



# 22

## Einsatz von duktilen Gussrohren im grabenlosen Rohrleitungsbau

- 22.1 Allgemeines
- 22.2 Umhüllungen duktiler Gussrohre  
für den grabenlosen Rohreinbau
- 22.3 Verbindungstechnik
- 22.4 Grabenlose Einbauverfahren
- 22.5 Literatur

## 22 Einsatz von duktilen Gussrohren im grabenlosen Rohrleitungsbau

### 22.1 Allgemeines

#### 22.1.1 Geschichtliche Entwicklung

Die Wurzeln der als grabenlose Einbauverfahren bekannten Bauweisen 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 Rohrleitungen. Das Berstlining wurde über die Jahre weiterentwickelt. So stellten die Berliner Wasserbetriebe in Zusammenarbeit mit der Fa. Karl Weiss im Jahre 1990 das Press-/Zieh- oder Hydros-Verfahren vor. Hieraus wiederum entwickelte sich später das Hilfsrohr-Verfahren. 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

ausgewechselt. Parallel zu diesem trassen-gleichen Rohrauswechslungsverfahren entwickelten sich weitere Verfahren zum grabenlosen Einbau von duktilen Gussrohren. An erster Stelle sei hier das Horizontalspülbohrverfahren (HDD – Horizontal Directional Drilling) genannt. Als erste erfolgreiche Spülbohrung gilt die etwa 180 m lange Unterquerung des Pajaro in der Nähe von Watsonville (Kalifornien) im Jahr 1972. Wesentliche Details dieser Technik wurden aus der Tiefbohrtechnik für z. B. Erdöl übernommen und weiterentwickelt. In den Folgejahren bis 1980 erlebte die gesteuerte Horizontalbohrtechnik eine rasante Weiterentwicklung. Zu diesem Zeitpunkt wurden auch die ersten Projekte im HDD-Verfahren in Europa realisiert.

Neben diesen klassischen grabenlosen Verfahren hat sich eine weitere Möglichkeit zur grabenlosen Erneuerung alter Leitungen etabliert – das so genannte Langrohr-Relining. Diese Methode basiert

auf dem Einziehen einer kleineren, neuen Leitung in eine alte sanierungsbedürftige oder überdimensionierte Leitung.

Im Laufe der Zeit wurden weitere Verfahren entwickelt, die mehr oder weniger verbreitet angewendet werden. Einige dieser Verfahren sind das Einfräsen, Einpflügen oder Einziehen (Relining) von duktilen Gussrohrleitungen.

Duktiles Gusseisen ist ein zäher Eisen-Kohlenstoff-Werkstoff, dessen Kohlenstoffanteil überwiegend als Grafit in freier Form vorliegt. Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen werden statisch als biegeeweiche oder flexible Rohre behandelt. Die mechanischen Zug- und Biegebelastungen beim grabenlosen Einbau könnten von Rohren aus biegesteifen Werkstoffen kaum sicher beherrscht werden.

So ist die Entwicklung der grabenlosen Rohreinbautechniken untrennbar mit duktilen Gussrohren, ihren Steckmuffen-Verbindungen und Außenschutzarten verbunden. Bald wurde das Potenzial der als Ersatz für Widerlager entwickelten längskraftschlüssigen Steckmuffen-Ver-

bindungen für die ersten grabenlosen Einbautechniken erkannt. Seither stellen duktile Guss-Rohrsysteme das Maß der Dinge in punkto Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit bei grabenlosen Einbauverfahren dar.

Im Jahre 2012 wurde eine Zusammenstellung der gängigen Einbauverfahren in der ISO 13470 [22.1] veröffentlicht.

### 22.1.2 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 selten die Betriebs- und Instandhaltungskosten der Rohrleitung vor, geschweige denn die Kosten für die Wiederbeschaffung nach Ablauf der regulären Nutzungsdauer.

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.

Trotzdem setzt sich allmählich die Erfahrung durch, dass grabenlose Einbau- und Erneuerungsverfahren generell wirtschaftlicher sein können als die konventionellen offenen Verfahren. So wird z. B. von einem regionalen Gas- und Wasserversorgungsunternehmen ein Vergleich zwischen offener und geschlossener Bauweise entsprechend **Tabelle 22.1** veröffentlicht.

**Tabelle 22.1:**

Globaler Vergleich der offenen mit der geschlossenen Bauweise [22.2]

	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 22.2:**

Grober Kostenvergleich der Bauverfahren [22.2]

Offene Bauweise	Geschlossene Bauweise					
	Bersten	Raketenvortrieb	Press-/Ziehverfahren	Relining		
Mit Ringraum				Ohne Ringraum	Schlauch	
100 %	70 %	70 %	80 %	60 %	70 %	60 %

Ein überschlüssiger Vergleich der Kosten von geschlossenen Erneuerungsverfahren mit denen der offenen Bauweise zeigt ebenfalls deutliche Einsparpotenziale der geschlossenen Verfahren auf (**Tabelle 22.2**).

Zur Sicherung der Ausführungsqualität grabenlos eingebauter oder erneuerter Trinkwasserleitungen hat zum Beispiel in Deutschland der DVGW in den letzten Jahren mit der Reihe GW 320-1 ff. [22.3 bis 22.8] ein umfangreiches Technisches Regelwerk erarbeitet, das genau diesem Bedürfnis Rechnung trägt. Für die gängigen grabenlosen Einbau- und Erneuerungsverfahren sind hier die qualitätsrelevanten Parameter beschrieben und mit Grenz-

werten und Messvorschriften festgelegt worden. Der DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 [22.9] 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 [22.9]:

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).

### 22.1.3 Ökologische Aspekte grabenloser Einbauverfahren

Bei der Entwicklung der grabenlosen Einbauverfahren standen zunächst wirtschaftliche Gesichtspunkte im Vordergrund, um überhaupt Vorteile gegenüber den konventionellen Bauweisen mit offenem Graben herauszustellen, die den Einsatz meist öffentlicher Rohrleitungsprojekte ermöglichten. Nachdem sich die grabenlosen Verfahren etabliert hatten und in großem Umfang eingesetzt wurden, wurde ihr positiver Einfluss auf die ökologischen Randbedingungen deutlich. Es ist der Verdienst der GSTT (German Society of Trenchless Technologies), die günstigen Auswirkungen der graben-

losen Techniken auf die Minderung der Emissionen von CO<sub>2</sub> und Feinstaub bei Bau, Sanierung und Erneuerung von Rohrleitungen untersucht und veröffentlicht zu haben ([www.gstt.de](http://www.gstt.de)).

### 22.1.4 Nachhaltigkeit durch duktile Guss-Rohrsysteme mit grabenlosen Einbauverfahren

Die Nachhaltigkeitskriterien duktiler Guss-Rohrsysteme in Verbindung mit grabenlosen Einbauverfahren sind nachfolgend stichpunktartig wiedergegeben.

#### Ökonomische Nachhaltigkeitskriterien:

- |   |  |
|---|--|
| - hohe Einbauproduktivität durch Steckmuffen-Verbindungen               | ▶ reduziert Arbeitskosten                                  |
| - kein Schweißen erforderlich   | ▶ reduziert Arbeitskosten                                  |
| - witterungsunabhängiger Einbau   | ▶ reduziert Arbeitskosten                                  |
| - häufig keine Sandbettung erforderlich                                 | ▶ senkt Material- und Logistikkosten                       |
| - keine Betonwiderlager erforderlich bei schubgesicherten Verbindungen  | ▶ senkt Material- und Logistikkosten                       |
| - Abwinkelbarkeit der Verbindungen                                      | ▶ spart Formstücke   |
| - großes Formstück- und Armaturenprogramm vermeidet Sonderanfertigungen | ▶ reduziert Material- und Arbeitskosten                    |
| - niedrigste Schadensraten  | ▶ senkt Betriebs-, Energie-, Reparatur- und Wartungskosten |
| - Nutzungsdauer ≥ 100 Jahre   | ▶ minimiert Sanierungsbudgets                              |

#### Ökologische Nachhaltigkeitskriterien:

- |   |  |
|---|--|
| - Diffusionsdichtigkeit   | ▶ sichert das Lebensmittel Trinkwasser in allen Boden- und Einbaubedingungen gegen umweltschädigende Kohlenwasserstoffe sowie das Grundwasser beim Abwassertransport |
| - lebensmittelgerechte Auskleidungen                                      | ▶ sichern hygienisch-ökologisch den Trinkwassertransport   |
| - Schrott als Grundstoff  | ▶ minimiert den Verbrauch originärer und fossiler Rohstoffe und reduziert CO <sub>2</sub> -Emissionen  |
| - duktiles Gusseisen ist recyclebar                                       | ▶ schont die Ressourcen heutiger und künftiger Generationen  |
| - geringe Wartungs- und Instandhaltungsaufwendungen bei hoher Lebensdauer | ▶ vermeiden Verschwendung, minimieren den Ressourcenverbrauch und reduzieren CO <sub>2</sub> -Emissionen   |

### Technische Nachhaltigkeitskriterien:

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| - Werkstofffestigkeit               | ▶ erlaubt Betriebsdrücke bis 100 bar  |
| - wirksamer Außenschutz             | ▶ weist mechanische und chemische Angriffe ab   |
| - statische Tragfähigkeit           | ▶ erlaubt höchste Belastungen in Quer- und Längsrichtung  |
| - Verbindung                        | ▶ erlaubt Betriebsdrücke bis 100 bar; ist wurzelfest  |
| - duktilen Gusseisen                | ▶ ist nicht brennbar  |
| - Einbau                            | ▶ ist ohne Spezialgeräte möglich  |
| - längskraftschlüssige Verbindungen | ▶ erlauben höchste Zugkräfte und sind damit ideal für den grabenlosen Einbau  |
| - überlegene Werkstoffeigenschaften | ▶ erlauben Spezialanwendungen in alpinen Regionen, für Feuerlöschleitungen, Beschneigungssysteme und Wasserkraftanlagen |

## 22.2 Umhüllungen duktiler Gussrohre für den grabenlosen Rohreinbau

Duktile Gussrohre werden grundsätzlich mit Werksumhüllungen geliefert. Die Umhüllungen sind so zu wählen, dass die Dauerhaftigkeit der Rohrleitung sichergestellt ist. Dabei sind Kenntnisse über die Bodenarten erforderlich, in welchen die Rohrleitungen eingebaut werden sollen. In den Produktnormen EN 545 [22.10] und EN 598 [22.11]

werden die Einsatzgrenzen verschiedener Umhüllungssysteme von Rohren, Formstücken und Zubehörteilen in Bezug auf wichtige Bodenparameter im Anhang D (EN 545 [22.10]) und im Anhang B (EN 598 [22.11]) angegeben.

Beim grabenlosen Rohreinbau werden die Umhüllungen duktiler Gussrohre vielfältigen äußeren mechanischen Belastungen ausgesetzt. Um Beschädigungen an den werksseitigen Umhüllungen beim grabenlosen Rohreinbau zu vermeiden, empfiehlt sich der Einsatz von mecha-

nisch hochbelastbaren Beschichtungen. Zwei wichtige Vertreter mechanisch hochbelastbarer Gussrohr-Umhüllungen sind die Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15 542 [22.12] (**Bild 22.1**) und die Polyurethan-Umhüllung (PUR) nach EN 15189 [22.13] (**Bild 22.2**). Sie haben sich bei den grabenlosen Einbauverfahren durchgehend bewährt.

## 22.3 Verbindungstechnik

Bei den Steckmuffen-Verbindungen duktiler Gussrohre unterscheidet man grundsätzlich zwischen nicht längskraftschlüssigen und längskraftschlüssigen Konstruktionen.

### 22.3.1 Nicht längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Zu den nicht längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen zählt zum Beispiel die TYTON® - Steckmuffen-Verbindung (**Kapitel 8**) nach DIN 28 603 [22.14]. Solche Verbindungen sind nur bedingt für grabenlose Einbautechniken geeignet. Als einziges Verfahren kommt



**Bild 22.1:**  
Zementmörtel-Umhüllung  
nach EN 15542 [22.12]



**Bild 22.3:**  
Langrohrrelining –  
Einschieben duktiler Gussrohre

das Einschieben im Langrohrrelining in Betracht. Durch das Einschieben wird die Schubkraft vom Einsteckende über den Muffenrand auf das nächste Rohr übertragen (**Bild 22.3**). Zulässige Einschubkräfte sind im weiteren Verlauf dieses Kapitels angegeben.

Nähere Angaben und Einsatzbedingungen zu diesem Verfahren sind bei den Herstellern zu erfragen.

### 22.3.2 Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen sind in reibschlüssige und formschlüssige Steckmuffen-Verbindungen unterteilt (**Kapitel 9**).

#### 22.3.2.1 Reibschlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Bei reibschlüssigen Konstruktionen werden die Zugkräfte durch Reibschluss, z. B. gezahnte Elemente, die sich auf der Oberfläche des Einsteckendes festkrallen, übertragen (**Bild 22.4**).



**Bild 22.2:**  
Polyurethan-Umhüllung  
nach EN 15189 [22.13]



**Bild 22.4:**  
Reibschlüssige Steckmuffen-  
Verbindung Fig. 2807A

### 22.3.2.2 Formschlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen

Bei formschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen werden die Kräfte über angeformte Elemente (z. B. Schweißraupen) auf den Einsteckenden in Kombination mit Kraftübertragungselementen (z. B. Riegel oder Segmente) und angegossene oder vorgesetzte Schubsicherungsvorkehrungen übertragen (**Bilder 22.5 und 22.6**).



**Bild 22.5:**  
Formschlüssige Steckmuffen-  
Verbindung HYDROTIGHT

### 22.3.3 Einsatzbereiche längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen

In den einzelnen europäischen Ländern bestehen unterschiedliche Auffassungen darüber, welche Art der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung für welches Einbauverfahren eingesetzt werden sollte oder am sinnvollsten zu empfehlen ist. So werden beispielsweise in Deutschland, gemäß der für den grabenlosen Rohreinbau duktiler Guss-



**Bild 22.6:**  
Formschlüssige Steckmuffen-  
Verbindung BLS®/VRS®-T

rohre vorhandenen DVGW-Arbeitsblätter, GW 320-1 [22.3], GW 321 [22.4], GW 322-1 [22.5], GW 322-2 [22.6] und GW 324 [22.7], vorrangig formschlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen empfohlen. Beim Berstlining nach DVGW-Merkblatt GW 323 [22.7] sind nur formschlüssige Verbindungen zulässig.

In anderen europäischen Ländern werden auch reibschlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindungen zugelassen. Sie sollten in Absprache mit dem Rohrhersteller eingesetzt werden.

Die technischen Daten der formschlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen (Zugkräfte, Kurvenradien usw.) nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 [22.3] sind in der **Tabelle 22.3** angegeben.

**Tabelle 22.3:**

Technische Daten von formschlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen nach Tabelle A.6 – Zulässige Zugkräfte, Abwinkelbarkeiten und Kurvenradien von Rohren aus duktilem Gusseisen mit Muffen BLS® <sup>1)</sup> (inkl. VRS®-T für DN 80 – DN 500 und TKF für DN 600 – DN 1000) bzw. TIS-K (Typ-Prüfdruck  $P_{\text{Typ}} = PFA \times 1,5 + 5$  bar, abgemindert mit Sicherheitsbeiwert  $S = 1,1$  für Bauzustand) [22.2]

Nennweite DN	Wanddickenklasse	Bauteilbetriebsdruck <sup>2)</sup> PFA [bar]	zulässiger Zugkraft <sup>2),3)</sup> $F_{\text{zul}}$ [kN]	Abwinkelung/ minimaler Kurvenradius [°/m]
80	10	64	70	3/115
100	10	64	100	3/115
125	9	60	140	3/115
150	9	50	165	3/115
200	9	40	230	3/115
250	9	35	308	3/115
300	9	30	380	3/115
400	9	25	558	3/115
500	9	25	860	2/172
600	9	25	1200	2/172
700	9	25	1400	1,5/230
800	9	16	1350	1,5/230
900	9	16	1700	1,5/230
1000	9	10	1440	1,5/230

<sup>1)</sup> Von DN 80 bis DN 250 müssen BLS® - Muffen mit Hochdruckriegel verwendet werden.

<sup>2)</sup> Höhere Drücke und Zugkräfte sind bei Bedarf mit dem Rohrhersteller abzustimmen.

<sup>3)</sup> Bei geradlinigem Trassenverlauf (max. 0,5° Abwinkelung pro Rohrverbindung) können die zulässigen Zugkräfte um 50 kN angehoben werden

Einzelne Hersteller und Versorgungsunternehmen lassen in ihren eigenen Werksnormen höhere zulässige Zugkräfte und kleinere Kurvenradien zu.

## 22.4 Grabenlose Einbauverfahren

Bei den grabenlosen Einbauverfahren werden im weiteren Verlauf grundsätzlich unterschieden nach:

- Verfahren zur trassengleichen Auswechslung bestehender Leitungen: Hierzu zählen das Berstlining-Verfahren, 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 Neulegung von Rohrleitungen: Die üblichen Verfahren für duktile Gussrohre sind das Horizontalspülbohr-Verfahren (HDD = Horizontal Directional Drilling), das Einfräsen, das Einpflügen und der gesteuerte Pilotvortrieb.

- Relining-Verfahren: Unter Relining versteht man das Einziehen oder Einschleiben eines Neurohres in ein altes, größeres Medienrohr. Hieraus folgt eine Querschnittsverkleinerung des neuen Medienrohres.

### 22.4.1 Berstlining-Verfahren

#### 22.4.1.1 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 (**Bild 22.7**) in das umgebende Erdreich verdrängt und der neue Rohrstrang eingezogen (**Video 22.01**). Das Altrohr-Material verbleibt im Erdreich. Dies birgt je nach Material sowohl Vorteile in Bezug auf die Entsorgung, aber auch Nachteile in Bezug auf die Punktbelastung der neuen Rohre. Unter Verwendung von duktilen Gussrohren mit mechanisch belastbaren Umhüllungen kann jedoch von einer Unempfindlichkeit des Rohrkörpers und der Umhüllung gegenüber den ent-



**Bild 22.7:**  
Berstkopf mit Rippen,  
Aufweitstufe und Zugkopf

stehenden Belastungen (z. B. durch Scherben biegesteifer Altröhre) ausgegangen werden.

**Video 22.01:**  
Berstlining, DN 200, Wien

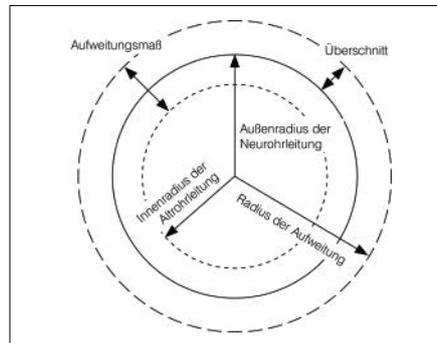
Berstlining eignet sich besonders gut für Altröhre aus sprödem Material wie Asbestzement, Steinzeug oder Grauguss. Aber auch Rohre aus Stahl oder duktilem Gusseisen können mit dem statischen Verfahren mit Hilfe spezieller Schneidköpfe „geborsten“ werden. Das neu eingezogene Rohr kann in gleicher Nennweite wie das Altrohr oder, je nach Größe des verwendeten Aufweitkopfes, in größeren Dimensionen eingezogen werden [22.15].

Eine Nennweitenvergrößerung bis zu drei Stufen ist möglich. Kann die Neurohrleitung kleiner sein als die Altrohrleitung, bietet sich das Langrohr-Relining als Alternative an.

Bei duktilen Gussrohren ist ein Aufweitmaß zu wählen (**Bild 22.8**), das größer ist als der Muffenaußendurchmesser. Über das Aufweitmaß (AM) ist, in Anlehnung an das DVGW-Merkblatt GW 323 [22.7], der benötigte Abstand zu benachbarten Versorgungsträgern und die Überdeckungshöhe zu bestimmen. Folgende Mindestabstände sind einzuhalten:

- Parallele Leitung:  $> 3 \times \text{AM}$ , min. 40 cm,
- parallele bruchgefährdete Leitungen  $< \text{DN } 200$ :  $> 5 \times \text{AM}$ , min. 40 cm,
- parallele bruchgefährdete Leitungen ab  $\text{DN } 200$ :  $> 5 \times \text{AM}$ , min. 100 cm,
- kreuzende Leitungen im kritischen Abstand möglichst freilegen,
- Rohrdeckung:  $> 10 \text{ AM}$ .

Ein weiterer Vorteil des Berstlinings von Altrohren aus Asbestzement kann darin gesehen werden, dass die problematische und arbeitsschutztechnisch schwierige Bearbeitung und Entsorgung der Altrohre



**Bild 22.8:**  
Definition des Aufweitmaßes AM

bei einem Auswechseln im offenen Graben entfällt.

Im Bereich von Verteilungsnetzen ist der Einsatz des Berstlinings (bzw. jedes grabenlosen Auswechselns) in erster Linie von der Anzahl der erforderlichen Zwischenbaugruben abhängig. Zwischenbaugruben müssen für Hausanschlüsse, Armaturen, Richtungs- und Querschnittsänderungen und Abzweige angelegt werden. Bögen bis  $11^\circ$  können gewöhnlich durchfahren werden. Bei einer engeren Abfolge von Hausanschlussleitungen

kann die Auswechslung im offenen Graben wirtschaftlicher sein [22.16].

Genauso 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.

### 22.4.1.2 Verfahrensbeschreibung

Man unterscheidet beim Berstlining das dynamische und das statische Verfahren. Bei beiden Verfahren werden unter Verwendung eines Berstkopfes Kräfte in die Altrrohrleitung eingeleitet, die dadurch zerstört wird. Spröde Werkstoffe werden in Scherben (**Bild 22.9**) aufgeborsten, alle anderen aufgeschnitten (**Bild 22.10**). Die Scherben bzw. das aufgeschnittene Rohr wird in das umgebende Erdreich verdrängt.



**Bild 22.9:**  
Graugusscherben

### Dynamisches Berstlining

Die zum Bersten notwendige Kraft wird in Rohrlängsrichtung durch eine Art Erdraquete eingeleitet. Diese wird mit Druckluft aus einem Kompressor angetrieben. Zur Führung des Berstkopfes wird dieser mit einem durch das Altrrohr gezogenen Zugseil durch eine Winde von der Zielgrube aus gezogen. Das dynamische Verfahren eignet sich vor allem für stark verdichtete und steinige Böden und spröde Altrrohre. Für die Neulegung duktiler Gussrohre ist es nicht geeignet.



**Bild 22.10:**  
Aufgeschnittenes Stahlrohr

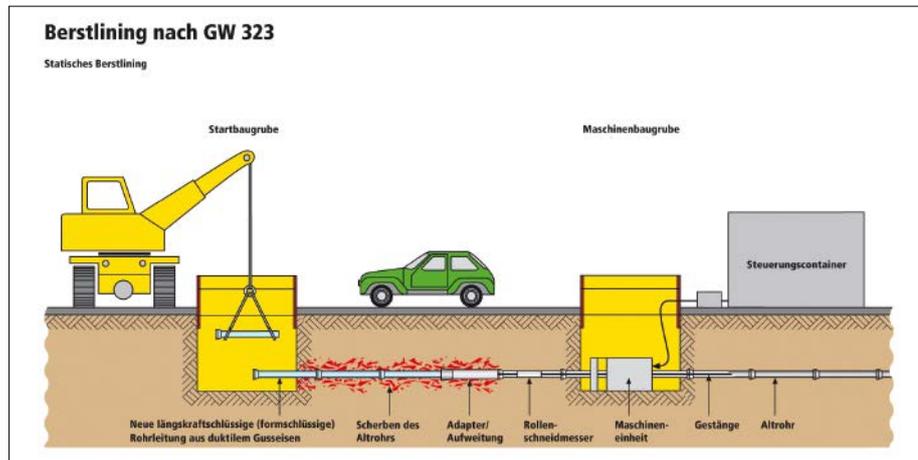
### Statisches Berstlining

Bei diesem Verfahren wird die Kraft durch ein Zuggestänge in den Berstkopf eingeleitet, das von der Zielgrube aus durch die Altrrohrleitung von der Zugmaschine bis zum Berstkopf geführt wird (**Bilder 22.11 und 22.12**).

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 Neulegung von duktilen Gussrohren geeignet.

### 22.4.1.3 Anwenderhinweise

Die bisher größte im Berstlining eingelegte Nennweite duktiler Gussrohre ist DN 600. Prinzipiell ist jedoch jede Nennweite, also auch DN 1000, möglich. Je nach zu berstender Nennweite und zu erwartender Aufweitung sind die Zugleistungen der eingesetzten Maschinen auszuliegen.



**Bild 22.11:**  
Schema des statischen Berstlining-Verfahrens

Als grobe Einteilung können folgende Zugleistungen, in Abhängigkeit vom Altrohrdurchmesser, angenommen werden, siehe hierzu [22.17]:

■ ≤ DN 250	→ 400 kN,
■ > DN 250 ≤ DN 400	→ 770 kN,
■ > DN 400 ≤ DN 600	→ 1250 kN,
■ > DN 600 ≤ 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 wird durch das Aufbrechen des Altrohrs und das Aufweiten hervorgerufen. Hinzu kommt ein relativ kleiner Anteil aus Mantelreibung des Neurohres.



**Bild 22.12:**  
Zuggestänge mit Berstkopf

Die üblichen Haltungslängen liegen zwischen 50 m 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.

Inzwischen liegen auch Praxiserfahrungen mit der Auswechslung duktiler Rohrwerkstoffe (GGG und Stahl) durch Rohre aus duktilem Gusseisen vor. Hier werden die Altröhre mit speziellen Perforier- und Schneidrädern (**Bild 22.13**) aufgeschnitten und mit dem nachfolgenden Aufweitkopf so weit aufgebogen, dass die Neurohrleitung nachgezogen werden kann. Der Einsatz bis zur Nennweite DN 400 ist erprobt [22.18] (**Video 22.02**).



**Bild 22.13:**  
Rollenschneider für Altröhre aus Stahl

**Video 22.02:**  
Berstlining, Demo-Baustelle, Lennestadt

## 22.4.2 Press-/Zieh-Verfahren

### 22.4.2.1 Allgemeines

Der größte Innovationsschub auf dem Sektor der grabenlosen Auswechslung ging von Berlin aus. Hier ist, mit einem Alter von  $\leq 120$  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 Altröhre entweder ganz oder in Bruchstücken in der Trasse verbleiben, können wegen der Berliner

Straßensatzung 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. 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 (**Tabelle 22.4**) ausgewechselt werden, wobei die Rohre der Altleitung entweder in Bruchstücken oder in ganzer Länge geborgen werden. Damit werden folgende Vorteile wahrgenommen:

- Wertvolle Rohstoffe werden wieder dem Materialkreislauf zugeführt,
- Oberflächen und Natur werden nur minimal beeinträchtigt,
- der unterirdische Bauraum wird nicht zusätzlich mit neuen Trassen verbaut.

**Tabelle 22.4:**  
Maximale Nennweitenvergrößerung  
bei grabenloser Auswechslung

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

Zusätzliche Pluspunkte der beiden Verfahren sind:

- Die Haltestellen des öffentlichen Busverkehrs brauchen nicht umgelegt zu werden.
- Der Anlieferverkehr in Geschäftsstraßen wird kaum beeinträchtigt.
- Andere leitungsgebundene Medien werden durch Aufgrabungen nicht gefährdet.

- Je nach verwendeter Maschinentchnik 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 Baugebiet 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 Hilfsrohr-Verfahren) werden bei Versorgungsleitungen im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 400 eingesetzt.

Erforderlich sind:

- Eine Maschinenbaugrube zur Aufnahme der Maschinentchnik,
- eine Montagegrube für die neuen Rohre (etwa 7 m lang),
- Zwischenbaugruben für die Hausanschlüsse bzw. Abzweige.

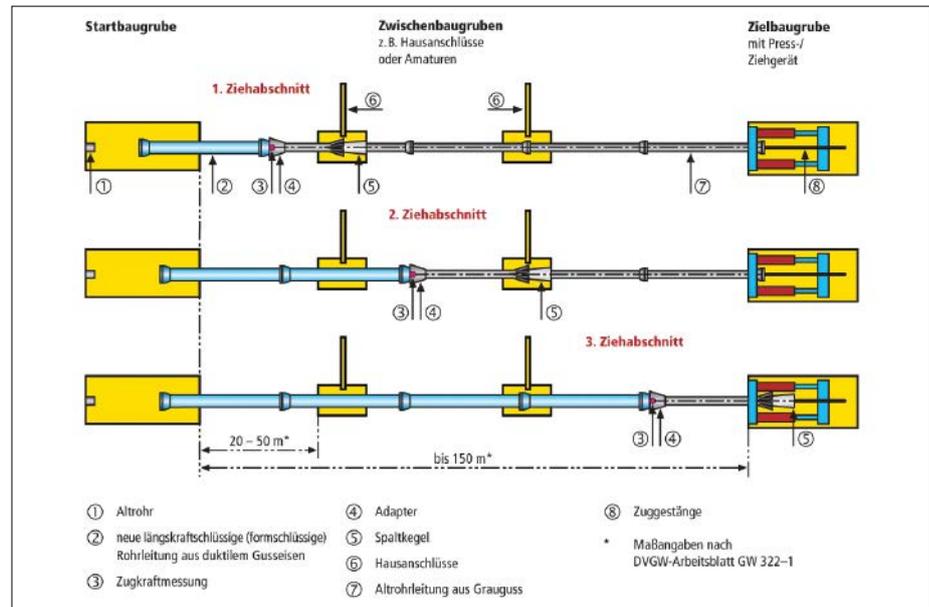
Der Abstand der Zwischenbaugruben hängt von der Nennweite des Altrohres und dessen Zustand, der Nennweite des neuen Rohres, der Maschinentchnik, der Bodenart, dem Baum bzw. Wurzelbestand und natürlich von verkehrs- und medientechnischen Bedingungen ab. Der Abstand der Zwischengruben sollte je nach Verfahren und Örtlichkeit 25 m bis 50 m nicht überschreiten. Start- und Zielgrube haben bei einem geradlinigen Trassenverlauf bzw. einem minimalen Krümmungsradius von 170 m im Normalfall einen Abstand von 100 m bis 180 m. Vor dem Auswechslvorgang wird die Altleitung außer Betrieb genommen. Die Anlieger werden über Notwasserleitungen weiter versorgt, deren Wasser in den Hausanschlussgruben in die abgeklemmten Hausanschlussleitungen eingepreist wird.

#### 22.4.2.2 Verfahrensbeschreibung

Beim Press-/Zieh-Verfahren ( **Video 22.03**) wird das Altrohr auf einen Spaltkegel geschoben, zerbrochen und in Scherben aus der Maschinen- oder Zwischenbaugrube entnommen (**Bild 22.14**). Die Neurohre mit längs-

kraftschlüssigen Verbindungen werden mittels Zug-/Schubkopf am Ende des Zuggestänges angehängt und in den freierwährenden Hohlraum nachgezogen. Beide Teilschritte finden gleichzeitig statt. Dabei kann, wie bereits beschrieben, noch eine Aufweitstufe hinter den Zugkopf geschaltet werden, durch die bis zu drei Nennweiten erweitert werden kann (Tabelle 22.4).

Nach dem Herstellen und Verbauen der erforderlichen Start-, Ziel- und Zwischenbaugruben werden die darin enthaltenen alten Leitungsabschnitte herausgetrennt und ausgebaut. Hierdurch muss das Altrrohr 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 (Bilder 22.15 und 22.16). Auf Grund der Baulänge von Gussrohren sollte deren Länge 7 m bis 8 m nicht unterschreiten.



**Bild 22.14:**

Schema Press-/Zieh-Verfahren zur grabenlosen Erneuerung von Graugussleitungen

**Video 22.03:**

Vorstellung des Press-/Zieh-Verfahrens – Beispiel in der Schweiz



**Bild 22.15:**  
Start- und Montagegrube



**Bild 22.16:**  
Montagezubehör

Zunächst wird ein kuppelbares Zuggestänge in die Altleitung eingeschoben und am Ende der Altleitung an einem Übergangsadapter (**Bild 22.14**) verankert, sodass die alten Rohre beim Auswechsellvorgang 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.

Die Zugkräfte werden über das Zuggestänge am Übergangsadapter als axiale Druckkräfte in das Ende der Altleitung eingeleitet. Unter Umständen kann es vorkommen, dass das Altrrohr 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 Altrrohr vorher verstärkt werden. Dies kann zum Beispiel durch Einziehen eines Leerrohres mit anschließendem Verfüllen des Hohlraumes zwischen Alt- und Leerrohr mit Beton geschehen.

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 m lange Rohrschaft keinen Beitrag für die Entstehung von Mantelreibungskräften liefert.

An der Rückwand der Zielbaugrube stützt sich das hydraulische Press-/Ziehgerät (Zugmaschine) z. B. über eine Stahlkonstruktion als Widerlager ab (**Bild 22.17**).

Das Widerlager 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 Herauschieben der alten Rohre. In den Zwischenbaugruben wird das Altrrohr über einen Spaltkegel geschoben oder mit einem automatischen Rohrknacker zertrümmert (**Bild 22.18**).



**Bild 22.17:**  
Zugmaschine und Widerlager



**Bild 22.18:**  
Hydraulischer Rohrknacker

Auf diese Weise 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 m bis 50 m. 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.

Genau wie beim Berstlining (**Kapitel 22.4.1**) ist auch hier ein Aufweitmaß zu wählen, welches größer ist als der Muffenaußendurchmesser. Über das Aufweitmaß AM (**Bild 22.8**) sind der benötigte Abstand zu benachbarten Versorgungsträgern und die Überdeckungshöhe zu bestimmen.

Folgende Mindestabstände sind nach [22.7] 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.

#### 22.4.2.3 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, Nie-

derlassung Berlin, eine auf dem Press-/Zieh-Verfahren basierende Möglichkeit, auch größere Nennweitenunterschiede, selbst bei geringen Überdeckungshöhen, auszuwechseln (**Video 22.04**).

Dies wurde durch eine zwischen Press-/Ziehkopf und Neurohr platzierte Bodenentnahme ermöglicht. Der entnommene Boden wird mittels Förderschnecke (**Bild 22.19**) durch ein im Medienrohr verlaufendes Stahlrohr (**Bild 22.20**) in die Startgrube abtransportiert. Gleichzeitig wird das Altrohr in die Zielgrube gepresst und dort aufgeborsten. Auf diese Weise konnte bei einer Rohrüberdeckung von nur 1,5 m ein altes Graugussrohr DN 300 durch ein neues duktiles Kanalrohr der Nennweite DN 500 ersetzt werden. Die hierbei erprobten Haltungen betragen etwa 50 m. Zum Einsatz kamen duktile Kanalrohre nach EN 598 [22.11] mit formschlüssiger längskraftschlüssiger BLS®/VRS®-T - Steckmuffen-Verbindung und ZM-U-Plus-Umhüllung. Durch die ZM-U-Plus-Umhüllung und den sehr geringen Überschnitt von ungefähr 15 mm konnten spätere Setzungen auf ein Minimum reduziert werden [22.19].



**Bild 22.19:**  
Zugkopf mit innenliegender Förderschnecke



**Bild 22.20:**  
ZM-U-Plus-Kanalrohr mit eingebautem Förderrohr und Schneckengestänge

**Video 22.04:**  
Press-/Zieh-Verfahren mit Bodenentnahme

### 22.4.3 Hilfsrohr-Verfahren

#### 22.4.3.1 Allgemeines

Das Hilfsrohr-Verfahren wurde aus dem Berstling bzw. dem Press-/Zieh-Verfahren heraus entwickelt. Im Prinzip gelten die gleichen Grundsätze wie bereits in **Kapitel 22.4.1** und **Kapitel 22.4.2** beschrieben.

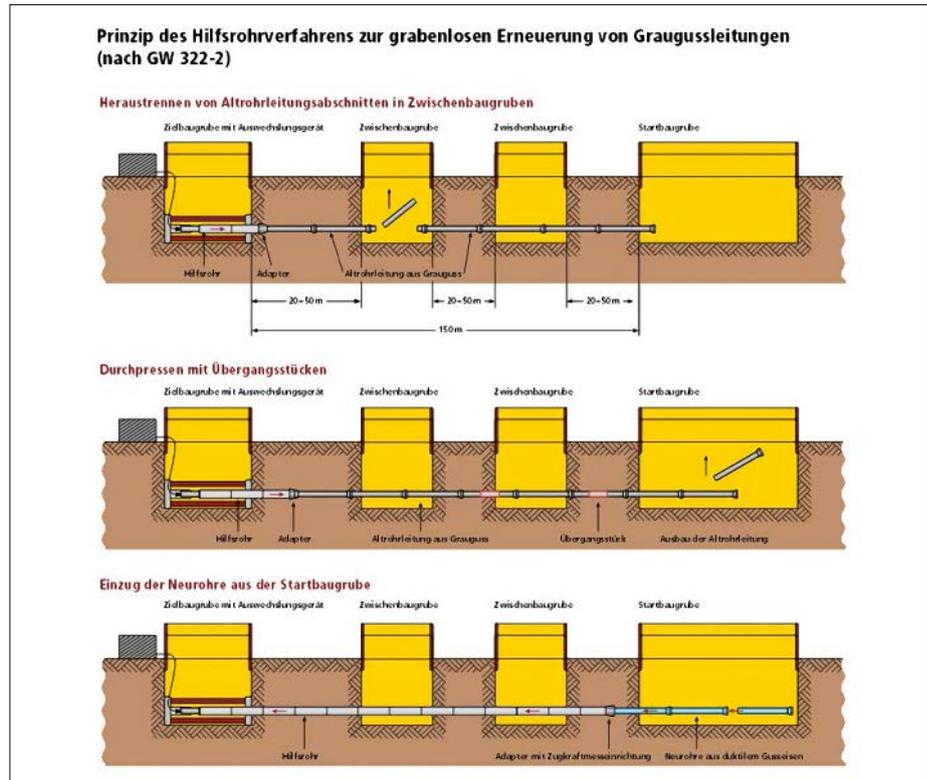
Im Gegensatz zum Press-/Zieh-Verfahren wird das Hilfsrohr-Verfahren zur trassengleichen Auswechslung von Rohren aus duktilen Werkstoffen, also solchen, die sich nicht in Ziel- oder Zwischenbaugrube aufbersten lassen (z. B. Stahlrohre), verwendet. Sollen solche Werkstoffe graben- und restlos aus dem Erdreich entfernt und trassengleich durch ein neues Rohr ersetzt werden, kann das Hilfsrohr-Verfahren zum Einsatz kommen. Auch bei diesem Verfahren sind Querschnittsvergrößerungen bis zu drei Nennweitenstufen möglich (**Tabelle 22.4**).

Hinsichtlich des Aufweitmaßes und der eng damit in Zusammenhang stehenden Mindestabstände zu benachbarten Versorgungsträgern und zur Oberfläche gelten sinngemäß die Aussagen aus **Kapitel 22.4.1.1**.

### 22.4.3.2 Verfahrensbeschreibung

Beim Hilfsrohr-Verfahren ist der Auswechslungsvorgang in mehrere Arbeitsschritte aufgeteilt. Ebenso wie bei dem in **Kapitel 22.4.2** beschriebenen Press-/Zieh-Verfahren 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 Hausanschlüsse leitungen abgeklemmt und an die Notversorgungsleitungen angeschlossen (**Bild 22.21**).

Fehlende Stücke des Altrohres, die durch Heraustrennen von Hausanschlüssen oder sonstigen Formstücken entstanden sind, werden durch Übergangsstücke ersetzt. Danach drückt die Maschinen-



**Bild 22.21:**

Prinzip des Hilfsrohr-Verfahrens zur grabenlosen Erneuerung von Graugussleitungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2 [22.6]



**Bild 22.22:**  
Herausgepresste Stahlrohre

presse die Altrohre mittels längskraftschlüssiger Hilfsrohre aus Stahl in die Montagegrube, bis sie komplett entfernt sind (**Bild 22.22**).

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

Nach der vollständigen Entfernung des letzten Altrohres ist die Trasse mit den wieder verwendbaren Hilfsrohren belegt (**Bild 22.21**). Sie übernehmen jetzt die Lasten aus der Überdeckung und der Verkehrslast und sichern so den Rohrkanal.

Im letzten Arbeitsschritt wird an die im Rohrkanal befindlichen Hilfsrohre das neue Rohr mittels Zugkopf mit integrierter Zugkraftmeseinrichtung angekoppelt. Die Hilfsrohre werden in die Maschinengrube zurückgezogen und damit die neue Leitung in den vorhandenen Rohrkanal eingezogen (**Bild 22.21**). 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 % über Muffenaußendurchmesser gearbeitet.

## 22.4.4 Horizontalspülbohrverfahren

### 22.4.4.1 Allgemeines

Im Gegensatz zu den in den **Kapiteln 22.4.1, 22.4.2** und **22.4.3** beschriebenen Verfahren zur trassengleichen Auswechslung bestehender Leitungen, werden nachfolgend Verfahren zur grabenlosen Neulegung duktiler Gussrohre beschrieben. Hierzu gehören das Horizontalspülbohrverfahren (HDD), das Einfräsen, das Einpflügen und der gesteuerte Pilotvortrieb. Während die letztgenannten Verfahren eine eher untergeordnete Rolle spielen, stellt das HDD-Verfahren eine praktisch fast alltägliche Form des grabenlosen Einbaus von duktilen Gussrohren dar.

Die Entwicklung dieses Verfahrens ist seit Beginn der 90er Jahre eng mit Rohren aus duktilem Gusseisen verbunden. Bereits 1993 hatte Nöh [22.20] in orientierenden Versuchen 60 m lange Leitungen DN 150 mit formschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen eingebaut und zur Beurteilung der Oberflächenbeanspruchung wieder aus dem Bohrkanal herausgezogen. Die hervorragenden Ergebnisse bildeten

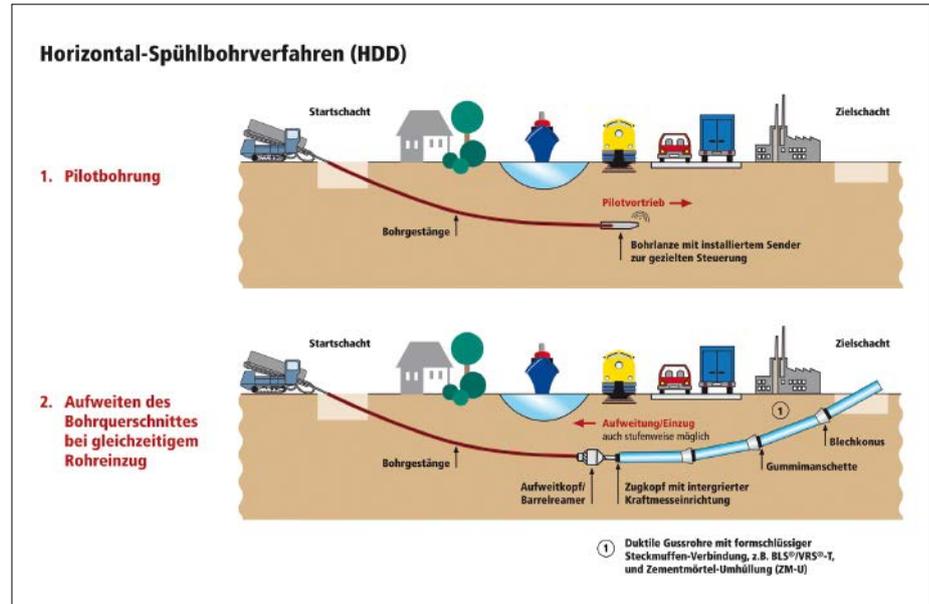
die Grundlage für einen Doppeldüker 2 x DN 150 von rund 200 m Länge, der 1994 bei Kinheim unter der Mosel, teilweise durch felsigen Untergrund, einge-zogen wurde.

#### 22.4.4.2 Verfahrensbeschreibung

Das steuerbare horizontale Spülbohrverfahren HDD (Horizontal Directional Drilling) ist das am weitesten verbreitete grabenlose Verfahren für den Neueinbau von Druckrohrleitungen für die Wasserversorgung [22.21]. Ausführungsbeispiele zeigen die  Videos 22.05 und  22.06.

Der Arbeitsablauf des Horizontalspülbohr-Verfahrens unterteilt sich in die drei aufeinander folgenden Arbeitsschritte (Bild 22.23):

- Pilotbohrung,
- Aufweitbohrung(en),
- Einzug.



**Bild 22.23:**  
Schema des Horizontalspülbohr-Verfahrens

 **Video 22.05:**  
HDD – Spülbohrdüker DN 500 im belgischen Geel

 **Video 22.06:**  
HDD – Spülbohrdüker DN 900 im spanischen Alzira

### 1. 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 vorgerieben. 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 22.24**). Die Ist-Position des



**Bild 22.24:**  
Bohrkopf für Pilotbohrung

Bohrkopfes wird mittels Funksignalen eines im Bohrkopf untergebrachten Senders oberhalb der Trasse angepeilt. Abweichungen von der Soll-Linie werden durch Steuerbewegungen korrigiert. Die Steuerungsgenauigkeit ist heute so hoch, dass es gelingt, Pilotbohrungen nach über 1.000 m Länge in einem nur 1 m<sup>2</sup> großen Zielfeld ankommen zu lassen.

### 2. 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 22.25 und 22.26**).

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 diese 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 Muffenaußendurchmesser. Gewöhnlich ist ein Überschnitt von 20 % bis 30 % über die Muffe notwendig.



**Bild 22.25:**  
Beispiele von Aufweitköpfen



**Bild 22.26:**  
Räumwerkzeug mit Drehgelenk  
und Zugkopf

### 3. 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 (**Bilder 22.26 und 22.27**), anschließend ein Drehgelenk, welches das Mitdrehen des Rohrstranges verhindert, und ein auf das einzuziehende Rohrleitungsmaterial abgestimmter Zugkopf montiert (**Bild 22.28**). Der Zugkopf wird kraft- und formschlüssig mit dem Rohrstrang verbunden. Die

maximal mögliche Länge des einzuziehenden Rohrstranges hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab.

Das Horizontalspülbohrverfahren kann mit duktilen Gussrohren, je nach vorhandenen Platzverhältnissen als komplett vormontiertem Rohrstrang (**Bilder 22.29, 22.30 und 22.31**) oder in Einzelrohrmontage (**Bild 22.32**), ausgeführt werden.



**Bild 22.27:**  
Positionierung des Drehgelenks  
zwischen Räumwerkzeug und Zugkopf



**Bild 22.28:**  
Zugkopf mit Stahlblechkonus



**Bild 22.30:**  
HDD – vormontierter Leitungsstrang  
aufgeständert



**Bild 22.32:**  
HDD – in Einzelrohrmontage mit  
Hilfe einer Montagerampe



**Bild 22.29:**  
HDD – im Graben vormontierter Rohrstrang



**Bild 22.31:**  
HDD – vormontierter Rohrstrang in der  
Bentonitsuspension schwimmend

### 22.4.5 Einfräsen

#### 22.4.5.1 Allgemeines

Nach GW 324 [22.8] wird der Boden durch ein Fräswerkzeug (Kette, Rad) gelöst, zerkleinert und gefördert. Er wird seitlich des Grabens abgelagert oder abgefahren (**Bild 22.33**). Es wird unterschieden nach dem Fräsverfahren ohne Einbaukasten und dem Fräsverfahren mit Einbaukasten. Beim Einbau von duktilen Gussrohren wird das Fräsverfahren mit Einbaukasten (z. B. Gleitschalung) angewendet (**Bild 22.33**).



**Bild 22.33:**  
Einfräsen – Einzelrohrmontage  
in Gleitschalung

#### 22.4.5.2 Verfahrensbeschreibung

Die Fräs- und Einbaueinheit fräst den Graben. Der Einbaukasten wird gesetzt und die duktilen Gussrohre innerhalb des Einbaukastens auf der Grabensohle montiert. Die Verfüll- und Verdichtungseinheit bringt das seitlich gelagerte Einbaumaterial lagenweise in die Leitungszone ein und verdichtet es.

### 22.4.6 Einpflügen

#### 22.4.6.1 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. Für die Planung und den Bau von unterirdischen Druckrohrleitungen der

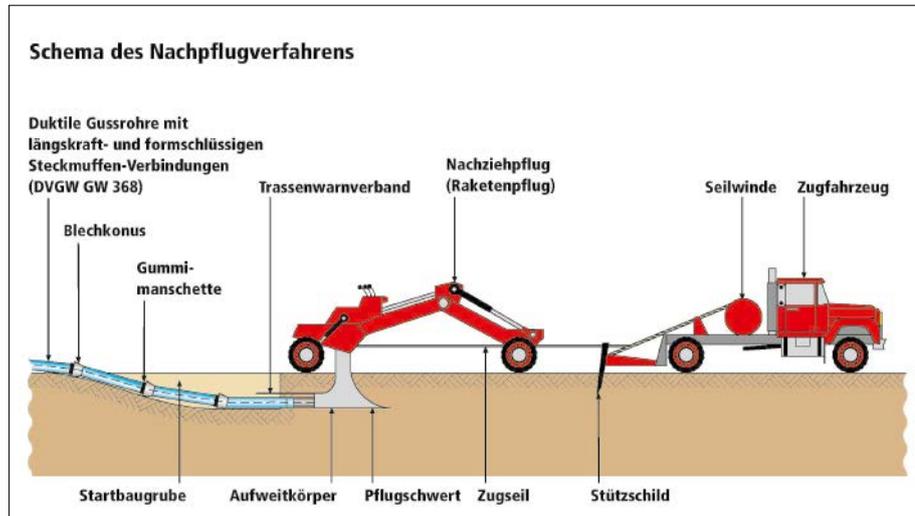
öffentlichen Wasserversorgung ist in Deutschland das DVGW-Arbeitsblatt GW 324 [22.8] zu beachten.

#### 22.4.6.2 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 über einen Zugkopf angehängte Rohrstrang eingezogen (**Video 22.07**). **Bild 22.34** zeigt das Prinzip des Verfahrens.

Das Verfahren ist bisher mit den Nennweiten DN 80 bis DN 300 eingesetzt worden.

Die erforderliche Maschinenteknik besteht aus einem Zugfahrzeug (**Bild 22.35**) und einem Pflug (**Bild 22.36**) mit Pflugschwert. Zur vertikalen Konstanz der Rohrtrasse bei wechselndem Geländeprofil kann die Eintauchtiefe des Schwertes hydraulisch gesteuert werden.



**Bild 22.34:**  
Schema Pflugverfahren

 **Video 22.07:**  
Einpflügen von duktilen Gussrohre DN 150



**Bild 22.35:**  
Zugfahrzeug



**Bild 22.36:**  
Pflug

Der Pflug wird über ein Stahlseil (Bild 22.37) mit dem Zugfahrzeug verbunden, welches sich zur Abtragung der Zugkräfte in den Baugrund mittels Schild auf dem Boden abstützen kann.

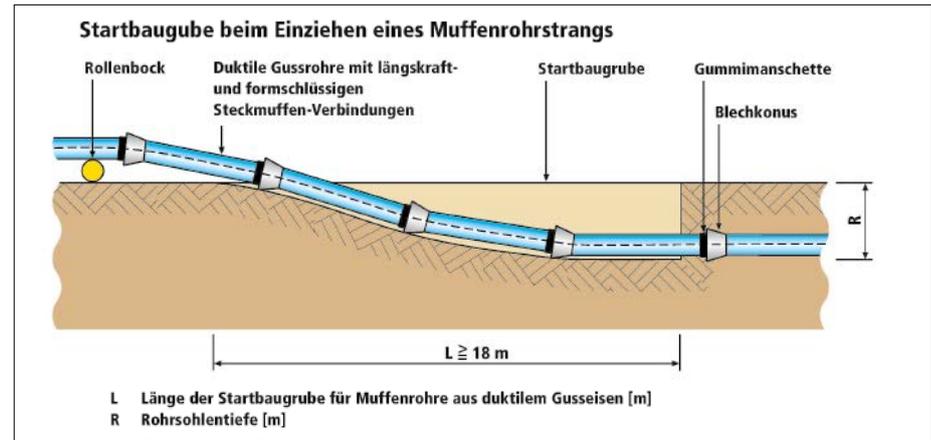
Die form- und längskraftschlüssig verbundene Leitung aus duktilen Gussrohren wird entlang der Trasse ausgelegt. Anschließend wird der Rohrstrang an den Aufweitkörper (Bild 22.38) angehängt und über eine Startgrube mit geneigter Rampe (Bilder 22.39 und 22.40) in den Boden eingepflügt (Bild 22.41). Die Länge der Startgrube ist abhängig von der Abwinkelbarkeit der längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindung.



**Bild 22.37:**  
Stahlseil zum Zugfahrzeug



**Bild 22.38:**  
Pflug mit Aufweitkörper



**Bild 22.39:**  
Startgrube mit geneigter Rampe



**Bild 22.40:**  
Startgrube



**Bild 22.41:**  
Eingepflügte Rohrleitung

Mit dem Einzug der Rohrleitung können gleichzeitig zusätzliche Schutzrohre, Kabel und Warnbänder eingebaut werden. Zur Verfüllung des Ringraums oder zur Verringerung der Reibungskräfte kann eine Bentonitsuspension eingebracht werden. Einzelne Rohrleitungsstränge werden untereinander mittels U-Stücken verbunden. Die nach dem Einzug der Rohrleitung vorhandenen Oberflächenverwerfungen werden anschließend durch Überfahren mit dem Bagger wieder geglättet.

## 22.4.7 Gesteuerter Pilotvortrieb

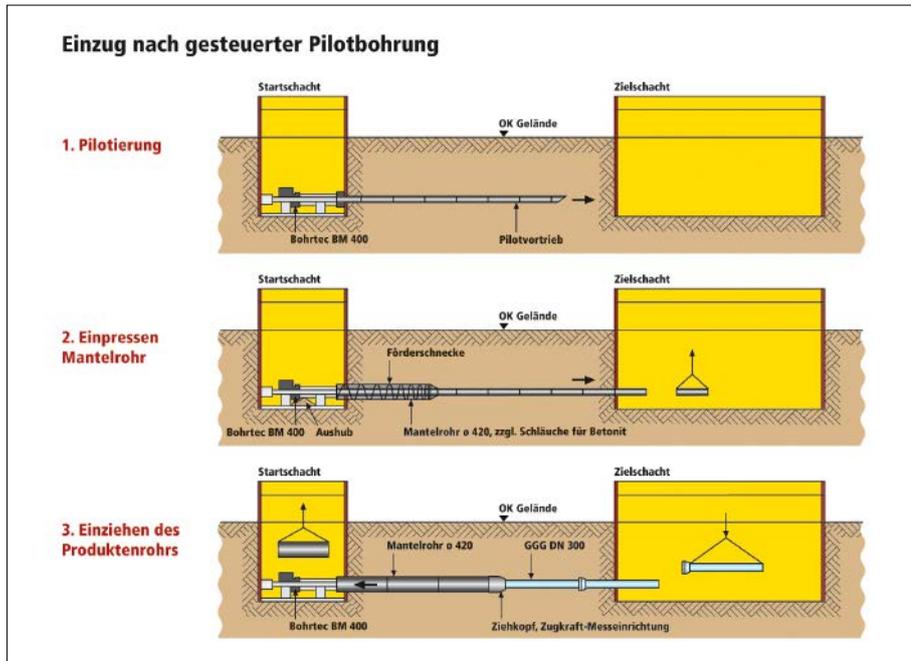
### 22.4.7.1 Allgemeines

Eine interessante Variante des grabenlosen Einbaus neuer Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen ist der so genannte gesteuerte Pilotvortrieb. Mittels einer Vortriebsmaschine für das Microtunneling wird eine gesteuerte Pilotbohrung über etwa 70 m zur Zielgrube aufgeföhren. In einem zweiten Schritt wird diese Bohrung unter Bodenentnahme durch Hilfsrohre mit Schneckenförderung aufgeweitet. Der dritte Schritt besteht im Zurückziehen dieser Hilfsrohre unter gleich-

zeitigem Einzeleinzug duktiler Gussrohre (**Bild 22.42**). Die erzielbare Genauigkeit dieser Verfahrensvariante ist so hoch, dass sogar die hohen Anforderungen für Freigefällekanäle erreicht werden.

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 Maschinenteknik lässt zurzeit den Einbau von Rohren mit einem maximalen Außendurchmesser von 1.000 mm zu. Das entspricht in etwa einem duktilen Gussrohr mit formschlüssiger längskraftschlüssiger Steckmuffen-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 eingebaut werden können.



**Bild 22.42:**  
Einzug nach gesteuerter Pilotbohrung

### 22.4.7.2 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 22.42**).

Im zweiten Schritt wird die Pilotbohrung durch das Vorpressen einer zugfesten Stahlschutzverrohrung erweitert (**Bild 22.42**). 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 Bohrerweiterung entstehende Aushubmaterial wird mit einer Förderschnecke, bestehend aus 1 m langen Teilstücken, zum Startschacht zurückgefördert. Hier wird der Boden in einem Behälter aufgenommen, mit dem Baustellenhebezeug gehoben und in Containern zur Abfuhr gesammelt.

Im dritten Arbeitsschritt wird das duktile Gussrohr mit formschlüssiger längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindung in den Zielschacht abgelassen und an den Zugkopf des vordersten Mantelrohrs gekoppelt. Die längskraftschlüssig verbundenen Mantelrohre werden nun zum Startschacht zurückgezogen. Hier werden sie mit der Förderschnecke zusammen geborgen (**Bild 22.42**).

Alle weiteren Produktrohre werden innerhalb kürzester Zeit an das vorher eingezogene Rohr gekoppelt. Der Zugkopf trägt eine Zugkraftmesseinrichtung, mit der die am Rohrstrang wirkenden Einziehkräfte gemessen und dokumentiert werden.

Alternativ zum Ziehkopf kann auch ein so genannter Hole Opener (**Bild 22.43**) mit Anschluss für duktile Gussrohre (**Bild 22.44**) eingesetzt werden [22.22]. Dieser hat den Vorteil, dass das einzubauende Medienrohr millimetergenau eingebaut werden kann, was gerade beim Einbau von Freispiegelleitungen von Bedeutung ist. Die entstehenden Mantelreibungskräfte können dabei mit einer Bentonitschmierung verringert werden.



**Bild 22.43:**  
Hole Opener



**Bild 22.44:**  
Anschluss für duktile Gussrohre

Die Bentonitmischung kann bei Bedarf durch eine Zuleitung, welche durch das Neurohr verläuft, im Bereich des Hole Openers zwischen Rohr und Boden gepresst werden.

### 22.4.7.3 Umhüllungen

Grundsätzlich werden für dieses Verfahren Rohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach EN 15542 [22.12] oder mit Polyurethan-Umhüllung nach EN 15189 [22.13] eingesetzt. Der Verbindungsbereich wird mit einer Gummischutzmanschette und/oder einem Stahlblechkonus geschützt.

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 ZM-U-Plus-Rohr zu.

Wurde es zunächst auf Wunsch der Berliner Wasserbetriebe (BWB) für die grabenlosen Rohrauswechslungsverfahren im Trinkwasserbereich in grobkörnigen und rolligen Böden zur Einhaltung der

Trasse entwickelt und erfolgreich eingesetzt, ergaben sich durch die Verfahren der grabenlosen Neulegung völlig neue Einsatzgebiete.

Beim ZM-U-Plus-Rohr (**Bild 22.45**) werden duktile Gussrohre 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. Nach der Verbindungsmontage wird die Lücke zwischen Muffenstirn und Spitzende mit flexiblem Material verschlossen und anschließend mit Spezialband verklebt.

#### 22.4.7.4 Steckmuffen-Verbindung

Da das Medienrohr beim gesteuerten Pilotvortrieb eingezogen wird, ist auch hier der Einsatz formschlüssiger längskraftschlüssiger Steckmuffen-Verbindungen notwendig. Zulässige Zugkräfte und Betriebsdrücke der formschlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen sind in **Tabelle 22.3** aufgeführt.



**Bild 22.45:**  
ZM-U-Plus-Rohre

#### 22.4.7.5 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 sind längskraftschlüssige Formstücke einzusetzen. Mit Hilfe dieser Formstücke können bei Druckleitungen im Vorfeld des Zusammenschlusses auch die Leitungsenden für die Druckprüfung ver-

schlossen werden. Ein Verbau der Leitungsenden ist in diesem Falle nicht notwendig.

Ein Vorteil des gesteuerten Pilotvortriebs ist der geringe Überschnitt. Somit kommt es in der Folge zu keinen oder nur 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.

#### 22.4.8 Relining-Verfahren

##### 22.4.8.1 Allgemeines

Bei der Leitungserneuerung mittels Relining-Verfahren 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 Nenn-

weitenstufen. Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Leitung wird reduziert. Dies wird jedoch zum Teil durch die glattere Innenoberfläche (geringe Wandrauheit) der neuen Leitung kompensiert. Alte Leitungen sind innen oft inkrustiert und besitzen daher eine hohe Wandrauheit. Das Relining-Verfahren kann für Trinkwasserleitungen, Brauchwasserleitungen, Abwasserdruckleitungen und Abwasserfreigefälleleitungen eingesetzt werden. Das Langrohr-Relining richtet sich nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1 [22.3].

In Deutschland ist der Trinkwasserverbrauch der Bevölkerung und der Industrie seit Jahren rückläufig. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes der Bundesrepublik Deutschland lag der pro Kopf-Verbrauch 1990 noch bei etwa 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).

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 Relining-Verfahren 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 Relining-Verfahren mit duktilen Gussrohren können, je nach Randbedingung, Abschnittslängen bis weit über 1.000 m in einem Zug saniert werden. Hierfür sind lediglich eine Start- und eine Ziel-

grube notwendig. Hinsichtlich der Nennweite des Neurohres sind keine Grenzen gesetzt.

#### 22.4.8.2 Verfahrensbeschreibung

Rohre aus duktilem Gusseisen nach EN 545 [22.10] oder EN 598 [20.11] werden beim Relining-Verfahren in die alte, vorhandene Leitung auf den Muffen schleifend und mit einem Stahlblechkonus (**Bild 22.46**) geschützt, eingezogen oder eingeschoben. Auf Grund der hohen Längsbiegesteifigkeit von duktilen Gussrohren ist lediglich ein Auflager je Rohr (in diesem Fall die Muffe) notwendig. Weitere Unterstützungen/Gleitkufen sind normalerweise nicht erforderlich. **Bild 22.47** zeigt eine spezielle Relining-Maßnahme, bei der die Neurohre mit Gleitkufen versehen wurden. Der sehr geringe Ringraum wurde nicht verfüllt.



**Bild 22.46:**  
Stahlblechkonus zum Schutz der Muffe



**Bild 22.47:**  
Relining DN 200 (neues Gussrohr)  
in ein altes Gussrohr DN 300

Im ersten Schritt werden entlang der zu sanierenden Leitung Start- (**Bild 22.48**) und Zielgruben (**Bild 22.49**) 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 Maschinenteknik und dem Neurohrmaterial. Für duktile Gussrohre ist deren Länge von ungefähr 6 m ausschlaggebend, was eine Baugrubengröße von rund 8 m nach sich zieht. Die Breite der Montagegrube richtet sich nach der einzubauenden Nennweite.

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 22.50**), Verschließen von Muffenspalten in der Rohrsohle, Auftragen von Gleitmittel in der Rohrsohle usw. immer ein Reibbeiwert von  $\mu \leq 1,0$  erzielen lässt. Das bedeutet, es muss nur ein Teil des tatsächlichen Rohrgewichtes gezogen werden.

In besonderen Fällen, wie z. B. dem gleichzeitigen Einbringen von zusätzlichen Leerrohren oder Versorgungsträgern, werden auch Rollenschellen (**Bilder 22.51 und 22.52**) eingesetzt. Diese haben zusätzlich den Vorteil, dass sich die Zugkräfte, im Vergleich zur herkömmlichen Methode, wesentlich verringern. Auf Grund der hohen Längsbiegesteifigkeit von duktilen 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.

Die Rohrleitungen werden in fast allen Fällen in Einzelrohrmontage zusammengefügt. Die geringen Montagezeiten (**Tabelle 22.5**) ermöglichen auch hierbei einen schnellen Baufortschritt.



**Bild 22.48:**  
Startgrube



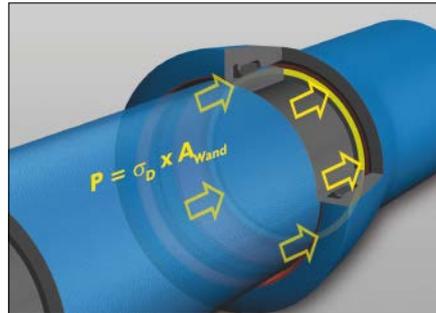
**Bild 22.49:**  
Zielgrube



**Bild 22.50:**  
Werkzeug zum Entfernen  
von Inkrustationen



**Bild 22.51:**  
Abwasserleitung –  
geführte Rollenschellen



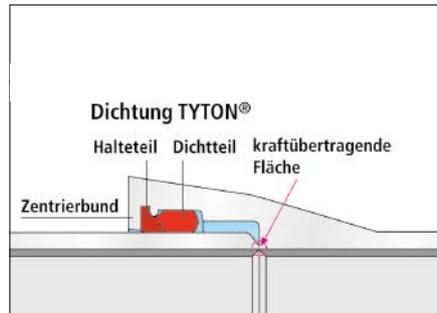
**Bild 22.53:**  
Kraftübertragung beim  
Einschieben

Nach der Verbindungsmontage wird der Rohrstrang um eine Rohrlänge vorgeschoben oder weitergezogen. Dies geschieht solange, bis die gesamte Haltungsänge mit Neurohren belegt ist.

Im Regelfall wird im Anschluss der zwischen Altrrohr und Neurohr verbleibende Ringraum mit einem alkalischen Dämmverfüllungsmittel verfüllt. Dies ist jedoch abhängig von den Randbedingungen, wie Betriebsart, Außenbeschichtung, Größe des Ringraumes und statische Tragkraft des Altrrohres. Die letzten Schritte bestehen in der Dichtheitsprüfung, dem Verbinden der einzelnen Sanierungsabschnitte und dem anschließenden Verfüllen der Baugruben.



**Bild 22.52:**  
Abwasserleitung –  
Montage der Rollschellen



**Bild 22.54:**  
Druckkraftübertragung beim  
Rohreinschub

#### 22.4.8.3 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 (**Bild 22.53**). Da die Einsteckenden der

**Tabelle 22.5:**

Einzelrohrmontage – Montagezeiten beim Einschieben/Einziehen

Nennweite DN	Anzahl Monteure	Montagezeit ohne Verbindungsschutz [min]	Montagezeit bei Verwendung einer Schutzmanschette [min]	Montagezeit bei Verwendung von Schrumpfmanschetten [min]
80	1	5	6	15
100	1	5	6	15
125	1	5	6	15
150	1	5	6	15
200	1	6	7	17
250	1	7	8	19
300	2	8	9	21
400	2	10	12	25
500	2	12	14	28
600	2	15	18	30
700	2	16	–	31
800	2	17	–	32
900	2	18	–	33
1000	2	20	–	35

**Tabelle 22.6:**

Zulässige Einschubkräfte nach DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1, Tabelle A.7 [22.3], von Rohren aus duktilem Gusseisen (muffenunabhängig, ohne Sicherheitsbeiwert – der Sicherheitsbeiwert muss den örtlichen Gegebenheiten, d. h. vor allem den Kurvenradien und Abwinkelungen, angepasst und mit der Anwendungstechnik der Rohrhersteller abgestimmt werden)

Nennweite DN	Außendurchmesser (DN/OD) $d_a$ [mm]	Wanddickenklasse	Wanddicke $s_{min}$ [mm]	zulässige Druckspannung $\sigma_{zul}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	zulässige Einschubkraft $F_{zul}$ [kN]
80	98	10	4,7	550	138
100	118	10	4,7	550	168
125	144	9	4,7	550	206
150	170	9	4,7	550	244
200	222	9	4,8	550	339
250	274	9	5,2	550	513
300	326	9	5,6	550	723
350	378	9	6,0	550	968
400	429	9	6,4	550	1246
500	532	9	7,2	550	1912
600	635	9	8,0	550	1085
700	738	9	8,8	550	1767
800	842	9	9,6	550	2595
900	945	9	10,4	550	3561
1000	1048	9	11,2	550	4669

Rohre angeschrägt (angefast) sind, steht nicht der gesamte Rohrwandquerschnitt zur Übertragung der axialen Schubkraft zur Verfügung (**Bild 22.54**). Des Weiteren muss der nach EN 545 [22.10] bzw. EN 598 [22.11] kleinstmögliche Außendurchmesser der Rohre und die kleinste zulässige Wanddicke berücksichtigt werden.

Die Druckfestigkeit von duktilem Guss-eisen beträgt  $\sigma_D = 550 \text{ N/mm}^2$ . Ohne Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes ist damit eine Presskraft von  $P = \sigma_D \times A_{\text{Wand}}$  möglich, wobei  $A_{\text{Wand}}$  die Querschnittsfläche der kraftübertragenden Gusswand darstellt.

Die zulässigen Einschubkräfte sind im DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1, Tabelle A.7 [22.3] hinterlegt (**Tabelle 22.6**). Die dort angegebenen Werte enthalten keine Sicherheitsbeiwerte. Vor Planung bzw. Baubeginn wird empfohlen, sich mit der Anwendungstechnik der Hersteller zur Abstimmung der jeweiligen Werte in Verbindung zu setzen. Je nach Trassenverlauf (Steigung, Radien) und Zustand der Altleitungen sind unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte zu wählen.

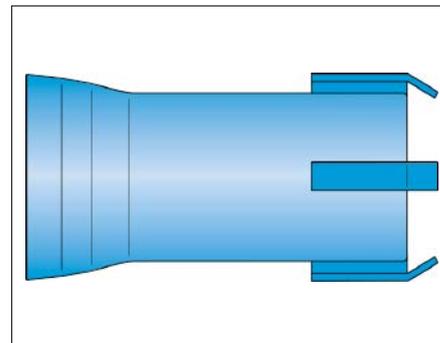
In [22.23] und [22.24] wird über Reliningmaßnahmen nach diesem Verfahren berichtet.

Beim Einschieben (**Bild 22.55**) wird stets das Einsteckende voran in die Muffe des zuletzt eingebauten Rohres geschoben. Das Einsteckende des ersten eingebauten Rohres ist mit einem Zentrierkopf (**Bild 22.56**) zu versehen. Dieser kann von Herstellern 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 6 m), der eingesetzten Presseeinrichtung und der Nennweite der einzubauenden Rohre. Die Größe der Zielgrube hängt von der Nennweite und eventuellen sonstigen Einbauten ab.



**Bild 22.55:**  
Einschieben eines Rohres



**Bild 22.56:**  
Zentrierkopf

#### 22.4.8.4 Einziehen

Beim Einziehen findet zumeist eine form-schlüssige längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung Verwendung. Die zulässigen Zugkräfte, die maximale mögliche Abwinkelbarkeit sowie der mögliche Mindestradius können der **Tabelle 22.3** entnommen werden.

Bewährt hat sich das Einziehen des neuen Rohrstranges mit Zugstangen (**Bild 22.57**). In [22.25] wird darüber berichtet. Das Einziehen mit Seilwinde und Stahlseil wird ebenso wie der Einsatz von reib-schlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen nicht empfohlen.

Zum Einziehen des neuen Rohrstranges wird immer ein Zugkopf benötigt. Dieser wird aus einer formschlüssigen längskraftschlüssigen Steckmuffe gefertigt (**Bild 22.58**). Zugköpfe können vom Rohrhersteller den ausführenden Unternehmen zur Verfügung gestellt werden.



**Bild 22.57:**  
Zugmaschine mit Gestänge

#### 22.4.8.5 Umhüllung

Wird der zwischen Altrohr und Neu-rohr verbleibende Ringraum mit einem alkalischen Dämmstoff verfüllt, benötigen die Rohre lediglich eine Umhüllung aus einem Zink- oder Zink-Aluminium-Überzug mit Deckbeschichtung. Die Muffe wird beim Einziehen oder Einschleiben mittels Stahlblechkonus geschützt.

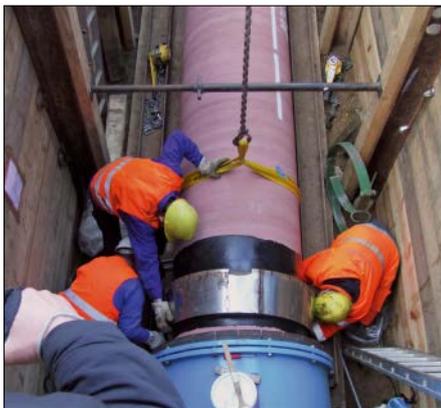
Wird der verbleibende Ringraum nicht verfüllt, werden duktile Gussrohre mit Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach



**Bild 22.58:**  
Rohr mit Zugkopf und Stahlblechkonus

EN 15 542 [22.12] oder mit Polyurethan-Umhüllung nach EN 15189 [22.13] eingesetzt. Die Steckmuffen-Verbindungen der ZM-U-Rohre werden mit Schutzmanschetten aus Gummi oder PE-Schrumpfmateriale nach DIN 30 672 [22.26] geschützt.

Der Muffenverbindungschutz wird beim Einziehen und Einschleiben zusätzlich mit einem Stahlblechkonus mechanisch geschützt (**Bild 22.59**).



**Bild 22.59:**  
Montage des Stahlblechschutzkonus

## 22.5 Literatur

- [22.1] ISO 13470:  
Trenchless applications of ductile iron pipes systems – Product design and installation [Gabenlose Anwendungen von gusseisernen Rohrsystemen – Produktauslegung und -installation] 2012-07
- [22.2] Steinhauser, P.:  
Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Betrachtungen bei der grabenlosen Erneuerung – Vortragskript des Seminars NO DIG – Grabenlose Erneuerung bei alter, schadhafter Kanalisation – Technische Akademie Hannover [Economic considerations for trenchless replacement – Presentation script for the “NO DIG – Trenchless replacement of old and damaged pipelines” Seminar at the Hannover Technical Academy] 2007-01-18
- [22.3] DVGW-Arbeitsblatt GW 320-1  
Erneuerung von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Rohreinzug oder Rohreinschub mit Ringraum [DVGW worksheet GW 320-1 Replacement of gas and water pipelines by pipe pulling or pipe pushing with annular gap] 2009-02
- [22.4] DVGW-Arbeitsblatt GW 321  
Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung [DVGW worksheet GW 321 Horizontal directional drilling technique for gas and water pipelines – Requirements, quality assurance and testing] 2003-10

- [22.5] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-1  
Grabenlose Auswechslung von  
Gas- und Wasserrohrleitungen –  
Teil 1: Press-/Ziehverfahren –  
Anforderungen, Gütesicherung  
und Prüfung  
[DVGW worksheet GW 322-1  
Trenchless replacement of  
gas and water pipelines –  
Part 1: Press/pull technique –  
Requirements, quality  
assurance and testing]  
2003-10
- [22.6] DVGW-Arbeitsblatt GW 322-2  
Grabenlose Auswechslung von  
Gas- und Wasserrohrleitungen –  
Teil 2: Hilfsrohrverfahren –  
Anforderungen, Gütesicherung  
und Prüfung  
[DVGW worksheet GW 322-2  
Trenchless replacement of  
gas and water pipelines –  
Part 2: Auxiliary pipe technique –  
Requirements, quality  
assurance and testing]  
2007-03
- [22.7] DVGW-Merkblatt GW 323  
Grabenlose Erneuerung von  
Gas- und Wasserversorgungs-  
leitungen durch Berstlining –  
Anforderungen, Gütesicherung  
und Prüfung  
[DVGW technical information  
sheet GW 323  
Trenchless replacement of  
gas and water pipelines by  
burst lining technique –  
Requirements, quality  
assurance and testing]  
2004-07
- [22.8] DVGW-Arbeitsblatt GW 324  
Fräs- und Pflugverfahren für  
Gas- und Wasserrohrleitungen –  
Anforderungen, Gütesicherung  
und Prüfung  
[DVGW worksheet GW 324  
Trenching and ploughing in  
techniques for gas and  
water pipelines –  
Requirements, quality  
assurance and testing]  
2007-08
- [22.9] DVGW-Arbeitsblatt W 400-1  
Technische Regeln Wasser-  
verteilungsanlagen (TRWV) –  
Teil 1: Planung  
[DVGW worksheet W 400-1  
Technical rules for water  
supply systems –  
Part 1: Design]  
2015-02
- [22.10] EN 545  
Ductile iron pipes, fittings,  
accessories and their joints  
for water pipelines –  
Requirements and test methods  
[Rohre, Formteile, Zube-  
hörteile aus duktilem Gussei-  
sen und ihre Verbindungen  
für Wasserleitungen –  
Anforderungen und Prüfverfahren]  
2010

- [22.11] EN 598  
Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for sewerage applications – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für die Abwasserentsorgung – Anforderungen und Prüfverfahren] 2007+A1:2009
- [22.12] EN 15542  
Ductile iron pipes, fittings and accessories – External cement mortar coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Zementmörtelumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2008
- [22.13] EN 15189  
Ductile iron pipes, fittings and accessories – External polyurethane coating for pipes – Requirements and test methods [Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen – Polyurethanumhüllung von Rohren – Anforderungen und Prüfverfahren] 2006
- [22.14] DIN 28603  
Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen – Steckmuffen-Verbindungen – Zusammenstellung, Muffen und Dichtungen [Ductile iron pipes and fittings – Push-in joints – Survey, sockets and gaskets] 2002-05
- [22.15] Hobohm, S. und Bauer, A.:  
Grabenlose Erneuerung einer Feuerlöschleitung mittels Berstlining GUSS-ROHRSYSTEME, Heft 48 (2014), S. 69 ff [Trenchless replacement of a fire main using the burst lining technique DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS, Issue 48, (2014), p. 66 ff]
- [22.16] Emmerich, P. und Schmidt, R.:  
Erneuerung einer Ortsnetzleitung im Berstlining-Verfahren [Replacement of a local distribution pipeline using the burst lining technique] GUSSROHR-TECHNIK, Heft 39 (2005), S. 16 ff

- [22.17] Rameil, M.:  
Rohrleitungserneuerung mit  
Berstverfahren –  
Praxisleitfaden für Planer, Auftrag-  
geber und ausführende  
Bauunternehmer –  
2. Auflage  
[Pipeline replacement with the  
bursting technique –  
Practical guide for planners,  
clients and building contractors –  
2. edition]  
2010
- [22.18] Levacher, R.:  
Erneuerung einer Verbindungs-  
leitung DN 400 zwischen zwei  
Wasserwerken im Berstlining-  
und Spülbohrverfahren  
[Replacement of a DN 400  
connecting pipeline between  
two waterworks using the burst  
lining and directional drilling  
technique]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 40 (2006), S. 17 ff
- [22.19] Hobohm, S. und Schaffarczyk, F.:  
Weltneuheit auf der  
WASSER BERLIN  
INTERNATIONAL 2011 –  
Press-/Zieh-Verfahren mit  
Bodenentnahme  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 46 (2012), S. 53 ff  
[World premiere at  
WASSER BERLIN  
INTERNATIONAL 2011 –  
The press-pull technique  
with soil removal  
DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS,  
Issue 46 (2012), p. 51 ff]
- [22.20] Nöh, H.:  
Moseldüker Kinheim –  
Grabenloser Einbau von  
Gussrohrleitungen mit der  
FlowTex-Großbohrtechnik  
[Culvert at the river Mosel near  
Kinheim –  
Trenchless installation of  
cast iron pipelines with the  
FlowTex large-scale  
drill technique]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 30 (1995), S. 25 ff
- [22.21] Hobohm, S.:  
Spülbohren mit  
duktilen Gussrohren –  
Verfahrensbeschreibung, Vorteile,  
Einsatzgrenzen, Beispiele  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 47 (2013), S. 50 ff  
[Horizontal directional  
drilling with ductile iron pipes –  
process description, advantages,  
fields of application, examples  
DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS,  
Issue 47 (2013), p. 48 ff]
- [22.22] Brucki, O. und Rau, L.:  
Mit Spezialrohren aus  
duktilen Gusseisen durch die  
Berliner Müggelberge  
GUSS-ROHRSYSTEME,  
Heft 45 (2011), S. 46 ff  
[With special ductile  
iron pipes through  
Berlin's Müggel Hills  
DUCTILE IRON PIPE SYSTEMS,  
Issue 45 (2011), p. 42 ff]

- [22.23] Schnitzer, G., Simon, H. und Rink, W.:  
Langrohrrelining DN 900  
in Leipzig Mölkau  
[Pipe relining DN 900  
in Leipzig Mölkau]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 39 (2005), S. 20 ff
- [22.24] Bauer, A., Simon, H. und Rink, W.:  
Sanierung der Thallwitzer  
Fernleitung DN 1100 mit  
Langrohrrelining DN 900  
[Renovation of Thallwitz trunk line  
DN 1100 with DN 900 pipe relining]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 40 (2006), S. 28 ff
- [22.25] Rink, W.:  
Langrohrrelining mit  
duktilen Gussrohren DN 800  
[Pipe relining with DN 800  
ductile iron pipes]  
GUSSROHR-TECHNIK,  
Heft 38 (2004), S. 17 ff
- [22.26] DIN 30672  
Organische Umhüllungen für den  
Korrosionsschutz von in Böden  
und Wässern verlegten Rohr-  
leitungen für Dauerbetriebs-  
temperaturen bis 50 °C ohne  
kathodischen Korrosionsschutz –  
Bänder und schrumpfende  
Materialien  
[External organic coatings for the  
corrosion protection of buried and  
immersed pipelines for continuous  
operating temperatures up to 50 °C  
without cathodic protection –  
Tapes and shrinkable materials]  
2000-12

