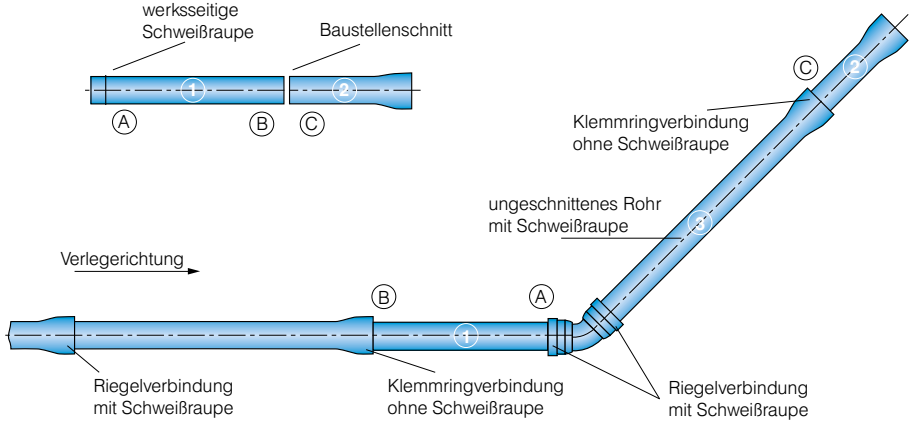


**Einsteckende ohne Schweißraupe**
Einlegen des geteilten Klemmringes. Die zwei Klemmringhälften werden zuerst getrennt in die Schubsicherungskammer eingelegt und mit den zwei Schrauben lose verbunden.

Einstecktiefe (Muffentiefe) am Einsteckende markieren.
Einziehen des Einsteckendes. Das gereinigte Einsteckende – besonders an den Anfasungen – mit Gleitmittel bestreichen und dann bis zum Anschlag einziehen oder einschieben. Die Rohre dürfen beim Einziehen nicht abgewinkelt sein. Die vorher aufgebrachte Markierung auf dem Einsteckende sollte nach dem Einziehen nahezu deckungsgleich mit der Muffenstirn sein.

Den Klemmring so weit wie möglich in Richtung Muffenstirn ziehen und anschließend die Schrauben mit vorgegebenen Moment festziehen.



**Hinweis zu Klemmringverbindungen**
Beim Einbau von Klemmringen sollte darauf geachtet werden, dass diese **nicht** in Freileitungen, pulsierenden Leitungen und bei **grabenlosem Einbauverfahren** verwendet werden. In MK-, MMK-, EN oder ENQ-Stücken beträgt der PFA maximal 16 bar.

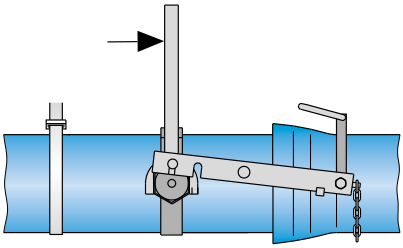
Für den Einbau in Bögen mit einem Betriebsdruck >16 bar wird das geschnittene Passrohr mit den zwei Einsteckenden um 180° gedreht, so dass das Ende mit Schweißraupe in die Muffe des Krümmers kommt.

Vor dem Einbau des verbliebenen Kurzrohres mit Muffe wird ein ungeschnittenes Rohr verlegt, in dessen Muffe dann erst das Ein-steckende ohne Schweißraupe verwendet wird.

Vor dem Einsatz in Düker- und Brückenleitungen, sowie vor dem Einbau in Steilhängen, Schutzrohren, Freileitungen, pulsierenden Leitungen oder Kollektoren, ist unsere Anwendungstechnik anzusprechen. Der Einbau von Klemmringen ist hier, wie auch bei grabenlosen Einbauverfahren, zu vermeiden. Die erforderlichen Passrohre sollten mit Schweißraupen versehen werden.

**Verriegeln**
Das Rohr bis zur Anlage der Riegel oder des Klemmrings in der Sicherungskammer aus der Muffe herausziehen bzw. herausdrücken, z. B. mit einem Montagegerät.

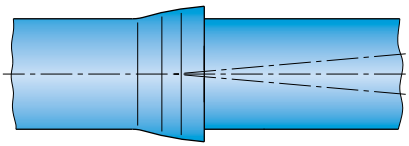
Jetzt ist die Verbindung längskraftschlüssig.



**Abwinkeln**

Nach Fertigstellung der Verbindung können Rohre und Formstücke abgewinkelt werden:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DN | 80 | bis | DN 150 | – 5° |
| DN | 200 | bis | DN 300 | – 4° |
| DN | 400 | und | DN 500 | – 3° |

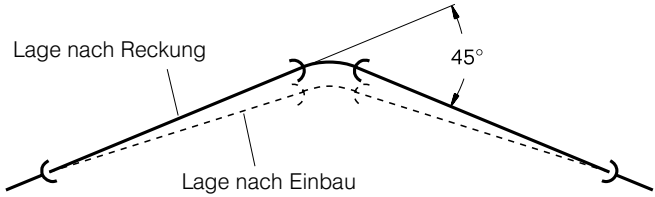


1° Abwinkelung ergibt auf eine Rohrlänge von 6 m ca. 10 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Rohres oder Formstückes; z. B. bei 3° = 30 cm.

### Montagehinweis

Es ist zu beachten, dass in Abhängigkeit vom Innendruck und den Verbindungstoleranzen Reckungen bis etwa 8 mm je Verbindung auftreten können.

Um dem Reckweg der Leitung bei der Druckaufgabe Rechnung zu tragen, werden die Verbindungen an den Bogen mit der max. zulässigen Abwinkelung negativ eingestellt.



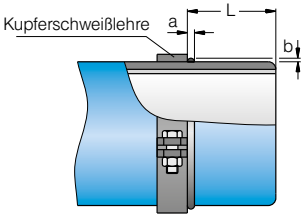

### Kürzen von Rohren

Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten. Müssen Rohre auf der Baustelle gekürzt werden, so ist die für BLS®-Steckmuffen-Verbindung erforderliche Schweißraupe mit einer vom Hersteller vorgeschriebenen Elektrode aufzubringen. Ausführung der Schweißarbeiten nach Merkblatt DVS 1502.

Abstand vom Einsteckende und Raupengröße ist gemäß nachstehender Tabelle einzuhalten.

Elektrodentyp: z. B. Castolin 7330-D; UTP FN 86; Gricast 31 oder 32.
Der Elektrodendurchmesser sollte 3,2 mm, ab DN 400 4,0 mm betragen.

| DN | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L | 86±4 | 91±4 | 96±4 | 101±4 | 106±4 | 106±4 | 106±4 | 115±5 | 120±5 |
| a | 8±2 | 8±2 | 8±2 | 8±2 | 9±2 | 9±2 | 9±2 | 10±2 | 10±2 |
| b | $5^{+0,5}_{-1}$ | $5^{+0,5}_{-1}$ | $5^{+0,5}_{-1}$ | $5^{+0,5}_{-1}$ | $5,5^{+0,5}_{-1}$ | $5,5^{+0,5}_{-1}$ | $5,5^{+0,5}_{-1}$ | $6^{+0,5}_{-1}$ | $6^{+0,5}_{-1}$ |




Um eine gute und gleichmäßige Ausführung der Schweißraupe zu gewährleisten, muss zum Aufbringen ein Kupferklemmring im vorgesehenen Abstand (s. Tabelle) auf dem Einsteckende befestigt werden. Die Schweißzone muss metallisch blank sein. Verunreinigungen bzw. Zinküberzüge müssen durch Feilen oder Schleifen entfernt werden.

Nach dem Entfernen des Kupferklemmringes ist die Schnittkante am Einsteckende gemäß ursprünglicher Ausführung herzustellen und diese, als auch der Schweißraupenbereich, zu reinigen. Diese Bereiche sind abschließend mit dem entsprechenden Schutzüberzug zu versehen.

### Demontage

Das Rohr axial bis zum Anschlag in die Muffe einschieben. Sicherung aus Muffenfenster herausnehmen. Riegel verschieben und aus dem Muffenfenster entfernen. Falls vorhanden, Hochdruckriegel mit einem flachen Gegenstand (z. B. Schraubendreher) aus der Sohle heraus zum Muffenfenster schieben und entnehmen.

### Demontage von Klemmringverbindungen

Das Rohr axial bis zum Anschlag in die Muffe einschieben.

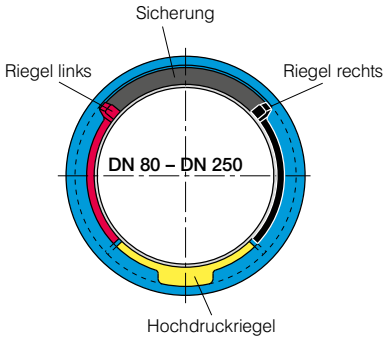
Nach dem Entfernen der Klemmschrauben sind die Klemmringhälften durch Hammerschläge zu lockern. Während der Demontage ist auf die lose Lage der Klemmringhälften zu achten (erforderlichenfalls durch Hammerschläge während des Ausziehens des Einsteckendes). Durch das Einspannen eines Vierkanteisens zwischen den Spannlaschen kann ebenfalls das Verklemmen am Einsteckende bei der Demontage verhindert werden. Keinesfalls Hammerschläge auf Muffe oder Rohrschaft!

### Hochdruckriegel

Bei sehr hohen Innendrücken (z. B. Beschneiungsanlagen, Turbinenleitungen) und grabenlosen Einbauverfahren (z. B. Press-Zieh-, Raketenpflug-Verfahren oder Horizontal-Bohrtechnik) ist zusätzlich ein Hochdruckriegel zu verwenden.

Der Hochdruckriegel wird vor dem Einsetzen des linken und rechten Riegels durch das Muffenfenster in die Sicherungskammer eingelegt und in der Sohle positioniert. Nun können die Riegel eingelegt werden, so dass der Hochdruckriegel zwischen deren glatten Enden liegt. Anschließend werden, wie üblich, die Riegel mit der Sicherung fixiert.

In der Abbildung unten ist eine komplett montierte BLS®-Muffe inkl. Hochdruckriegel dargestellt. Der Hochdruckriegel wird für Nennweiten DN 80 bis DN 250 eingesetzt.



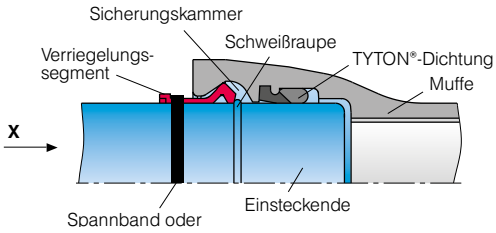
## 7.2 Einbauanleitung für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen mit BLS®-Steckmuffen-Verbindung DN 600-DN 1000

### Geltungsbereich

Diese Einbauanleitung gilt für Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 und DIN 28 650 mit längskraftschlüssiger BLS®-Steckmuffen-Verbindung DN 600-DN 1000 nach DIN 28 603. Für Einbau und Montage von anderen längskraftschlüssigen Verbindungen und/oder Rohren mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) liegen besondere Einbauanleitungen vor.

Die Zahl der zu sichernden Verbindungen ist gemäß dem DVGW-Merkblatt GW 368 festzulegen. Zulässige Zugkräfte für grabenlose Einbauverfahren sind in den DVGW-Arbeitsblättern GW 320-1, 321, 322-1, 322-2, 323 und 324 bzw. Tabelle 3.3 festgelegt.

### Aufbau der Verbindung

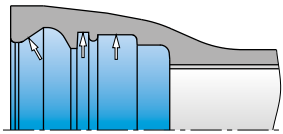


Anzahl der Verriegelungssegmente je Verbindung

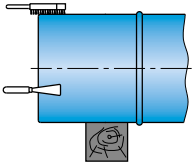
| DN | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|
| n | 9 | 10 | 10 | 13 | 14 |

### Reinigen

Die mit Pfeil gekennzeichneten Flächen an Dichtungssitz, Haltenut, Sicherungskammer und die Verriegelungssegmente sind zu reinigen und eventuelle Anstrichhäufungen zu entfernen.



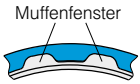
Zum Reinigen der Haltenut einen Kratzer, z. B. einen umgebogenen Schraubendreher, verwenden.



Einsteckende reinigen. Verunreinigungen und eventuelle Farbanhaftungen entfernen.

### Lage der Muffenfenster

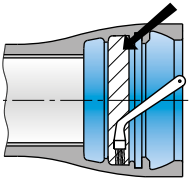
Das Muffenfenster in der Muffenstirnseite muss grundsätzlich im Rohrscheitel liegen.




### Einlegen der Dichtung

Bei großen DN kann es sinnvoll sein, auch unter der Dichtung Gleitmittel zu verwenden.

Hierfür die gerastert gezeichnete Dichtfläche mit dem vom Rohrhersteller mitgelieferten Gleitmittel sorgfältig und dünn bestreichen.



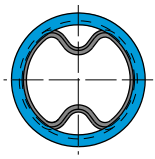
Hinweis: Kein Gleitmittel in die Haltenut (schmale Kammer) einbringen!

TYTON®-Dichtung reinigen und herzförmig zusammendrücken.

Die TYTON®- Dichtung so in die Muffe einsetzen, dass die äußere Hartgummikralle in die Haltenut der Muffe eingreift.

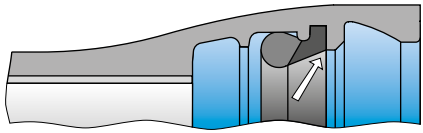
Anschließend die Schlaufe glattdrücken.

Macht das Glattdrücken der Schlaufe Schwierigkeiten, dann an der gegenüberliegenden Seite eine zweite Schlaufe ziehen. Diese beiden kleinen Schlaufen lassen sich dann ohne Mühe glattdrücken.

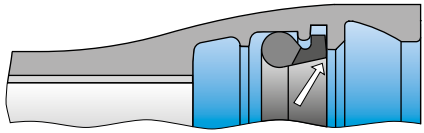


Die TYTON®- Dichtung darf mit der inneren Hartgummikante nicht über den Zentrierbund herausragen.

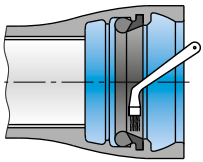
**richtig**



**falsch**

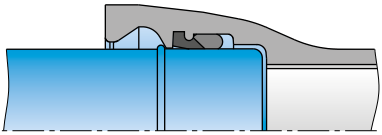


Auf die TYTON®- Dichtung eine dünne Schicht Gleitmittel auftragen.



**Zusammenbau der Verbindung**

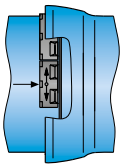
Das gereinigte Einsteckende – besonders an den Anfasungen – dünn mit Gleitmittel bestreichen und dann bis zum Anschlag einziehen oder einschieben. Die Rohre dürfen beim Einziehen oder Einlegen der Riegel nicht abgewinkelt sein.



Zunächst die Verriegelungssegmente durch die Muffenfenster einführen und im Wechsel links/rechts über den Rohrumfang verteilen.

Anschließend alle Segmente nach einer Seite so weit drehen, dass das letzte Segment durch das Muffenfenster eingesetzt und in eine verriegelungssichere Position gebracht werden kann.

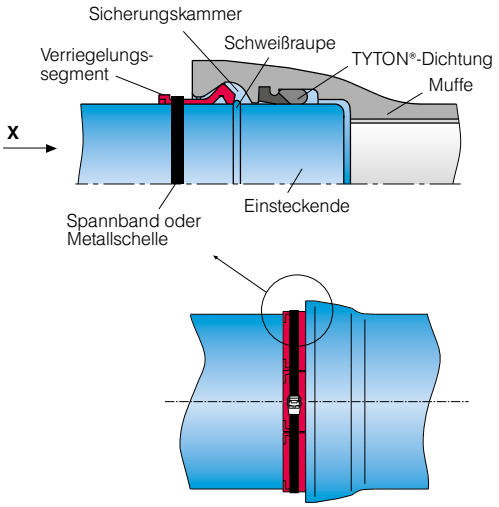
Die Höcker des letzten Verriegelungssegmentes dürfen in dem Muffenfenster nur geringfügig sichtbar sein. Bei eventuellem Klemmen von Segmenten sind diese durch bewegen des am Gurt hängenden Rohres mit leichten Hammerschlägen in ihre vorgesehene Position zu bringen.



Keinesfalls Hammerschläge auf Muffe oder Rohrschaft!

## Verriegeln

Alle Verriegelungssegmente nach außen bis zum Anschlag gegen die Schräge der Schubsicherungskammer zurückziehen. Anschließend das Spannband wie dargestellt über den Segmenten anbringen. Das Spannband dabei nur so leicht spannen, dass sich die Verriegelungssegmente noch verschieben lassen. Die Verriegelungssegmente nun ausrichten. Sie müssen vollflächig auf dem Rohrschaft anliegen und dürfen nicht überlappen. Anschließend das Spannband so fest spannen, dass die Verriegelungssegmente fest über den ganzen Rohrumfang anliegen. Die Verriegelungssegmente lassen sich nun nicht mehr verschieben. Das Rohr durch axialen Zug (z. B. mittels Verriegelungsschelle) soweit aus der Verbindung ziehen, bis die Schweißraupe an den Segmenten zur Anlage kommt. Im nicht abgewinkeltem Zustand müssen die Längsabstände der Verriegelungssegmente zur Muffenstirn annähernd gleich sein.

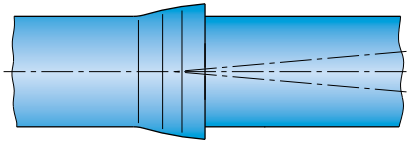



Hinweis: Für alle grabenlose Einbauverfahren wird statt des Spannbandes eine Metallschelle verwendet.

## Abwinkeln

Nach Fertigstellung der Verbindung können Rohre und Formstücke abgewinkelt werden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| DN | 600 | – | 2,0° |
| DN | 700 | – | 1,5° |
| DN | 800 | – | 1,5° |
| DN | 900 | – | 1,5° |
| DN | 1000 | – | 1,5° |



1° Abwinkelung ergibt auf eine Rohrlänge von 6 m ca. 10 cm Abweichung von der Achse des zuvor eingebauten Rohres; z. B. bei 2° = 20 cm.

### Montagehinweis

Es ist zu beachten, dass durch Anpassung der Verriegelungssegmente in Abhängigkeit vom Innendruck Reckungen bis etwa 8 mm je Verbindung auftreten können.

Um dem Reckweg der Leitung bei der Druckaufgabe Rechnung zu tragen, werden die Verbindungen an den Bogen mit der maximal zulässigen Abwinkelung negativ eingestellt.

### Kürzen von Rohren

Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten.

Müssen Rohre auf der Baustelle gekürzt werden, so ist die für BLS®-Steckmuffen-Verbindung erforderliche Schweißraupe mit einer vom Hersteller vorgeschriebenen Elektrode aufzubringen. Ausführung der Schweißarbeiten nach Merkblatt DVS 1502.

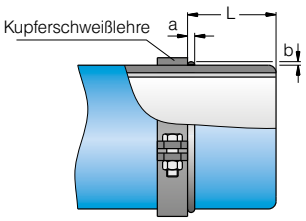
Abstand vom Einsteckende und Raupengröße ist gemäß nachstehender Tabelle einzuhalten.

Elektrodentyp: z. B. Castolin 7330-D; UTP FN 86; Gricast 31 oder 32.

| DN | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|
| L | 116 | 134 | 143 | 149 | 159 |
| a | 9±1 | 9±1 | 9±1 | 9±1 | 9±1 |
| b | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |

Um eine gute und gleichmäßige Ausführung der Schweißraupe zu gewährleisten, muss zum Aufbringen ein Kupferklemmring im vorgesehenen Abstand (s. Tabelle) auf dem Einsteckende befestigt werden.

Die Schweißzone muss metallisch blank sein. Verunreinigungen bzw. Zinküberzüge müssen durch Feilen oder Schleifen entfernt werden.




Nach dem Entfernen des Kupferklemmringes ist die Schnittkante am Einsteckende gemäß ursprünglicher Ausführung herzustellen und diese, als auch der Schweißraupenbereich zu reinigen. Diese Bereiche sind abschließend mit dem entsprechenden Schutzüberzug zu versehen.

### Demontage

Das Rohr axial bis zum Anschlag in die Muffe einschieben und Verriegelungssegmente durch Muffenfenster herausnehmen.

### Sonderbauwerke

Beim Einbau z. B. in Mantelrohren, an Brücken, im Horizontalspülbohrverfahren oder beim Einsatz als Dükerleitung sollte unsere Anwendungstechnik zu Rate gezogen werden.

Rohrleitungen an Steilhängen sollten von oben nach unten eingebaut werden, so dass nach dem Recken jedes einzelnen Rohres die Verriegelung durch Schwerkraft aufrecht erhalten wird. Falls dieses Vorgehen nicht möglich ist, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um zu verhindern, dass die Verriegelung durch die Schwerkraft aufgehoben wird.

### Kombination von Formstücken anderer Systeme mit BLS®

Bei der Kombination von Rohrenden mit Formstückmuffen anderer Systeme ist unsere Anwendungstechnik anzusprechen.

## Elektrodenbedarf

| Nennweite DN | Elekttroden/Raupe Ø 3,2 mm [St] | | Elekttroden/Raupe Ø 4,0 mm [St] | Zeitbedarf je Schweißraupe [min] |
|---|---|---|---|---|
| 80 | 5 | | | 15 |
| 100 | 6 | | | 18 |
| 125 | 8 | | | 24 |
| 150 | 9 | | - | 27 |
| 200 | 12 | | | 36 |
| 250 | 15 | | | 43 |
| 300 | 17 | | | 50 |
| 400 | 8 | + | 11 | 57 |
| 500 | 11 | + | 14 | 75 |
| 600 | 13 | + | 16 | 87 |
| 700 | 16 | + | 19 | 105 |
| 800 | 18 | + | 22 | 120 |
| 900 | 21 | + | 25 | 138 |
| 1000 | 23 | + | 27 | 150 |

Das Aufbringen der Schweißraupe erfolgt grundsätzlich in zwei Lagen, wobei ab DN 400 die Wurzellage grundsätzlich mit Ø 4 mm geschweißt wird.

Der in der Tabelle angegebene Elektrodenbedarf und Zeitaufwand stellt lediglich eine Orientierungshilfe dar.

## 7.3 Einbauanleitung für Rohre aus duktilem Gusseisen mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU)

### Geltungsbereich

Diese Einbauanleitung gilt für Rohre aus duktilem Gusseisen nach DIN EN 545 mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) nach DIN EN 15 542.

Zur Herstellung der Rohrverbindung ist die jeweils gültige Einbauanleitung zu beachten.

### Empfehlungen für den Einbau

Der Einbau muss so erfolgen, dass die ZMU nicht beschädigt wird. Zum Schutz der Muffenverbindungen stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

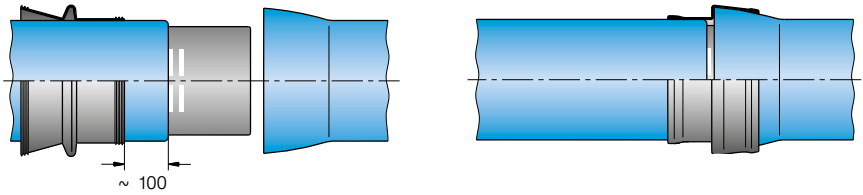
- ZM-Schutzmanschette,
- Schrumpfmaterial oder Schutzbänder (nach DIN 30 672),
- Mörtelbandage (z. B. Fa. Ergelit) für Sonderanwendungen.

### ZM-Schutzmanschetten

ZM-Schutzmanschetten können universell für TYTON®, BRS® und für BLS®-Steckmuffen-Verbindungen bis DN 1000 eingesetzt werden.

Vor der Montage der Verbindung wird die Manschette umgestülpt und – mit dem größeren Durchmesser voran – auf das Einsteckende soweit aufgezogen, dass die ZMU ca. 100 mm vorsteht.

Die Montage kann durch Gleitmittel auf der ZMU erleichtert werden.




Nach der Montage der Verbindung und dem Prüfen des Dichtungssitzes mit dem Taster wird die Manschette umgeklappt, bis an die Muffenstirn herangezogen und über die Muffe gestülpt. Sie liegt dann eng und fest an.

### Schrumpfmaterial und Schutzbänder

Schrumpfmaterial und Schutzbänder können bei allen Verbindungen eingesetzt werden.

Das Schrumpfmaterial muss für die Abmessungen der jeweiligen Verbindung und den Einsatzfall geeignet sein. Siehe Seite 115 ff.

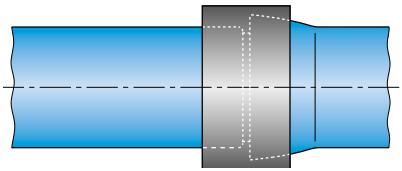
### Aufbringen der Schrumpfmuffe

Die Schrumpfmuffe ist vor dem Herstellen der Verbindung über das Muffenende zu ziehen.

Die zu umhüllende Oberfläche gemäß Merkblatt GW 15 vorbereiten,

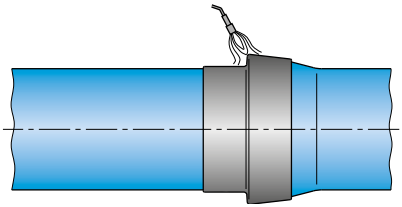
d.h. den Installationsbereich von Rost, Fett, Schmutz und allen losen Partikeln befreien. Die Fläche mit der Propangasflamme auf ca. 60 °C vorwärmen und damit trocknen.

Danach wird die Schrumpfmuffe über die Verbindung gezogen, wobei sich etwa die Hälfte der Länge auf der Muffe befinden sollte.



Die in der Schrumpfmuffe befindliche Schutzeinlage darf erst nach dem Positionieren auf der Muffe und kurz vor dem Erwärmen entfernt werden.

Mit einer weich eingestellten Propangasflamme wird die Schrumpfmuffe in Höhe der Muffenstirn ringsherum solange gleichmäßig erwärmt, bis der Schrumpfprozess einsetzt und sich die Muffenkontur abzeichnet. Dann wird unter gleichmäßiger Temperaturführung, wobei der Brenner fächelnd in Umfangsrichtung geführt werden soll, zuerst der Muffenteil aufgeschrumpft, dann von der Muffenstirn ausgehend der Teil des Rohrschaftes.



Der Vorgang ist einwandfrei durchgeführt wenn:

- die Muffe/Manschette vollständig auf die Rohrverbindung aufgeschrumpft ist,
- sie glatt, ohne Kaltstellen und Luftblasen anliegt, der Dichtungskleber an beiden Enden herausgepresst wurde,
- die geforderte Überlappung von 50 mm auf die Werksumhüllung eingehalten wurde.

**Umhüllung einer Muffenverbindung mit (offener) Schrumpfmanschette aus Bandmaterial**

Offene Schrumpfmanschetten gibt es vorkonfektioniert mit bereits integrierter Verschlusslasche oder in Rollen zu 30 m mit jeweils einer Verschlusslasche pro Muffe.

Das Schrumpfband, in Rollen von 30 m, ist auf der Baustelle entsprechend zu zuschneiden.

Die zu umhüllende Oberfläche gemäß Merkblatt GW 15 vorbereiten, d. h. den Installationsbereich von Rost, Fett, Schmutz und allen losen Partikeln befreien. Die Fläche mit der Propangasflamme auf ca. 60 °C vorwärmen und damit trocknen.

Schutzfolie ca. 150 mm von der Manschette abziehen. Das Manschettenende rechtwinklig zur Rohrachse zentrisch über der Rohrverbindung positionieren und unter gleichzeitiger Entfernung der restlichen Schutzfolie die Manschette lose umlegen. Die Überlappung der Manschettenenden soll mindestens 80 mm betragen und im oberen Rohrdrittel gut zugänglich liegen.

Bei niedrigen Umgebungstemperaturen ist es vorteilhaft, die Kleberseite der Überlappungsstelle sowie der Verschlusslasche kurz zu erwärmen.

Mit weicher, gelber Flamme unter ständiger Bewegung die zentrisch über der Überlappung platzierte Verschlusslasche von außen gleichmäßig erwärmen, bis sich die Gitterstruktur des Gewebes abzeichnet. Dann mit Handschuh gut andrücken. Die Manschette unter gleichmäßiger Bewegung der Flamme in Rohrumfangsrichtung zuerst auf der Verschlusslasche abgewandten Seite auf die Rohrmuffe und danach in gleicher Weise auf das Einsteckende aufschrumpfen.

Der Vorgang ist einwandfrei durchgeführt wenn:

- die Muffe/Manschette vollständig auf die Rohrverbindung aufgeschrumpft ist,
- sie glatt, ohne Kaltstellen und Luftblasen anliegt, der Dichtungskleber an beiden Enden herausgepresst wurde,
- die geforderte Überlappung von 50 mm auf die Werksumhüllung eingehalten wurde.

Die in den Einbauanleitungen angegebenen Abwinkelbarkeiten können bei den zuvor beschriebenen Muffenisolierungsarten auch nach dem Isolieren voll ausgenutzt werden.

Anstelle der molekularvernetzten Thermofit-Schrumpfmaterialien können auch Schutzbänder eingesetzt werden, wenn diese den Anforderungen nach DIN 30 672 entsprechen und eine DIN/DVGW-Registrier-Nummer tragen.

### Umwickeln mit Schutzbändern

Nach Fertigstellung der Verbindung wird das Schutzband in mehreren Lagen so über die Verbindung gewickelt, dass sie die ZMU ≥ 50 mm überdeckt.

### Umwickeln mit Mörtelbandage (Fa. Ergelit)

Mörtelband in einem wassergefüllten Eimer durchtränken bis keine Luftblasen austreten. Maximal zwei Minuten.

Nasses Band entnehmen und leicht ausdrücken.

Band auf den zu umhüllenden Bereich (ZMU ≥ 50 mm überdecken) aufwickeln und der Kontur anpassen.

Für 6 mm Schichtdicke Bandage zweimal umwickeln bzw. 50% überlappen.

Nach ca. 1 Std. bis 3 Std. ist die Nachisolierung mechanisch belastbar.

### Verfüllen des Rohrgrabens

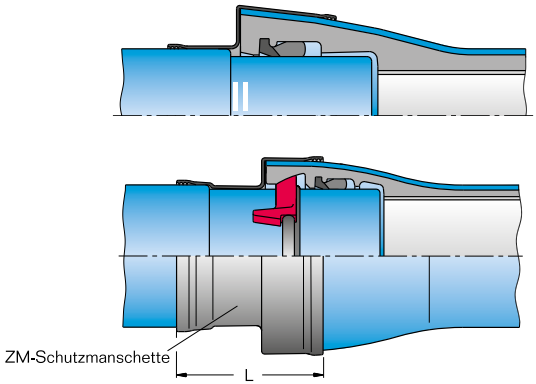
Die Bettung der Rohre ist gemäß DIN EN 805 bzw. DVGW-Arbeitsblatt W 400-2 vorzunehmen.

Als Verfüllmaterial kann praktisch jedes Aushubmaterial, selbst Böden mit Steineinschlüssen bis zu einem Größtkorn von 100 mm, eingesetzt werden (siehe DVGW-Arbeitsblatt W 400-2). Eine Sandumhüllung bzw. Umhüllung mit Fremdmaterial ist nur in besonderen Fällen notwendig.

Im Bereich von Verkehrsflächen ist das Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben (Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Köln) zu beachten.

Die mit ZM-Schutzmanschetten oder Schrumpfmaterial geschützten Steckmuffen-Verbindungen sind mit feinkörnigem Material zu umhüllen oder mit Rohrschutzmatten zu schützen.

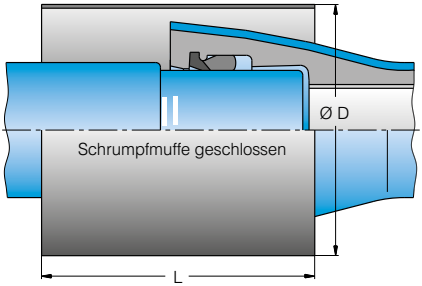
## ZM-Schutzmanschetten für Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) TYTON®-, BRS®- und BLS®-Steckmuffen-Verbindung



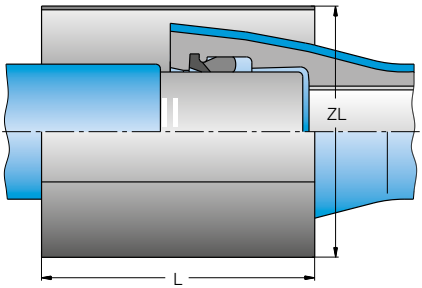

Es handelt sich um Kombi-Manschetten, die sowohl bei TYTON®- und BRS®-, als auch BLS® Muffen passen.

| DN | Maße [mm] L |
|---|---|
| 80 | 155 |
| 100 | 155 |
| 125 | 160 |
| 150 | 165 |
| 200 | 170 |
| 250 | 180 |
| 300 | 200 |
| 400 | 210 |
| 500 | 210 |
| 600 | 265 |
| 700 | 265 |
| 800 | 265 |
| 900 | 265 |
| 1000 | 265 |

## Schrumpfmuffe geschlossen für Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) TYTON®, BRS®- oder BLS®-Verbindung DN 80 bis DN 500




## Schrumpfmanschette offen vorkonfektioniert mit Verschlusslasche für Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZMU) DN 600 bis DN 1000




Schrumpfmanschette (MEPS/WLOX) aus Bandmaterial mit Verschlusslasche (WPCD/CLH)

| DN | Produktbezeichnung | | | | Maße [mm] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Produkt | Belastungsklasse | Breite „L“ | Nennweite (DN) | L | ØD/Ød[1] |
| 80 | | | | | 300 | 200/80 |
| 100 | | | | | 300 | 235/100 |
| 125 | | | | | 300 | 280/135 |
| 150 | | | | | 300 | 280/135 |
| 200 | **MPSM** | **C30** | **300** | **DN XXX** | 300 | 340/205 |
| 250 | | oder | | | 300 | 405/243 |
| 300 | **PMO** | **C30** | **300** | **DN XXX** | 300 | 460/275 |
| 350 | | | | | 300 | 515/314 |
| 400 | | | | | 300 | 565/345 |
| 500 | | | | | 300 | 680/414 |

1) Ø D/Ø d ~ im nicht geschrumpften Zustand/max. Schrumpfmaß; Maße und Schrumpfraten können je nach Produkt leicht variieren; ab DN 600 sind offene Schrumpfmanschetten einzusetzen

Breite „L“ = 300 mm (12 inch) für TYTON®/BRS®; 450 mm (17 inch) für BLS®

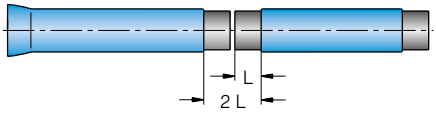
| DN | Produktbezeichnung | | | | Maße [mm] |
|---|---|---|---|---|---|
| | Produkt | Belastungsklasse | Breite „L“ | Nennweite (DN) | ZL[1] |
| 600 | **MEPS** | **C30** | **300 oder 450** | **DN XXX** | 2.500 |
| 700 | inkl. WPCP IV 8x12 oder 8x17 | | | | 2.950 |
| 800 | | oder | | | 3.260 |
| 900 | **WLOX** | **C30** | **300 oder 450** | **DN XXX** | 3.600 |
| 1000 | inkl. CLH-150-300 oder 450 | | | | 3.960 |

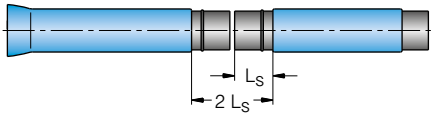
1) Manschetten sind bereits auf die angegebene Länge vorkonfektioniert und mit einer Verschlusslasche versehen. Rollenware à 30 m für DN 250 bis DN 1000 auf Anfrage

### Kürzen von Rohren

Auf Schnittfähigkeit der Rohre ist zu achten.

Vor dem Schneiden sollte die ZMU auf der Länge 2 L bzw. 2 LS entsprechend der nachstehenden Tabelle entfernt werden. (Bei Überschiebern ist das Maß für das „Überschieben“ zusätzlich zu berücksichtigen).




| DN | TYTON®/BRS® L (mm) | BLS® $L_S$ (mm) |
|---|---|---|
| 80 | 95 | 165 |
| 100 | 100 | 175 |
| 125 | 100 | 185 |
| 150 | 105 | 190 |
| 200 | 110 | 200 |
| 250 | 115 | 205 |
| 300 | 120 | 210 |
| 350 | 120 | – |
| 400 | 120 | 230 |
| 500 | 130 | 245 |
| 600 | 145 | 300 |
| 700 | 205 | 315 |
| 800 | 220 | 330 |
| 900 | 230 | 345 |
| 1000 | 245 | 360 |

ZMU-freie Einsteckendlänge TYTON® gilt für Muffen entsprechend

| | | | |
|---|---|---|---|
| DIN 28 603 | bis | DN 600 | Form A |
| | ab | DN 700 | Form B (Langmuffe) |

### Schritte zur Entfernung der ZMU

- Markierung für ZMU-Schnitte gemäß vorstehender Tabelle aufbringen
- Entlang der Markierung die ZMU bis etwa zur Hälfte der Schichtdicke (2-3 mm tief) einschneiden. Zum Einschneiden der ZMU eignen sich z. B. Trennscheiben vom Typ C24RT (Achtung: Nicht in die Gusswand einschneiden) oder spezielle Trennscheiben mit Tiefenbegrenzung (siehe Preisliste). Geeignete Arbeitskleidung und Schutzausrüstung (z. B. Brille, Atemschutz, etc.) tragen.

- Zwei bis drei Längsschnitte (wie vor beschrieben) im abzulösenden Bereich über den Umfang verteilt einbringen
- Bei Rohren mit Haftvermittler zwischen Zink und ZMU ist es notwendig vor dem Ablösen die ZMU auf ca. 160-200 °C zu erwärmen. Diese Rohre sind durch einen Strich unter der Beschriftung „DIN EN 15 542“ gekennzeichnet
- Die ZMU durch leichte Hammerschläge – beginnend an der Längstrennstelle – ablösen
- Alle Schnitte mit einem Meißel trennen
- ZMU abnehmen und das Einsteckende mit Schaber und Drahtbürste von ZMU-Resten befreien
- Nun kann das Rohr getrennt und das Einsteckende angefast werden

Die entstehenden, verzinkten Einsteckenden sind unbedingt mit einer geeigneten Deckbeschichtung nachzustreichen!

**Baustellenseitiges Ausbessern der ZMU**

Abgelöste Stellen der ZMU dürfen nur mit dem vom Rohrhersteller gelieferten Reparatur-Set ausgebessert werden.

**Inhalt:**

ca. 4 kg Zement/Sand-Gemisch,
zusätzlich ca. 5 m Gaze, 200 mm breit,
ca. 1 Liter Additiv-Gemisch

Der Inhalt ist speziell für die Verwendung mit Duktus Rohren abgestimmt. Keine Komponente darf durch beliebiges Material ersetzt oder für andere, als die auf dem Reparaturset angegebenen Zementsorten verwendet werden!

**Reparaturanleitung:**

Eine fachgerechte Reparatur ist nur bei Temperaturen oberhalb von 5 °C möglich.
Außer dem Reparatur-Set werden benötigt:

Gummihandschuhe
staubsichere Schutzbrille
Drahtbürste
Spachtel
zusätzliches Mischgefäß
evtl. Wasser

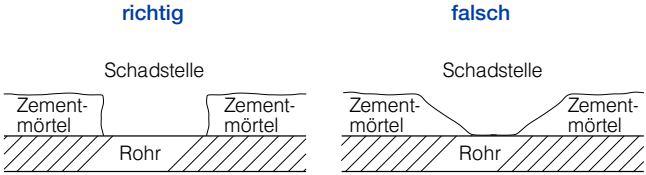
**bei groben Schäden:**
**Hammer**
**Meißel**

**Vorbereitung der Reparaturstelle**
Bei leichten Oberflächenbeschädigungen lediglich die losen und nicht fest anhaftenden Bestandteile im Bereich der Schadstelle mit der Drahtbürste entfernen. Zum Schluss die Schadstelle befeuchten.

Bei größeren Schäden ist es ratsam, den Zementmörtel an der Schadstelle mit Hammer und Meißel vollständig (bis auf das blanke Metall) zu entfernen.

Hierbei muss die Schutzbrille getragen werden!

Der Zementmörtel ist so zu entfernen, dass gerade Kanten entstehen:




Beim Entfernen des Zementmörtels ist übermäßige Gewaltanwendung zu vermeiden, um ein Abheben im Bereich neben der Schadstelle zu verhindern.

Noch verbliebenes, loses Material wird mit der Drahtbürste entfernt und die Schadstelle angefeuchtet.

**Mischung:**
Zu Beginn die Additivlösung gut aufrühren. Die Mörtelaufbereitung sollte mit möglichst wenig Additiv- und Wasserzugabe erfolgen, bis ein spachtelfähiges Gemisch entsteht – im Normalfall enthält das verdünnte Additiv genügend Wasser. Zu Beginn nur die Additivlösung verwenden und vorsichtig dosieren. Bei Bedarf (z. B. bei hohen Temperaturen im Sommer) Wasser nachdosieren.

**Verarbeitung:**
Sobald der Mörtel gut verarbeitbar ist, wird die Schadstelle damit ausgespachtelt und abschließend mit einem breiten, feuchten Pinsel oder einem feuchten Handfeger die reparierte Stelle geglättet, insbesondere die Randzonen der ausgebesserten Fläche.

Bei großflächigen Schäden wird die Gaze zur Abstützung des Mörtels in der Reparaturstelle verwendet. Dazu wird die Gaze etwa 1-2 mm unter der Oberfläche des Mörtels platziert. Die Gaze darf nicht mit der Metalloberfläche in Kontakt kommen, um Dochtwirkung zu vermeiden.

Das Reparatur-Set zum Schluss wieder luftdicht verschließen.

**Trocknung und Inbetriebnahme:**

Besonders großflächige Ausbesserungen sollten mit Folie abgedeckt werden, um durch langsames Trocknen die Gefahr von Rissbildung zu minimieren.

Es wird empfohlen, mindestens zwölf Stunden bis zum Einbau zu warten oder die Reparaturstelle ausreichend vor mechanischen Belastungen zu schützen.

## 8. Literaturverzeichnis:


[1] Steinhauser, P.: Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Betrachtungen bei der grabenlosen Erneuerung. Vortragsskript des Seminars NO DIG – Grabenlose Erneuerung bei alter, schadhafter Kanalisation, Technische Akademie Hannover, 18. 01.2007

[2] DVGW-Hinweis W 409: Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen, Jan. 2007

[3] Sommer, J.: NODIG-WALKING-Friedrichshafen Markus Mendek von der Stadtentwässerung Friedrichshafen erhält Goldenen Kanaldeckel 2005 für Erneuerung im Berstlining-Verfahren

[4] Hobohm, S., Bauer A.: Grabenlose Erneuerung einer Feuerlöschleitung mittels Berstlining; EADIPS Jahresheft 48 (2014), S. 69

[5] Emmerich, Peter; Schmidt, Rainer: Erneuerung einer Ortsnetzleitung im Berstlining-Verfahren; Gussrohrtechnik 39 (2005), S. 16

[6] DVGW Wasser-Information Nr. 64: DVGW-Schadenstatistik Wasser Auswertungen für die Erhebungsjahre 1997-1999

[7] DIN EN 15 542: Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtelumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren, Juni 2008

[8] Hannemann, B. und Rau, L.: Duktile Gussrohre aktuell wie eh und je; Gussrohrtechnik 41 (2007), S. 56

[9] Barthel, P.: Moderne Wasserversorgung – natürlich mit Gussrohren! Gussrohrtechnik 41 (2007), S. 52

[10] DVGW Hinweis W 401: Entscheidungshilfen für die Rehabilitation von Wasserrohrnetzen, September 1997

[11] DIN EN 545: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen – Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 545:2010

[12] DIN EN 598: Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 598:2007 + A1:2009

[13] DIN 2880: Anwendung von Zementmörtel-Auskleidung für Gussrohre, Stahlrohre und Formstücke

[14] DVGW-Arbeitsblatt W 346: Guss- und Stahlrohrleitungsteile mit ZM-Auskleidung, Handhabung: 2000-08

[15] DVGW-Arbeitsblatt W 347: Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung: 2006-05

[16] ATV-DVWK M 168: Korrosion von Abwasseranlagen – Abwasserableitungen (Juni 2010)

[17] DVGW GW 320-1: Erneuerung von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Rohreinzug oder Rohreinschub mit Ringraum: 2009-02

[18] Gaebelein, W. u. Schneider, M.: Grabenlose Auswechslung von Druckrohren mit dem Hilfsrohrverfahren der Berliner Wasserbetriebe; Gussrohrtechnik 38 (2004), S. 8

[19] Falter, B. und Strothmann, A.: Beanspruchungen und Verformungen in der TIS-K-Verbindung beim grabenlosen Auswechseln von duktilen Gussrohrleitungen; Gussrohrtechnik 40 (2006), S. 41

[20] DVGW Merkblatt GW 323: Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung: 2004-07

[21] Klemm, K. und Rink, W.: Einbau duktiler Gussrohre DN 250 mit dem Berstlining-Verfahren in Nähe der Burg Rabenstein bei Chemnitz; Gussrohrtechnik 41 (2007), S. 67

[22] M. Rameil: Rohrleitungserneuerung mit Berstverfahren – Praxisleitfaden für Planer, Auftraggeber und ausführende Bauunternehmer – 2. Auflage

[23] GWF Heft Wasser/Abwasser, 141. Jahrgang, Oldenburg Industrieverlag München, März 2000 – Punktbelastung an Kunststoffrohren von Uhl, Haizmann (FHW Oldenburg)

[24] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1: Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 1: Press-/Ziehverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung: 2003-10

[25] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2: Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen – Teil 2: Hilfsrohrverfahren – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung: 2007-03

[26] Nöh, H.: Moseldüker Kinheim, grabenloser Einbau von Gussrohrleitungen mit der FlowTex-Großbohrtechnik; Gussrohrtechnik 30 (1995) S. 25

[27] Hofmann, U. u. Langner, T.: Einziehen eines 432 m langen Rohrstranges DN 500 mit gesteuerter Horizontalbohrtechnik – ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz in Oranienburg an der Havel; Gussrohrtechnik 32 (1997) S. 5

[28] Fitzthum, U.; Jung, M. u. Landrichter, W.: Eine Baumaßnahme der besonderen Art: 1100 m Leitungsbau mit duktilen Gussrohren DN 600 blieb von den Anliegern in Fürth unbemerkt; Gussrohrtechnik 35 (2000) S. 33

[29] Renz, M.: Rekordpremiere mit duktilen Gussrohren DN 700 im Spülbohrverfahren in den Niederlanden; Gussrohrtechnik 37 (2003) S. 36

[30] DVGW Arbeitsblatt GW 321: Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung, Okt. 2003

[31] DVGW Arbeitsblatt GW 301: Unternehmen zur Errichtung, Instandhaltung und Einbindung von Rohrleitungen – Anforderung und Prüfung, Okt. 2011

[32] DVGW Arbeitsblatt GW 302: Qualifikationskriterien an Unternehmen für grabenlose Neulegung und Rehabilitation von nicht in Betrieb befindlichen Rohrleitungen, Sept. 2001

[33] DVGW Arbeitsblatt GW 329: Fachaufsicht und Fachpersonal für steuerbare horizontale Spülbohrverfahren; Lehr- und Prüfplan, Mai 2003

[34] DIN 30675-2: Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen; Schutzmaßnahmen und Einsatzbereiche bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen., April 1993

[35] Veröffentlichung Dr. R. Kögler/Dipl.-Ing. Lübbers

[36] Steffen Ertelt, Hermann Lübbers und Pablo Ramón: Horizontal-Spülbohrung DN 900 – Einbau duktiler Gussrohre mit gesteuerter Horizontalbohrtechnik HDD; Gussrohrtechnik 42 (2008), S. 90

[37] ATV-DVWK-Merkblatt M 160: Fräs- und Pflugverfahren für den Einbau von Abwasserleitungen und -kanälen, Oktober 2003

[38] DVGW Arbeitsblatt GW 324: Fräs- und Pflugverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung, August 2007

[39] DIN 30672: Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in Böden und Wässern verlegten Rohrleitungen für Dauerbetriebstemperaturen bis 50° C ohne kathodischen Korrosionsschutz – Bänder und schrumpfende Materialien, Dez. 2000

[40] Quelle: Statistisches Bundesamt

[41] Rink, W.: Langrohrrelining mit duktilen Gussrohren DN 800 [FGR-Heft 38]

[42] Schnitzer, G.; Simon, H. und Rink, W.: Langrohrrelining DN 900 in Leipzig-Mölkau [FGR-Heft 39]

[43] Bauer, A.; Simon, H. und Rink, W.: Sanierung der Thallwitzer-Fernleitung DN 1100 mit Langrohrrelining DN 900; Gussrohrtechnik 40 (2006), S. 28

[44] Richter, D. und Rau, L.: Grabenloser Einbau von Druckrohren DN 300 im Einzug nach gesteuerter Pilotbohrung; Gussrohrtechnik 40 (2006), S. 52

[45] DWA Arbeitsblatt – A 125: Rohrvortrieb und verwandte Verfahren: 2008-12

[46] Olaf Brucki und Lutz Rau: Mit Spezialrohren aus duktilem Gusseisen durch die Berliner Müggelberge; Gussrohrtechnik 45 (2011), S. 46

[47] Bernd Opfermann und Jürgen Rammelsberg: Planung und Bau einer Seeauslassleitung vor der Seebäderkulisse des Ostseebades Binz auf Rügen; Gussrohrtechnik 43 (2009), S 16

[48] Stephan Hobohm: Perfekte Leistung: Ohredüker bei Magdeburg; Inform 2010-03

[49] Bruno Solenthaler: Rohre im Bodensee Neue Leitung für die Kreuzlinger Fontäne; Inform 2010-02

[50] DIN 28603: Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen: Mai 2002

[51] Ute Gernke und Wolfgang Rink: Interimsleitung DN 600 sichert die Wasserversorgung in Südsachsen: Gussrohrtechnik 43 (2009), S. 60

[52] Dipl.-Ing. Arno Oprotkowitz und Dipl.-Ing. Lutz Rau: Neue Lebensadern für ein Berliner Wahrzeichen – Das Olympiastadion: Gussrohrtechnik 39 (2005), S. 25

[53] Dipl.-Ing. Bemd Schumacher: Bau eines Abwasserdükers von der Rheininsel Niederwerth zur Zentralkläranlage der Stadt Koblenz: Gussrohrtechnik 35 (2001), S. 45

[54] Überzeugende Vorstellung: Abwasserleitung durch den Main: Inform 2011-02

[55] DVGW Arbeitsblatt W 400-2: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) – Teil 2: Bau und Prüfung: September 2004

[56] DVGW Arbeitsblatt GW 304: Rohrvortrieb und verwandte Verfahren, Dez. 2008

# Ihre Ansprechpartner


**ANWENDUNGSTECHNIK**

T +49 6441 49 1267

support@vonroll-hydro.world

**vonRoll hydro (deutschland) gmbh & co. kg**

Sophienstraße 52-54
35576 Wetzlar
Germany

T +49 6441 49 2401
F +49 6441 49 1455

www.vonroll-hydro.world

**vonRoll hydro (deutschland) gmbh & co. kg**

Sophienstr. 52-54
35576 Wetzlar
Germany

T +49 6441 49 2401
F +49 6441 49 1455

www.vonroll-hydro.world

1908 / 165 / DE / 1500 / bd

DUKTUS KEULA ALTECNO

**ZERO WATERLOSS**
vonroll-hydro.world