

	<p align="center"><b>SuedOstLink</b> - BBPIG Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a –</p>	
	<p align="center"><b>Abschnitt D2</b> Nittenau bis Pfatter</p> <p align="center"><b>Unterlagen</b> gemäß § 21 NABEG</p>	<p>Das Vorhaben Nr. 5 im SuedOstLink ist von der Europäischen Union gefördert; sie haftet nicht für die Inhalte.</p>  <p>Kofinanziert von der Fazilität „Connecting Europe“ der Europäischen Union</p>
<p align="center"><b>Anlage C2.2.2 Tiefbauverfahren Steckbriefe</b></p>		

00	29.06.2023	Unterlage gemäß § 21 NABEG	ARGE-T M. Gottwald	ARGE-T M. Jurek	TenneT M. Schaffhirt
<b>Rev.</b>	<b>Datum</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Erstellt</b>	<b>Geprüft</b>	<b>Freigegeben</b>

Festgestellt nach §24 NABEG  
Bonn, den

**INHALTSVERZEICHNIS**

TABELLENVERZEICHNIS	5		
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	6		
ANLAGEN	7		
1	EINLEITUNG	9	
2	STECKBRIEF OFFENER GRABEN MIT SCHUTZROHR (1.1)	10	
	2.1	Verfahrensbeschreibung	10
	2.2	Technische Verfahreneigenschaften	10
	2.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	12
	2.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	13
	2.5	Sonstiges/Risiken	13
	2.6	Fazit	13
3	STECKBRIEF EINFACHPFLUG MIT SCHUTZROHR (1.3)	14	
	3.1	Verfahrensbeschreibung	14
	3.2	Technische Verfahreneigenschaften	15
	3.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	17
	3.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	17
	3.5	Sonstiges/Risiken	17
	3.6	Fazit	18
4	STECKBRIEF FRÄSE MIT UND OHNE SCHUTZROHR (1.4, 1.5)	19	
	4.1	Verfahrensbeschreibung	19
	4.1.1	Grabenfräse mit Schutzrohr	21
	4.1.2	Grabenfräse ohne Schutzrohr (direkte Kabelverlegung)	21
	4.2	Technische Verfahreneigenschaften	22
	4.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	23
	4.4	Eigentumsbelange	23
	4.5	Sonstiges/Risiken	23
	4.6	Fazit	24
5	STECKBRIEF MEHRFACHPFLUG MIT DOPPELVERLEGESCHACHT (1.6)	25	
	5.1	Verfahrensbeschreibung	25
	5.2	Technische Verfahreneigenschaften	27
	5.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	28
	5.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	29
	5.5	Sonstiges/Risiken	29
	5.6	Fazit	29
6	STECKBRIEF OFFENE BAUWEISE MIT EINBAUKASTEN (TRENCH BOX) MIT UND OHNE SCHUTZROHR (1.7, 1.8)	30	
	6.1	Verfahrensbeschreibung	30

---

6.1.1	Einbaukasten mit Schutzrohr	30
6.1.2	Einbaukasten ohne Schutzrohr	32
6.2	Technische Verfahrenseigenschaften	33
6.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	34
6.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	35
6.5	Sonstiges/Risiken	35
6.6	Fazit	35
7	STECKBRIEF PIPE EXPRESS (1.9)	36
7.1	Verfahrensbeschreibung	36
7.2	Technische Verfahrenseigenschaften	37
7.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	39
7.4	Eigentumsbelange	39
7.5	Sonstiges/Risiken	39
7.6	Fazit	39
8	STECKBRIEF HDD (2.1)	40
8.1	Verfahrensbeschreibung	40
8.2	Technische Verfahrenseigenschaften	41
8.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	43
8.4	Eigentumsbelange	43
8.5	Sonstiges/Risiken	43
8.6	Fazit	43
9	STECKBRIEF GESTEUERTE AUSBLÄSER HDD (2.2)	44
9.1	Verfahrensbeschreibung	44
9.1.1	Unterschied gesteuerte Ausbläser (Cable & Pipe) und HDD	44
9.2	Technische Verfahrenseigenschaften	45
9.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	47
9.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	47
9.5	Sonstiges/ Risiken	47
9.6	Fazit	48
10	STECKBRIEF STEUERBARE VERFAHREN PILOTROHRVORTRIEB (2.3)	49
10.1	Verfahrensbeschreibung	49
10.2	Technische Verfahrenseigenschaften	51
10.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	52
10.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	53
10.5	Sonstiges / Risiken	53
10.6	Fazit	53
11	STECKBRIEF STEUERBARE VERFAHREN – MIKROTUNNELBAU (2.4)	54
11.1	Verfahrensbeschreibung	54
11.2	Technische Verfahrenseigenschaften	56
11.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	58
11.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	58

---

11.5	Sonstiges/Risiken	58
11.6	Fazit	58
12	STECKBRIEF E-POWER PIPE® (2.5)	59
12.1	Verfahrensbeschreibung	59
12.2	Technische Verfahreneigenschaften	59
12.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	61
12.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	62
12.5	Sonstiges/ Risiken	62
12.6	Fazit	62
13	STECKBRIEF HORIZONTAL-PRESSBOHRVERFAHREN (2.7)	63
13.1	Verfahrensbeschreibung	63
13.2	Technische Verfahreneigenschaften	64
13.3	Wirtschaftliche Randbedingungen	66
13.4	Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange	66
13.5	Sonstiges/Risiken	66
13.6	Fazit	67
14	LITERATURVERZEICHNIS	68
15	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	69

## **TABELLENVERZEICHNIS**

Dieses Dokument enthält keine Tabellen.

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1:	Pflügen mit modifizierter Raupenmaschine (Quelle: <a href="http://www.atpcableplough.com">www.atpcableplough.com</a> )	14
Abbildung 2:	Darstellung des Pflügens mit dem System von Walter Föckersperger GmbH	15
Abbildung 3:	Grabenfräse (Quelle: Firma Vermeer)	20
Abbildung 4:	Grabenfräse (Quelle: Firma Josef Schnell)	20
Abbildung 5:	Anbaufräse (Quelle: <a href="http://www.baumaschinendienst.de">www.baumaschinendienst.de</a> )	21
Abbildung 6:	Darstellung des Pflügens mit dem System von Walter Föckersperger GmbH	25
Abbildung 7:	Profilzeichnung des Doppelverlegeschachts	26
Abbildung 8:	Mehrfachpflug mit dem Doppelverlegeschacht mit dem System von Walter Föckersperger GmbH	26
Abbildung 9:	Regelquerschnitt Trenchbox Versuch für ein spezielles AC Projekt (Quelle: TenneT)	31
Abbildung 10:	Ansicht Trenchbox aus dem Graben ACProjekt (3 Schutzrohre statt 2 bei DC) (Quelle: TenneT)	31
Abbildung 11:	Trenchbox mit Schutzrohrführung und Sandtrichter (3 Schutzrohre statt 2 bei DC; im Hintergrund der wiederverfüllte Graben) (Quelle: TenneT)	32
Abbildung 12:	Trenchbox mit direkter Kabelverlegung ohne Schutzrohr (Quelle: Aarsleff)	32
Abbildung 13:	Pipe Thruster (gelb) im Einsatz (Quelle: Herrenknecht)	36
Abbildung 14:	Unterstützungseinheit beim Pipe Thruster-Verfahren (Quelle: Herrenknecht)	37
Abbildung 15:	Arbeitsschritte bei HDD (Quelle: Technische Richtlinie des DCA)	40
Abbildung 16:	Beispiel Pilotrohrvortrieb mit Bodenverdrängung (Quelle: DVGW GW 304)	50
Abbildung 17:	Beispiel Pilotrohrvortrieb mit Bodenentnahme (Quelle: DVGW GW 304)	50
Abbildung 18:	Schematische Darstellung des Microtunnelings (Quelle: <a href="http://www.krv.de">www.krv.de</a> )	55
Abbildung 19:	Bohrkopf mit hydraulischer Pressvorrichtung (oben)	55
Abbildung 20:	Startschacht (links) und Vortriebsrohre (rechts)	56
Abbildung 21:	Funktionsweise E-Power Pipe (Quelle: Herrenknecht)	59
Abbildung 22:	Prinzipielle Einordnung des „Horizontal-Pressbohr-Verfahren“ (Quelle: DWA-A 125)	63
Abbildung 23:	Ungesteuerte Verfahren und deren Anwendungsbereiche im Vergleich (Quelle: DWA-A 125)	64
Abbildung 24:	Schematische Darstellung des Horizontal-Pressbohrverfahren (Quelle: DVGW GW 304)	64

## **A N L A G E N**

Dieses Dokument enthält keine Anlagen.

*In diesem Dokument wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.*

*Disclaimer:*

*Die Steckbriefe beruhen auf den durch die ÜNB im Rahmen der PG Genehmigung erstellten Steckbriefen und wurden redaktionell für das Vorhaben SOL modifiziert.*



## 1 Einleitung

Der hier vorliegende und die weiteren Verfahrenssteckbriefe dienen der Darstellung potenzieller Bau- und Verlegeverfahren und als Hilfestellung bei der Bewertung ihrer Anwendbarkeit in Bezug auf die Durchführung der anstehenden Erdkabelprojekte und zur Verwendung im trassierungstechnischen Teil C der Unterlagen gem. Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) § 21. Zweck ist eine Übersicht und Hilfestellung zur Einordnung der Verlegeverfahren hinsichtlich wesentlicher im folgenden aufgezeigter Kriterien.

Die unterschiedlichen Bauverfahren werden in zwei Gruppen unterteilt:

- Standardverfahren und
- Sonderverfahren

Als Sonderverfahren werden Verfahren bezeichnet, die

- eingeschränkte Marktverfügbarkeit haben oder
- noch in Entwicklung und Erprobung bzgl. der Anforderungen des Kabelleitungsbaus sind

## 2 Steckbrief Offener Graben mit Schutzrohr (1.1)

### 2.1 Verfahrensbeschreibung

Die Verlegung im „offenen Graben mit Schutzrohr“ stellt eine Standardform der Erdkabelverlegung dar. Hierbei wird in einem Arbeitsstreifen ein Graben gezogen und je nach Anforderung des Kabels und des Baugrundes Schutzrohre in erforderlichem Durchmesser und Wandstärke in diesem verlegt. Hierbei wird in der Regel je Kabel ein Schutzrohr verlegt. Die Abstände sind projekt- und abschnittsspezifisch festzulegen.

Zur Erstellung des Grabens wird der Mutterboden durch einen Mobil-Bagger mit Kettenlaufwerk abgezogen und seitlich gelagert. Je nach Bodenbeschaffenheit ist es erforderlich, weitere Bodenschichten getrennt zu lagern.

Der Arbeitsstreifen beinhaltet neben der Bodenmiete:

- den Graben,
- eine Baustraße, Zuwegung,
- je nach Beschaffenheit eine Grundwasserabsenkung (Wasserhaltung),
- die Baufläche zur Vorfertigung (Baustreifen) und
- ggfs. Absicherung gegen unberechtigten Zutritt

Die Erstellung des Grabens erfolgt i. d. R. mit einem Bagger und je nach Beschaffenheit des Bodens mittels unterschiedlicher Schaufeln und Abbauwerkzeuge. Die Bodenbeschaffenheit gibt die Art der Grabengestaltung vor. Üblicherweise wird geböscht, wobei der Böschungswinkel und der Bau (mit oder ohne Berme) entsprechend den Anforderungen der DIN 4124 auszuführen sind.

Bei der Verlegung im „offenen Graben mit Schutzrohr“ werden Schutzrohre verlegt, in die das Kabel zeitlich flexibel zu einem späteren Zeitpunkt eingezogen wird. Zur Verlegung des Schutzrohres ist je nach Baugrundanforderungen eine Bettung erforderlich, die in vorgegebener Korngrößenverteilung sein muss. Weitere Eigenschaften des Bettungsmaterials, wie Wärmeableitfähigkeit etc., sind abhängig von der zu übertragenen Leistung. Je nach Region kann der anstehende Boden in Einzelfällen bereits die Anforderungen an ein Bettungsmaterial erfüllen. Die offene Verlegung im Graben mit Regelarbeitsstreifen ist im Regelplan C2.2.1.1 (Regelquerschnitte) schematisch dargestellt.

Die Gräben können auch, je nach Bauablaufplanung, in kurzen Abschnitten geöffnet und nach Verlegung der Schutzrohre direkt wieder verfüllt werden.

Bei der offenen Bauweise lassen sich die Schutzrohre sehr genau im Graben anordnen und nach Verlegung exakt einmessen.

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### 2.2 Technische Verfahreneigenschaften

#### Bodenverhältnisse

Die Herstellung eines offenen Leitungsgrabens ist in nahezu allen Bodenklassen möglich. In der Regel wird der Leitungsgraben mittels Bagger ausgehoben.

Wechselnde Bodenbeschaffenheit kann die Art der Grabengestaltung erheblich beeinflussen. Je nach Grabentiefe wird mit Böschung gebaut. Sollte eine Stabilität aufgrund der Bodenbeschaffenheit nicht hergestellt werden können, müssen weitere Maßnahmen wie beispielsweise temporärer Grabenverbau nötig werden. Der technische Aufwand erhöht sich dadurch.

## **Grundwasser**

Anstehendes Grundwasser ist im gesamten Verlegebereich zu berücksichtigen. Während der Bauphase hat bei Bedarf eine Wasserhaltung zu erfolgen, um Arbeiten im Graben zu ermöglichen. Dieser Zeitraum erstreckt sich von der Grabenöffnung bis zur Wiederverfüllung des Grabens. Das geförderte Wasser kann in einen nahegelegenen Vorfluter abgeführt werden, wobei hier aufgrund der örtlichen Wasserbeschaffenheit weiterer technischer Aufwand vor der Einleitung notwendig werden kann. Da die Grabenöffnungszeiten aufgrund der hohen Flexibilität bei der Verlegung der Schutzrohre minimiert werden können, hat dies auch einen positiven Einfluss auf die gegebenenfalls erforderliche Wasserhaltung.

## **Verlegegenauigkeit**

Bei der offenen Bauweise lassen sich die Schutzrohre sehr genau im Graben anordnen.

## **Verlegelängen**

Die Kabelverlegelängen sind vergleichbar mit denen der Kabelverlegelängen ohne Schutzrohre.

Schutzrohrängen hingegen sind sehr flexibel herstellbar und unabhängig von den Kabellängen zu betrachten. Die Gräben können auch, je nach Bauablaufplanung, in kurzen Abschnitten geöffnet und nach Installation der Schutzrohre direkt wieder verfüllt werden. So können sich kürzere Grabenöffnungszeiten ergeben.

## **Setzungen**

Zu Setzungen im Nachgang der Baumaßnahme kann es bei nicht ordnungsgemäßen Wiedereinbau des Grabenaushubs kommen. Bei korrektem Wiedereinbau sind Setzungen nicht zu erwarten.

## **Archäologie**

Archäologische Maßnahmen sind im Vorfeld entsprechend den Vorgaben im Trassenbereich durchzuführen. Als Voraussetzung für die Umsetzung ist die Klärung von archäologischen Vorhaben und Flächenuntersuchungen. Diese sind vorab zu klären, weil ansonsten ein kontinuierlicher Baufortschritt nicht möglich ist.

## **Kampfmittel**

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

## **Umweltauswirkungen**

Die Umweltauswirkungen konzentrieren sich bei der Verlegung auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl dieser temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit, kann durch die Wahl der Linienführung, die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Für das Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, ergeben sich temporäre, bauzeitliche Auswirkungen durch Schall- und Staubemissionen/-immissionen des Baustellenbetriebes entlang der Linienbaustelle. Darüber hinaus kann es zu temporären Unterbrechungen von Wegebeziehungen sowie zu kleinräumigen Erschütterungen kommen. Die Bautätigkeiten bei der offenen Bauweise finden in der Regel zur Tageszeit statt.

Auswirkungen durch die offene Bauweise auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind punktuell und vorwiegend auf die Bauzeit begrenzt. Sie treten auf, falls sensible Biotope nicht umgangen werden können oder Lebensräume gefährdeter Tierarten im Bereich der Arbeitsflächen von Verlust, Zerschneidung oder Störung (Immissionen, menschliche Anwesenheit) betroffen sind. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm oder auch optischen Beeinträchtigungen (Fluchtdistanzen) kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Kabelgräben durch Durchmischungen, Gefügeveränderungen und Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes. Innerhalb der Arbeitsflächen kann es zudem durch Befahrung zu Bodenverdichtungen kommen. Die Archivfunktion des Bodens wird im Bereich der Kabelgräben durch den Bodenaushub aufgehoben.

Während der Bauphase hat bei der offenen Bauweise bei Bedarf eine Wasserhaltung zu erfolgen, um Arbeiten im Graben zu ermöglichen. Dies betrifft Bauabschnitte mit oberflächennahem Grundwasserstand bzw. Grundwasserständen, die bis ca. 50 cm unterhalb der Grabensohle anstehen. Dieser Zeitraum beginnt vor der Grabenöffnung und erstreckt sich bis zur Wiederverfüllung des Grabens. Das geförderte Wasser kann in einen nahegelegenen Vorfluter abgeführt werden, wobei hier aufgrund der örtlichen Wasserbeschaffenheit weiterer technischer Aufwand vor der Einleitung notwendig werden kann. Für die Einleitung des geförderten Wassers wird eine wasserrechtliche Erlaubnis beantragt. Die Anforderungen des Wasserrechtes sowie der Umweltverträglichkeit sind zu berücksichtigen. Zur Einhaltung dieser Anforderungen ist das abgeleitete Bau- bzw. Grundwasser ggf. zu reinigen oder aufzubereiten.

Für das Schutzgut Luft und Klima ergeben sich geringfügige Auswirkungen in Form von Emissionen und daraus resultierenden Immissionen von Abgasen und Staubeentwicklung während der Bauausführung.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollten sich die Arbeitsflächen und Kabelgräben im Bereich von bisher unbekanntem Bodendenkmalen befinden.

### **BE-Flächengröße**

Die Breite des Arbeitsstreifens beträgt beim Vorhaben SOL mit zwei Systemen ca. 45 m und stellt die Regelarbeitsbreite für die Offenlandverlegung dar. Dieser Wert wird u. a. der Eingriffsermittlung zu Grunde gelegt. Die Breite des Arbeitsstreifen hängt insbesondere von nachfolgenden Punkten ab:

- 1. Graben
- 2. Baustraße
- 3. Fläche für die Ablagerung der Bodenmieten
- 4. Grundwasserabsenkung
- 5. Baufläche zur Vorfertigung (Baustreifen)
- 6. Geländere relief (Querneigung)

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die Verlegeleistung bei der Durchführung der Baumaßnahmen hängen stark von den Baugrundverhältnissen und auch den Witterungsbedingungen ab. Auch das eingesetzte Equipment hat einen Einfluss auf die Verlegeleistung. Konkrete Angaben zu Bauzeiten sind projektspezifisch und abschnittsspezifisch zu ermitteln. Es kann im Regelfall bei der Verlegung von zwei Rohren mit einer Verlegeleistung von 100 m - 150 m pro Tag und Kolonne gerechnet werden.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **2.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Nach aktuellem Kenntnisstand ist das Verfahren „Offener Graben mit Schutzrohr“ hier abschnittsbezogen als wirtschaftliches Verlegeverfahren eingestuft.

### **Marktverfügbarkeit**

Als Standardverfahren im Tiefbau ist die offene Verlegung seit vielen Jahren erprobt und die technisch notwendigen Geräte sowie das Personal sind am Markt verfügbar. Somit bestehen keinerlei Beschränkungen. Auch die Schutzrohre sind mit entsprechendem Vorlauf in ausreichender Menge und Qualität auf dem Markt verfügbar.

## **2.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Dieses Verlegeverfahren ist bei allen Betroffenen (Eigentümer, Pächter etc.) bekannt und bedarf keiner zusätzlichen technischen Erläuterung. Für die Umsetzung der offenen Verlegung im Graben ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern.

## **2.5 Sonstiges/Risiken**

Als mögliche Risiken sind hier bauzeitliche Einschränkungen (z. B. Vogelschutzgebiete und witterungsbedingte Einschränkungen) zu sehen, die bei diesem Bauverfahren aber aufgrund der hohen Flexibilität der Grabenabschnitte minimiert werden können

## **2.6 Fazit**

Die Verlegeart „Offener Graben mit Schutzrohr“ ist ein Standardverfahren Die Beeinflussung der Umwelt ist während der Bauphase gering und nach Abschluss der Bauarbeiten durch Wiederherstellung der Oberflächen nicht mehr vorhanden.

Als standardisiertes Verfahren ist es als geeignet zu betrachten und entspricht den allgemein anerkannten Regeln der Technik.

### 3 Steckbrief Einfachflug mit Schutzrohr (1.3)

#### 3.1 Verfahrensbeschreibung

Die Verlegeart „Pflügen“ gehört zu den sogenannten halboffenen Verfahren. Damit können einzelne Rohrleitungen oder Bündel von Rohren verlegt werden. Bei kleinen Leitungsmedien und geringer Verlegetiefe kann die Verlegepflugmaschine selbstfahrend sein (Abbildung 1). Diese Variante ist für zukünftige Starkstromkabeltrassen aufgrund der erforderlichen Schutzrohrdimensionen und Verlegetiefen nicht geeignet und deswegen nicht relevant. Bei größeren Tiefen und Leitungsdimensionen, bei der größere Kräfte erforderlich sind, kann der Verlegepflug von einer bzw. mehreren Zugmaschinen, die sich im Boden verankern, gezogen werden (siehe Abbildung 2 System Walter Föckersperger oder System Frank Föckersperger).

Bei dem hier relevanten Pflugverfahren wird durch Ziehen eines Pflugschwertes der Boden verdrängt und so ein Schlitz erstellt. Der Pflug wird seilgezogen, um höhere Zugkräfte aufzubringen. Auf Grund der hohen auftretenden Kräfte beim Zug verankert sich die Zugmaschine mit einem Stützschild im Boden, um so unerwünschten Schlupf der angetriebenen Räder insbesondere auf weichem Untergrund zu vermeiden. In Abhängigkeit des jeweils zu pflügenden Bodens bzw. der auftretenden Widerstände können bis zu drei Zugmaschinen – dann in Dreiecksform angeordnet – eingesetzt werden. Um das Pflugschwert bereits bei Beginn der Verlegung auf die richtige Verlegetiefe zu bringen, wird am Trassenbeginn eine Startgrube bzw. ein Startschlitz ausgehoben.

Die Schutzrohre werden bei größeren Dimensionen (z. B. PE-HD-Stangenware ab DN 200) entlang der Trasse vorbereitend auf der Erdoberfläche verlegt, in der erforderlichen Länge verschweißt und mittels Kabelpflug, welcher von einem geländegängigen Seilwindenfahrzeug gezogen wird, gleichzeitig ins Erdreich verbracht. Bei kleineren Durchmessern kann statt Stangen- auch Rollenware verwendet werden, sodass sich der Aufwand zum Verbinden der Kabelschutzrohre (bei Stangenware meist ca. 12 m lang) deutlich verringert. Ähnlich wie der offene Bauweise mit Schutzrohren können die Kabelzug- und Tiefbauarbeiten entkoppelt werden.



Abbildung 1: Pflügen mit modifizierter Raupenmaschine (Quelle: [www.atpcableplough.com](http://www.atpcableplough.com))

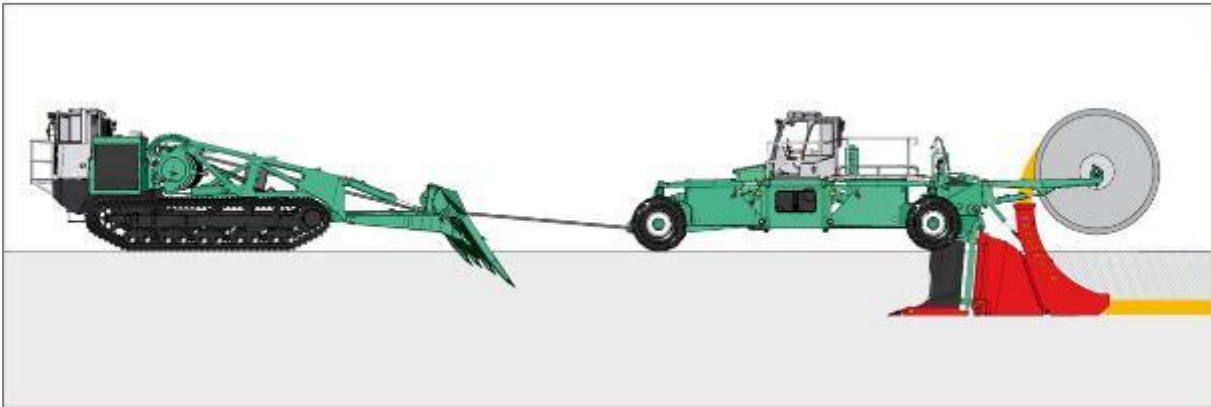


Abbildung 2: Darstellung des Pflügens mit dem System von Walter Föckersperger GmbH

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### 3.2 Technische Verfahrenseigenschaften

#### Bodenverhältnisse

Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens sind geeignete mechanische und thermische Eigenschaften des Untergrunds, da die Rohre üblicherweise direkt im Boden verlegt werden. In diesem Fall ist die Einsatzfähigkeit des Verfahrens eingeschränkter im Vergleich zu den offenen Bauweisen. Das Einbringen von Bettungsmaterial ist in Abhängigkeit des verwendeten Verlegeschafts und -verfahrens grundsätzlich möglich. Dieses kann jedoch nicht verdichtet werden und verkompliziert das Verfahren durch den zusätzlichen Aufwand und Logistik auf der Baustelle verhältnismäßig stark.

Der Einsatz bei Bodenklasse 6 (leichtlösbarer Fels) und 7 (schwer lösbarer Fels) ist grundsätzlich ausgeschlossen.

Leitungen (Sparten) und Drainagen werden beim Pflügen zerstört. Deswegen muss ihre Lage vorher bekannt sein, um diese nachträglich reparieren zu können.

Dieses Verfahren setzt umfangreichere Baugrunderkundungen voraus. Mutterbodenabzug ist aus technischer Sicht nicht erforderlich. Es kann jedoch realisiert, wenn aus Bodenschutzgründen erforderlich oder der Wunsch des Landbesitzers ist.

#### Grundwasser

In der Startgrube ist bei anstehendem Grundwasser eine Wasserhaltung erforderlich. Bei einer Beschädigung von bestehenden Drainagesystemen zur Entwässerung muss eine Wiederherstellung erfolgen.

#### Verlegegenauigkeit

Die Verlegegenauigkeit hängt von den Steuerungsmöglichkeiten des Verlegepflugs und der angewandten Vermessungstechnik ab. Die Steuerungsmöglichkeiten und Steuerungsgenauigkeit unterscheiden sich bei den unterschiedlichen Herstellern. Dabei vertreiben die Maschinenhersteller nicht die Vermessungstechnik und somit verfolgen die Firmenkunden der Hersteller unterschiedliche Lösungen.

Für die bisherigen Anwendungsgebiete der Pflugtechnik und Einzelverlegungen ist die Verlegegenauigkeit üblicherweise ausreichend. Bei Hochspannungskabelleitung sind die erforderlichen Toleranzen hinsichtlich der Überdeckung und des Kabelabstands sehr hoch. Die Verlegegenauigkeit erlaubt aus heutiger Sicht keine zuverlässige Verlegung von zwei oder mehr Rohrsträngen parallel zueinander.

Eine Erprobung von einer zweifachen Parallelverlegung ist an einem Testfeld von 50Hertz durchgeführt worden. Die zurzeit verfügbare Pflugsteuerung und Messtechnik erfordern eine sehr starke Vergrößerung des erforderlichen Kabelabstands.

#### Verlegelängen

Die Verlegelängen sind nicht durch das Verfahren, sondern durch die Geländeeigenschaften (z. B. Kreuzungen mit Infrastrukturen) und dem Flächen-Inventar (Leitungen, Sammler etc.) begrenzt. Ohne Hindernisse sollte eine längere Strecke am Stück mit dem Pflug verlegbar sein (mind. 400 - 500 m).

### **Leitungsdurchmesser**

Rohrdimensionen bis DN 600 -bis DN 700 sind schon erfolgreich gepflügt worden.

### **Setzungen**

Das Auftreten von Setzungen im Nachgang der Baumaßnahme hängt von den Nachbearbeitungsmaßnahmen des Bodenaufwurfs auf der Trasse ab.

### **Archäologie**

Es müssen die Auflagen der entsprechenden Behörden im Vorfeld berücksichtigt werden. Eventuell sind die gleichen Maßnahmen zu treffen wie bei der offenen Bauweise.

### **Kampfmittel**

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

### **Umweltauswirkungen**

Die Auswirkungen bei der Verlegung mittels Pflug erstrecken sich über den gesamten Leitungsverlauf. Die Umweltauswirkungen konzentrieren sich dabei auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Wahl der Linienführung, die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Für das Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, ergeben sich temporäre, bauzeitliche Auswirkungen durch Schall- und Staubemissionen/-immissionen des Baustellenbetriebes entlang der Linienbaustelle. Darüber hinaus kann es zu temporären Unterbrechungen von Wegebeziehungen sowie zu kleinräumigen Erschütterungen kommen. Die Bautätigkeiten finden in der Regel zur Tageszeit statt.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind punktuell und vorwiegend auf die Bauzeit begrenzt. Sie treten auf, falls sensible Biotope nicht umgangen werden können oder Lebensräume gefährdeter Tierarten im Bereich der Arbeitsflächen von Verlust, Zerschneidung oder Störung (Immissionen, menschliche Anwesenheit) betroffen sind. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm oder auch optischen Beeinträchtigungen (Fluchtdistanzen) kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht eine verminderte Betroffenheit gegenüber der offenen Grabenbauweise im Standardverfahren, da kein Graben, sondern ein Schlitz hergestellt wird. Hierdurch kommt es auch zu einer geringeren Aushublagerung. Innerhalb der Baufläche zur Vorfertigung kann es durch Befahren zu Bodenverdichtungen kommen.

Es besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Schlitze durch Gefügeveränderungen.

In der Startgrube ist bei anstehendem Grundwasser eine Wasserhaltung erforderlich. Bei einer Beschädigung von bestehenden Drainagesystemen zur Entwässerung muss eine Wiederherstellung erfolgen.

Für das Schutzgut Luft und Klima ergeben sich geringfügige Auswirkungen in Form von Abgasen und Staubeentwicklung während der Bauausführung.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollten sich die Arbeitsflächen und Pflugstrecken im Bereich von bisher unbekanntem Bodendenkmalen befinden.



### **BE- Flächengröße**

Die Breite ist geringer als bei dem Standardverfahren der offenen Grabenbauweise, da der Arbeitsstreifen aufgrund der geringeren Aushublagerung kleiner ist. Eine exakte Angabe der Breite ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

Im Vergleich zur Verlegung im „Offenen Graben mit Schutzrohr“ ist von einer kürzeren temporären Flächeninanspruchnahme für das reine Pflugverfahren auszugehen. Jedoch muss der Aufwand zur Beseitigung von Schäden an möglicherweise bestehenden Drainagesystemen durch das Pflügen berücksichtigt werden. Für die Reparatur der Drainagen sind auch entsprechende Lagerflächen für den Aushub erforderlich.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die Verlegeleistungen bei der Durchführung der Baumaßnahmen hängen stark von den Baugrundverhältnissen, Trasseneigenschaften und auch den Witterungsbedingungen ab. Auch das eingesetzte Equipment hat einen Einfluss auf die Verlegeleistung. Konkrete Angaben zu Bauzeiten sind projektspezifisch und abschnittsspezifisch zu ermitteln.

Die Verlegeleistungen können sich bei den unterschiedlichen Pflugvarianten unterscheiden. Bei entsprechenden Randbedingungen können die Verfahren im Vergleich zur Grabenöffnung mit Bagger zu einem beschleunigten Bauablauf führen.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **3.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Generell stellt sich das Pflügen als wirtschaftliches Verfahren dar. Günstige Voraussetzungen hierfür sind möglichst lange unterbrechungsfreie Strecken ohne Fremdleitungen, Drainagen und Querungen.

### **Marktverfügbarkeit**

Die Marktverfügbarkeit hängt stark von der Größe der erforderlichen Pflugmaschinen ab. Die Anzahl der verfügbaren Anbieter in der erforderlichen Maschinengröße ist europaweit auf zwei begrenzt.

## **3.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern.

## **3.5 Sonstiges/Risiken**

Die Risiken beim Pflügen sind hauptsächlich mit den unbekanntem Leitungen und Drainagen im Untergrund verbunden, die durch den Verlegeschnitt beschädigt werden können.

Das Verfahren ist bis Bodenklasse 5 einsetzbar. Weiterhin ist es sinnvoll in Bereichen einsetzbar, in denen das anstehende Material geeignete thermische Eigenschaften aufweist sowie bei Vorliegen von erforderlichen Einschränkungen des Arbeitsstreifens.

Diese und weitere Risiken sind in einer projektspezifischen Risikoanalyse zu betrachten. Vorbereitende Maßnahmen (z. B. verschweißter Rohrstrang) müssen für hohe Verlegeleistungen erbracht werden.

---

### 3.6 Fazit

Das Verlegen einzelner kleinerer Rohre oder Rohrbündel in geringeren Tiefen kann heutzutage indikativ als allgemein anerkannte Regel der Technik bezeichnet werden.

Das Verlegen von 3 Rohren im Bündel, mit einem jeweiligen Durchmesser von DN 160 für eine 110-kV-Leitung ist bei einigen Projekten in den letzten Jahren durchgeführt worden.

Dagegen ist bei Höchstspannungskabelanlagen, bei denen u. a. ein größerer Mindestabstand zwischen zwei oder mehreren Kabeln zu gewährleisten ist, eine weitere Entwicklung notwendig.

Bei der Parallelverlegung von zwei Rohrsträngen im Einzelverfahren zueinander müssen große Toleranzen im Achsabstand zwischen den Kabeln einkalkuliert werden. Aus diesem Grund wird es momentan als nicht zielführend betrachtet.

## 4 Steckbrief Fräse mit und ohne Schutzrohr (1.4, 1.5)

### 4.1 Verfahrensbeschreibung

Fräsverfahren zur Verlegung von Schutzrohren für bzw. Direktverlegung von Erdkabeln werden grundsätzlich in offener Grabenbauweise durchgeführt. Hierbei wird der Graben im Gegensatz zur Grabenherstellung mit Baggern mit einer Grabenfräse erstellt. Somit stellt das Verfahren eine Untervariante zur Verlegung im „Offenen Graben mit Schutzrohr“ dar.

Das Fräsverfahren wird allerdings in der Regel in standfesten oder felsigen Böden angewandt. In dem hergestellten Graben wird dann die erforderliche Anzahl von Kabel/Rohre und in dem erforderlichen Abstand verlegt.

Fräsverfahren zum Herstellen eines Schlitzes (Grabens) zum Einbau von Rohrleitungen werden unter anderem in der DWA-A 160 eingehend beschrieben. Sie werden vor allem im ländlichen Raum zum Bau von Abwasserleitungen eingesetzt. Als mögliche Verfahren werden in der erwähnten Vorschrift genannt und detailliert beschrieben.

Mögliche Varianten des Fräsverfahrens:

1. Betretbarer Fräsgraben
2. Nicht betretbarer Fräsgraben (mit / ohne Einbaukasten)
  - Fräsverfahren ohne angehängten Einbaukasten
  - Fräsverfahren mit angehängtem Einbaukasten

Bezüglich des Fräsverfahrens besteht hier kein Unterschied zwischen Fräsverfahren mit Schutzrohr und Fräsverfahren ohne Schutzrohr. Jedoch sind die Anforderungen hinsichtlich Ausbildung der Grabensohle und Stabilisierung der Grabenwand bei einer direkten Verlegung des Kabels aufgrund des Risikos einer Beschädigung des Kabels durch in den Graben fallendes Material bzw. scharfkantiger Steine auf der Grabensohle im Vergleich zur Verlegung mit Schutzrohren als höher anzusehen.

Bei den Grabenfräsen gibt es unterschiedliche Typen und unterschiedliche Baugrößen. Hinsichtlich wesentlicher Typen kann man eigenständige Grabenfräsen und Anbaufräsen, die am Bagger angebaut werden, unterscheiden. Die Größe der Grabenfräse und die Auslegung der Fräswerkzeuge ist im Wesentlichen durch die Grabenbreite und die Bodeneigenschaften bedingt. Grabenfräsen gibt es bis zu Fräsbreiten von ca. 1,20 m. Allerdings sind typische Fräsbreiten zwischen 0,4 m und 0,6 m anzunehmen.



Abbildung 3: Grabenfräse (Quelle: Firma Vermeer)



Abbildung 4: Grabenfräse (Quelle: Firma Josef Schnell)



Abbildung 5: Anbaufräse (Quelle: www.baumaschinendienst.de)

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

#### **4.1.1 Grabenfräse mit Schutzrohr**

Beim Verfahren Fräse mit Schutzrohr kann die Verlegung des Schutzrohres vergleichbar mit der Grabenbauweise Bagger im Nachgang der Fräsgrabenerstellung direkt oder in eine zuvor eingebrachte Bettungsschicht erfolgen. Alternativ kann das Rohr auch in einem Arbeitsgang mit der Grabenerstellung in den Graben abgelegt werden. Auch die Verfüllung kann im Nachgang oder unter Umständen in einem kombinierten Arbeitsgang erfolgen. Die einzelnen Arbeitsschritte oder Kombination mehrere Arbeitsschritte sind im Zuge der jeweiligen projektspezifischen Anforderungen mit besonderem Augenmerk auf die Baugrundeigenschaften zu prüfen. Auch die Anforderungen hinsichtlich Arbeitsschutz, besonders bezüglich erforderlicher Arbeiten im Graben, sind im Vorfeld zu betrachten.

Nach Einbau des Schutzrohres kann das Kabel dann, wie bei anderen Verfahren mit Schutzrohrverlegung, zu jedem beliebigen Zeitpunkt eingezogen werden. Beim Fräsverfahren wird nach Abtrag des Oberbodens der Graben in der Regel in einem Zug erstellt. Eine Trennung von Bodenschichten kann hier nicht erfolgen.

#### **4.1.2 Grabenfräse ohne Schutzrohr (direkte Kabelverlegung)**

Im Gegensatz zum Verfahren Fräse mit Schutzrohr wird hier das Kabel direkt in den Graben verlegt. Hier bestehen im Vergleich zur Schutzrohrverlegung erhöhte Anforderungen hinsichtlich Beschaffenheit der Grabenwand bzw. Steinfreiheit der Grabensohle. Das Kabel wird dann auf eine zuvor eingebrachte Bettungsschicht verlegt. Der detaillierte Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte hängt von der Wahl des Verfahrens (betretbarer Fräsgraben /nicht betretbarer Fräsgraben) ab.

## 4.2 Technische Verfahrenseigenschaften

### Bodenverhältnisse

Das Fräsverfahren eignet sich für standfeste bindige und felsige Baugrundverhältnisse. Nicht standfeste Baugrundverhältnisse, bei denen keine stabile Grabenwand hergestellt werden kann, eignen sich nicht. Die Eignung des Baugrundes muss anhand der Baugrunduntersuchungen abschnittsbezogen verifiziert werden. Leitung und Drainagen werden beim Fräsen zerstört. Deswegen sollte ihre Lage vorher bekannt sein, um diese nachträglich reparieren zu können.

### Grundwasser

Grabenfräsen kommen bei der Herstellung von Drainagen zum Einsatz. Für eine Grabenherstellung im Rahmen der Kabelverlegung bei anstehendem Grundwasser ist das Fräsverfahren nicht geeignet.

### Verlegegenauigkeit

Bei der hier offenen Bauweise mit Grabenfräse lassen sich die Schutzrohre sehr genau im Graben anordnen.

### Verlegelängen

Die Verlegelängen werden durch das Fräsverfahren nicht eingeschränkt. Der Einsatz der Grabenfräse ist grundsätzlich hinsichtlich Verlegelängen bei längeren zusammenhängenden Abschnitten vorteilhaft. Abschnitte mit vielen Querungen und Hindernissen sind aus wirtschaftlichen Gründen eher weniger geeignet.

### Setzungen

Zu Setzungen im Nachgang der Baumaßnahme kann es bei nicht ordnungsgemäßen Wiedereinbau des Grabenaushubs kommen. Bei korrektem Wiedereinbau sind Setzungen nicht zu erwarten.

### Archäologie

Es müssen die Auflagen der entsprechenden Behörden im Vorfeld berücksichtigt werden. Eventuell sind die gleichen Maßnahmen zu treffen wie bei der offenen Bauweise.

### Kampfmittel

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

### Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen konzentrieren sich bei der Verlegung auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl dieser temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Wahl der Linienführung, die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Für das Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, ergeben sich temporäre, bauzeitliche, Auswirkungen durch Schall- und Staubemissionen/-immissionen des Baustellenbetriebes entlang der Linienbaustelle. Darüber hinaus kann es zu temporären Unterbrechungen von Wegebeziehungen sowie zu kleinräumigen Erschütterungen kommen. Die Bautätigkeiten bei der offenen Bauweise finden in der Regel zur Tageszeit statt.

Auswirkungen durch die offene Bauweise auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind punktuell und vorwiegend auf die Bauzeit begrenzt. Sie treten auf, falls sensible Biotope nicht umgangen werden können oder Lebensräume gefährdeter Tierarten im Bereich der Arbeitsflächen von Verlust, Zerschneidung oder Störung (Immissionen, menschliche Anwesenheit) betroffen sind. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm oder auch optischen Beeinträchtigungen (Fluchtdistanzen) kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Kabelgräben durch Durchmischungen, Gefügeveränderungen und Veränderungen des. Innerhalb der Arbeitsflächen kann es zudem durch Befahrung zu Bodenverdichtungen kommen. Die Archivfunktion des Bodens wird im Bereich der Kabelgräben durch den Bodenaushub aufgehoben.

Beim Schutzgut Wasser besteht in der Regel keine Möglichkeit für eine bauzeitliche Wasserhaltung, da bei der Kabelverlegung bei anstehendem Grundwasser im Graben das Fräsverfahren nicht geeignet ist.

Für das Schutzgut Luft und Klima ergeben sich geringfügige Auswirkungen in Form von Abgasen und Staubentwicklung während der Bauausführung.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollten sich die Arbeitsflächen und Kabelgräben im Bereich von bisher unbekanntem Bodendenkmalen befinden.

### **BE-Flächengröße**

Die Breite des Arbeitsstreifens ist etwas geringer als beim Standardverfahren offenen Grabenbauweise, da die Böschung entfällt und in der Summe weniger Aushub zu lagern ist.

Im Vergleich zur Verlegung im „Offenen Graben mit Schutzrohr“ ist aufgrund der Anwendung des Fräsverfahrens bei standfesten bindigen bzw. felsigen Baugrundverhältnissen von einer längeren temporären Flächeninanspruchnahme auszugehen.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die Verlegeleistung bei der Durchführung der Baumaßnahmen hängen stark von den Baugrundverhältnissen und auch den Witterungsbedingungen ab. Auch das eingesetzte Equipment (Fräsmaschine) hat einen Einfluss auf die Verlegeleistung. Diese kann erhöht werden, indem man z. B. die Sektion in Abschnitte unterteilt, welche unabhängig voneinander bearbeitet werden können. Konkrete Angaben zu Bauzeiten sind projektspezifisch und abschnittsspezifisch zu ermitteln. Der Einsatz der Grabenfräse kann bei entsprechenden Randbedingungen zu einer im Vergleich zur Grabenöffnung mit Bagger beschleunigten Bauzeit führen.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **4.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Bei entsprechenden Voraussetzungen und Randbedingungen (standfeste bindige und felsige Baugrundverhältnisse) kann das Fräsverfahren eine wirtschaftliche Alternative zu anderen offenen Verfahren darstellen. Allerdings ist zu beachten, dass vier Gräben hergestellt werden müssen.

### **Marktverfügbarkeit**

Das Fräsverfahren ist ein am Markt bekanntes und eingesetztes Verfahren. Es gibt Fräsen unterschiedlicher Hersteller und Größen.

## **4.4 Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der offenen Verlegung im Graben ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern.

## **4.5 Sonstiges/Risiken**

Als möglich Risiken sind hier bauzeitliche Einschränkungen zu sehen, die bei diesem Bauverfahren aber aufgrund einer relativ hohen Flexibilität der Grabenabschnitte minimiert werden können. Sinnvolle zusammenhängende Mindestabschnittslängen müssen jedoch vorhanden sein.

Das Fräsverfahren kann technologisch bedingt nur im felsigen Bereich eingesetzt werden. Der Grundwasserstand muss dabei unter der Grabensohle liegen.

#### **4.6            Fazit**

Die Variante Fräsen mit betretbarer Graben ist rein technisch ein Standardverfahren und entspricht indikativ den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik. Die Variante mit nichtbetretbarer Graben sind projektspezifische Sonderlösungen.

Aufgrund der begrenzten Marktverfügbarkeit des Verfahrens und der großen Anzahl anstehender Projekte eignet sich Fräsen für Erdkabelverlegung zum aktuellen Zeitpunkt nicht als Standardverlegverfahren.



## 5 Steckbrief Mehrfachpflug mit Doppelverlegeschaft (1.6)

### 5.1 Verfahrensbeschreibung

Die Verlegeart „Mehrfachpflug mit Doppelverlegeschaft“ gehört zu den sogenannten halboffenen Verfahren. Das allgemeine Verfahren ist im Steckbrief „Pflug mit Schutzrohr“ beschrieben.

Die Verlegung von zwei Rohren mit fest definierten Abstand und strengen Anforderungen an die Überdeckung, wie für zukünftige DC Projekte erforderlich, ist bisher praktisch noch nicht realisiert worden und das Pflugverfahren musste erst noch weiterentwickelt werden. Aus diesem Grund wurde eine erste Erprobung von 50Hertz initiiert und 2019 mit dem System Walter Föckersperger - Abbildung 6 realisiert, bei der ein Doppelverlegeschaft (ursprünglich auch T-Pflug genannt) zur Verlegung von DC-Kabelleitungen mit zwei Kabelschutzrohren mit einem Achsabstand von 1,10 m neuentwickelt wurde (Abbildung 7). Durch TenneT wird ein adäquater Versuch mit einem Achsabstand von 1,50 m gegenwärtig vorbereitet (Stand Dezember 2020).

Bei dem Pflugverfahren System Walter Föckersperger wird durch Ziehen eines Pflugschwertes der Boden verdrängt und so ein Schlitz erstellt. Der Pflug wird seilgezogen, um höhere Zugkräfte aufzubringen. Auf Grund der hohen, auftretenden Kräfte beim Zug verankert sich die Zugmaschine mit einem Stützschild im Boden, um so unerwünschten Schlupf der angetriebenen Räder insbesondere auf weichem Untergrund zu vermeiden. In Abhängigkeit vom jeweils zu pflügenden Boden bzw. den auftretenden Widerständen können bis zu drei Zugmaschinen – dann in Dreiecksform angeordnet – eingesetzt werden.

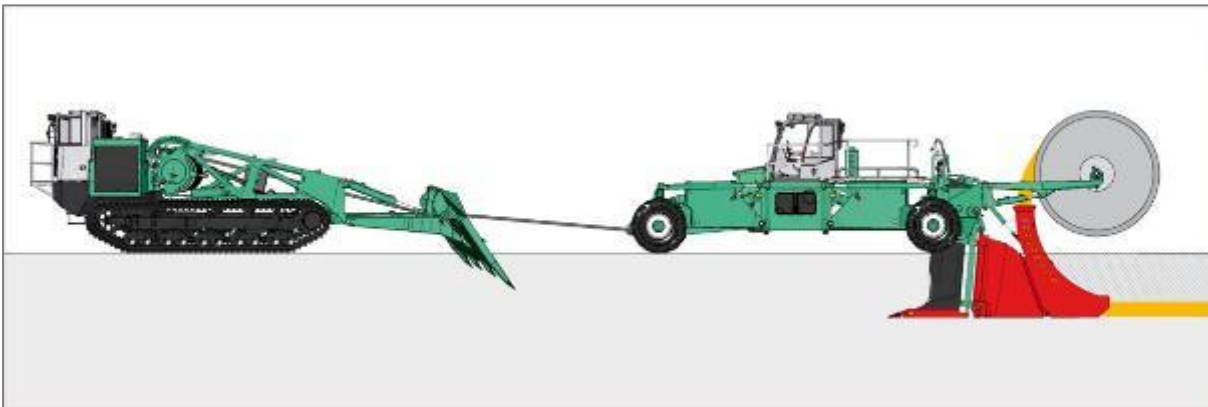


Abbildung 6: Darstellung des Pflügens mit dem System von Walter Föckersperger GmbH

Um das Pflugschwert bereits bei Beginn der Verlegung auf die richtige Verlegetiefe zu bringen, wird am Trassenbeginn eine Startgrube bzw. ein Startschlitz ausgehoben.

Die Schutzrohre werden bei größeren Dimensionen (z. B. PE-HD-Stangenware ab DN 200) entlang der Trasse vorbereitend auf der Erdoberfläche verlegt, in der erforderlichen Länge verschweißt und mittels Kabelpflug, welcher von einem geländegängigen Seilwindenfahrzeug gezogen wird, gleichzeitig ins Erdreich verbracht.

Ähnlich wie der offene Bauweise mit Schutzrohre können die Kabelzug- und Tiefbauarbeiten entkoppelt werden.

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

Die Abbildung 8 zeigt den Verlegepflug während der Rohrverlegung.

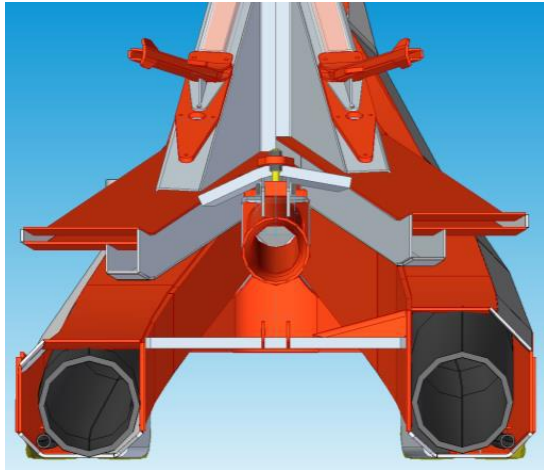


Abbildung 7: Profilzeichnung des Doppelverlegeschachts



Abbildung 8: Mehrfachpflug mit dem Doppelverlegeschacht mit dem System von Walter Föckersperger GmbH

## 5.2 Technische Verfahrenseigenschaften

### Bodenverhältnisse

Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens sind geeignete mechanische und thermische Eigenschaften des Untergrunds, da die Rohre üblicherweise direkt im Boden verlegt werden. In diesem Fall ist die Einsatzfähigkeit des Verfahrens eingeschränkter im Vergleich zu den offenen Bauweisen. Der Doppelverlegeschatz wurde für die Einbringung von Bettungsmaterial nicht konzipiert.

Leitung und Drainagen werden beim Pflügen zerstört. Deswegen muss ihre Lage vorher bekannt sein, um diese nachträglich reparieren zu können.

Der Einsatz bei Bodenklasse 6 (leichtlösbarer Fels) und 7 (schwer lösbarer Fels) ist grundsätzlich ausgeschlossen.

Mutterbodenabzug ist aus technischer Sicht nicht erforderlich. Es kann jedoch realisiert werden, wenn aus Bodenschutzgründen erforderlich oder der Wunsch des Landbesitzers ist.

### Grundwasser

In der Startgrube ist bei anstehendem Grundwasser eine Wasserhaltung erforderlich. Bei einer Beschädigung von bestehenden Drainagesystemen zur Entwässerung muss eine Wiederherstellung erfolgen.

### Verlegegenauigkeit

Die Verlegegenauigkeit hängt von den Steuerungsmöglichkeiten des Verlegepflugs und der angewandten Vermessungstechnik ab. Die Steuerungsmöglichkeiten und Steuerungsgenauigkeit unterscheiden sich bei den unterschiedlichen Herstellern. Dabei vertreiben die Maschinenhersteller nicht die Vermessungstechnik und somit verfolgen die Firmenkunden des Herstellers unterschiedliche Lösungen.

Die Verlegegenauigkeit bezüglich der Rohrüberdeckung ist geringer im Vergleich zu den offenen Bauweisen.

### Verlegelängen

Die Verlegelängen sind nicht durch das Verfahren, sondern durch die Geländeeigenschaften (z. B. Kreuzungen) begrenzt.

### Leitungsdurchmesser

Die Rohrdimensionen bei der Erprobung betragen DN280.

### Setzungen

Das Auftreten von Setzungen im Nachgang der Baumaßnahme hängt von den Nachbearbeitungsmaßnahmen des Bodenaufwurfs auf der Trasse ab.

### Archäologie

Es müssen die Auflagen der entsprechenden Behörden im Vorfeld berücksichtigt werden. Eventuell sind die gleichen Maßnahmen zu treffen wie bei der offenen Bauweise.

### Kampfmittel

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

### Umweltauswirkungen

Die Auswirkungen bei der Verlegung mittels eines Doppelverlegeschatzes erstrecken sich über den gesamten Leitungsverlauf, wobei die Breite des Arbeitsstreifens auf Grund des geringeren Bodenaushubs geringer ist als bei der Verlegung im offenen Graben. Die Umweltauswirkungen konzentrieren sich dabei auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Wahl der Linienführung, die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Für das Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, ergeben sich temporäre, bauzeitliche, Auswirkungen durch Schall- und Staubemissionen/-immissionen des Baustellenbetriebes entlang der Linienbaustelle. Darüber hinaus kann es zu temporären Unterbrechungen von Wegebeziehungen sowie zu kleinräumigen Erschütterungen kommen. Die Bautätigkeiten finden in der Regel zur Tageszeit statt.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind punktuell und vorwiegend auf die Bauzeit begrenzt. Sie treten auf, falls sensible Biotope nicht umgangen werden können oder Lebensräume gefährdeter Tierarten im Bereich der Arbeitsflächen von Verlust, Zerschneidung oder Störung (Immissionen, menschliche Anwesenheit) betroffen sind. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm oder auch optischen Beeinträchtigungen (Fluchtdistanzen) kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht eine verminderte Betroffenheit gegenüber der offenen Grabenbauweise im Standardverfahren, da kein Graben, sondern ein Schlitz hergestellt wird. Hierdurch kommt es auch zu einer geringeren Aushublagerung. Innerhalb der Baufläche zur Vorfertigung kann es durch Befahren zu Bodenverdichtungen kommen.

Es besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Schlitze durch Gefügeveränderungen.

In der Startgrube ist bei anstehendem Grundwasser eine Wasserhaltung erforderlich. Bei einer Beschädigung von bestehenden Drainagesystemen zur Entwässerung muss eine Wiederherstellung erfolgen.

Für das Schutzgut Luft und Klima ergeben sich geringfügige Auswirkungen in Form von Abgasen und Staubentwicklung während der Bauausführung.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollten sich die Arbeitsflächen und Pflugstrecken im Bereich von bisher unbekanntem Bodendenkmalen befinden.

### **BE- Flächengröße**

Die Breite ist geringer als bei dem Standardverfahren der offenen Grabenbauweise, da der Arbeitsstreifen aufgrund der geringeren Aushublagerung kleiner ist. Eine exakte Angabe der Breite ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

Im Vergleich zur Verlegung im „Offenen Graben mit Schutzrohr“ ist von einer kürzeren temporären Flächeninanspruchnahme für das reine Pflugverfahren auszugehen. Jedoch muss der Aufwand zur Beseitigung von Schäden an möglicherweise bestehenden Drainagesystemen durch das Pflügen berücksichtigt werden. Für die Reparatur der Drainagen sind auch entsprechende Lagerflächen für den Aushub erforderlich.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die Verlegeleistungen bei der Durchführung der Baumaßnahmen hängen stark von den Baugrundverhältnissen und auch den Witterungsbedingungen ab. Grundsätzlich sind hohe Verlegeleistungen zu erwarten. Konkrete Angaben zu Bauzeiten sind jedoch projektspezifisch und abschnittsspezifisch zu ermitteln.

Unter Testbedingungen wurde eine reine Verlegeleistung (ohne Vorbereitungsmaßnahmen) von durchschnittlich 60 m/h erreicht. Eine höhere Verlegeleistung unter optimalen Bedingungen könnte ggf. aus heutiger Sicht auch realistisch sein.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **5.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Generell stellt das Pflügen ein wirtschaftliches Verfahren dar, Günstige Voraussetzungen hierfür sind möglichst lange unterbrechungsfreie Strecken ohne Fremdleitungen, Drainagen und Querungen.

## **Marktverfügbarkeit**

Das Verfahren befindet sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Entwicklung. Somit ist eine Marktverfügbarkeit zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht gegeben bzw. wird perspektivisch stark begrenzt sein.

Potenzielle Hersteller für entsprechende Maschinen, Betreiberfirmen und auch die Vermessungstechnik sind europaweit limitiert.

## **5.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern.

## **5.5 Sonstiges/Risiken**

Die Risiken beim Pflügen sind hauptsächlich mit unbekanntem Leitung und Drainagen im Untergrund verbunden, die durch den Verlegeschnitt beschädigt werden können. Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens sind geeignete mechanische und thermische Eigenschaften des Untergrunds. Eine Anwendung bei Bodenklasse 6 und 7 ist grundsätzlich ausgeschlossen.

Diese und weitere Risiken sind in einer projektspezifischen Risikoanalyse zu betrachten.

Der Rohrabstand ist fest durch die Geometrie des Verlegeschnitts vorgegeben und ist nicht flexibel anpassbar. Vorbereitende Maßnahmen (z. B. verschweißter Rohrstrang etc.) müssen für hohe Verlegeleistungen erbracht sein.

## **5.6 Fazit**

Das Verfahren Mehrfachpflug mit einem Doppelverlegeschnitt ist ein Sonderverfahren und eine Weiterentwicklung des klassischen Pflugverfahrens, welches nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik in Bezug auf die Anforderungen von DC-Höchstspannungsleitungen entspricht. Bisher wurde dieser erst in einem ersten Versuch seitens 50Hertz erprobt. Eine weitere Erprobung des Verfahrens ist durch den Übertragungsnetzbetreiber TenneT geplant.

Bei geeigneten Boden- und Umgebungsverhältnissen kann das Verfahren in Betracht gezogen werden.

Auch aufgrund der Marktverfügbarkeit ist seine Anwendung jedoch aktuell noch sehr eingeschränkt.

## **6 Steckbrief Offene Bauweise mit Einbaukasten (Trench Box) mit und ohne Schutzrohr (1.7, 1.8)**

### **6.1 Verfahrensbeschreibung**

Die Verlegung mit einem Einbaukasten (bei Fa. Aarsleff „Trench Box“ genannt) ist eine offene Bauweise und kann als eine der Varianten, diese Bauweise (Steckbrief 1.1 und 1.2) zu realisieren, betrachtet werden. Die Verlegung des Erdkabels mit einem Einbaukasten kann in unterschiedlichen Varianten realisiert werden:

- mit oder ohne betretbaren Graben,
- mit oder ohne Schutzrohre sowie
- mit oder ohne Verdichtung des Bettungsmaterials.

Die Geometrie des Einbaukastens wird entsprechend der einzelnen Varianten angepasst.

Bei diesem Verfahren wird in einem Arbeitsstreifen ein Graben geöffnet und die Schutzrohre in erforderlichem Durchmesser und Wandstärke oder Kabel verlegt. Im Graben wird hierbei einen Einbaukasten auf der zu verlegenden Höhe in Richtung der Ausgrabung durch eine Antriebsmaschine mitgezogen. Dieser Kasten schützt ggf. vor Bodeneinbrüchen. Im Bereich des Einbaukastens werden die Schutzrohre/Kabel durch Umlenkrollen in die richtige Lageposition verlegt.

Zeitgleich wird beim Nachziehen das Bettungsmaterial um die dann in Endposition liegenden Schutzrohre/Kabel in entsprechender Höhe eingebracht. Danach verfüllt ein Bagger den Graben mit dem seitlich gelagerten Bodenaushub, sodass nur sehr kurze Bauabschnitte temporär offenbleiben.

Wesentlicher Vorteil bei diesem Verfahren ist das Vermeiden von Wasserhaltung aufgrund der kurzen Baugrubenöffnung. Weiterhin ist die Breite des Arbeitsstreifens geringer als im Standardverfahren „Offener Graben mit Schutzrohr“, da die Böschung entfällt und gleichfalls weniger Aushub anfällt.

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

#### **6.1.1 Einbaukasten mit Schutzrohr**

Bei diesem Verlegeverfahren werden Schutzrohre verlegt, in die Kabel zeitlich flexibel zu einem späteren Zeitpunkt eingezogen werden können. Hierbei wird je Kabel ein Schutzrohr verlegt. Zur Erstellung des Grabens wird der Mutterboden abgezogen und seitlich gelagert. Je nach Bodenbeschaffenheit ist es erforderlich, weitere Bodenschichten getrennt zu lagern.

Der Arbeitsstreifen beinhaltet neben der Bodenmiete:

- den Graben,
- eine Baustraße, Zuwegung,
- Fläche für die Ablagerung der Bodenmieten,
- die Baufläche zur Vorfertigung (Baustreifen) und
- ggfs. Absicherung gegen unberechtigten Zutritt

Die Erstellung des Grabens erfolgt i. d. R. mit einem Bagger und je nach Beschaffenheit des Bodens mittels unterschiedlicher Schaufeln und Anbauwerkzeuge. Im Graben wird hierbei einen Einbaukasten auf der zu verlegenden Höhe in Richtung der Ausgrabung durch eine Antriebsmaschine mitgezogen. Dieser Kasten schützt ggf. vor Bodeneinbrüchen.

Zur Verlegung des Schutzrohres ist je nach Baugrunderfordernissen eine Bettung erforderlich, die in vorgegebener Korngrößenverteilung vorliegen muss. Die Anforderungen an das Bettungsmaterial sind hier weniger groß als bei einer Verlegung ohne Schutzrohr. Weitere Eigenschaften des Bettungsmaterials, wie Wärmeableitfähigkeit etc. sind abhängig von der zu übertragenen Leistung. Je nach Region kann der anstehende Boden in Einzelfällen bereits die Anforderungen an ein Bettungsmaterial erfüllen.

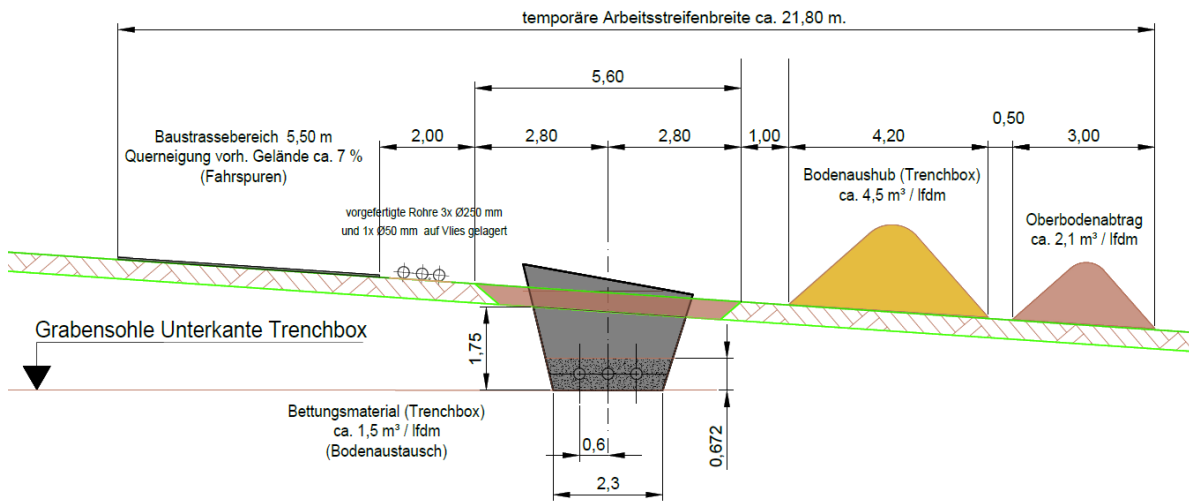


Abbildung 9: Regelquerschnitt Trenchbox Versuch für ein spezielles AC Projekt (Quelle: TenneT)



Abbildung 10: Ansicht Trenchbox aus dem Graben ACProjekt (3 Schutzrohre statt 2 bei DC) (Quelle: TenneT)



Abbildung 11: Trenchbox mit Schutzrohrführung und Sandtrichter (3 Schutzrohre statt 2 bei DC; im Hintergrund der wiederverfüllte Graben) (Quelle: TenneT)

### 6.1.2 Einbaukasten ohne Schutzrohr

Der Ablauf bei dieser Methode ist vergleichbar zur Verlegung mit Schutzrohren. Hier wird jedoch statt eines verschweißten Rohrstranges das Kabel direkt in den offenen Graben über den Einbaukasten eingebracht. Somit ist man weniger flexibel bei Querung unbekannter oder bekannter Infrastruktur.



Abbildung 12: Trenchbox mit direkter Kabelverlegung ohne Schutzrohr (Quelle: Aarsleff)

Dabei muss beachtet werden, dass hier über die gesamte Länge der Sektion das Kabel auf der Baustelle im Vorfeld ausgelegt und durch mögliche geschlossene HDD Zwischenabschnitte, welche im Vorfeld hergestellt worden sind, zuerst eingezogen werden. Während des Einzugs muss speziell auf die Sauberkeit des einzuziehenden Kabels geachtet werden. Bei einer Kabelverlegung ohne zusätzliche Verdichtung werden die Abdeckbänder durch die Box mitverlegt.



Wichtig ist auch das Thema Schnittstelle Kabel zum Tiefbau, da diese Sonderverlegungsmethode von einigen Kabelherstellern nicht akzeptiert wird (z. B. da das Kabel zwei Mal gebogen wird, beim Auslegen und dann noch einmal beim Einzug in den Graben).

## **6.2 Technische Verfahrenseigenschaften**

### **Bodenverhältnisse**

Die Herstellung eines offenen Leitungsgrabens ist in nahezu allen Bodenklassen möglich. In der Regel wird der Leitungsgraben mittels Bagger ausgehoben.

Wechselnde Bodenbeschaffenheit kann die Art der Grabengestaltung erheblich beeinflussen.

### **Grundwasser**

Großer Vorteil bei diesem Verfahren ist das Vermeiden von Wasserhaltung aufgrund der kurzen Baugrubenöffnung. Eine Wasserhaltung ist bei diesem Verlegeverfahren somit nicht erforderlich.

### **Verlegegenauigkeit**

Die Schutzrohre oder Kabel lassen sich sehr genau im Graben anordnen.

### **Verlegelängen**

Die Gräben werden in kurzen Abschnitten geöffnet und nach Installation der Schutzrohre/Kabel direkt wieder verfüllt. So ergeben sich sehr kurze Grabenöffnungszeiten.

### **Mit Schutzrohr:**

Die Verlegelängen sind hier sehr flexibel und unabhängig von den Kabellängen.

### **Ohne Schutzrohr:**

Die Verlegelängen richten sich nach den Kabellängen. In den Abschnitten in geschlossener Bauweise (verrohrt) werden in der Regel die Kabel im Vorfeld eingezogen.

### **Setzungen**

Zu Setzungen im Nachgang der Baumaßnahme kann es bei nicht ordnungsgemäßen Wiedereinbau des Grabenaushubs kommen. Bei korrektem Wiedereinbau sind Setzungen nicht zu erwarten.

### **Archäologie**

Archäologische Maßnahmen sind im Vorfeld entsprechend den Vorgaben im Trassenbereich durchzuführen. Als Voraussetzung für die Umsetzung ist die Klärung von archäologischen Vorhaben und Flächenuntersuchungen. Diese sind vorab zu klären, weil ansonsten ein kontinuierlicher Baufortschritt nicht möglich ist.

### **Kampfmittel**

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

### **Umweltauswirkungen**

Die Umweltauswirkungen konzentrieren sich bei der Verlegung auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl dieser temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Wahl der Linienführung, die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Für das Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, ergeben sich temporäre, bauzeitliche, Auswirkungen durch Schall- und Staubemissionen/-immissionen des Baustellenbetriebes entlang der Linienbaustelle. Darüber hinaus kann es zu temporären Unterbrechungen von Wegebeziehungen sowie zu kleinräumigen Erschütterungen kommen. Die Bautätigkeiten bei der offenen Bauweise finden in der Regel im Tagzeitraum statt.

Auswirkungen durch die offene Bauweise auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind punktuell und vorwiegend auf die Bauzeit begrenzt. Sie treten auf, falls sensible Biotope nicht umgangen werden können oder Lebensräume gefährdeter Tierarten im Bereich der Arbeitsflächen von Verlust, Zerschneidung oder Störung (Immissionen, menschliche Anwesenheit) betroffen sind. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm oder auch optischen Beeinträchtigungen (Fluchtdistanzen) kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Kabelgräben durch Durchmischungen, Gefügeveränderungen und Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes. Innerhalb der Arbeitsflächen kann es zudem durch Befahrung zu Bodenverdichtungen kommen. Die Archivfunktion des Bodens wird im Bereich der Kabelgräben durch den Bodenaushub aufgehoben.

Erfordernisse einer bauzeitlichen Wasserhaltung (Absenkung Grundwasserstand, Einleitungen in Fließgewässer u. a.) werden im Vergleich zur offenen Grabenverlegung durch das Verfahren vermieden. Eine Wasserhaltung ist bei diesem Verlegeverfahren nicht erforderlich.

Für das Schutzgut Luft und Klima ergeben sich geringfügige Auswirkungen in Form Emissionen und daraus resultierenden Immissionen von Abgasen und Staubentwicklung während der Bauausführung.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollten sich die Arbeitsflächen und Kabelgräben im Bereich von bisher unbekanntem Bodendenkmalen befinden.

### **BE-Flächengröße**

Die Flächeninanspruchnahme richtet sich nach der Grabendimension, der Anzahl und Abstände der Gräben, der Baustellenanforderungen und der erforderlichen temporären Baustraßen. Desweiteren sind die Bauflächen im Bereich der Abspulplätze und Muffenstandorte zu berücksichtigen.

Die Breite des Arbeitsstreifens ist etwas geringer als bei dem Standardverfahren offene Grabenbauweise, wenn die Böschung bei standsicheren Böden entfallen kann. Die Verlegegeschwindigkeit ist etwas geringer als bei dem Standardverfahren, da sich der Einbaukasten limitierend auf den zeitlichen Baufortschritt auswirkt.

Im Vergleich zur Verlegung im „Offenen Graben mit Schutzrohr“ ist aufgrund der zusätzlichen technologischen Anwendung des Einbaukastens von einer längeren temporären Flächeninanspruchnahme auszugehen.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die Verlegeleistung bei der Durchführung der Baumaßnahmen hängen stark von den Baugrundverhältnissen, Trasseneigenschaften und auch den Witterungsbedingungen ab. Auch das eingesetzte Equipment hat einen Einfluss auf die Verlegeleistung.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **6.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Aufgrund der zusätzlichen Anwendung des Einbaukastens ist dieses Verfahren langsamer als das Standardverfahren in offener Bauweise und somit spezifisch kostenintensiver. Jedoch verringern sich die Kosten in Bereichen mit hohen Grundwasserständen, da durch diese Technologie die Kosten für die Wasserhaltung minimiert werden können.

### **Marktverfügbarkeit**

Das Verfahren wurde bisher in Deutschland nur in einem Pilotprojekt eingesetzt. Die Marktverfügbarkeit bei diesen Verlegeverfahren muss daher aktuell als sehr gering angesehen werden.

---

#### **6.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung ist ähnlich wie der offenen Verlegung im Graben wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern. Die Anpassungen im Vergleich zum offenen Graben können den Betroffenen gut vermittelt werden.

#### **6.5 Sonstiges/Risiken**

Als mögliche Risiken sind hier bauzeitliche Einschränkungen zu sehen. Ein ständiges Umsetzen des Einbaukastens reduziert die Verlegegeschwindigkeit und somit die Wirtschaftlichkeit. Deswegen sind zusammenhängende Abschnitte anzustreben.

Bei der Verlegung von Kabel direkt ist die Vorgehensweise projektspezifisch abzustimmen.

#### **6.6 Fazit**

Die Verlegeart mit einem Einbaukasten ist eine Sondervariante der offenen Bauweise mit Schutzrohr, bei der einen Stahlkasten mitgezogen wird, welche ggf. die Böschung stabilisieren kann.

Die Marktverfügbarkeit ist aktuell sehr gering.

## 7 Steckbrief Pipe Express (1.9)

### 7.1 Verfahrensbeschreibung

Die Verlegungsart „Pipe-Express“ ist ein halboffenes Verfahren der Fa. Herrenknecht, das vom Bundesumweltministerium gefördert wurde.

Das Verfahren kann als Kombination aus Grabenfräse und Mikrotunnelbaumaschine betrachtet werden. Oberflächennah wird ein Tunnel gebohrt, das erbohrte Material wird durch einen gleichzeitig gefrästen Schlitz an die Oberfläche abtransportiert. Der Vortrieb der Maschine wird durch einen Pipe-Thruster (Schubeinheit mit Klemmen) von der Oberfläche aus durchgeführt (Abbildung 13). Bei diesem Verfahren werden Stahlschutzrohre installiert, welche im Zuge der Kabelverlegung nicht immer zugelassen sind, da die elektromagnetische Beeinflussung geprüft werden muss. Eine Verlegung von Kunststoffrohren wurde bisher nicht realisiert und ist auch auf größeren Längen aufgrund der Rohrbelastungen problematisch.



The push force delivered by Herrenknecht Pipe Thruster.

Abbildung 13: Pipe Thruster (gelb) im Einsatz (Quelle: Herrenknecht)

Das Fräswerk wird von einem vorausfahrenden Versorgungsfahrzeug mit Energie und Betriebsmitteln versorgt (Abbildung 14). Laut Herstellerangaben können Strecken bis zu 2.000 m mit einer Überdeckung von bis zu 2,5 m durchgeführt werden. Die Durchmesser beginnen bei ca. 900 mm. Diese Dimensionen haben negative Auswirkungen auf die Wärmeabgabe des Kabels, welches später eingezogen wird und eignen sich daher nur bedingt für die Kabelverlegung. In DC Projekten sind zwei Kabel mit diesem geringen Abstand in einem Schutzrohr aktuell nicht zu erwarten. Das kann ein Ausschlusskriterium für dieses Verfahren bedeuten. Hohe Grundwasserstände spielen bei diesem Verfahren eine vergleichsweise geringe Rolle.

Am jeweiligen Start- und Zielbereich werden Baustelleneinrichtungen und Gruben zur Installation der Anlage bzw. zur Aufstellung des Pipe-Thrusters erforderlich. Hierbei handelt es sich um Aufstellflächen für erforderliches Equipment und eine Grube für das Ein- und Aushub der Mikrotunnelbaumaschine bzw. eine Grube zur Herstellung der Rohrverbindung. Die Abmessungen richten sich im Wesentlichen nach dem Rohrdurchmesser sowie Länge und Breite der Vortriebsmaschine (ca. 5 m für die Vortriebsmaschine).



Abbildung 14: Unterstützungseinheit beim Pipe Thruster-Verfahren (Quelle: Herrenknecht)

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## 7.2 Technische Verfahrenseigenschaften

### Bodenverhältnisse

Das Verfahren kann grundsätzlich in allen Böden eingesetzt werden, die sich auch für das Microtunnelling-Verfahren eignen. Das sind sowohl Lockergesteins- auch als felsige Böden. Behinderungen können bei diesem Verfahren insbesondere durch Findlinge und kreuzende Leitungen auftreten. Im Bereich des gefrästen Schlitzes oberhalb der installierten Leitung ist verfahrensbedingt keine lagenweise Bodentrennung möglich.

### Grundwasser

Grundwasser spielt bei dem Verfahren eine untergeordnete Rolle und ist nur für die Start- und die Zielgrube von Bedeutung.

### Verlegegenauigkeit

Die Verlegegenauigkeit ist aufgrund der übertägigen Führung der Vortriebsmaschine sehr genau.

### Verlegelängen

Ziel ist, Verlegelängen bis zu 2.000 m zu erreichen.

### Setzungen

Die Setzungsempfindlichkeit ist aufgrund des geringen Überschchnitts als gering anzunehmen. Zu Setzungen im Nachgang der Baumaßnahme kann es bei nicht ordnungsgemäßen Wiedereinbau kommen. Bei korrektem Wiedereinbau sind Setzungen nicht zu erwarten.

### Archäologie

Es müssen die Auflagen der entsprechenden Behörden im Vorfeld berücksichtigt werden. Eventuell sind die gleichen Maßnahmen zu treffen wie bei der offenen Bauweise.

## **Kampfmittel**

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

## **Umweltauswirkungen**

Die Auswirkungen bei der Verlegung mittels Pipe-Express erstrecken sich über den gesamten Leitungsverlauf, wobei die Breite des Arbeitsstreifens auf Grund des geringeren Bodenaushubs geringer ausfallen kann als bei einer Verlegung im offenen Graben. Die Umweltauswirkungen konzentrieren sich dabei auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Wahl der Linienführung, die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Für das Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, ergeben sich temporäre, bauzeitliche Auswirkungen durch Schall- und Staubemissionen/-immissionen des Baustellenbetriebes entlang der Linienbaustelle. Darüber hinaus kann es zu temporären Unterbrechungen von Wegebeziehungen sowie zu kleinräumigen Erschütterungen kommen. Die Bautätigkeiten finden in der Regel zur Tageszeit statt.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind punktuell und vorwiegend auf die Bauzeit begrenzt. Sie treten auf, falls sensible Biotope nicht umgangen werden können oder Lebensräume gefährdeter Tierarten im Bereich der Arbeitsflächen von Verlust, Zerschneidung oder Störung (Immissionen, menschliche Anwesenheit) betroffen sind. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm oder auch optischen Beeinträchtigungen (Fluchtdistanzen) kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Kabelgräben durch Durchmischungen, Gefügeveränderungen, Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes. Die Breite ist geringer als bei der offenen Grabenbauweise, da der Arbeitsstreifen aufgrund der geringeren Aushublagerung kleiner ist. Im Vergleich zur Verlegung im „Offenen Graben mit Schutzrohr“ ist von einer kürzeren temporären Flächeninanspruchnahme auszugehen. Im Bereich des gefrästen Schlitzes oberhalb der installierten Leitung ist verfahrensbedingt keine lagenweise Bodentrennung möglich. Innerhalb der Arbeitsflächen kann es zudem durch Befahrung zu Bodenverdichtungen kommen. Die Archivfunktion des Bodens wird im Bereich der Kabelgräben aufgehoben.

Beim Schutzgut Wasser ergibt sich in der Regel kein Erfordernis für eine bauzeitliche Wasserhaltung. Grundwasser spielt bei dem Verfahren eine untergeordnete Rolle. Eine Wasserhaltung ist ggf. nur für die Startgrube von Bedeutung.

Für das Schutzgut Luft und Klima ergeben sich geringfügige Auswirkungen in Form Emissionen und daraus resultierenden Immissionen von Abgasen und Staubentwicklung während der Bauausführung.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollten sich die Arbeitsflächen und Kabelgräben im Bereich von bisher unbekanntem Bodendenkmalen befinden.

## **BE-Flächengröße**

Flächen sind im Startbereich für die Aufstellung des Pipe-Thrusters und weiteres Equipment (u. a. Rohrvorstreckung) und für die Startgrube erforderlich im Zielbereich sind Flächen für eine Zielgrube vorzusehen. Im Bereich des Verlegeabschnitts ist eine Reduzierung des Arbeitsstreifens möglich.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **Verlegeleistung**

Die Bauzeiten bei der Durchführung von Pipe Express-Maßnahmen hängen stark von den Baugrundverhältnissen und den Vortriebslängen ab. Auch das eingesetzte Equipment hat einen Einfluss auf die Bauzeiten. Ein Vergleich der Bauzeit mit anderen geschlossenen oder halboffenen Verfahren kann nur projektspezifisch erfolgen.

---

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **7.3                   Wirtschaftliche Randbedingungen**

#### **Wirtschaftlichkeit**

Das Verlegeverfahren Pipe-Express ist ein Sonderbauverfahren, das als Alternative zur offenen Grabenverlegung betrachtet werden kann. Es kann einerseits die Arbeitsstreifenbreite reduziert werden, andererseits ist ein Schutzrohr mit min. 900 mm Durchmesser erforderlich. Eine wirtschaftliche Bewertung kann nur im konkreten Einzelfall unter Berücksichtigung aller Randbedingungen durchgeführt werden.

#### **Marktverfügbarkeit**

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Anlagen ist durch einen einzigen Lieferanten stark begrenzt und kann daher aktuell nicht für mehrere Baustellen gleichzeitig zur Verfügung stehen.

### **7.4                   Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern. Notwendige Flächen sind die BE-Flächen sowie die durch das Bauverfahren beanspruchten Flächen.

### **7.5                   Sonstiges/Risiken**

Das Verfahren ist eine Neuentwicklung und wurde bisher nur bei einigen Projekten in der Pipelineverlegung eingesetzt. Die Risiken erscheinen aufgrund der hier kombinierten aber als Einzelverfahren bereits gemachten Erfahrungen überschaubar. Jedoch muss bei den zu verlegenden Durchmessern und der entsprechenden Legetiefe der Regelquerschnitt ggf. angepasst werden.

Eine Verwendung von Kunststoffrohren ist nicht realisiert und auf größeren Längen aufgrund der Rohrbelastungen problematisch. Bisher wurde kein Erdkabelprojekt mit dieser Technik realisiert.

### **7.6                   Fazit**

Da das Verfahren nur für vergleichsweise große Durchmesser (ab ca. 900 mm) ausgelegt ist, die Schutzrohre für die Kabel aber im Durchmesserbereich zwischen 250 - 355 mm liegen, kann dieses Verfahren nur als Sonderlösung (Sonderverfahren) in wenigen Einzelfällen in Betracht gezogen werden. Die Marktkapazität ist zum jetzigen Zeitpunkt begrenzt.

## 8 Steckbrief HDD (2.1)

### 8.1 Verfahrensbeschreibung

Das „Horizontalspülbohrverfahren“ (engl. Horizontal Directional Drilling HDD) ist ein grabenloses (geschlossenes) Bauverfahren gemäß DWA A-125 / DVGW GW 304, DVGW GW 321, TR DCA und DIN 1832 zur Unterbohrung von Hindernissen. Im Wesentlichen kann das HDD durch die 3 Verfahrensschritte beschrieben werden:

- Pilotbohrung
- Bohrlochaufweitung
- Rohrinstallation

In Schritt 1 erfolgt die Durchführung einer gesteuerten Pilotbohrung. Hierbei wird von der Startseite aus unter Einsatz einer HDD Bohranlage ein Bohrkopf (Typ abhängig vom Baugrund) schiebend und rotierend mittels Bohrgestänge und Spülungsunterstützung bis zur Zielseite vorangetrieben und so eine im Vorfeld geplante Bohrung erstellt. Im Anschluss wird diese Pilotbohrung in einem oder mehreren Schritten bis zum erforderlichen Enddurchmesser aufgeweitet. Die Aufweitung kann ziehend oder schiebend erfolgen. Zum Einsatz kommen hier baugrundabhängig spezielle Aufweitwerkzeuge. Im letzten Schritt wird das Rohr oder das Rohrbündel, das im Vorfeld an der Zielseite in kompletter Länge vorgefertigt wurde, in das Bohrloch eingezogen. Während des gesamten Bohrprozesses wird eine in der Regel bentonitbasierte Bohrspülung eingesetzt, deren wesentliche Aufgaben das Lösen des Materials, die Stabilisierung des Bohrloches und das Austragen des erbohrten Materials sind. Je nach Projektanforderungen und Baugrundeigenschaften kann die Spülung während oder auch nach Abschluss der Bohrarbeiten aufbereitet werden (Trennung von Spülung und Bohrklein) und in den Spülungskreislauf rückgeführt oder bei Folgebohrungen wiederverwendet bzw. verwertet werden.

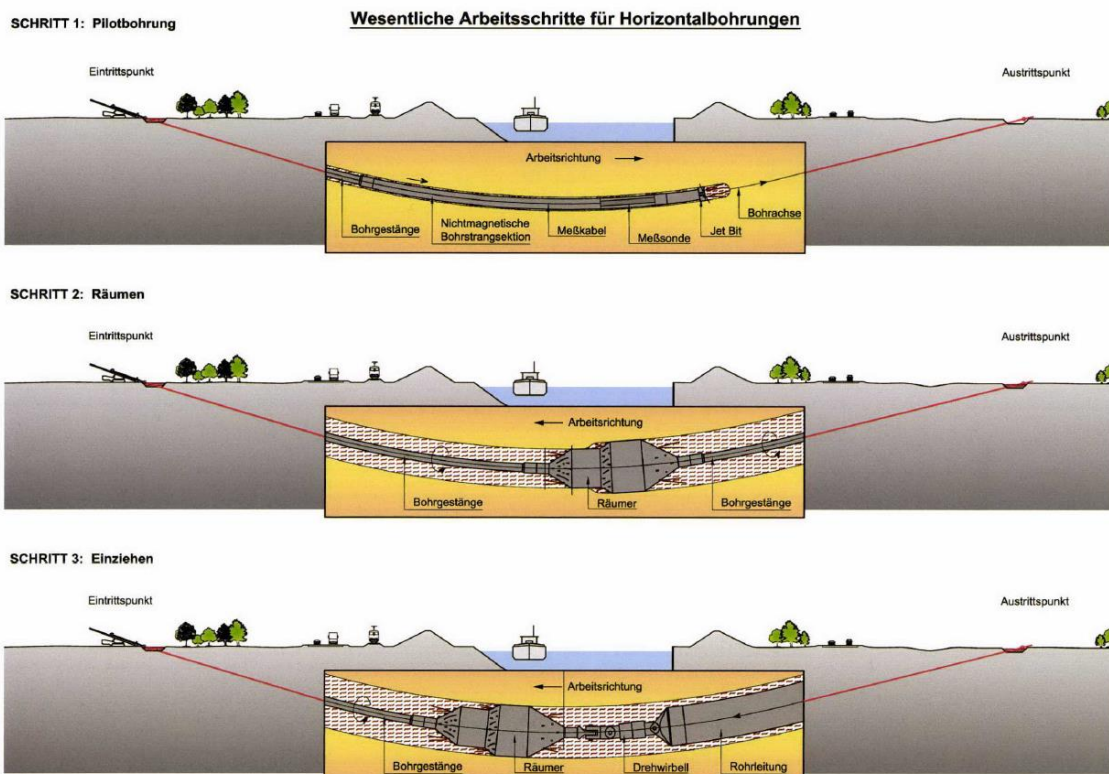


Abbildung 15: Arbeitsschritte bei HDD (Quelle: Technische Richtlinie des DCA)

Das Verfahren eignet sich zur Unterquerung von natürlichen Hindernissen, wie Wasserläufen, Steilhängen, Schutzgebieten, bebauten Gebieten sowie von Kreuzungen mit Verkehrswegen und anderen Infrastrukturen.



Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **8.2 Technische Verfahrenseigenschaften**

### **Bodenverhältnisse**

Das HDD-Verfahren eignet sich für die meisten Baugrundverhältnisse. Das Einsatzgebiet erstreckt sich von Lockergestein bis hin zu Fels. Nicht standfeste Böden und stark klüftige Bereiche sind weniger geeignet bzw. erfordern Zusatzmaßnahmen in der Planung sowie der Ausführung.

### **Grundwasser**

Anstehendes Grundwasser ist ggf. im Bereich der Start- und Zielgruben zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit oberflächennahem Grundwasserstand. Während der Bauphase hat ggf. eine Wasserhaltung zu erfolgen, um Arbeiten in den Gruben zu ermöglichen. Dieser Zeitraum erstreckt sich von der Grubenöffnung bis zur Wiederverfüllung der Gruben. Das geförderte Wasser kann in einen nahegelegenen Vorfluter abgeführt werden, wobei hier aufgrund der örtlichen Wasserbeschaffenheit weiterer technischer Aufwand vor der Einleitung notwendig werden kann.

### **Verlegegenauigkeit**

Die Verlegegenauigkeit beim HDD hängt von zwei Faktoren ab, der Messgenauigkeit und der Bohrgenauigkeit. Die Messgenauigkeit ergibt sich aus dem Einsatz des jeweiligen Messverfahrens und der Verlegetiefe. Hier sind mit zunehmender Tiefe größere Messungenauigkeit zu erwarten. Bei Parallelbohrungen sind diese Messtoleranzen ebenfalls zu berücksichtigen.

Die Bohrgenauigkeit hängt stark vom Baugrund ab. Homogene feste Böden lassen sich mit einer größeren Genauigkeit bohren. Bei sehr weichen oder inhomogenen Baugrundverhältnissen ist die Steuerbarkeit des Bohrkopfes schwieriger.

### **Verlege- und Bohrlängen**

Die mit dem HDD-Verfahren erreichbaren Bohrlängen und Bohrdurchmesser hängen stark vom Baugrund und der Geometrie der geplanten Bohrung ab. Als maximale Standardbohrlänge kann von 1.000 m ausgegangen werden, bei mehreren parallelen Bohrungen sollte diese Länge nicht überschritten werden. Größere Bohrlängen und auch Bohrungen in komplexer Baugrundumgebung müssen daher im Einzelfall und hinsichtlich Kabelzug untersucht werden.

### **Bohrdurchmesser**

Abhängig vom Baugrund und Bohrlänge sind mit dem HDD-Verfahren Bohrdurchmesser bis zu 1,5 m Durchmesser möglich.

### **Setzungen**

Zu Setzungen kann es beim HDD-Verfahren aufgrund von instabilen Bohrlochverhältnissen kommen. Je oberflächennaher die Bohrung verläuft oder je geringer die Überdeckung ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Setzungen. Aus diesem Grund ist besonders im Start- und Zielbereich und unter Hindernissen die Bohrung so zu planen, dass keine Setzungen auftreten.

Dies erfolgt durch im Vorfeld durchgeführte Baugrunduntersuchungen und Berechnungen, einem geeigneten Spülungsmanagement und gegebenenfalls durch weitere unterstützende Maßnahmen wie temporäre Bohrlochstabilisierung (z. B. Schutzrohr im Startbereich) und Verdämmung des Bohrkanals.

Im Vergleich zu den Pressbohrungsverfahren ist das HDD-Verfahren aufgrund des größeren Ringraumes, welcher mit Bohrspülung gestützt wird, setzungsempfindlicher und kann beim Kreuzen von setzungsempfindlicher Infrastruktur unter Umständen vom Kreuzungspartner nicht zugelassen werden.

## Archäologie

Archäologische Maßnahmen beschränken sich beim HDD-Verfahren auf eine Untersuchung im Start- und Zielbereich. Im Falle einer oberflächennahen Bohrung müssen ggf. zusätzlich Auflagen der entsprechenden Behörden im Vorfeld berücksichtigt werden.

## Kampfmittel

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

## Umweltauswirkungen

Die Auswirkungen beim HDD-Verfahren beschränken sich räumlich im Wesentlichen auf Baustelleneinrichtungsflächen im Start- und Zielbereich. Die Umweltauswirkungen konzentrieren sich dabei auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Beim Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, sind in räumlicher Begrenzung auf das Umfeld der Start- und Zielgruben Staub- und Lichtemissionen während der Bauzeit zu erwarten. Zu Schallemissionen kommt es aufgrund des bautechnisch erforderlichen Bohrbetriebs. Während der Bauphase kann es bei der geschlossenen Bauweise durch Arbeiten von Baumaschinen temporär zu Vibrationen sowie in Einzelfällen Erschütterungen im Vorhabenbereich kommen.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind nur während der Bauzeit und in Ausnahmefällen zu erwarten. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm am Bohrplatz kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Start- und Zielgruben durch Durchmischungen und Gefügeveränderungen. Innerhalb der Arbeitsflächen kann es zudem durch Befahrung zu Bodenverdichtungen kommen. Während des Bohrprozesses wird eine in der Regel bentonitbasierte Bohrspülung eingesetzt, deren wesentliche Aufgaben die Stabilisierung des Bohrloches und das Austragen des erbohrten Materials sind. Die Archivfunktion des Bodens wird im Bereich der Start- und Zielgruben durch den Bodenaushub aufgehoben.

Anstehendes Grundwasser ist im Bereich der Start- und Zielgruben zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit oberflächennahem Grundwasserstand.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Bei der geschlossenen Bauweise beschränken sich auf Grund der stark verringerten Flächeninanspruchnahme und Bodeneingriffe die Auswirkungen aller Wirkfaktoren auf das Schutzgut Kulturelles Erbe und Sachgüter auf die Start- und Zielgruben, BE-Flächen und Zuwegungen, und deren Wirkräume begrenzt. Die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens sind dadurch vergleichsweise gering.

## BE-Flächengröße

Grundsätzlich ist die temporäre Flächeninanspruchnahme für die Verfahren in geschlossener Bauweise stark von den Baugrundverhältnissen, den Bohrlängen und somit der Dimension der Bohranlage abhängig.

Im Vergleich zur Verlegung mit offener Bauweise beschränkt sich die Flächeninanspruchnahme nur auf den Start- und Zielbereich sowie der dazugehörigen Baustelleneinrichtungsfläche.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## Verlegeleistung

Die notwendigen Bauzeiten für die Durchführung von HDD-Arbeiten hängen stark von den Baugrundverhältnissen und den Bohrlängen ab. Auch das eingesetzte Equipment hat einen Einfluss auf die Bauzeiten. Ein Vergleich der Bauzeit mit anderen geschlossenen Verfahren kann nur projektspezifisch erfolgen.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **8.3                   Wirtschaftliche Randbedingungen**

#### **Wirtschaftlichkeit**

Das HDD-Verfahren hat sich als wirtschaftliches Verfahren im Bereich der Durchführung von Querungsbauwerken dargestellt. Innerhalb der grabenlosen Bauverfahren ist HDD in der Regel hinsichtlich Wirtschaftlichkeit eines der bevorzugten Verfahren.

#### **Marktverfügbarkeit**

Bei der Betrachtung der Marktverfügbarkeit der HDD Technik ist grundsätzlich zwischen der Kleinbohrtechnik (Bohranlagen bis ca. 40 t Zugkraft) und der Großbohrtechnik (Bohranlagen größer 40 t Zugkraft) zu unterscheiden. Ein weiterer Aspekt ist die Vermessungstechnik. Kleinbohranlagen sind in großer Anzahl auf dem Markt, wenngleich auch aktuell eine große Auslastung zu verzeichnen ist. Mittelgroße und große Bohranlagen sind in geringerer Anzahl verfügbar. Der Markt für größere Bohranlage erstreckt sich europaweit. Spezialisierte Messsysteme sind ebenfalls in geringerer Anzahl verfügbar. Durch die enge Bauzeit von mehreren Projekten konnte durch Marktkonsultationen schon jetzt ein Engpass an verfügbaren Geräten und entsprechendem Personal festgestellt werden. Aus diesem Grund soll gerade bei kürzeren Querungen das alternative Verfahren „Rohrvortrieb“ genutzt werden, um diesem Engpass entgegenzuwirken.

### **8.4                   Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern. Notwendige Flächen sind die BE-Flächen sowie der unterbohrte Bereich hinsichtlich Vermessungsarbeiten.

### **8.5                   Sonstiges/Risiken**

Hinsichtlich Risiken ist das HDD-Verfahren aufgrund der zahlreichen durchgeführten Projekte und der jahrzehntelangen Erfahrung als ein ausgereiftes und sicheres Verfahren einzustufen. Ein wesentliches Risiko in Zusammenhang mit HDD ist der unkontrollierte Austritt von Bohrspülung an die Oberfläche (Ausbläser). Hier gibt es unterschiedliche Szenarien, wie diesem Risiko begegnet werden kann. In der Planung durch entsprechende Berechnungen, während der Ausführung durch kontinuierliche Kontrolle der Bohrlochdrücke und im Falle des Auftretens durch geeignete Havariemaßnahmen.

Diese und weitere Risiken sind in einer projektspezifischen Risikoanalyse zu betrachten. Sollte eine Bohrung aufgrund baugrundtechnischer Schwierigkeiten nur teilweise fertiggestellt werden können oder nicht nutzbar sein, muss sie mit einem geeigneten Verfüllmaterial wieder verschlossen und eine neue Bohrung in einem ausreichenden Abstand zur Fehlbohrung erneut hergestellt werden.

### **8.6                   Fazit**

Das HDD Verfahren ist ein ausgereiftes grabenloses Standardbauverfahren, das auf eine lange Historie zurückblicken kann. Im Einsatz bei Infrastrukturprojekten hat sich dieses Verfahren bewährt. Somit entspricht er den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Risiken sind bei einer guten Planung und Durchführung kalkulierbar.

## 9 Steckbrief Gesteuerte Ausbläser HDD (2.2)

### 9.1 Verfahrensbeschreibung

Das Verfahren "Gesteuerte Ausbläser" (auch unter dem Namen Cable & Pipe Verfahren bekannt) ist eine Modifikation des konventionellen HDD. Es ist ebenfalls ein grabenloses, geschlossenes Bauverfahren zur Unterbohrung von Hindernissen. Für die Durchführung ist die Erstellung einer Start- und Zielgrube vor und nach dem zu querenden Hindernis erforderlich.

Im Wesentlichen ist das Verfahren wie eine HDD durch drei Verfahrensschritte zu beschreiben:

- Pilotbohrung,
- Bohrlochaufweitung und
- Schutzrohreinzug.

In Schritt 1 erfolgt die Durchführung einer gesteuerten Pilotbohrung. Hierbei wird von der Startseite aus unter Einsatz einer HDD-Bohranlage ein Bohrkopf (Typ abhängig vom Baugrund) schiebend und rotierend mittels Bohrgestänge und Spülungsunterstützung bis zur Zielseite eine im Vorfeld geplante Bohrung erstellt. Im zweiten Schritt wird diese Pilotbohrung in einem oder mehreren Schritten bis zum erforderlichen Enddurchmesser aufgeweitet. Die Aufweitung kann ziehend oder schiebend erfolgen. Zum Einsatz kommen hier baugrundabhängig spezielle Aufweitwerkzeuge. Im dritten Schritt wird das Rohr, das im Vorfeld an der Zielseite möglichst in kompletter Länge vorgefertigt wurde, in das Bohrloch eingezogen.

Das Verfahren eignet sich zur Unterquerung von natürlichen Hindernissen, Steilhängen, Schutzgebieten, bebauten Gebieten sowie von Kreuzungen mit Verkehrswegen und anderen Infrastrukturen. In der Regel wird bei diesem Verfahren eine Bohrung pro Kabel ausgeführt. Vertiefende Beschreibungen und Details zum HDD Verfahren sind in der jeweils aktuellen Fassung der „Technischen Richtlinien des DCA“ zu finden.

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

#### 9.1.1 Unterschied gesteuerte Ausbläser (Cable & Pipe) und HDD

Ziel ist es hier eine möglichst flache Bohrlinie zu bekommen, um die Überdeckung zu reduzieren. Bei z. B. im Lockergestein verlaufenden HDD-Bohrungen erfolgt das Lösen des Bodens annähernd ausschließlich hydraulisch durch die Spülungssuspension bzw. den Spülungsdruck.

In Abhängigkeit von der Länge der Bohrung sind zunehmend hohe Drücke erforderlich, um die Rohrreibung zu überwinden und insbesondere die gelösten Bodenanteile (Bohrklein) mit der Spülung durch den Ringspalt zwischen dem Bohrgestänge und der Wandung der Bohrung zurück zur Startgrube zu fördern.

Würde der Druck der Spülungssuspension im Bohrloch die entgegenwirkenden Kräfte des anstehenden Bodens übersteigen, so käme es zu einem Austritt der Spülung im Gewässer oder an der Geländeoberfläche. Zur sicheren Vermeidung eines solchen, auch Ausbläser genannten, Spülungsaustrittes, werden exakt im Verlauf oder neben der Bohrlinie Entlastungsbohrungen angelegt, an denen jeweils die kontrollierte Entnahme der Bohrspülung durch eine Pumpe erfolgt. Die Anzahl und die Dimension der Entlastungsstellen ergibt sich aus der Spülungsdruckberechnung. In grober Näherung kann von einem Abstand von 200 m - 300 m zwischen den Entlastungsbohrungen ausgegangen werden. Durch die Entnahme der Bohrspülung erfolgt eine Druckabsenkung im Bohrkanal bis unter das vorhandene Geländeniveau und die Gewässersohle, sodass ein unkontrollierter Austritt der Bohrspülung mit hoher Wahrscheinlichkeit vermieden werden kann. Die Förderung der Bohrspülung zurück zur Startgrube erfolgt ab der Entlastungsbohrung nicht mehr im eigentlichen Bohrkanal, sondern in einer druckfesten Rohrleitung, die zu diesem Zweck temporär oberhalb der Geländeoberfläche zu errichten ist. Bei kreuzenden Hindernissen wie Gewässern oder Straßen müssen diese Rohrleitungen (Rückspülleitungen) beispielsweise über temporär zu errichtende Rohrbrücken geführt werden. Da über die Entlastungsbohrungen bei sehr langen HDD Bohrungen und Bedarf auch Bohrsuspension in die Bohrung gegeben werden kann, werden diese im Nachfolgenden auch als Multifunktionsbohrungen (MFB) bezeichnet. Je nach Projektanforderungen und Baugrundeigenschaften kann die Spülung während oder auch nach Abschluss der

Bohrarbeiten aufbereitet werden (Trennung von Spülung und Bohrklein) und in den Spülungskreislauf rückgeführt oder bei Folgebohrungen wiederverwendet werden. Nicht mehr wiederverwendbare Bestandteile und Bohrklein sind fachgerecht zu entsorgen.

Die Herstellung der Entlastungsbohrungen erfolgt senkrecht über bzw. neben der Bohrlinie. Die Bohrungen werden bis in oder in die Nähe des Bohrkanals der HDD Bohrung geführt. Die Multifunktionsbohrungen werden als verrohrte Bohrung hergestellt. Nach dem Abschluss der Arbeiten werden die Verrohrungen zurückgebaut und das Bohrloch dauerhaft wasserdicht verschlossen.

Für die Dauer der Bauzeit von wenigen Wochen ist eine gemeinsame Rückspüleleitung erforderlich, die die einzelnen Multifunktionsbohrungen mit der Start- und der Zielgrube verbindet. Die Rückspüleleitung kann z. B. aus PE Röhren hergestellt, die mittels Stumpfspiegelschweißung verbunden werden. Der Durchmesser der Rückspüleleitung beträgt 150 mm oder 200 mm. Im Bereich der Multifunktionsbohrungen werden zur gezielten Steuerung der Zu- bzw. Abflüsse Schieber in der Leitung angeordnet. Die Rückspüleleitung wird nicht im Boden verlegt, sondern liegt auf der Erdoberfläche, sodass keine Bodeneingriffe erforderlich werden.

## **9.2 Technische Verfahrenseigenschaften**

### **Bodenverhältnisse**

Das Cable & Pipe-Verfahren eignet sich für die meisten Baugrundverhältnisse. Das Einsatzgebiet erstreckt sich von Lockergestein bis hin zu Fels. Nicht standfeste Böden und stark klüftige Bereiche sind für Spülbohrmaßnahmen generell weniger geeignet. Das Cable & Pipe-Verfahren bildet keine Ausnahme. Gegebenenfalls können über Zusatzmaßnahmen in Planung und Ausführung, Lösungen gefunden werden.

### **Grundwasser**

Anstehendes Grundwasser ist im Wesentlichen nur im Bereich der Start und Zielgruben zu berücksichtigen. Innerhalb des Bohrlochs ist eine Kontrolle der Grundwassersituation durch ein geeignetes Bohrspülungsmanagement gegeben.

### **Verlegegenauigkeit**

Die Verlegegenauigkeit beim Cable & Pipe hängt von zwei Faktoren ab. Der Messgenauigkeit und der Bohrgenauigkeit. Die Messgenauigkeit ergibt sich aus dem Einsatz des jeweiligen Messverfahrens und der Verletiefe. Hier sind mit zunehmender Tiefe größere Messungenauigkeit zu erwarten. Bei Parallelbohrungen sind diese Messtoleranzen ebenfalls zu berücksichtigen. Da durch die geplanten Ausbläser eine oberflächennahe Bohrung das Ziel ist, wird von einer für Spülbohrungen vergleichsweise hohen Genauigkeit ausgegangen.

Die Bohrgenauigkeit hängt stark vom Baugrund ab. Homogene feste Böden lassen sich mit einer größeren Genauigkeit bohren. Bei sehr weichen oder inhomogenen Baugrundverhältnissen ist die Steuerbarkeit des Bohrkopfes schwieriger.

### **Verlege- und Bohrlängen**

Die mit dem Cable & Pipe-Verfahren erreichbaren Bohrlängen und Bohrdurchmesser hängen stark vom Baugrund und der Geometrie der geplanten Bohrung ab. Als Standardbohrlänge kann von 1.000 m (Größenordnung einer Kabellänge) ausgegangen werden, bei mehreren parallelen Bohrungen sollte diese Länge nicht überschritten werden. Vor allem das Schlauchmanagement und die dazu benötigten Pumpen müssen bei der Auslegung Berücksichtigung finden.

### **Bohrdurchmesser**

Abhängig vom Baugrund, Überdeckung und Bohrlänge sind mit dem Cable & Pipe-Verfahren Bohrdurchmesser wie bei der HDD von bis zu 1,50 m Durchmesser möglich. Jedoch werden in der Regel hier erheblich kleinere Durchmesser (in der Regel ca. 300 mm) verbaut, da die Verrohrung ausschließlich dem Kabeleinzug dient.

### **Setzungen**

Zu Setzungen kann es beim Cable & Pipe-Verfahren aufgrund von instabilen Bohrlochverhältnissen kommen. Je oberflächennaher die Bohrung verläuft oder je geringer die Überdeckung ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit von Setzungen. Aus diesem Grund ist besonders im Start- und Zielbereich und unter

Hindernissen die Bohrung so zu planen, dass keine Setzungen auftreten. Dies erfolgt durch im Vorfeld durchgeführte Baugrunduntersuchungen und Berechnungen, einem geeigneten Spülungsmanagement und gegebenenfalls durch weitere unterstützenden Maßnahmen wie temporäre Bohrlochstabilisierung (z. B. Schutzrohr im Startbereich).

Im Vergleich zu den Pressbohrungsverfahren ist das Cable & Pipe-Verfahren aufgrund des größeren Ringraumes, welcher mit Bohrspülung gestützt wird, setzungsempfindlicher und kann beim Kreuzen von setzungsempfindlicher Infrastruktur unter Umständen vom Kreuzungspartner nicht zugelassen werden.

### **Archäologie**

Archäologische Maßnahmen beschränken sich, wie beim HDD-Verfahren, auf eine Untersuchung im Start- und Zielbereich. Durch die oberflächennahe Bohrung müssen ggf. zusätzlich Auflagen der entsprechenden Behörden im Vorfeld berücksichtigt werden.

### **Kampfmittel**

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

### **Umweltauswirkungen**

Die Auswirkungen beim HDD-Verfahren mit gesteuerten Ausbläsern beschränken sich im Wesentlichen auf Baustelleneinrichtungsflächen im Bereich der Start- und Zielgruben. Die Umweltauswirkungen konzentrieren sich dabei auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Beim Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, sind in räumlicher Begrenzung auf das Umfeld der Start- und Zielgruben Staub- und Lichtemissionen während der Bauzeit zu erwarten. Zu Schallemissionen kommt es aufgrund des bautechnisch erforderlichen Bohrbetriebs. Während der Bauphase kann es bei der geschlossenen Bauweise durch Arbeiten von Baumaschinen temporär zu Vibrationen sowie in Einzelfällen Erschütterungen im Vorhabenbereich kommen.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind nur während der Bauzeit und in Ausnahmefällen zu erwarten. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm im Bereich der Arbeitsflächen kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Start- und Zielgruben durch Durchmischungen und Gefügeveränderungen. Innerhalb der Arbeitsflächen kann es zudem durch Befahrung zu Bodenverdichtungen kommen. Während des gesamten Bohrprozesses wird eine in der Regel bentonitbasierte Bohrspülung eingesetzt, deren wesentliche Aufgaben die Stabilisierung des Bohrloches und das Austragen des erbohrten Materials sind. Die Archivfunktion des Bodens wird im Bereich der Start- und Zielgruben durch den Bodenaushub aufgehoben.

Anstehendes Grundwasser ist im Bereich der Start- und Zielgruben zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit oberflächennahem Grundwasserstand.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Bei der geschlossenen Bauweise beschränken sich auf Grund der stark verringerten Flächeninanspruchnahme und Bodeneingriffe die Auswirkungen aller Wirkfaktoren auf das Schutzgut kulturelles Erbe und Sachgüter auf die Start- und Zielgruben, Baustelleneinrichtungsflächen und Zuwegungen, und deren Wirkräume begrenzt. Die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens sind dadurch vergleichsweise gering.

Start- und Zielbereich auf denen Befestigungen und Gruben zu erstellen sind. Kleinere Inanspruchnahmen sind für die Entlastungsbohrungen sowie die nötigen Zufahrten zu berücksichtigen. Negative Umweltauswirkungen der Bohrung selbst entstehen nur im Fall einer Havarie. Das Risiko von Ausbläsern sind verfahrensbedingt geringer einzuschätzen. Durch die aufgeteilten Spülkreisläufe muss auf den Oberflächen für die Dauer

der Bauzeit ein Schlauchverteilungssystem ausgelegt werden. Die geplanten Entlastungsbohrungen müssen vor Beginn der Bohrtätigkeit ein- und nach Fertigstellung wieder ausgebaut werden.

### **BE-Flächengröße**

Grundsätzlich ist die temporäre Flächeninanspruchnahme für die Verfahren in geschlossener Bauweise stark von den Baugrundverhältnissen, den Bohrlängen und somit der Dimension der Bohranlage abhängig.

Es ist vergleichbar mit der Standard-HDD, jedoch müssen in gewissen Abständen kleinere Flächen für die Entlastungsbohrungen berücksichtigt werden. Unabhängig von der Anzahl der Bohrungen können Flächengrößen für kleine Bohrungen von wenigen hundert m<sup>2</sup> bis hin zu 3.000 m<sup>2</sup> und mehr bei großen komplexen Kreuzungen nötig sein. In der Regel besitzen die Anlagen hinsichtlich Anordnung der einzelnen Komponenten eine gewisse Flexibilität, so dass die BE-Fläche in die örtlichen Gegebenheiten eingepasst werden kann.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die notwendigen Bauzeiten für die Durchführung von Cable & Pipe Arbeiten hängen stark von den Baugrundverhältnissen und den Bohrlängen ab. Auch das eingesetzte Equipment hat einen Einfluss auf die Bauzeiten. Ein Vergleich der Bauzeit mit anderen Verfahren kann nur projektspezifisch erfolgen.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **9.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Innerhalb der grabenlosen Bauverfahren ist das Cable & Pipe vergleichbar mit der konventionellen HDD.

### **Marktverfügbarkeit**

Bei der Betrachtung der Marktverfügbarkeit der Cable & Pipe Technik ist grundsätzlich zwischen der Kleinbohrtechnik (Bohranlagen bis ca. 40 t Zugkraft) und der Großbohrtechnik (Bohranlagen größer 40 t Zugkraft) zu unterscheiden. Ein weiterer Aspekt ist die Vermessungstechnik. Kleinbohranlagen sind in großer Anzahl auf dem Markt, wenngleich auch aktuell eine große Auslastung zu verzeichnen ist. Mittlere und große Bohrungen sind in geringerer Anzahl verfügbar. Der Markt für größere Bohrungen erstreckt sich europaweit. Spezialisierte Messsysteme sind ebenfalls nur in geringerer Anzahl verfügbar.

Durch die enge Bauzeit von mehreren Projekten konnte durch Marktkonsultationen schon jetzt ein Engpass an verfügbaren Geräten und entsprechendem Personal festgestellt werden.

Der Markt für größere Bohrungen erstreckt sich europaweit, jedoch sind die ausführenden Firmen im Gegensatz zum konventionellen HDD weniger am Markt vertreten.

## **9.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern. Notwendige Flächen sind die BE-Flächen, die Entlastungs-Bohrflächen und die zugehörige Zuwegung, die Flächen für die Rückspülleitungen sowie der unterbohrte Bereich hinsichtlich Vermessungsarbeiten.

## **9.5 Sonstiges/ Risiken**

Hinsichtlich Risiken ist das Cable & Pipe Verfahren mit dem HDD Verfahren zu vergleichen. Ein wesentliches Risiko in Zusammenhang mit HDD ist der unkontrollierte Austritt von Bohrspülung an die Oberfläche (Ausbläser) das mit diesem Verfahren reduziert werden soll. Hier gibt es unterschiedliche Szenarien, wie diesem Risiko begegnet werden kann. In der Planung durch entsprechende Berechnungen, während der Ausführung

---

durch kontinuierliche Kontrolle der Bohrlochdrücke und im Falle des Auftretens durch geeignete Havarie-Maßnahmen. Diese und weitere Risiken sind in einer projektspezifischen Risikoanalyse zu betrachten. Die Arbeit mit Rückspüleleitungen und dem speziellen Bauablauf wurden bisher nur im ALEGrO Projekt praktisch umgesetzt.

## **9.6            Fazit**

Das Cable & Pipe Verfahren ist ein Sonderverfahren, welches dem Grunde nach eine modifizierte Horizontalbohrung (HDD) entspricht. Im Einsatz bei Infrastrukturprojekten hat sich dieses Verfahren bereits einmal bei der Amprion GmbH und dem ALEGRO Projekt bewährt.

Aus diesen Gründen kann das Verfahren aus technischer Sicht indikativ als "Stand der Technik" angesehen werden.



## 10 Steckbrief Steuerbare Verfahren Pilotrohrvortrieb (2.3)

### 10.1 Verfahrensbeschreibung

Die Verlegung im „Pilotrohrvortrieb“ stellt eine Standardform der Erdkabelverlegung dar. Bei diesem Standard-system nach DVGW GW 304 und DWA-A 125 (ATV-A 125) handelt es sich um ein unbemanntes gesteuertes Rohrfortriebsverfahren.

Für die Durchführung ist die Erstellung einer Start- und Zielgrube vor und nach dem zu querenden Hindernis erforderlich.

Für die Durchführung ist die Erstellung einer Start- und Zielgrube vor und nach dem zu querenden Hindernis erforderlich.

Zur Erstellung der Start- und Zielgrube wird der Mutterboden abgezogen und seitlich in einer Bodenmiete gelagert. Je nach Bodenbeschaffenheit ist es erforderlich, weitere Bodenschichten getrennt zu lagern.

Der Arbeitsbereich beinhaltet neben der Bodenmiete:

- die Start- und Zielgrube,
- ggf. eine Baustraße, Zuwegung,
- je nach Beschaffenheit eine Grundwasserabsenkung (Wasserhaltung oder Abdichtung),
- ggf. die Baufläche zur Vorfertigung und
- ggfs. Absicherung gegen unberechtigten Zutritt.

Die Erstellung der Start- und Zielgrube erfolgt i. d. R. mit einem Bagger und je nach Beschaffenheit des Bodens mittels unterschiedlicher Schaufeln und Anbauwerkzeuge. Die Bodenbeschaffenheit gibt die Art der Grubengestaltung vor. Üblicherweise werden die Gruben mit Verbau (z. B. Spundwänden) gesichert.

Bei der Verlegung mittels „Pilotrohrvortrieb“ werden Rohre verlegt, in die die Erdkabel zeitlich flexibel zu einem späteren Zeitpunkt eingezogen werden.

Die Dimension der Startgrube liegt bei rund 50 – 150 m<sup>2</sup>. Die Dimension für eine Zielgrube liegt demgegenüber bei rund der Hälfte. In der Startgrube wird eine hydraulische oder pneumatische Pressbohranlage installiert, die an den Grubenwänden an einem Presswiderlager abgestützt wird. Es wird zunächst ein Pilotrohrstrang bodenverdrängend oder -entnehmend gesteuert vorgetrieben. Nachfolgend wird ein Rohr (Vorrohr) gleichen oder größeren Durchmessers, das dem Pilotstrang exakt folgt, vorgetrieben. In der Zielgrube wird das Pilotrohr entnommen. Über innenliegende Förderschnecken wird der dabei gewonnene Boden zum Startschacht transportiert und in der Regel entsorgt oder, falls zulässig, in der Baustelle wieder eingebaut. Nach Erreichen der Zielgrube erfolgt der Nachschub der endgültigen Mantelrohre. Die Vorrohre werden in der Zielgrube geborgen.

Die Vermessung wird vorwiegend mit einem Theodolit mit elektronischer Kamera oder mit einem Laser durchgeführt. Richtungsänderungen werden durch Steuerflächen (Pilotspitze) unter Zuhilfenahme der Reaktionskraft des Baugrundes vorgenommen.

Mit dem Pilotrohrvortrieb können je nach Baugrund Vortriebslängen bis ca. 100 - 150 m realisiert werden.

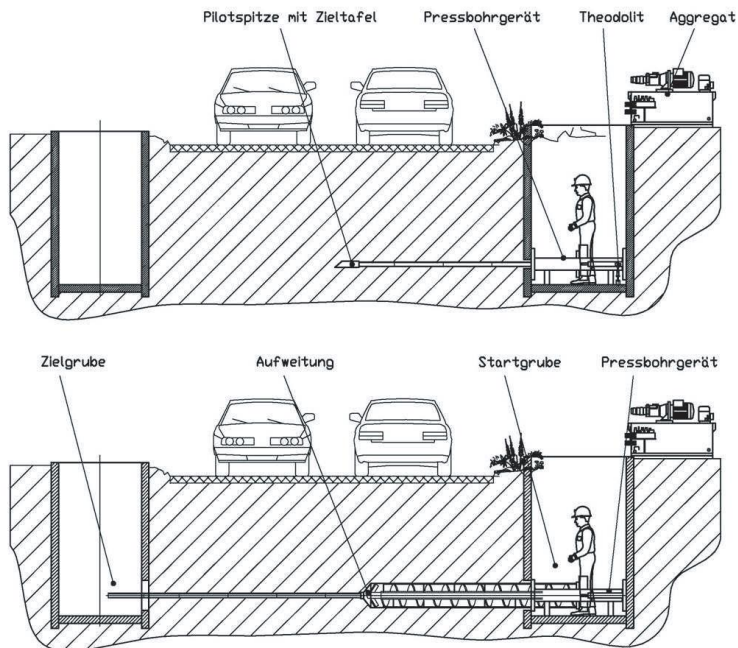


Abbildung 16: Beispiel Pilotrohrvortrieb mit Bodenverdrängung (Quelle: DVGW GW 304)

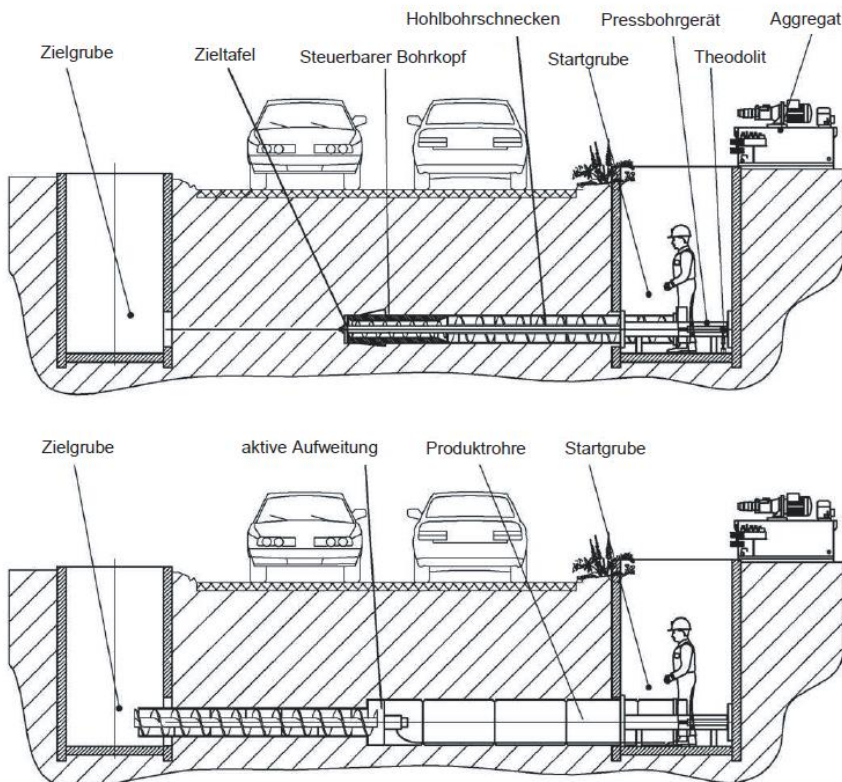


Abbildung 17: Beispiel Pilotrohrvortrieb mit Bodenentnahme (Quelle: DVGW GW 304)

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## 10.2 Technische Verfahrenseigenschaften

### Bodenverhältnisse

Durch eine gezielte Auswahl des Bohrkopfes (Standard- oder Mischbodenbohrkopf sind unterschiedliche Untergrundverhältnisse durchquerbar.

### Grundwasser

Gegenüber Grundwasser wird der Schacht mittels Abdichtring gesichert. Anstehendes Grundwasser ist im Wesentlichen nur im Bereich der Start und Zielgruben zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit oberflächennahem Grundwasserstand. Während der Bauphase hat eine Wasserhaltung zu erfolgen, um Arbeiten in den Gruben zu ermöglichen. Dieser Zeitraum erstreckt sich von der Grubenöffnung bis zur Wiederverfüllung der Gruben. Das geförderte Wasser kann in einen nahegelegenen Vorfluter abgeführt werden, wobei hier aufgrund der örtlichen Wasserbeschaffenheit weiterer technischer Aufwand vor der Einleitung notwendig werden kann.

### Verlegegenauigkeit

Da die Vermessung mit einem Theodolit erfolgt, ist eine sehr präzise Verlegung erreichbar.

Auch hier hängt die Bohrgenauigkeit stark vom Baugrund ab. Homogene feste Böden lassen sich mit einer größeren Genauigkeit bohren. Bei sehr weichen oder inhomogenen Baugrundverhältnissen ist die Steuerbarkeit des Bohrkopfes schwieriger.

Die Einhaltung der vorgegebenen Abstände zur Parallelverlegung ist durch die kontrollierte Steuerung des Bohrkopfes einhaltbar.

### Verlegelängen (Bohrlängen)

Mit dem Pilotrohrvortrieb können je nach Baugrund Vortriebslängen bis ca. 100 m realisiert werden.

### Bohrdurchmesser

Der Bohrdurchmesser ist in der Regel kleiner als DN 1000.

### Setzungen

Die Pilotrohrvortriebverfahren sind i. d. R. setzungsunempfindlicher und können zur Querung kritischer Infrastruktur von qualifizierten Firmen eingesetzt werden (z. B. Bahnkreuzungen).

### Archäologie

Archäologische Maßnahmen beschränken sich beim Pilotrohrvortrieb i. d. R. auf eine Untersuchung im Bereich der BE-Flächen im Start- und Zielbereich.

### Kampfmittel

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

### Umweltauswirkungen

Die Auswirkungen beim Rohrvortriebverfahren beschränken sich auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Sie konzentrieren sich im Wesentlichen auf den Bereich der benötigten Baustelleneinrichtungsflächen im Start- und Zielbereich, auf denen temporär Gruben, Arbeits- und Materiallagerflächen zu errichten sind, die die Flächenanforderungen und die bauzeitliche Wirkungsdauer der Regelbaustelle übersteigen. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Beim Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, sind in räumlicher Begrenzung auf das Umfeld der Start- und Zielgruben Staub- und Lichtemissionen während der Bauzeit zu erwarten. Zu Schallemissionen kommt es aufgrund des bautechnisch erforderlichen Bohrbetriebs. Während der Bauphase kann

es bei der geschlossenen Bauweise durch Arbeiten von Baumaschinen temporär zu Vibrationen sowie in Einzelfällen Erschütterungen im Vorhabenbereich kommen.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind nur während der Bauzeit und in Ausnahmefällen zu erwarten. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm im Bereich der Arbeitsflächen kommen.

Beim Schutzgut Boden ergeben sich bauzeitliche Auswirkungen aufgrund der Befahrung der Arbeitsflächen, der Materiallagerplätze durch Bodenverdichtungen sowie im Bereich der Start- und Zielgruben durch Durchmischungen, Gefügeveränderungen. Auf Grund der grabenlosen Verlegung in größerer Tiefe bleiben die Böden und Bodenfunktionen weitgehend unberührt. Nur im Bereich der Start- und Zielgruben kommt es auf Grund des Bodenaushubs, der Zwischenlagerung und dem Wiedereinbau des Bodenmaterials zu stärkeren Einwirkungen auf den Boden.

Anstehendes Grundwasser ist im Bereich der Start- und Zielgruben zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit oberflächennahem Grundwasserstand.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollte sich das Schachtbauwerk im Bereich eines bisher unbekanntes Bodendenkmals befinden.

### **BE-Flächengröße**

Die Fläche der Baustelleneinrichtung (BE) richtet sich nach den Anforderungen der Bohrung und der einzusetzenden Bohranlage. Im Standardfall einer einzelnen Bohrung liegt der Flächenbedarf im Bereich der Startgrube bei 250 m<sup>2</sup>. Im Bereich der Zielgrube ist mit etwa 120 m<sup>2</sup> zu rechnen. Je größer die erforderliche Bohranlage inkl. Zusatzequipment und je länger und größer die Bohrung, desto größer die erforderlichen BE-Flächen. Weitere Faktoren, die die Fläche der BE beeinflussen sind beispielsweise die Anzahl paralleler Bohrungen und die erforderliche Logistik.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die Verlegeleistung bei der Durchführung von Pilotrohrvortrieb hängen stark von den Baugrundverhältnissen ab. Sie liegt in einer Größenordnung von 10 m/d bis zu 50 m/d. Auch das eingesetzte Equipment hat einen Einfluss auf die Verlegeleistung. Ein Vergleich der Bauzeit mit anderen geschlossenen Verfahren kann nur projektspezifisch erfolgen.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **10.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Das Verfahren ist bei geeigneten Rahmenbedingungen und kurzen Längen der Unterquerungen ein wirtschaftliches, grabenloses Verfahren. Die Anwendung des Pilotrohrvortriebes ist in den meisten Bodenklassen möglich. Durch eine gezielte Auswahl des Bohrkopfes (Standard- oder Mischbodenbohrkopf) sind unterschiedliche Untergrundverhältnisse durchquerbar. Je nach Baugrund können Vortriebslängen bis ca. 100 m realisiert werden.

### **Marktverfügbarkeit**

Die Anlagen sind am Markt verfügbar.

---

#### **10.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern. Notwendige Flächen sind die BE-Flächen und Zufahrten.

#### **10.5 Sonstiges / Risiken**

Der technische Aufwand ist hoch. Neben den Steuerungseinheiten sind noch, Lagerung und Abfuhr des Bohrkleins, LKW- und Ladeplätze, Lagerplatz für Material (Vortriebsrohre, Bohrköpfe) etc. auf einer BE-Fläche vorzuhalten.

Zu beachten ist ebenfalls der hohe Energiebedarf der Bohreinheit, der entweder lokal aus der Energieversorgung oder über dieselektrische Einheiten bereitzustellen ist.

#### **10.6 Fazit**

Die Pilotrohrvortriebsverfahren sind in der Regel Standardverfahren gem. DVGW GW 304 und DWA-A 125, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Die Verfahren sind setzungsunempfindlich. Damit eignen sich diese Verfahren explizit für kritische Bereiche. Es sind jedoch nur kurze Bohrlängen bis zu maximal 100 m realisierbar.

## 11 Steckbrief Steuerbare Verfahren – Mikrotunnelbau (2.4)

### 11.1 Verfahrensbeschreibung

Beim Mikrotunnelbau nach DVGW GW 304 und DWA-A 125 (ATV-A 125) handelt sich um eine Verfahrensgruppe der unbemannten und gesteuerten Rohrvortriebsverfahren. Die unterschiedlichen Variationen unterscheiden sich hauptsächlich in Art und Weise der Förderung des Bohrguts (z. B. Mikrotunnelbau mit Schneckenförderung) und Stützung der Ortsbrust. Für die Durchführung ist die Erstellung einer Start- und Zielgrube vor und nach dem zu querenden Hindernis erforderlich.

Der Bohrkopf, welcher auf den Baugrund und die Grundwasserverhältnisse abzustimmen ist, wird über eine Pressvorrichtung aus dem Startschacht heraus in den Boden vorgetrieben. Die Abmessungen von Start- und Zielschächten als Einzelbauwerke liegen in einer Größenordnung von etwa 75 – 120 m<sup>2</sup> Grundfläche, die sowohl kreisförmig als auch rechteckig ausgeführt werden kann. Die Steuerbarkeit wird dadurch realisiert, dass die Vortriebsmaschine aus zwei miteinander gelenkig verbundenen Teilen, dem Bohr- und Steuerkopf sowie dem Nachläufer besteht. Der Steuerkopf lässt sich über zwischengelagerte Steuerzylinder, die von einem Kontroll- und Steuerstand aus bedient werden, in alle Richtungen abwinkeln. Der Bodenabbau erfolgt an der mechanisch- und / oder flüssigkeits- oder erddruckgestützten Ortsbrust. Dabei ist es möglich, mit entsprechenden Bohrköpfen verschiedene Böden und Geologien zu durchdringen. Um die Vortriebsleistung zu optimieren, werden je nach Konsistenz und Steingrößen z. B. schneidende oder brechende Abbawerkzeuge installiert. Der Schutzrohreinbau, z. B. Stahlbetonrohre, geschieht in einem Arbeitsgang.

Beim Rohrvortrieb im Mikrotunnelbau wird durch das Einpressen einer Suspension (i. d. R. Bentonitsuspension) die Mantelreibung zwischen Rohroberfläche und anstehendem Boden verringert werden. Die anfallende Menge der Bentonitsuspension sollte dabei bei der Planung und Vorbereitung einer Vortriebsmaßnahme möglichst genau vorausberechnet werden.

Eine Ortung des Vortriebes kann mittels Laser, Kreiselkompass und/oder Schlauchwasserwaage erfolgen.

Der Vortrieb des Mikrotunnelverfahrens ist grundsätzlich ein einstufiges Verfahren, d. h. nach erfolgtem Auffahren der Vortriebsstrecke ist diese bis zum Enddurchmesser einschließlich Rohreinbau fertig gestellt. Der so geschaffene Leitungstunnel kann entsprechend seiner Funktion in Betrieb genommen oder dem weiteren Ausbau übergeben werden. Zunächst einmal müssen aber eine Start- und eine Zielbaugrube hergestellt werden. Die Dimensionierung der Baugruben ergibt sich aus der Größe der Vortriebsmaschine, beim Startschacht zuzüglich des Platzbedarfs für Hauptpressstation einschließlich Widerlager.

Die Presskräfte müssen über ein Widerlager in die Schachtkonstruktion eingeleitet und von dort in das umgebende Erdreich verteilt werden können. Die Vortriebsmaschine wird durch eine definierte Öffnung, der Anfahröffnung, aus dem Startschacht heraus vorgetrieben. Damit beim Vortrieb kein Grundwasser bzw. keine Bentonitsuspension durch die Anfahröffnung in den Startschacht fließen kann, wird in Abhängigkeit von der Schachtgeometrie und dem zu erwartenden Druck eine Anfahrabdichtung montiert. Bei Arbeiten in wasserführenden Bodenschichten ist im Zielschacht ebenfalls eine Dichtung zu montieren. In die so installierte Tunnelröhre werden die Kabelschutzrohre segmentweise eingeschoben und nach dem vollständigen Einzug einer Abnahmeprüfung unterzogen. Mikrotunnelbauwerke mit kleineren Durchmesser sind grundsätzlich nicht begehbar. Größere Querschnitte können auch begehbar ausgeführt werden. Das Erfordernis der Begehbarkeit eines Kabeltunnels ist projekt- und betriebspezifisch zu klären. Es stellt eine wichtige Grundlage für die Tunnelauslegung dar.

Gegenüber Grundwasser wird der Schacht mittels Abdichtung gesichert.

Beim Verlegen mehrerer Kabel eines Kabelsystems können je nach Bodeneigenschaften und Anforderungen des Kreuzungspartners unterschiedliche Lösungen realisiert werden, entweder kleine Bohrungen je Kabel oder eine größere Bohrung je Kabelsystem.

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

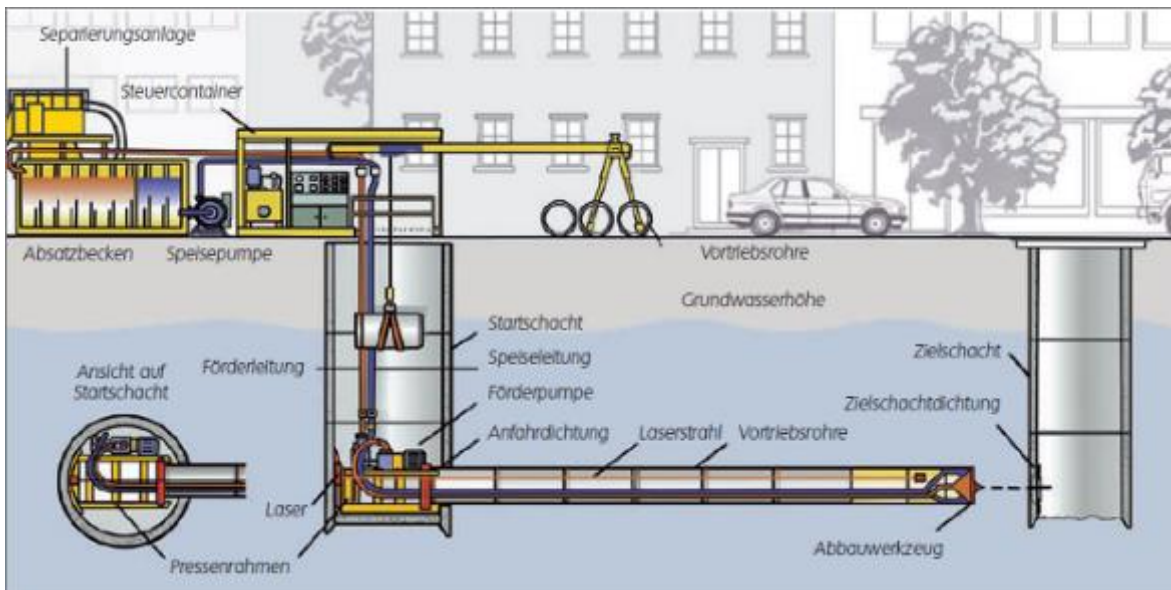


Abbildung 18: Schematische Darstellung des Microtunnelings (Quelle: www.krv.de)



Abbildung 19: Bohrkopf mit hydraulischer Pressvorrichtung (oben)



Abbildung 20: Startschacht (links) und Vortriebsrohre (rechts)

## 11.2 Technische Verfahrenseigenschaften

### Bodenverhältnisse

Durch eine gezielte Auswahl des Bohrkopfes (Standard-, Mischboden- oder Felsbohrkopf) ist nahezu jeder Untergrund durchquerbar.

### Grundwasser

Anstehendes Grundwasser ist im Bereich der Start- und Zielgruben zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit oberflächennahem Grundwasserstand. Während der Bauphase hat eine Wasserhaltung zu erfolgen, um Arbeiten in den Gruben zu ermöglichen. Dieser Zeitraum erstreckt sich von der Grubenöffnung bis zur Wiederverfüllung der Gruben. Das geförderte Wasser kann in einen nahegelegenen Vorfluter abgeführt werden, wobei hier aufgrund der örtlichen Wasserbeschaffenheit weiterer technischer Aufwand vor der Einleitung notwendig werden kann.

Der Vortrieb muss auf GW-Verhältnisse eingestellt werden.

Gegenüber Grundwasser wird der Schacht mittels Abdichtring gesichert.

### Verlegegenauigkeit

Da die Verfahren steuerbar sind, ist eine hohe Verlegegenauigkeit möglich. Die Verlegegenauigkeit hängt von zwei Faktoren ab, der Messgenauigkeit und der Bohrgenauigkeit. Die Messgenauigkeit ergibt sich aus der Anwendung des jeweiligen Messverfahrens sowie der Verlegetiefe.

Die Bohrgenauigkeit hängt stark vom Baugrund ab. Homogene feste Böden lassen sich mit einer größeren Genauigkeit bohren. Bei sehr weichen oder inhomogenen Baugrundverhältnissen ist die Steuerbarkeit des Bohrkopfes schwieriger. Die Einhaltung der vorgegebenen Abstände zur Parallelverlegung ist durch die kontrollierte Steuerung des Bohrkopfes einhaltbar.

### Verlege- und Vortriebslängenlängen

Die Bohrlängen hängen stark von Bohrdurchmesser, Baugrund und eingesetzte Technik ab. In der Regel sind Einzelbohrungen kleiner 1.500 m. Als Standard und auch bei der Herstellung mehrerer paralleler Bohrungen



sollte von wesentlich kürzeren Bohrlängen ausgegangen werden. Auch hier muss je nach Länge der Kabelzug in der Planung Berücksichtigung finden.

### **Bohrdurchmesser**

Ursprünglich ist der Mikrotunnelbau auf Durchmesser bis DN 1000 begrenzt gewesen. Heutzutage ermöglichen technische Weiterentwicklungen diese Art von Vortrieb auch für größere Querschnitte.

### **Setzungen**

Die Mikrotunnelbauverfahren sind i. d. R. setzungsunempfindlich und können zur Querung kritischer Infrastruktur eingesetzt werden (z. B. Bahnkreuzungen).

### **Archäologie**

Archäologische Maßnahmen beschränken sich beim Mikrotunnelbau i. d. R. auf die Untersuchung im Start- und Zielbereich.

### **Kampfmittel**

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

### **Umweltauswirkungen**

Die Auswirkungen beim Mikrotunnel-Verfahren beschränken sich auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Sie konzentrieren sich im Wesentlichen auf den Bereich der benötigten Baustelleneinrichtungsflächen im Bereich der Schachtbauwerke, Arbeits- und Materiallagerflächen. Der Schwerpunkt von Umweltauswirkungen konzentriert sich dabei auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Beim Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, sind in räumlicher Begrenzung auf das Umfeld der Start- und Zielgruben Staub- und Lichtemissionen während der Bauzeit zu erwarten. Zu Schallemissionen kommt es aufgrund des bautechnisch erforderlichen Bohrbetriebs. Während der Bauphase kann es bei der geschlossenen Bauweise durch Arbeiten von Baumaschinen temporär zu Vibrationen sowie in Einzelfällen Erschütterungen im Vorhabenbereich kommen.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind nur während der Bauzeit und in Ausnahmefällen zu erwarten. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm im Bereich der Arbeitsflächen kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Start- und Zielgruben durch Durchmischungen und Gefügeveränderungen. Innerhalb der Arbeitsflächen kann es zudem durch Befahrung zu Bodenverdichtungen kommen. Während des Bohrprozesses wird eine in der Regel bentonitbasierte Bohrspülung eingesetzt, deren wesentliche Aufgaben die Stabilisierung des Bohrloches und das Austragen des erbohrten Materials sind. Die Archivfunktion des Bodens wird im Bereich der Start- und Zielgruben durch den Bodenaushub aufgehoben.

Beim Schutzgut Wasser ergeben sich ggf. Erfordernisse für eine bauzeitliche Wasserhaltung, die zu bauzeitlichen Auswirkungen führen. Eine damit verbundene temporäre Veränderung des Grundwasserstands und die Einleitung in Fließgewässer ist ggf. möglich.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollte sich das Schachtbauwerk im Bereich eines bisher unbekanntes Bodendenkmals befinden. Jedoch ist durch die geschlossene Bauweise und damit geringe flächige Ausbreitung die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und Erheblichkeit von Auswirkungen auf das Schutzgut kulturelles Erbe vergleichsweise gering.

## **BE-Flächengröße**

Grundsätzlich ist die temporäre Flächeninanspruchnahme für die Verfahren in geschlossener Bauweise stark von den Baugrundverhältnissen und den Bohrlängen abhängig.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **Verlegeleistung**

Die Verlegeleistung bei der Durchführung von Mikrotunnelarbeiten hängen stark von den Baugrundverhältnissen und dem Bohrradius ab. Sie kann sich in einer Größenordnung von 1 m/d bis 15 m/d bewegen. Auch das eingesetzte Equipment hat einen Einfluss auf die Verlegeleistung. Ein Vergleich der Bauzeit mit anderen geschlossenen Verfahren kann nur projektspezifisch erfolgen.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **11.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Die Verfahren sind technisch sehr aufwendig und aus diesem Grund auch kostenintensiv. Die Wirtschaftlichkeit ist somit im jeweiligen Einzelfall zu prüfen.

### **Marktverfügbarkeit**

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Anlagen ist begrenzt.

## **11.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern. Notwendige Flächen sind die BE-Flächen sowie der unterbohrte Bereich hinsichtlich Vermessungsarbeiten.

## **11.5 Sonstiges/Risiken**

Der technische Aufwand ist sehr hoch. Neben den Steuerungseinheiten sind noch die Aufbereitungseinheiten für die Bohrspülung, Lagerung und Abfuhr des Bohrkleins, LKW- und Ladeplätze, Lagerplatz für Material (Vortriebsrohre, Bohrköpfe) etc. auf einer BE-Fläche vorzuhalten.

Zu beachten ist ebenfalls der hohe Energiebedarf der Bohreinheit, der entweder lokal aus der Energieversorgung oder über dieselektrische Einheiten bereitzustellen ist.

Neben dem Energiebedarf ist eine Wasserversorgung sicherzustellen, um den Verlust vom der im Kreislauf befindlichen Bohrspülung auszugleichen.

Weiterhin ist Baufreiheit sicherzustellen, d. h. keine Kreuzungen mit Versorgerleitungen oder Fernleitungen.

## **11.6 Fazit**

Die Mikrotunnelbauverfahren sind in der Regel Standardverfahren gem. DVGW GW 304 und DWA-A 125, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Die Verfahren sind technisch aufwändig und kostenintensiv. Damit eignen sich diese Verfahren explizit für kritische Bereiche.

## 12 Steckbrief E-Power Pipe® (2.5)

### 12.1 Verfahrensbeschreibung

E-Power Pipe® ist ein grabenloses, geschlossenes und steuerbares Bauverfahren zur oberflächennahen (in der Regel 2 - 5m Überdeckung) Unterbohrung von Hindernissen oder Flächen, Das Verfahren kann auch eine Alternative zum offenen Graben darstellen, weil große Längen abhängig von den Bodenverhältnissen (in Pilotprojekten bis 2.000 m) möglich sind. E-Power Pipe® kombiniert Elemente aus den Bauweisen HDD (Horizontal Directional Drilling) und Mikrotunnelbau.

Bei diesem Verfahren wird mittels eines Pressenrahmens in der Startgrube und speziellen E-Power Pipe® Vortriebsrohren ein Bohrgerät durch den Baugrund gepresst. Die Vortriebsrohre werden sukzessive zunächst mit dem Bohrgerät zu dem Bohrstrang verbunden und dann mit dem Pressenrahmen nach vorne gedrückt (Mikrotunnelbau). Der Baugrund selbst wird mit dem Bohrgerät und einem Schneidrad gelöst und mittels Bentonit-Bohrspülung durch den gesamten Bohrstrang gepumpt und zurückgeführt. Die Spülung wird in einer Separationsanlage aufbereitet und wieder in den Kreislauf zurückgeführt. Bohrklein und nicht wiederverwertbare Bestandteile werden fachgerecht entsorgt. Nach Erreichen der Zielgrube werden die Vortriebsrohre zurückgezogen und im gleichen Arbeitsschritt Schutzrohre eingezogen

Die Besonderheit gegenüber konventionellem HDD Einsatz besteht darin, dass die Regelüberdeckung auch über längere Bohrstrecken oberflächennah beibehalten werden kann. Die Wahrscheinlichkeit eines unkontrollierten Spülsaustritts ist hier gering, da bei Vortriebsverfahren generell mit deutlich geringeren Drücken als beim HDD-Verfahren operiert wird.

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

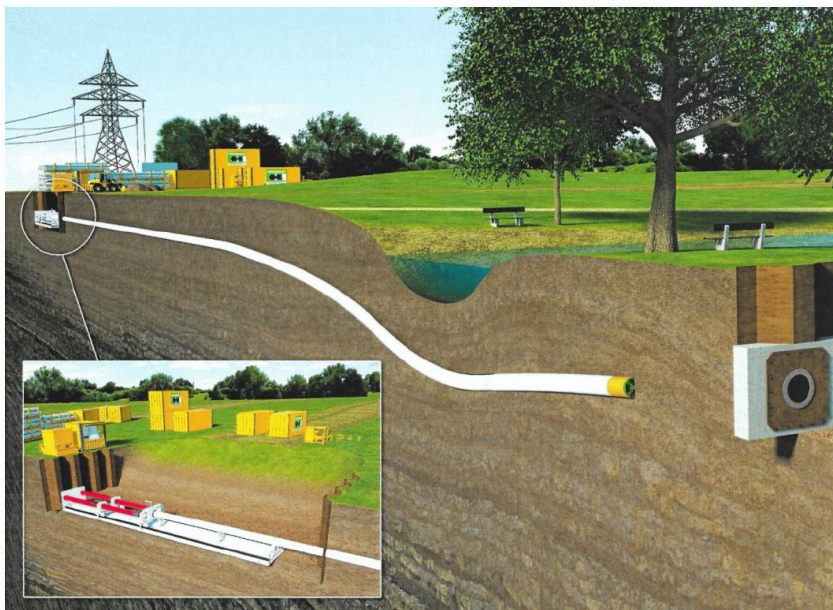


Abbildung 21: Funktionsweise E-Power Pipe (Quelle: Herrenknecht)

### 12.2 Technische Verfahrenseigenschaften

#### Bodenverhältnisse

Das E-Power Pipe®-Verfahren kann als Mikrotunnelbau mit Strahlpumpe bezeichnet werden. Wie viele andere grabenlose Vortriebsmethoden hat E-Power Pipe® einen empfohlenen Anwendungsbereich. Einschränkung sind in besonders breiigen, bindigen Lockergesteinen vorhanden. Hier kann es eventuell zu Steuerungsproblemen aufgrund des mangelnden Wiederlagers von breiigem Lockergestein kommen. Dieser Problematik kann

jedoch durch Bodenverbesserung wie z. B. Stopfrüttelsäulen oder ähnlichem entgegengewirkt werden. Im Festgestein ist das E-Power Pipe®-Verfahren limitiert auf Fels mit Druckfestigkeiten bis zu 30 MPa.

### **Grundwasser**

Anstehendes Grundwasser ist im Wesentlichen nur im Bereich der Start und Zielgruben zu berücksichtigen. Innerhalb des Bohrlochs ist eine Kontrolle der Grundwassersituation durch ein geeignetes Bohrspülungsmanagement gegeben.

Aufgrund seiner Abraumförderung durch einen geschlossenen Spülförderkreislauf kann E-Power Pipe® in sämtlichen Untergrundarten – mit und ohne Grundwasser – eingesetzt werden.

### **Verlegegenauigkeit**

Die Verlegegenauigkeit beim E-Power Pipe®-Verfahren hängt von der Mess- und der Bohrgenauigkeit ab. Die Messgenauigkeit ergibt sich aus dem Einsatz des jeweiligen Messverfahrens sowie der Verlegetiefe. Dabei sind mit zunehmender Tiefe größere Messungenauigkeiten zu erwarten. Bei Parallelbohrungen sind diese Abweichungen ebenfalls zu berücksichtigen. Aktuell werden beim E-Power Pipe®-Verfahren unterschiedliche Messverfahren (elektromagnetisches Messverfahren, Kreiselkompass, Walk Over Verfahren) eingesetzt.

Die Bohrgenauigkeit hängt stark vom Baugrund ab, wobei sich homogene feste Böden mit einer höheren Genauigkeit bohren lassen. Bei sehr weichen oder inhomogenen Baugrundverhältnissen ist die Steuerbarkeit des Bohrkopfes schwieriger.

### **Verlege- und Bohrlängen**

Haltungslängen von über 1.000 m bei einer geringen Installationstiefe von 1,5 m bis 2 m scheinen möglich.

### **Bohrdurchmesser**

Die eigens neu entwickelte Vortriebsmaschine hat einem Bohrdurchmesser von 505 mm. Auch die weiteren Vortriebsrohre haben diesen Durchmesser.

### **Setzungen**

Es wird ein Verfüllmaterial eingesetzt, welches allmählich ein erdfestes Gefüge ausbildet, wodurch ein stabiler Verschluss der erbohrten Hohlräume erreicht und das Risiko von Setzungsschäden versucht wird zu minimieren.

Im Vergleich zu den übrigen Rohrvortriebsverfahren ist das E-Power Pipe®-Verfahren setzungsempfindlicher und kann beim Kreuzen von setzungsempfindlicher Infrastruktur oft/manchmal von Kreuzungspartner nicht zugelassen werden.

### **Archäologie**

Archäologische Maßnahmen beschränken sich beim E-Power Pipe®-Verfahren auf eine Untersuchung im Bereich der BE-Flächen im Start- und Zielbereich. Durch die oberflächennahe Bohrung müssen ggf. zusätzlich Auflagen der entsprechenden Behörden im Vorfeld berücksichtigt werden.

### **Kampfmittel**

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

### **Umweltauswirkungen**

Die Auswirkungen beim E-Power Pipe® beschränken sich auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Sie konzentrieren sich im Wesentlichen auf den Bereich der benötigten Baustelleneinrichtungsflächen im Start- und Zielbereich, auf denen temporär Gruben, Arbeits- und Materiallagerflächen zu errichten sind, die die Flächenanforderungen und die bauzeitliche Wirkungsdauer der Regelbaustelle übersteigen. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Beim Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, sind in räumlicher Begrenzung auf das Umfeld der Start- und Zielgruben Staub- und Lichtemissionen während der Bauzeit zu erwarten. Zu Schallemissionen kommt es aufgrund des bautechnisch erforderlichen Bohrbetriebs. Während der Bauphase kann es bei der geschlossenen Bauweise durch Arbeiten von Baumaschinen temporär zu Vibrationen sowie in Einzelfällen Erschütterungen im Vorhabenbereich kommen.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind nur während der Bauzeit und in Ausnahmefällen zu erwarten. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm im Bereich der Arbeitsflächen kommen.

Beim Schutzgut Boden ergeben sich bauzeitliche Auswirkungen aufgrund der Befahrung der Arbeitsflächen, der Materiallagerplätze durch Bodenverdichtungen sowie der Anlage der Start- und Zielgruben durch Durchmischungen, Gefügeveränderungen. Auf Grund der grabenlosen Verlegung in größerer Tiefe bleiben die Böden und Bodenfunktionen weitgehend unberührt. Während des Bohrprozesses wird eine in der Regel bentonitbasierte Bohrspülung eingesetzt, deren wesentliche Aufgaben die Stabilisierung des Bohrloches und das Austragen des erbohrten Materials sind. Nur im Bereich der Start- und Zielgruben kommt es auf Grund des Bodenaushubs, der Zwischenlagerung und dem Wiedereinbau des Bodenmaterials zu stärkeren Einwirkungen auf den Boden.

Anstehendes Grundwasser ist im Bereich der Start- und Zielgruben zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit oberflächennahem Grundwasserstand. Während der Bauphase hat eine Wasserhaltung zu erfolgen, um Arbeiten in den Gruben zu ermöglichen. Dieser Zeitraum erstreckt sich von der Grubenöffnung bis zur Wiederverfüllung der Gruben. Das geförderte Wasser kann in einen nahegelegenen Vorfluter abgeführt werden, wobei hier aufgrund der örtlichen Wasserbeschaffenheit weiterer technischer Aufwand vor der Einleitung notwendig werden kann.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollten insbesondere das Schachtbauwerk im Bereich eines bisher unbekanntes Bodendenkmals befinden. Jedoch ist durch die geschlossene Bauweise und damit geringe flächige Ausbreitung die Wahrscheinlichkeit des Auftretens vergleichsweise gering.

### **BE-Flächengröße**

Grundsätzlich ist die temporäre Flächeninanspruchnahme für die Verfahren in geschlossener Bauweise stark von den Baugrundverhältnissen und den Bohrlängen abhängig. Für die Ausführung sind zum Teil große und aufwendige Start- und Zielgruben inkl. Spundwandverbau erforderlich.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die notwendigen Verlegeleistung für die Durchführung von E-Power Pipe® hängen stark von den Baugrundverhältnissen und den Bohrlängen ab. Die Bauzeit für Start- und Zielgruben muss Berücksichtigung finden. Ein Vergleich der Bauzeit mit anderen geschlossenen oder offenen Verfahren kann nur projektspezifisch erfolgen. 30 m bis 50 m pro Tag können bei diesem Verfahren durchschnittlich erwartet werden.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **12.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Beim E-Power Pipe®-Verfahren sind aufgrund notwendiger Baugruben und der Logistik zur Bereitstellung der Vortriebsrohre und Maschinen, die Fixkosten im Vergleich zu anderen Verfahren deutlich höher. Allgemein gilt jedoch, dass mit steigender Bohrungslänge der einzelnen Bohrungen der Einfluss der Fixkosten für Baustelleneinrichtung, Baubehelfskonstruktionen, Transport usw. sinkt.

## **Marktverfügbarkeit**

Das Verfahren wurde von der Fa. Herrenknecht entwickelt, so dass es nur einen Hersteller auf dem Weltmarkt gibt. Die Anzahl der Bohrgeräte ist somit aktuell begrenzt.

### **12.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern. Notwendige Flächen sind die BE-Flächen sowie der unterbohrte Bereich hinsichtlich Vermessungsarbeiten. Mit einem Bodeneingriff ist bei den Start- und Zielgruben zu rechnen.

### **12.5 Sonstiges/ Risiken**

Mit dem E-Power Pipe®-Verfahren sind bisher wenige Pilotprojekte umgesetzt worden. Somit besteht hier noch keine hinreichende Erfahrung bezüglich angewandter Bauprojekte.

Ein Risiko in Zusammenhang mit E-Power Pipe® ist der unkontrollierte Austritt von Bohrspülung an die Oberfläche (Ausbläser), wobei die Wahrscheinlichkeit bei diesem Verfahren geringer als bei der HDD angesehen werden kann. Grund hierfür sind die geringeren Spülungsdrücke im Vergleich zur HDD und der Abtransport der Spülung innerhalb der Vortriebsrohre.

Hier gibt es unterschiedliche Szenarien, wie diesem Risiko begegnet werden kann. In der Planung durch entsprechende Berechnungen, während der Ausführung durch kontinuierliche Kontrolle der Bohrlochdrücke und im Falle des Auftretens durch geeignete Havariemaßnahmen. Weiterhin können unüberwindliche Vortriebshindernisse (z. B. Findlinge) getroffen werden, sodass ggf. hier eine Bergungsgrube erstellt werden bzw. der bereits gebohrte Strang rückgezogen werden muss. In diesen Fällen kommt es dann zu Unterbrechungen bzw. im schlechtesten Fall zu einer Aufgabe des Bohrloches, wie dies auch bei anderen grabenlosen Bauweisen der Fall ist. Alternativ ist eine Bergung des Hindernisses möglich, dann kann die bestehende Bohrung weiter genutzt werden.

Diese und weitere Risiken sind in einer projektspezifischen Risikoanalyse zu betrachten.

### **12.6 Fazit**

Die Verlegeart E-Power Pipe® ist ein neues Verfahren der Fa. Herrenknecht, welches erst in wenigen Maßnahmen eingesetzt wurde. Es verbindet die Vorteile des Mikrotunnelbaus und des HDD. Die vorliegenden Ergebnisse der ersten Maßnahmen sind vielversprechend. Aufgrund der geringen Marktverfügbarkeit des Verfahrens eignet sich E-Power Pipe® nicht als Standardverlegungsverfahren. Es ist für spezielle Einsätze bei langen grabenlos aufzufahrenden Strecken mit kleinem Durchmesser prädestiniert.

Das Verfahren ist aktuell noch nicht explizit in den Normen erwähnt, allerdings gibt es bereits einige Pilotprojekte und weitere stehen an. Aus diesem Grund kann das Verfahren aus technischer Sicht indikativ als "Stand der Technik" angesehen werden.

### 13 Steckbrief Horizontal-Pressbohrverfahren (2.7)

#### 13.1 Verfahrensbeschreibung

Nach DVGW GW 304 und DWA-A 125 (ATV-A 125) handelt sich um eine Verfahrensgruppe der unbemannten Rohrvortriebsverfahren (u. a. „Horizontal-Pressbohr-Verfahren“). Die unterschiedlichen Variationen unterscheiden sich hauptsächlich in Art und Weise der Förderung des Bohrgutes (z. B. mit Schneckenförderung).

Im Unterschied zum „Pilotrohrvortrieb“ handelt es sich bei dem „Horizontal-Pressbohr-Verfahren“ um nicht steuerbares Verfahren. Der Bohrkopf, welcher auf den Baugrund und die Grundwasserverhältnisse abzustimmen ist, wird über eine Pressvorrichtung aus dem Startschacht heraus in den Boden vorgetrieben. Die Abmessungen von Start- und Zielschächten als Einzelbauwerke liegen in einer Größenordnung von etwa 75 – 120 m<sup>2</sup> Grundfläche, die sowohl kreisförmig als auch rechteckig ausgeführt werden kann. Der Bodenabbau erfolgt an der mechanisch gestützten Ortsbrust. Dabei ist es möglich, mit entsprechenden Bohrköpfen verschiedene Böden und Geologien zu durchörtern. Um die Vortriebsleistung zu optimieren, werden je nach Konsistenz und Steingrößen z. B. schneidende oder brechende Abbauwerkzeuge installiert. Der Schutzrohreinbau z. B. Stahlbetonrohre geschieht in einem Arbeitsgang.

Beim Verlegen mehrerer Kabel eines Kabelsystems können je nach Bodeneigenschaften und Anforderungen des Kreuzungspartner unterschiedliche Lösungen realisiert werden - entweder kleine Vortriebe je Kabel oder ein großer Vortrieb je Kabelsystem. In der Regel wird für ein Energiekabel ein Vortrieb erforderlich sein.

Konkrete Angaben zu den Kabelabständen sind stark von der konkreten Projektkonstellation (u. a. von Übertragungsleistung, Kabeltyp) abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

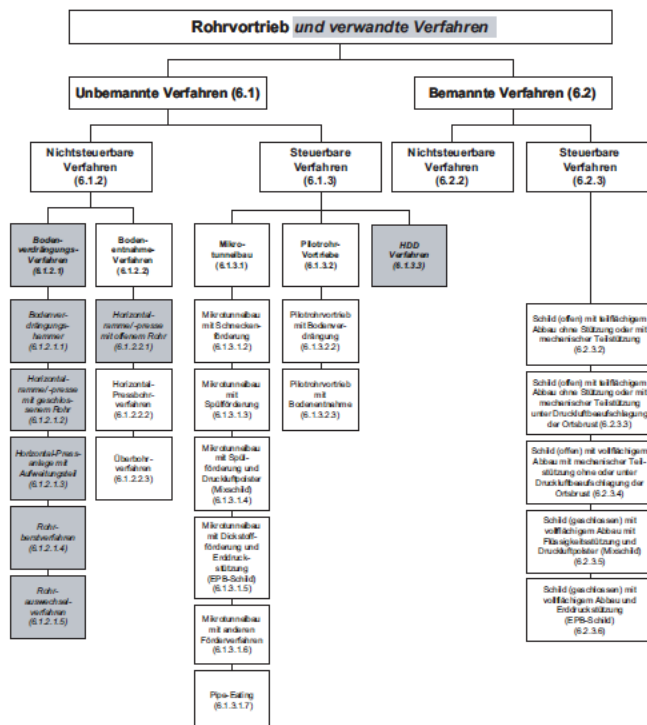


Bild 6 – Rohrortrieb und verwandte Verfahren (hellgrau hinterlegt und kursiv dargestellt)

Abbildung 22: Prinzipielle Einordnung des „Horizontal-Pressbohr-Verfahren“ (Quelle: DWA-A 125)

Ziffer	Verfahren	Erfahrungswerte für den Anwendungsbereich			
		Rohraußen- durchmesser $D_a$ [mm]	Vortriebs- länge <sup>a)</sup> [m]	Mindestüber- deckung <sup>b),c)</sup>	Lichter Mindestab- stand <sup>d)</sup>
6.1.2.1.1	Bodenverdrängungs- hammer	$\leq 200$ $\leq 63^{c)}$	$\leq 25$ $\leq 60^{c)}$	$10 \times D_a$	$4,5 \times D_a$
6.1.2.1.2	Horizontalramme/ -presse mit ge- schlossenem Rohr	$\leq 150$	$\leq 20$	$10 \times D_a$ min. 1,0 m	$4,5 \times D_a$
6.1.2.1.3	Horizontal-Press- anlage mit Aufwei- tungsteil	$\leq 100$	$\leq 15$	$10 \times D_a$ min. 1,0 m	$4,5 \times D_a$
6.1.2.1.4	Rohrberstverfahren, statisch und dyna- misch	$\leq 800$	$\leq 150$	$10 \times$ Aufweitungs- maß <sup>e)</sup>	$3 \times$ bis $5 \times$ Aufweitungs- maß <sup>e)</sup> , jedoch min. $0,4$ m bis $1,0$ $m^{e)}$
6.1.2.1.5	Rohrauswechsel- verfahren	$\leq 400$	$\leq 150^{f)}$	$10 \times$ Aufweitungs- maß <sup>e)</sup> min. 1,0 m	$3 \times$ bis $5 \times$ Aufweitungs- maß <sup>e)</sup> , jedoch min. $0,4$ m bis $1,0$ m
6.1.2.2.1	Horizontalramme/ -presse mit offenem Rohr	$\leq 2000$	$\leq 80^{g)}$	$1,5 \times D_a$ min. 1,0 m	-
6.1.2.2.2	Horizontal-Press- bohrgerät	$\leq 1600$	$\leq 80^{g)}$	$1,5 \times D_a$ min. 0,8 m	-
6.1.2.2.3	Überbohrverfahren	$\leq 800$	$\leq 80$	$1,5 \times D_a$ min. 0,8 m	-

Abbildung 23: Ungesteuerte Verfahren und deren Anwendungsbereiche im Vergleich (Quelle: DWA-A 125)

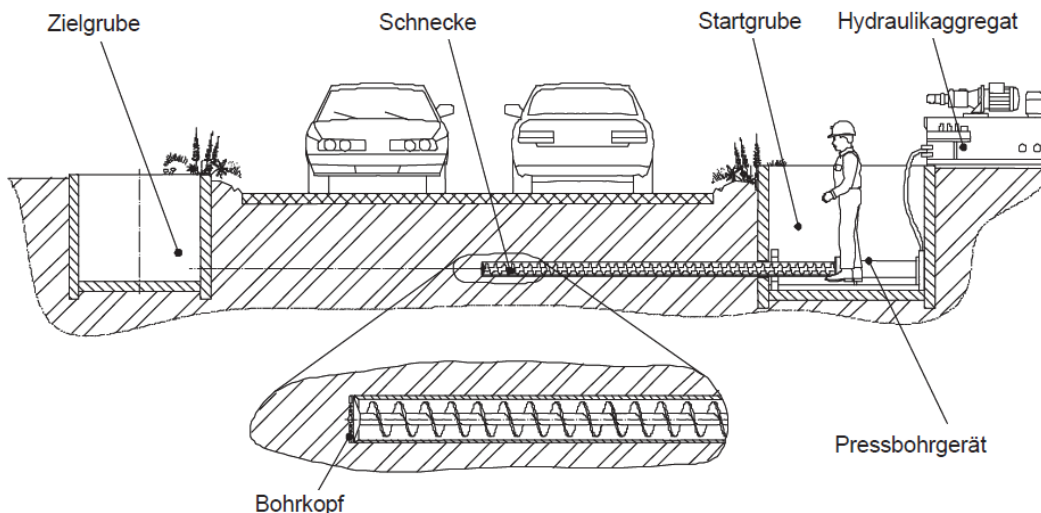


Abbildung 24: Schematische Darstellung des Horizontal-Pressbohrverfahren (Quelle: DVGW GW 304)

## 13.2 Technische Verfahrenseigenschaften

### Bodenverhältnisse

Durch eine gezielte Auswahl des Bohrkopfes (Standard- oder Mischbodenbohrkopf) ist nahezu jeder Untergrund durchquerbar.



## **Grundwasser**

Gegenüber Grundwasser wird der Schacht mittels Abdichtring gesichert.

Anstehendes Grundwasser ist im Wesentlichen nur im Bereich der Start und Zielgruben sowie beim Vortrieb zu berücksichtigen.

## **Verlegegenauigkeit**

Da die Verfahren nichtsteuerbar sind, ist eine hohe Verlegegenauigkeit nicht zu erzielen.

Die Bohrgenauigkeit hängt stark vom Baugrund ab. Homogene feste Böden lassen sich mit einer größeren Genauigkeit bohren. Bei sehr weichen oder inhomogenen Baugrundverhältnissen sowie Ablenkungen durch kleinere Hindernisse ist die Steuerbarkeit des Bohrkopfes schwieriger.

Die Einhaltung der vorgegebenen Abstände zur Parallelverlegung ist durch die Steuerung des Bohrkopfes schwierig.

## **Verlege- und Bohrlängen**

Vgl. Abbildung 23: ungesteuerte Verfahren und deren Anwendungsbereiche (Quelle: DWA-A 125)

## **Bohrdurchmesser**

Vgl. Abbildung 23: ungesteuerte Verfahren und deren Anwendungsbereiche (Quelle: DWA-A 125)

## **Setzungen**

Die Verfahren sind i. d. R. setzungsunempfindlich und können zur Querung kritischer Infrastruktur eingesetzt werden (z. B. Bahnkreuzungen).

## **Archäologie**

Archäologische Maßnahmen beschränken sich i. d. R. auf eine Untersuchung im Bereich der BE-Flächen im Start- und Zielbereich.

## **Kampfmittel**

Die länderspezifischen Kampfmittelverordnungen (KampfmV) sind zu beachten und zu befolgen.

## **Umweltauswirkungen**

Die Auswirkungen bei dem Verfahren beschränken sich auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Sie konzentrieren sich im Wesentlichen auf den Bereich der benötigten Baustelleneinrichtungsflächen im Bereich der Schachtbauwerke, Arbeits- und Materiallagerflächen. Der Schwerpunkt von Umweltauswirkungen konzentriert sich dabei auf temporäre Auswirkungen während der Bauphase. Eine Vielzahl der temporären Umweltauswirkungen, während der zeitlich eng begrenzten Bauzeit kann durch die Anordnung der Arbeitsflächen vermindert oder ausgeschlossen und durch praxiserprobte Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen weitgehend reduziert werden. Die nachfolgenden Ausführungen können sich in sensiblen Abschnitten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen im Einzelfall ändern.

Beim Schutzgut Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, sind in räumlicher Begrenzung auf das Umfeld der Start- und Zielgruben Staub- und Lichtemissionen während der Bauzeit zu erwarten. Zu Schallemissionen kommt es aufgrund des bautechnisch erforderlichen Bohrbetriebs. Während der Bauphase kann es bei der geschlossenen Bauweise durch Arbeiten von Baumaschinen temporär zu Vibrationen sowie in Einzelfällen Erschütterungen im Vorhabenbereich kommen.

Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt sind nur während der Bauzeit und in Ausnahmefällen zu erwarten. Temporär kann es zu einer Vergrämung von Tieren durch Baulärm im Bereich der Arbeitsflächen kommen.

Für das Schutzgut Boden besteht insbesondere das Risiko einer Betroffenheit im Bereich der Start- und Zielgruben durch Durchmischungen und Gefügeveränderungen. Innerhalb der Arbeitsflächen kann es zudem durch Befahrung zu Bodenverdichtungen kommen. Die Archivfunktion des Bodens wird im Bereich der Start- und Zielgruben durch den Bodenaushub aufgehoben.

Anstehendes Grundwasser ist im Bereich der Start- und Zielgruben zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere Bereiche mit oberflächennahem Grundwasserstand. Während der Bauphase hat eine Wasserhaltung zu erfolgen, um Arbeiten in den Gruben zu ermöglichen. Dieser Zeitraum erstreckt sich von der Grubenöffnung bis zur Wiederverfüllung der Gruben. Das geförderte Wasser kann in einen nahegelegenen Vorfluter abgeführt werden, wobei hier aufgrund der örtlichen Wasserbeschaffenheit weiterer technischer Aufwand vor der Einleitung notwendig werden kann.

Wird in Gehölzbestände eingegriffen, ist das Schutzgut Landschaft in erster Linie durch die Veränderung von landschaftsbildprägenden Gehölzstrukturen und Wäldern im Bereich der Arbeitsflächen betroffen.

Für das Schutzgut Kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter können sich Auswirkungen ergeben, sollte sich das Schachtbauwerk im Bereich eines bisher unbekanntes Bodendenkmals befinden. Jedoch ist durch die geschlossene Bauweise und damit geringe flächige Ausbreitung die Wahrscheinlichkeit des Auftretens vergleichsweise gering.

### **BE-Flächengröße**

Grundsätzlich ist die temporäre Flächeninanspruchnahme für die Verfahren in geschlossener Bauweise stark von den Baugrundverhältnissen und den Bohrlängen abhängig.

Konkrete Angaben zur Größe der erforderlichen BE-Flächen sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

### **Verlegeleistung**

Die Verlegeleistung bei der Durchführung hängen stark von den Baugrundverhältnissen und dem Bohrdurchmesser ab. Ein Vergleich der Bauzeit mit anderen geschlossenen Verfahren kann nur projektspezifisch erfolgen.

Konkrete Angaben zur Verlegeleistung sind stark von der konkreten Projektkonstellation abhängig und im Projektbezug zu ergänzen.

## **13.3 Wirtschaftliche Randbedingungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Das Horizontal-Pressbohr-Verfahren ist bei geeigneten Rahmenbedingungen und kurzen Längen der Unterquerungen ein wirtschaftliches, grabenloses Verfahren. Aufgrund dessen, dass sich um ein nicht steuerbares Verfahren handelt, nimmt die Verlegegenauigkeit mit zunehmenden Längen ab. Hieraus ergeben sich in Abhängigkeit des Baugrundes Grenzen des Einsatzes dieser Technik.

### **Marktverfügbarkeit**

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Anlagen ist ausreichend.

## **13.4 Bewertung in Bezug auf Eigentumsbelange**

Für die Umsetzung der Verlegung ist wegerechtlich das Betretungsrecht vorab einzuholen und die Grunddienstbarkeit dinglich zu sichern. Notwendige Flächen sind die BE-Flächen sowie der unterbohrte Bereich hinsichtlich Vermessungsarbeiten.

## **13.5 Sonstiges/Risiken**

Die Lagerung und Abfuhr des Bohrkleins, LKW- und Ladeplätze, Lagerplatz für Material (Vortriebsrohre, Bohrköpfe) etc. sind auf einer BE-Fläche vorzuhalten. Weiterhin ist Baufreiheit sicherzustellen, d. h. keine Kreuzungen mit Versorgungsleitungen oder Fernleitungen.

### **13.6            Fazit**

Die Verfahren sind in der Regel Standardverfahren gem. DVGW GW 304 und DWA-A 125, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Die Nichtsteuerbaren Verfahren sind technisch einfach und wirtschaftlicher im Vergleich zu den steuerbaren Verfahren. Die Verfahren sind nur eingeschränkt und nur in unkritischen Bereiche, auf sehr kurzen Strecken, anwendbar.

**14            Literaturverzeichnis**

## 15 Abkürzungsverzeichnis

*Dies ist ein projektbezogenes Gesamtabkürzungsverzeichnis.*

*Allgemein bekannte Abkürzungen, außer Einheiten, wurden entfernt.*

µT	Microtesla
Abb.	Abbildung
ABB	Archäologische Baubegleitung
AB	Archäologische Baubegleitung
Abs.	Absatz
ABSP	Arten- und Biotopschutzprogramm
AC	Bezeichnung für Wechselstrom (engl. alternating current)
AD	Außendurchmesser
ADEBAR	Atlas deutscher Brutvogelarten
AELF	Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
AFB	Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag
AfK	Arbeitsgemeinschaft DVGW/VDE für Korrosionsfragen
ALFF	Amt für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
AN	Auftragnehmer
ANC/ANFO	Ammoniumnitratsprengstoff mit Kohlenwasserstoffträgern
AIIMBI	Allgemeines Ministerialblatt
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
Art.	Artikel
ASK	Artenschutzkartierung
AT	Arbeitstage
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartografisches Informationssystem
AvU	Archäologische Voruntersuchung
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift

---

B	Bundesstraße
BAB	Bundesautobahn
Banz AT	Amtlicher Teil des Bundesanzeigers
BayernNetzNatur	Landesweiter Biotopverbund in Bayern
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
BD	Bodendenkmal
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.
BE	Baustelleneinrichtung
BE-Fläche	Baustelleneinrichtungsfläche
BEW	Bewirtschafter
BF4	Schwertransportbegleitfahrzeug der vierten Generation
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BFP	Bundesfachplanung
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGHU	Baugrundhauptuntersuchung
BGKK 100	Bodengeologische Konzeptkarte, Maßstab 1 : 100.000
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BGVU	Baugrundvoruntersuchung
BIB	Botanischer Informationsknoten Bayern
BIM	Building Information Modeling
BlmA	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
BK	Rotationskernbohrung
BK 50	Bodenkarte, Maßstab 1 : 50.000
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BLfD	Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

---

BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BNetzA	Bundesnetzagentur
BNT	Biotop- und Nutzungstypen
BT-Drucks.	Bundestagsdrucksache
BTLNK	Biotoptypen- und Landnutzungskartierung
Buchst.	Buchstabe
BÜK	Bodenübersichtskarte
BÜK 200	Bodenübersichtskarte, Maßstab 1 : 200.000
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
BVerwGE	Entscheidungen des Bundesverwaltungsgerichtes
BVVG	Bodenverwertungs- und -verwaltungs GmbH
BWP	Bewirtschaftungsplan
BWZ	Bewirtschaftungszyklus
CAD	Computer-Aided Design
CEF-Maßnahme	vorgezogene Ausgleichsmaßnahme (engl. continuous ecological functionality-measures)
CEPS	CEPS, a.s. / Tschechischer Übertragungsnetzbetreiber
CIGRE	Internationaler Rat für große elektrische Netze (franz. Conseil International des Grands Réseaux Électriques)
CIR	Color-Infrarot-Bilder
CPT	Drucksondierung
DA	Außendurchmesser
dB	Dezibel (Verhältniszahl)

---

dB(A)	Schalldruckpegel, Messgröße zur Bestimmung der Stärke von Geräuschpegeln
DB AG	Deutsche Bahn AG
DBBW	Dokumentations- und Beratungsstelle des Bundes zum Thema Wolf
DC	Gleichstrom (engl. direct current)
DC5	direct current 5 / Gleichstrom-Vorhaben 5 nach § 3 BBPIG
DC20	direct current 20 / Gleichstrom-Vorhaben 20 nach § 3 BBPIG
DCA	Verband Güteschutz Horizontalbohrungen e. V. (engl. Drilling Contractors Association)
DDA	Dachverband Deutscher Avifaunisten
DGM	Digitales Geländemodell
DGM10	Digitales Geländemodell, Gitterweite 10 m
DIN	Deutsche Industrie-Norm
DIN EN	Standard für Vereinheitlichung (Deutsches Institut für Normung)
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DLM	Digitales Landschaftsmodell
DNV	Datennutzungsvereinbarung
DOP	Digitales Orthofoto, entzerrte Luftbilder, die die Landschaft lagerichtig abbilden
DOP20	Digitale Orthofotos mit einer Bodenauflösung von 20 cm
DPH	Schwere Rammsondierung
DRL	Deutscher Rat für Landespflege e. V.
DruckLV	Druckluft
DTK	Digitale Topografische Karte
DTK10	Digitale Topografische Karte, Maßstab 1 : 10.000
DTK25	Digitale Topografische Karte, Maßstab 1 : 25.000
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
DWA-A	DWA-Arbeitsblatt
DWA-M	DWA-Merkblatt



---

EBGEO	Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrung aus Geokunststoffen
EC7	Eurocode 7
EE	Erneuerbare Energien
EFB	Einzelfallbetrachtung
EG	Europäische Gemeinschaft
EG-WRRL	Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
eiBkA	ernsthaft in Betracht kommende Alternativen
EK	Erdkabel
EKIS	Eingriffs- und Kompensationsinformationssystem Thüringen
EMF	Elektromagnetische Felder
EN	Europäische Norm
EOK	Erdoberkante
EÖT	Erörterungstermin
ET	Eigentümer
EU	Europäische Union
EuGH	Europäischer Gerichtshof
EU-VSG	EU-Vogelschutzgebiet
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EZG	Einzugsgebiet
FB WRRL	Fachbeitrag Wasserrahmenrichtlinie
FCS	Maßnahme zur Sicherung des Erhaltungszustandes (engl. favorable conservation status)
FCS-Maßnahme	Maßnahme zur Sicherung des Erhaltungszustandes
Fe	Eisen
F + E-Vorhaben	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
FFH	Fauna-Flora-Habitat

---

FFH-RL	Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Fauna-Flora-Habitat Richtlinie)
FFH-VP-Info	Fachinformationssystem des Bundesamtes für Naturschutz zur FFH-Verträglichkeitsprüfung
FGE	Flussgebietseinheit
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FIS	Fachinformationssystem
FL	Freileitung
FND	Flächennaturdenkmal
FNP	Flächennutzungsplan
FTK	festgelegter Trassenkorridor
GBB	Geotechnische Baubegleitung
GG	Grundgesetz
GGL	GIS-gestützte geomorphologische Landschaftsanalyse
GIS	Geographisches Informationssystem
GLB	Geschützter Landschaftsbestandteil
GMBI.	Gemeinsames Ministerialblatt
GOK	Geländeoberkante
GRK	Geotextilrobustheitsklasse
GTSO	Green Technology Solutions
GÜK	Geologische Übersichtskarte
GÜK200	Geologische Übersichtskarte, Maßstab 1 : 200.000
Gw	Grundwasser
GW	Gigawatt (1.000.000.000 W), Einheit der elektrischen Leistung
GWK	Grundwasserkörper
GWM	Grundwassermessstelle
GWRL	Grundwasserrichtlinie

---

GZ	Grünlandzahl
Ha	Hektar
HBB	Hydrogeologische Baubegleitung
HBV	Herstellen, Behandeln und Verwenden
HDD	Horizontalspülbohrverfahren (engl. horizontal directional drilling)
HDPE	Hart-Polyethylen (High Density Polyethylen)
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
HMWB	Heavily Modified Water Body
HNB	Höhere Naturschutzbehörde
HQ	Hochwasserabfluss
HQ5	5-jährliches Hochwasser
HQ10	10-jährliches Hochwasser
HQ100	100-jährliches Hochwasser
Hrsg.	Herausgeber
HV	High Voltage (dt. Hochspannung) vergleiche HVAC / HVDC
HVAC	High Voltage Alternating Current (Hochspannungswechselstrom)
HVDC	High Voltage Direct Current (Hochspannungsgleichstrom)
Hz	Hertz, Einheit für die Frequenz
IBA	wertvolle Gebiete für Vögel (engl. Important Bird Area)
ICNIRP	Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (engl. International Commission on non-ionizing radiation protection)
ISEK	Integriertes Städtisches Entwicklungskonzept
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung (5. Auflage)
KAS	Kabelabschnittsstation
kf-Wert	Durchlässigkeitsbeiwert
KKS	Kathodischer Korrosionsschutz

---

km	Kilometer
KorFin	Software Anwendung „Korridorfinder“
KPV	Kurzpumpversuch
KRV	Kunststoffrohrverband
KS	Konverter-Suchraum
KSR	Kabelschutzrohr
KÜS	Kabelübergangstation
kV	Kilovolt (1.000 V)
LABO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LaRA	Programm zur Erfassung der Liegenschaftsdaten (engl. Land Rights Application)
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LDBV	Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung
LED	Leuchtdiode (engl. Light-emitting diode)
LEK	Landesentwicklungskonzept
LEP	Landesentwicklungsprogramm/Landesentwicklungsplan
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LfL	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LIDAR	Methode zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung mit Laserstrahlen (engl. Light detection and ranging)
LIFE	Finanzierungsinstrument der EU für die Umwelt (franz. L'Instrument Financier pour l'Environnement)
LKR	Landkreis
LRT	Lebensraumtyp

---

LSG	Landschaftsschutzgebiet
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
LWL	Lichtwellenleiter
LWL-ZS	Lichtwellenleiterzwischenstation
m	Meter
MHQ	Mittlerer Hochwasserabfluss
MI-Kabel	Masseimprägniertes Kabel
MLK	Mittellandkanal
MLM	Mindestlichtmaß
mm	Millimeter
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MP	Maßnahmenplan
MPa	Megapascal
MQ	Mittelwasserabfluss
MST	Messstelle(n)
mT	Millitesla (Einheit der magnetischen Flussdichte)
MT	Microtunnel
MW	Megawatt
MZB	Makrozoobenthos
Natura 2000	Natura 2000 ist der Name für ein europaweites Netz von nach EU-Recht geschützten besonderen Schutzgebieten. Es umfasst die Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung nach der FFH-Richtlinie sowie die Schutzgebiete nach der Vogelschutzrichtlinie.
ND	Naturdenkmal
NEP	Netzentwicklungsplan
NHN	Normal-Höhen-Null
NI	Niedersachsen
NKT	Kabelhersteller (nkt cables GmbH & Co. KG)
NQ	Niedrigwasserabfluss

---

NSG	Naturschutzgebiet
NT	Nachrichtentechnik
NVP	Netzverknüpfungspunkt
NWB	Natural Water Body
ÖBB	Ökologische Baubegleitung
ÖBÜ	Örtliche Bauüberwachung
ONB	Obere Naturschutzbehörde
OT	Ortsteil
OWK	Oberflächenwasserkörper
P	Phosphor
P44	Projekt 44 im NEP 2030
PAK	Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PCI	Vorhaben von gemeinsamem Interesse (engl. projects of common interest)
PE	Polyethylen
PEHD	Polyethylen high density
PE-RT	Polyethylen mit erhöhter Temperaturbeständigkeit (raised temperature resistance)
PF	Planfeststellung
PFA	Planfeststellungsabschnitt
PFV	Planfeststellungsverfahren
PG	Planungsgrundsatz
PL	Planungsleitsatz
PP-HM	Polypropylen hochmodular (mit hoher Steifigkeit)
PSE	Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA / polnischer Übertragungsnetzbetreiber
PST	Phasenschiebertransformator
PV-Anlagen	Photovoltaik-Anlagen
QK	Qualitätskomponenten
RAB	Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen

---

RAS	Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil des technischen Regelwerks im Straßenbau
RAS-LP	Richtlinien für die Anlage von Straßen - Teil: Landschaftspflege
R+I	Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild
Ril	Richtlinie
RKS	Rammkernsondierung
RL	Rote Liste
RLS	Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen
Rn.	Randnummer
RNV	Regenerative thermische Nachverbrennung
RP	Regionalplan
RPG	Regionale Planungsgemeinschaft
RPV	Regionaler Planungsverband
RVO	Rechtsverordnung
RVS	Raumverträglichkeitsstudie
RWA	Rauchwärme Abzug
RWK	Raumwiderstandsklasse
S	Staatsstraße
SächsGVBl.	Sächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt
SBK	Selektive Biotopkartierung
SDB	Standard-Datenbogen
SDR	Standard Dimension Ratio; Verhältnis von Außendurchmesser zur Wanddicke
SG	Schutzgut
SiGeKo	Sicherheits- und Gesundheitskoordinator
SKR	Stromleitungskreuzungsrichtlinie
SL	SuedLink
SOL	SuedOstLink
söpB	sonstige öffentliche und private Belange

---

SPA	EU-Vogelschutzgebiet (engl. Special Protected Area)
SQUID	Supraleitende Quanteninterferenzeinheit (engl. Superconducting quantum interference device)
stA	standardisierte technische Ausführung
StAnz.	Staatsanzeiger
StMUV	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
StVO	Straßenverkehrsordnung
SUP	Strategische Umweltprüfung
SWK	Standgewässer-Wasserkörper
t	Tonnen
T	Tragmast
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TBM	Tunnelbohrmaschine
TenneT	TenneT TSO GmbH
TK	Tragketten
TKS	Trassenkorridorsegment
TL Geok E-StB 05	Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues
TöB	Träger öffentlicher Belange
TRN	Technische Richtlinien Netze
TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
UBB	Umweltbaubegleitung
ÜBK	Übersichtsbodenkarte
UIG-Antrag	Datenanfrage nach dem Umweltinformationsgesetz
UNB	Untere Naturschutzbehörde
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UQN	Umweltqualitätsnorm



---

UQN-RL	Umweltqualitätsnormen-Richtlinie
UR	Untersuchungsraum
ÜSG	Überschwemmungsgebiet
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVP-Bericht	Bericht zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens
UWB	Untere Wasserbehörde
UXO	Nicht explodierte Munition (engl. unexploded ordnance)
V	Volt
vAV	Vertiefter Alternativenvergleich
VBK 50	Vorläufige Bodenkarte, Maßstab 1 : 50.000
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VDI	VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VHT	Vorhabenträger
vMGI	Vorhabentypspezifische Mortalitätsgefährdung
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
VPE	Vernetzte Polyethylenisolierung
VRG	Vorranggebiet
VSch-Gebiete	Vogelschutzgebiete
VSch-RL	Vogelschutzrichtlinie
VSG	Vogelschutzgebiet
VT	Vorzugstrasse
VTK	Vorschlagstrassenkorridor gemäß Unterlagen nach § 8 NABEG
WA	Winkelabspannmast
WE	Winkelendmast
WEA	Windenergieanlage
Web-GIS	Webbasiertes geographisches Informationssystem
WF	Wirkfaktor

---

WHO	Weltgesundheitsorganisation (engl. World Health Organization)
WKA	Windkraftanlage
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSG	Wasserschutzgebiet
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
WWA	Wasserwirtschaftsamt
ZenA	Zentrale Artdatenbank
Ziff.	Ziffer
ZTV	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen

### **Gesetze und Verordnungen**

6. AVwV	Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm)
12. BImSchV	Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung)
26. BImSchVVwV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
26. BImSchV	26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über elektromagnetische Felder
32. BImSchV	Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung
AbwV	Abwasserverordnung
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
AVV Baulärm	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen
BauGB	Baugesetzbuch
BaustellV	Baustellenverordnung
BayBodSchG	Bayerisches Bodenschutzgesetz
BayDSchG	Bayerisches Denkmalschutzgesetz
BayKompV	Bayerische Kompensationsverordnung

---

BayNatSchG	Bayerisches Naturschutzgesetz
BayStrWG	Bayerisches Straßen- und Wegegesetz
BayWaldG	Bayerisches Waldgesetz
BayWG	Bayerisches Wassergesetz
BBergG	Bundesberggesetz
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BBPIG	Bundesbedarfsplangesetz
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BKompV	Bundeskompensationsverordnung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BWaldG	Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz)
DigiNetzG	Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze
DruckLV	Verordnung über Arbeiten in Druckluft
DVoVG	Verordnung zur Durchführung des Forstvermehrungsgutgesetzes
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
FoVDV	Forstvermehrungsgut-Durchführungsverordnung
FoVG	Forstvermehrungsgutgesetz
FStrG	Bundesfernstraßengesetz
GGVSE	Gefahrgutverordnung
GrwV	Grundwasserverordnung
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LuftVG	Luftverkehrsgesetz
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz
OGewV	Oberflächengewässerverordnung

---

PfZV	Verordnung über die Zuweisung der Planfeststellung für länderübergreifende und grenzüberschreitende Höchstspannungsleitungen auf die Bundesnetzagentur (Planfeststellungszuweisungsverordnung)
ROG	Raumordnungsgesetz
SchBerG	Gesetz über die Beschränkung von Grundeigentum für die militärische Verteidigung (Schutzbereichsgesetz)
TEN-E VO	Verordnung (EU) Nr. 347/2013 des europäischen Parlaments und des Rates zu Leitlinien für transeuropäische Energieinfrastruktur
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UIG	Umweltinformationsgesetz
USchadG	Gesetz über die Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden (Umweltschadengesetz)
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VVWas	Verwaltungsvorschrift zum Vollzug des Wasserrechts
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WSG-VO	Wasserschutzgebietsverordnung