

# Infopoint TECHNIK

BAUINDUSTRIE



## Rohrvortrieb – Empfehlungen Teil 5: Wasserhaltung durch Druckluft



Bei Rohrvortrieben im Grundwasser mit offenen Schilden und Teilschnittmaschinen kommen folgende Möglichkeiten infrage, um das Grundwasser zu beherrschen:

- vorauseilende Grundwasserabsenkung mit geschlossener Wasserhaltung,
- offene Wasserhaltung im Vortrieb bei standfester Ortsbrust,
- Verdrängung des Grundwassers mit Drucklufttechnik.

Druckluftvortriebe stellen ein spezielles Vortriebsverfahren dar, bei dem Rohrvortriebe mit offenem Haubenschild und Teilschnittmaschine unter Druckluftbeaufschlagung der Ortsbrust im Grundwasser aufgeföhren werden.

Mit der Drucklufttechnik wird der Wasserzutritt an die Ortsbrust mithilfe von Überdruck in der Arbeitskammer verhindert.

Über die geologischen, hydrologischen und geotechnischen Untersuchungen muss die grundsätzliche Eignung des anstehenden Baugrunds für das gewählte Bauverfahren nachgewiesen werden.

Druckluftvortriebe können bei entsprechenden Randbedingungen ein wirtschaftliches Bauverfahren darstellen und folgende Vorteile bieten:

- Bei offenen Schilden mit Teilschnittmaschinen können künstliche und

natürliche Hindernisse jeder Art aufgrund des uneingeschränkten Zugangs zur Ortsbrust geborgen werden.

- Eine Anpassung des Abbaus des anstehenden Baugrundes ist wegen der Einsehbarkeit der Ortsbrust insbesondere bei inhomogenen Baugrundverhältnissen mit offenen Haubenschilden sehr gut möglich.

Neben dem Druckluftvortrieb werden in diesem Infopoint noch zwei weitere Einsatzbereiche für Arbeiten in Druckluft behandelt:

- Drucklufteinstiege bei Vollschnittmaschinen,
- Sonderbauweisen.

## Gesetze, Verordnungen, Regelwerke

Die wichtigsten Vorschriften, Regeln und Normen für Arbeiten in Druckluft sind:

- Druckluftverordnung (DruckLV) vom 04.10.1972 in der Fassung vom 29.03.2017 in Kraft getreten am 5. April 2017 (findet auch international Beachtung);
- RAB 25 – Konkretisierung der Druckluftverordnung;

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), insbesondere § 5 Beurteilung der Arbeitsbedingungen;
- Baustellenverordnung (BaustellV);
- DGUV Information 201-061 „Handlungsanleitung für sicheres Arbeiten in Druckluft“;
- EN 12110 Tunnelbaumaschinen –

Druckluftschleusen – Sicherheits-technische Anforderungen.

- Elektrik:
  - DGUV Regel 113-004 (bisher BGR/GUV-R 117-1) Behälter, Silos und enge Räume;
  - DGUV Information 203-004 (BGI 594) Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Geföhrdung.

## Planungsgrundlagen für Arbeiten in Druckluft

Die erforderliche Druckstufe für die Arbeiten unter Druckluft ergibt sich aus der Höhe des anstehenden Grundwassers. Darüber hinaus sind der anstehende Baugrund und die örtlichen Gegebenheiten wie zum Beispiel Tiefenlage des Vortriebes, Unterföhren baulicher Anlagen, Unterquerung von Gewässern zu berücksichtigen. Diese Planungsgrundlagen sind im Baugrundgutachten zu behandeln.

In Abhängigkeit vom Grundwasserstand ergeben sich gemäß DruckLV unterschiedliche Anforderungen an die Durchführung der Druckluftarbeiten.

Die DruckLV behandelt Arbeiten unter Druckluft ab 0,1 bar bis 3,6 bar.

Bei höheren Grundwasserständen sind Arbeiten unter Druckluft nur mit einer Sondergenehmigung möglich.

Die technische Leistungsföhigkeit zur Ausführung von Druckluftvortrieben ist durch das Unternehmen nachzuweisen. Der Nachweis kann durch das Gütezeichen VOD der RAL-GZ 961 des Güteschutz Kanalbau oder gleichwertig erfüllt werden.

Gemäß DruckLV sind bei der Planung der Vortriebstechnik und der Arbeitssicherheit unter anderem folgende Schwerpunkte zu beachten:

- |           |  |
|-----------|--|
| < 0,7 bar | Grundanforderungen   |
| ≥ 0,7 bar | zusätzlich:<br>Krankendruckluftkammer<br>Sauerstoffschleusung<br>ermächtigtter Arzt jederzeit erreichbar |
| ≥ 2,0 bar | zusätzlich:<br>ermächtigtter Arzt ständig auf Baustelle  |

## Nachweise zur Standsicherheit der Ortsbrust

Die Standsicherheit der Ortsbrust ist entsprechend den Erläuterungen im **Infopoint zum Rohrvortrieb, Teil 4 „Setzungsarmer Rohrvortrieb“**, nachzuweisen.

Gesonderte Nachweise zur Standsicherheit der Ortsbrust sind auch bei den weiteren Einsatzbereichen für Arbeiten unter Druckluft zu führen:

- Drucklufteinstiege bei Vollschnittmaschinen,
- Sonderbauweisen.

Im Einzelnen sind folgende Nachweise zu führen:

**äußere Standsicherheit**  
= Stützdruck aus Erddruck  
+ Stützdruck aus Verkehrslast  
+ Grundwasserstand  
+ 0,1 bar Regeltoleranz

**Druckluftbedarfsermittlung und Ausblärsicherheit**  
z. B. nach 9.2.1.2 SM-T3 – Ortsbrust mit Druckluftstützung

Univ.-Prof Dr.-Ing. habil. Dietrich Stein  
Grabenloser Leitungsbau,  
2003 Ernst & Sohn Verlag

Weitere Informationen enthalten folgende Infopoints mit Empfehlungen des Bundesarbeitskreises Rohrvortrieb:

In **Teil 1** werden Empfehlungen zur Arbeitssicherheit gegeben.



**Teil 2** gibt Empfehlungen zur Qualität.



**Teil 3** beinhaltet Empfehlungen zur „Trassierung von Vortrieben“.



**Teil 4** beinhaltet Empfehlungen zum „Setzarmen Rohrvortrieb“.



## Anforderungen an die Durchführung von Arbeiten unter Druckluft

Die DruckLV legt die Anforderungen für die Durchführung von Arbeiten unter Druckluft fest und dient als konkrete Handlungsanweisung bezüglich der erforderlichen Arbeitssicherheitsmaßnahmen. Die wesentlichen Paragraphen sind:

### § 3

Anzeige von Arbeiten in Druckluft bei der zuständigen Behörde

### § 4

Anforderungen an die Arbeitskammern

### § 7

und deren Prüfung durch Sachverständige

### § 9/10

arbeitsmedizinische Vorsorge

### § 12/13/14

Betreuung durch ermächtigte Ärzte

### § 17

Einrichtungen

### § 18

Bestellung von Fachkräften

Im Anhang 1 zur DruckLV sind die Anforderungen zur Beschaffenheit und zum Betrieb der Arbeitskammern und der betrieblichen Einrichtungen beschrieben.

Der Anhang 1 der DruckLV schreibt vor:

- Mindesthöhe der Arbeitskammer so, „... dass die Arbeitnehmer darin während der Arbeit aufrecht stehen und Geräte gefahrlos bedienen können“.
- Mindesthöhe der Personenschleusen 1,60 Meter

Daraus ergeben sich für Vortriebe folgende Mindestanforderungen für Arbeiten unter Druckluft:

- Druckluftvortriebe
  - Mindestinnendurchmesser in der Arbeitskammer und der Schleuse 1,60 Meter
- Begehung der Ortsbrust über die Durchstiegluke bei Vortrieben mit Vollschnittmaschinen
  - Mindesthöhe der Personenschleuse 1,60 Meter

Darüber hinaus sind bei Arbeiten unter Druckluft die Regelungen der DruckLV in die Gefährdungsbeurteilung einzuarbeiten.

### Sicherheitshinweis:

**Erhöhter Sauerstoffgehalt –  
dadurch erhöhte Brennbarkeit  
von Stoffen**

## Sauerstoffschleusung

Ab 0,7 bar ist grundsätzlich eine Sauerstoffschleusung durchzuführen.

Im Anhang 2 zur DruckLV sind für jede Druckstufe in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit die Schleusungszeiten festgelegt.

# Druckluftvortrieb mit offenem Haubenschild und Teilschnittmaschine

## Einsatzbereiche

Im Anhang B der DWA-A 125 (2008-12) sind die Einsatzbereiche des Druckluftvortriebes im Vergleich zu den anderen Rohrvortriebsverfahren dargestellt.

Einteilung des Baugrundes		Festgestein			Lockergestein			Rohr- außen- durch- messer D <sub>s</sub> (mm)	max. Vortriebs- länge (m) abhängig von D <sub>s</sub> <sup>1)</sup>	Über- deckung		
		Gesteinsfestigkeit σ <sub>0</sub> (MN/m <sup>2</sup> )		Wechselagerung			bindig <sup>3)</sup>					
Abschnitt	Bezeichnung	über 50	bis 50	dicht	mittel- dicht	locker	10 % < bindiger Anteil < 30 %					
		FD 4, FD 3 FZ 4, FZ 3	FD 2, FD 1 FZ 2, FZ 1	LNE 2 LNW 2	LNE 2 LNW 2	LNE 1 LNW 1	fest	steif- halfest	breiig- weich			LBM 3 LBO 3
<b>Bemannte steuerbare Verfahren<sup>1)</sup></b>												
6.2.3.2	Schild (offen) mit teilflächigem Abbau ohne Stützung oder mit mechanischer Teilstützung, ohne GW										100 – 800	
6.2.3.3	Schild (offen) mit teilflächigem Abbau ohne Stützung oder mit mechanischer Teilstützung unter Druckluftbeaufschlagung, mit GW <sup>5)</sup>										500 – 800	
6.2.3.4	Schild (offen) mit vollflächigem Abbau mit mechanischer Teilstützung ohne oder unter Druckluftbeaufschlagung, mit oder ohne GW <sup>6)</sup>										100 – 800	
6.2.3.5	Schild (geschlossen) mit vollflächigem Abbau und Flüssigkeitsunterstützung und Druckluftpolster (Mixschild), mit oder ohne GW										500 – 800	
6.2.3.6	Schild (geschlossen) mit vollflächigem Abbau und Erddruckunterstützung (EPB-Schild), mit oder ohne GW										100 – 800	

GW = Grundwasser

Hauptbereich

Einsatz möglich

Einsatz kritisch

1) Personaleinsatz gemäß Abschnitt 7.1.4

2) Mit zunehmender Engstufigkeit des Baugrundes ist der Stützung der Ortsbrust besondere Beachtung beizumessen

3) Keine Klassifizierung nach DIN 18319, Lagerungsdichte und Kornstufung (eng/weit) beachten

5) Besondere Beachtung des Bodendurchlässigkeitskennwertes erforderlich; die Ausbläsesicherheit ist nachzuweisen

6) Unter Druckluftbeaufschlagung D<sub>s</sub> ≥ 1960 mm

Abbildung 1: Ausschnitt aus DWA-A 125 (2008-12), Abschnitt 6.2.3, Anhang B (informativ) Erfahrungswerte für den Anwendungsbereich

### Vorteile des Verfahrens

- Einsehbarkeit der Ortsbrust
- Hindernisbeseitigung durch leichte Begehrbarkeit der Ortsbrust möglich
- einfache Anpassung auf Anomalien im Baugrund/sehr gute Anpassungsfähigkeit bei wechselnden Geologien
- Bodenförderung in Anpassung an die Baugrundverhältnisse, Trockenförderung von entwässertem Boden, meist wirtschaftlichere und umweltschonendere Bodenentsorgung, da keine Fremdstoffe (wie z. B. Bentonit als Spülmedium) enthalten sind, insbesondere in Bezug auf die Ersatzbaustoffverordnung
- Einsparung Energiekosten, hohe Umweltverträglichkeit (CO<sub>2</sub>-Einsparung)

### Nachteile des Verfahrens

- Einsatzgrenzen:
  - hoher Grundwasserstand
  - hohe Durchlässigkeiten des Baugrundes
- Zusatzmaßnahmen bei speziellen Baugrundverhältnissen, z. B. eingeschlossene Sandlinsen
- permanenter Personaleinsatz unter Druckluft
- permanente Bereitstellung redundanter Druckluftversorgung

Folgende Darstellung zeigt den Einsatzbereich des Druckluftvortriebes in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit und der Entwässerbarkeit des anstehenden Baugrundes:

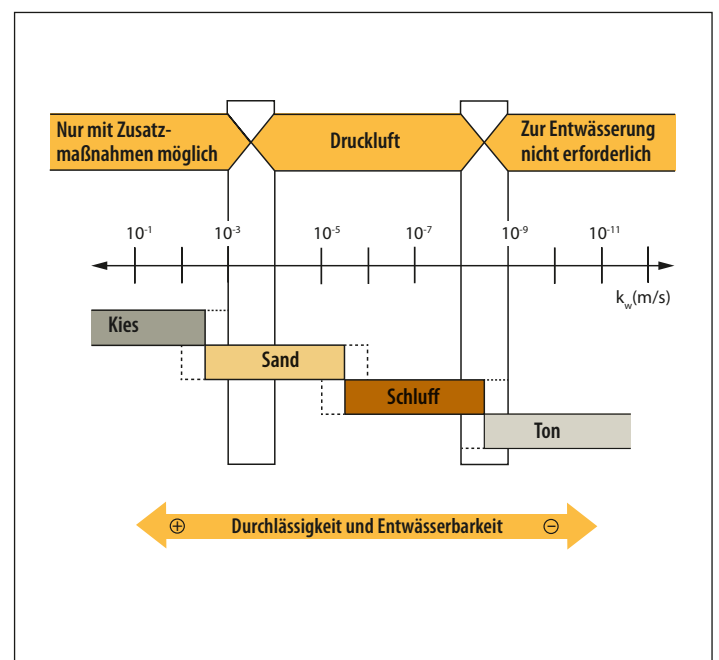


Abbildung 2: Anwendungsgrenzen der Druckluft

## Schematische Verfahrensbeschreibung der Vortriebstechnik unter Druckluft

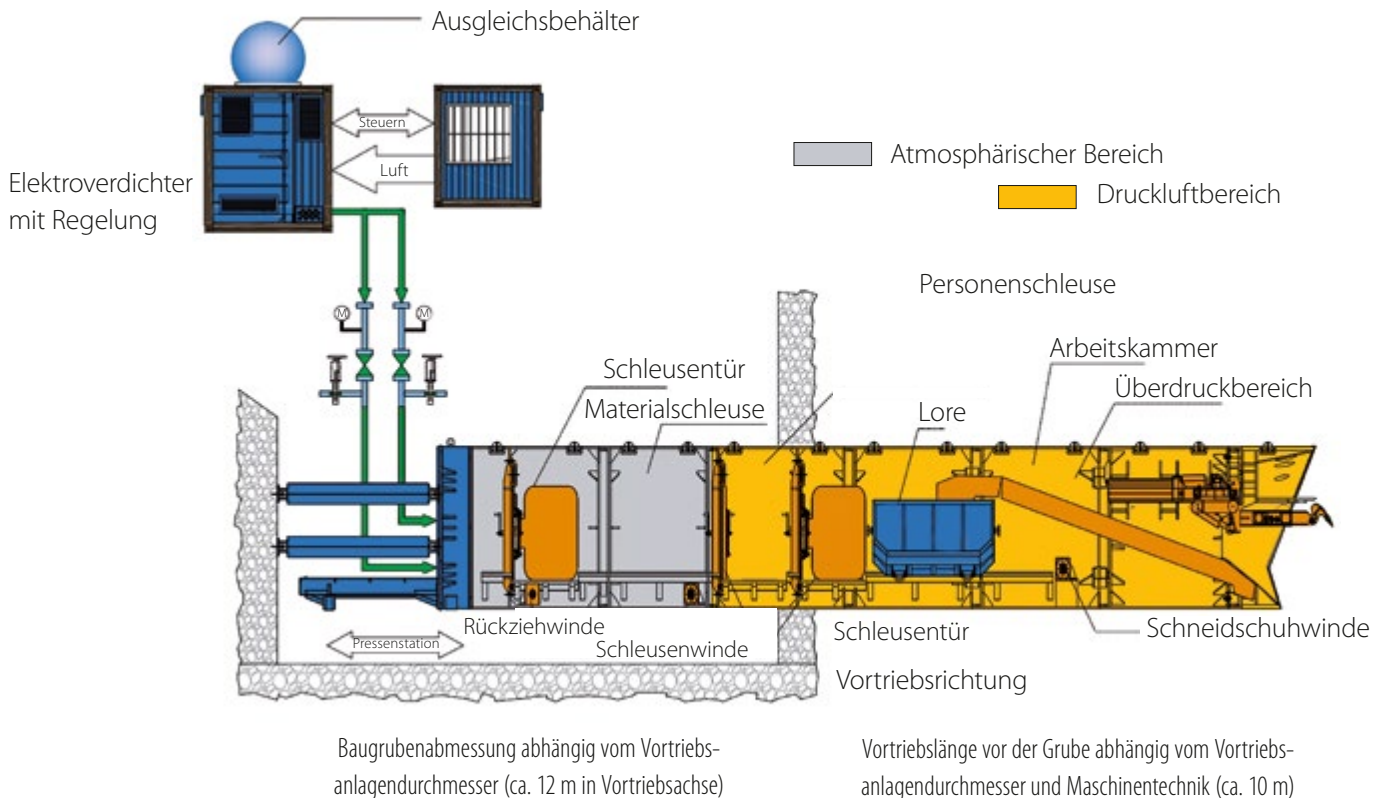


Abbildung 3: Vortriebseinheit im Regelvortrieb nach Abschluss des Ausfahrvorgangs und dem Beginn des Druckluftregelvortriebs

Quelle: Epping

## Aus- und Einfahrvorgang

Die konstruktiven Mindestanforderungen an die Aus- und Einfahrvorgänge sind im **Infopoint zum Rohrvortrieb, Teil 2 „Qualität“**, auch im Vergleich zum geschlossenen Schild behandelt.

Beim **Ausfahrvorgang** ist die komplette Vortriebseinheit bestehend aus der Vortriebsmaschine und dem nachlaufenden Schleusensystem mit ihrer Gesamtlänge von circa 20 Metern segmentweise im Startschacht zu koppeln und ins Erdreich vorzuschieben. Dieser Arbeitsvorgang erfordert bis zur Aufnahme des Regelvortriebs Zusatzmaßnahmen zur Stützung gegen das anstehende Grundwasser.

Diese Maßnahmen können beispielsweise bestehen aus:

- baulichen Maßnahmen außerhalb des Startschachtes gegen das anstehende Grundwasser, z. B. durch Grundwasserabsenkung, Verbaukästen oder Dichtblöcke;
- Einsatz maschinentechnischer Sonderkonstruktionen zum Einbau des Schleusensystems im Startschacht;
- Kombination aus beiden Maßnahmen.

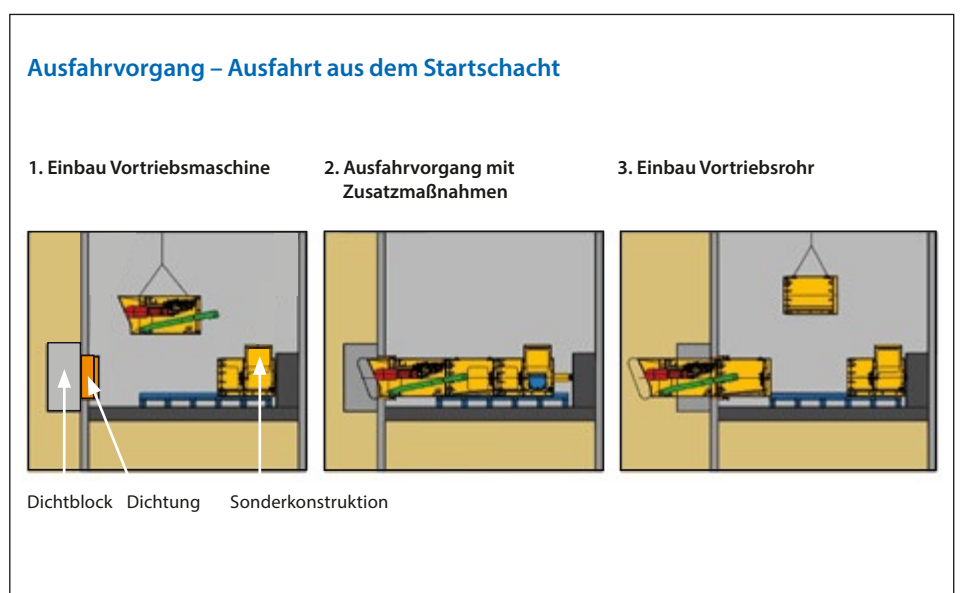


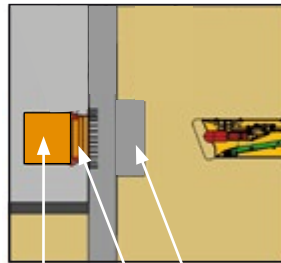
Abbildung 4: Ausfahrvorgang – schematische Darstellung

Quelle: Epping

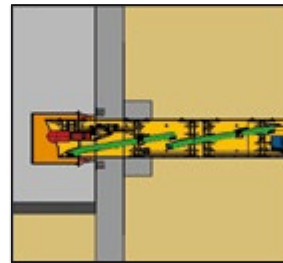
Beim **Einfahrvorgang** sind die Vortriebsmaschine und das nachlaufende Schleusensystem segmentweise in den Zielschacht zu schieben und zu bergen. Dieser Arbeitsvorgang erfordert eine Einfahrdichtung zur sicheren Abdichtung des Ringspaltes gegen Grundwasser während des Vorschubs des Rohrstranges auf Endlage.

### Einfahrvorgang – Einfahrt in den Zielschacht

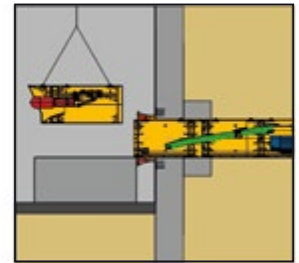
1. Erreichen des Zielschachts



2. Einfahrt in den Drucktopf



3. Ausbau der Vortriebsmaschine



Drucktopf Dichtung Dichtblock

Abbildung 5: Einfahrvorgang – schematische Darstellung

Quelle: Epping



Abbildung 6: Einfahrvorgang – Drucktopf mit Abstrebung

Quelle: BAK



Abbildung 7: Einfahrvorgang – Vorschub in Zielschacht

Quelle: BAK

## Beispiel einer maschinentechnischen Sonderlösung

### Ausfahrvorgang unter Druckluft mit Kompaktschleuse

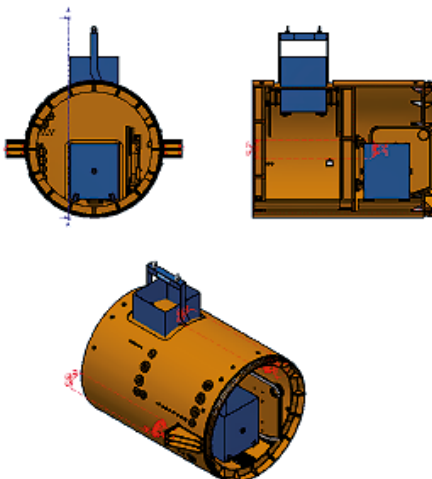


Abbildung 8: Schematisches Ausführungsbeispiel einer Kompaktschleuse  
Quelle: Epping



Abbildung 9: Ausführungsbeispiel einer Kompaktschleuse

Quelle: BAK

## Drucklufteinstiege bei Vollschnittmaschinen

Auch bei Vollschnittmaschinen kann die Begehung der Ortsbrust zur Hindernisbeseitigung und auch zum Werkzeugwechsel erforderlich werden. Auch für diese Drucklufteinstiege gelten sämtliche Regelungen der DruckLV.

In Abhängigkeit von den geologischen Gegebenheiten ist eine planmäßige Überprüfung der Werkzeuge im Vortriebskonzept zu berücksichtigen.

Das Konzept zur Hindernisbeseitigung ist im Einzelfall unter Beachtung der Unfallverhütungsvorschriften festzulegen. Die Entscheidung über die Art der Hindernisbeseitigung ist dabei gemeinsam von Auftraggeber und Auftragnehmer vorzunehmen in Abhängigkeit von

- der Art des Hindernisses,
- seiner Größe und Lage,

- der anstehenden Geologie sowie
- des voraussichtlichen Aufwandes.

Erforderliche Arbeitsschritte für den Drucklufteinstieg zur Begehung der Ortsbrust:

1. Absenken der Flüssigkeits-/Erddruckstützung bei gleichzeitigem Aufbau der Druckluftstützung
2. Beaufschlagung der Arbeitskammer mit Druckluft
3. Öffnung der Durchstiegs Luke nach Sicherstellung der Ortsbruststabilität (Prüfen, Druckluftverluste, Filterkuchenausbildung, etc.)
4. Hindernisbeseitigung an der Ortsbrust aus dem Brecherraum hinter oder auf Höhe des Schneidrades. Vor dem Schneidrad nur mit Zusatzmaßnahmen möglich (Kaverne, Dichtblock, o. ä.)

5. Schließen der Durchstiegs Luke, Aufbau der Flüssigkeits-/Erddruckstützung, Vorschub der Vortriebsmaschine an die Ortsbrust
6. Wiederaufnahme des Vortriebs



Abbildung 10: Arbeiten an der Ortsbrust bei geöffneter Einstiegs Luke  
Quelle: BAK



Abbildung 11: Blick durch Luke auf Rückansicht Schneidrad  
Quelle: BAK

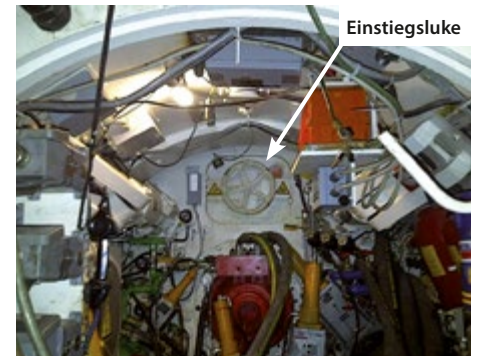


Abbildung 12: Vollschnittmaschine  
Quelle: BAK



Abbildung 13: AVND 2400  
Quelle: BAK

## Beispiele für Sonderbauweisen

### Caissonschleuse

Die Caissonschleuse ermöglicht den Einstieg in einen Schacht (Absenschacht, Baugrube), der mithilfe der Druckluftbeaufschlagung unter dem Grundwasserspiegel gefahrlos geöffnet werden kann. Aus dem Schacht können zum Beispiel Bohrungen oder Anschlüsse an Rohrhaltungen hergestellt werden.



Abbildung 14: Caissonschleuse – schematische Darstellung  
Quelle: Epping



Abbildung 15: Caissonschleuse – Ausführungsbeispiel  
Quelle: BAK

## Sacklochvortriebe/Querschläge

Die Sacklochvortriebe unter Druckluft ermöglichen Anschlüsse an bestehende oder neu erstellte Rohrhaltungen (Abwasser-, Medientunnel). Die Sacklochbohrungen erlauben somit Zugänge und Anschlüsse an Stellen, an denen ein direkter Anschluss auf Höhe des Tunnels aus örtlichen Verhältnissen nicht möglich ist.

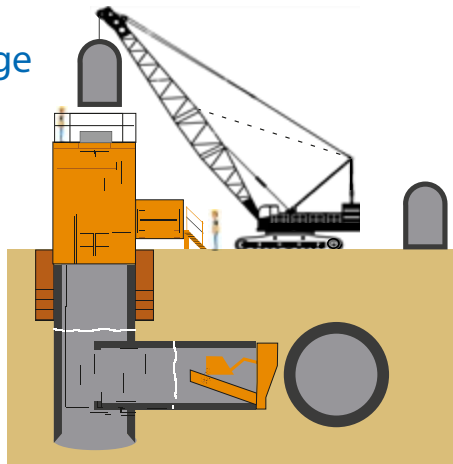


Abbildung 16: Sacklochbohrung

Quelle: Epping

## Beispiele aus der Praxis

### Druckluftvortrieb mit offenem Haubenschild und Teilschnittmaschine



Abbildung 17: Teilschnittmaschine DA 4200

Quelle: BAK



Abbildung 18: Druckluftschleusen  
Teilschnittmaschine DA 2500

Quelle: BAK



Abbildung 19: Anker als Hindernis in DA 2240

Quelle: BAK

## Hindernisbeseitigung

Planmäßiges,  
bekanntes Hindernis

Unbekanntes  
Hindernis

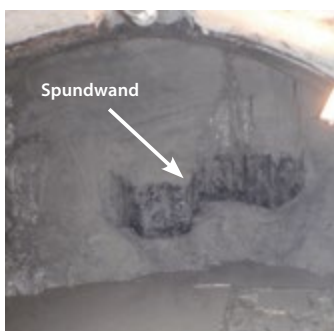


Abbildung 20: Spundwand

Quelle: BAK



Abbildung 21: Bergung  
von Findlingen aus der  
Teilschnittmaschine DA 2240

Quelle: BAK



Abbildung 22: Vortrieb DA 2700,  
natürliches Hindernis, Granitblock,  
Stein (L x B x H = 100 x 80 x 50 cm)

Quelle: BAK



Abbildung 23: Vortrieb DA 2700, künstliches Hindernis senkrechter Holzpfehl  
durchlaufend durch gesamten Aus-  
bruchquerschnitt, Durchmesser 40 cm

Quelle: BAK

## Vollschnittmaschine

### Hindernisbeseitigung/Werkzeugwechsel



Abbildung 24: Hindernisbeseitigung Litzenanker im Mixschild DA 4400  
Quelle: BAK



Abbildung 25: Mixschild DA 4400 – Anfahrvorgang  
Quelle: BAK

## Sonderbauweisen

### Sacklochvortrieb/Querschlag



Abbildung 26: Blick von der Schachtsohle in Richtung Ausstieg zur Oberfläche – Absenkschacht  
Quelle: BAK



Abbildung 27: Blick aus dem Vortriebsrohr DN 3600 in Richtung Schachtausstieg – Sacklochbohrung  
Quelle: BAK

Das vorliegende Dokument ist Bestandteil einer Reihe von Empfehlungen des Bundesarbeitskreises Rohrvortrieb.



In Teil 1 werden Empfehlungen zur Arbeitssicherheit gegeben.



Teil 2 gibt Empfehlungen zur Qualität.



Teil 3 beinhaltet Empfehlungen zur „Trassierung von Vortrieben“.



Teil 4 beinhaltet Empfehlungen zum „Setzarmen Rohrvortrieb“.



Dieser Infopoint wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die Herausgeber übernehmen dennoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte und Informationen. Die Nutzung erfolgt auf eigene Gefahr.

## Kontakt



Dipl.-Ing.  
Andreas Hüttemann  
Bereichsleitung Technik  
Rohrleitungsbauverband e. V.  
T +49 221 37668-68  
huettemann@rbv-koeln.de



Dipl. Wirtsch.-Ing. Dipl.-Ing.  
Dieter Hesselmann  
Geschäftsführer BFA LTB  
T +49 221 37668-22  
leitungsbau@bauindustrie.de

Bundesfachabteilung  
Leitungsbau (BFA LTB)  
im Hauptverband der  
Deutschen Bauindustrie e. V.,  
c/o Rohrleitungsbauverband e. V.  
Marienburger Straße 15  
50968 Köln  
www.bauindustrie.de/verband/  
bundesfachabteilungen/leitungsbau

## Impressum

Rohrleitungsbauverband e. V.  
Marienburger Str. 15  
50968 Köln  
T + 49 221 37668-20  
info@rohrleitungsbauverband.de  
www.rohrleitungsbauverband.de

### Bildnachweise:

BAK Rohrvortrieb (BAK),  
Epping Rohrvortrieb GmbH + Co KG  
(Epping).

Die Übernahme und Nutzung der im Infopoint Technik publizierten Inhalte bedürfen der schriftlichen Zustimmung des rbv e. V.



verbinden. vernetzen. versorgen.