



Korridor B

Unterlagen zur Bundesfachplanung nach § 8 NABEG
BBPIG Vorhaben Nr. 49

Abschnitt Nord 1 (Wilhelmshaven / Landkreis Friesland – Friesland)

Unterlage 12 – Standardkreuzungsverfahren (Typicals)

Stand: 08.11.2024

Antragsteller:

Amprion GmbH

Robert-Schuman-Straße 7

44263 Dortmund

i. V. Arndt Feldmann

i. A. Dirk Hensen

Verfasser:**ARGE Umweltplaner Korridor B**

Kortemeier Brokmann

Landschaftsarchitekten GmbH

Oststraße 92

32051 Herford

In Zusammenarbeit mit

Bosch und Partner GmbH

Kirchhofstraße 2c

44623 Herne

planungsgruppe grün gmbh

Rembertistraße 30

28203 Bremen

IBL Umweltplanung GmbH

Bahnhofstraße 14a

26122 Oldenburg

Unter Mitwirkung von

Ingenieurbüro Nickel GmbH

Logebachstr. 4

53604 Bad Honnef

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	9
2	Vorhaben	11
3	Grundlagen.....	13
3.1	HDD	13
3.2	Pilotrohrvortrieb	13
3.3	Mikrotunnel.....	14
4	Standardkreuzungsverfahren	15
4.1	Verlegeverfahren – Offene Verlegebauweise	16
4.1.1	Querung einer Straße in offener Verlegebauweise	16
4.1.2	Querung eines Gewässers in offener Verlegebauweise	17
4.1.3	Querung einer erdverlegten Fremdleitung in offener Verlegebauweise	18
4.2	Verlegeverfahren – Pilotrohrvortriebsverfahren.....	18
4.3	Verlegeverfahren – Horizontal Directional Drilling-Verfahren	20
4.4	Mikrotunnel-Verfahren	22
5	Vorgaben und Hinweise zur Ausführung	24
5.1	Straße / Bundesautobahn	24
5.2	Gewässer	25
5.3	Bahnstrecke	26
5.4	Erdverlegte Fremdleitung	26
5.4.1	Querung von erdverlegten Fremdleitungen in offener Bauweise.....	26
5.4.2	Querung von erdverlegten Fremdleitungen mittels HDD-Verfahren.....	27
6	Literaturverzeichnis	28

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 4-1	Übersicht der Standardkreuzungsverfahren (Typicals)	15
Tab. 4-2	Anwendung der offenen Verlegung:.....	16
Tab. 4-3	Anwendung des Pilotrohrvortriebs:	19
Tab. 4-4	Anwendung des HDD-Verfahrens:.....	22
Tab. 4-5	Anwendung des Mikrotunnel-Verfahrens:	23

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 4-1	Schematische Darstellung Pilotrohrvortriebsverfahren (Quelle: DWA A-125)	19
Abb. 4-2	Schematische Darstellung Horizontal Directional Drilling-Verfahren (Quelle: DWA A-125)	21
Abb. 4-3	Schematische Darstellung Mikrotunnel-Verfahren (Quelle: DWA A-125)	23

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AC.....	Drehstrom (engl.: alternating current)
BAB.....	Bundesautobahn
BBPIG	Bundesbedarfsplangesetz
BNetzA.....	Bundesnetzagentur
DB.....	Deutsche Bahn AG
DC.....	Gleichstrom (engl.: direct current)
DN.....	Nennweite
DWA.....	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
GAV	Gesamtalternativenvergleich
GOK.....	Geländeoberkante
HDD-Verfahren	Horizontalspülbohrverfahren (engl.: horizontal directional drilling)
HGÜ	Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung
KKS	kathodischen Korrosionsschutz
KKÜS	Kabel-Kabel-Übergabestationen
KRK.....	Konfliktrisikoklasse
LWL.....	Lichtwellenleiter
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz
NEP.....	Netzentwicklungsplan
NVP.....	Netzverknüpfungspunkt
PE	Polyethylen
PFV	Planfeststellungsverfahren
potTRaum	potenzieller Trassierungsraum
PTA.....	Potenzielle Trassenachse
TK	Trassenkorridor
TKG.....	Telekommunikationsgesetzes
TKS.....	Trassenkorridorsegment
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber:in
UR.....	Untersuchungsraum
VTK.....	Vorschlagstrassenkorridor

1 Einleitung

Das Projekt Korridor B umfasst die Vorhaben 48 und 49 (BBPIG-Vorhaben Nr. 48 und 49). Es handelt sich um die Höchstspannungs-Gleichstromverbindungen (HGÜ) zwischen Heide West und Polsum (Vorhaben 48), sowie zwischen Wilhelmshaven und Hamm (Vorhaben 49). Aufgrund des gesetzlichen Erdkabelvorrangs (vgl. §3 BBPIG) sollen die beiden Gleichstromverbindungen grundsätzlich als Erdkabel realisiert werden.

Der Gesetzgeber hat in der Begründung zum BBPIG darauf hingewiesen, dass das Vorhaben 48 gemeinsam mit Vorhaben 49 so weit wie möglich als paralleles Erdkabel auf einer Stammstrecke realisiert werden soll. Für das Vorhaben 49 „Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/Landkreis Friesland – Hamm“ enthält die Gesetzesbegründung eine spiegelbildliche Vorgabe.

Im Rahmen des Projektes werden im Einzelvorhaben zwei Kabelgräben erforderlich. Ein Graben nimmt zwei Kabel DA 160 im Kabelschutzrohr ca. DA280 mm auf. In dem anderen Kabelgraben werden drei Leerrohre DA 280 für eine zukünftige Bestückung mit Hochspannungserdkabeln verlegt.

Die Standardbauweise ist die Verlegung im offenen Kabelgraben, in der Stammstrecke erfolgt eine analoge Verlegung in vier Kabelgräben.

Die gesamte Breite des temporär benötigten Arbeitsstreifens (Baubedarfsfläche) beträgt im Einzelvorhaben ca. 36 m und in der Stammstrecke ca. 57 m. Der Arbeitsstreifen beinhaltet im Wesentlichen Bereiche für Bodenlagerung, mehrere Baustraßen sowie zwei bzw. vier separate Gräben für die Errichtung der Kabel- und Leerrohrsysteme. Dauerhaft, d.h. auch für den späteren Betrieb, ist es erforderlich, dass ein ca. 27 m breiter Schutzstreifen dinglich gesichert wird, in welchem Einschränkungen bezüglich der Nutzung bestehen (z.B. keine Bebauung und Anpflanzung von Bäumen). Dieser ist in der Stammstrecke ca. 57 m breit.

Neben dem Einsatz in der freien Fläche ist die offene Verlegebauweise auch bei untergeordneten Kreuzungen vorgesehen, etwa bei Feld- und Waldwegen, nicht klassifizierten Straßen und kleineren Gewässern, die nach Abstimmung mit den Straßenbaulastträgern bzw. den zuständigen Genehmigungs- und Fachbehörden offen gequert werden dürfen.

Daneben wird die Querung von größeren Verkehrswegen (z.B. Bahnstrecken, klassifizierte Straßen), Gewässern und größeren Fremdleitungen sowie ggf. von naturschutzfachlich sensiblen Bereichen erforderlich, die in der Regel in geschlossener Verlegebauweise erfolgt. Eine offene Querung klassifizierter Straßen ist bei Erfordernis im Einzelfall in Betracht zu ziehen und im Zuge der weiteren Planungen mit den Genehmigungsbehörden und Straßenbaulastträgern abzustimmen. Bei der Kreuzung von Fremdleitungen ist im Einzelfall zu prüfen, ob die

technischen Rahmenbedingungen der Kreuzung, insbesondere die Dimension der Fremdleitung sowie deren Tiefenlage, die Grundwasser- und Bodenverhältnisse sowie ggf. zu beachtende Auflagen des Fremdleitungsbetreibers, eine geschlossene Querung erfordern.

2 Vorhaben

Das Vorhaben „Korridor B“ setzt sich aus den beiden Einzelvorhaben „Vorhaben 48: Höchstspannungsleitung Heide West – Polsum (mit den Bestandteilen Heide West – B 431 südlich Roßkopp (Wewelsfleth), B 431 südlich Roßkopp (Wewelsfleth) – L 111 östlich Allwörden (Freiburg (Elbe)/Wischhafen) und L 111 östlich Allwörden (Freiburg (Elbe)/Wischhafen) – Polsum)“ und „Vorhaben 49: Höchstspannungsleitung Wilhelmshaven/Landkreis Friesland – Lippetal/Welver/Hamm“ zusammen. Beide Vorhaben sollen dabei vorrangig in Erdkabelbauweise realisiert werden (§ 2 Abs. 5 BBPIG) und eine Höchstspannungs-Gleichstromübertragung ermöglichen. Zudem wurden beide Vorhaben im Bundesbedarfsplan mit einer „H“-Kennzeichnung versehen. Dies kennzeichnet, dass zusätzlich zum Erdkabel Leerrohre für weitere Stromleitungen vorgesehen sind. Das entsprechende Leerrohrsystem wird deshalb mit geplant und beantragt.

Dem Bundesbedarfsplan können verbindliche Vorgaben zu den Netzverknüpfungspunkten (NVP) des Korridor B entnommen werden. Die entsprechenden NVP „Heide West“, „Polsum“, „Wilhelmshaven/Landkreis Friesland“ und „Lippetal/Welver/Hamm“ sind als verbindliche Anfangs- und Endpunkte der Höchstspannungsverbindung gesetzt. Im Umfeld der NVP müssen zur Anbindung an das 380-kV-Wechselspannungsnetz zusätzlich Konverter realisiert werden. Diese sind notwendig, um den vom Umspannwerk kommenden Wechselstrom (AC) des Übertragungsnetzes in den für das Vorhaben benötigten Gleichstrom (DC) bzw. den Gleichstrom für die Einspeisung in das Übertragungsnetz in Wechselstrom umzurichten und auf die entsprechende Spannungsebene anzupassen. Die konkrete Lage solcher Nebenanlagen ist allerdings nicht verbindlich vorgegeben. Die Konverter können z. B. im nahen Umfeld der NVP liegen und werden jeweils durch eine Wechselstrom-Anbindungsleitung an den NVP angebunden. Die AC-Anbindungsleitungen unterliegen einem Freileitungsvorrang. Nur bei Vorliegen bestimmter Ausnahmeveraussetzungen kann auf technisch und wirtschaftlich effizienten Teilstrecken ein Erdkabel errichtet werden. Die Fertigstellung des Korridor B ist für den Anfang der 2030er Jahre geplant.

Zur besseren Strukturierung wird das Vorhaben in Abschnitte gegliedert. Die sogenannte Stammstrecke bildet einen gemeinsamen Abschnitt der beiden Vorhaben. Weiterhin weist das Vorhaben 48 drei weitere Abschnitte zwischen Konverter und Stammstrecke im Norden und zwei im Süden auf, wodurch es insgesamt über sechs Abschnitte verfügt. Das Vorhaben 49 hingegen besitzt jeweils zwei weitere Abschnitte im Norden und im Süden, wodurch insgesamt fünf Abschnitte gebildet werden. Die vorliegende Unterlage betrachtet den Abschnitt Süd 2 (Warendorf – Lippetal/Welver/Hamm) des Vorhabens Nr. 49 BBPIG.

Nach aktuellem Planungsstand ist es vorgesehen, für die Gleichstromerdkabelanlage 525-kV-Kabel einzusetzen. Für die Übertragungsleistung von 2 GW wird ein Erdkabelsystem mit zwei Höchstspannungserdkabeln verlegt (Normalstrecke). Der Notwendigkeit, Leerrohre für weitere Stromleitungen vorzusehen, wird die Vorhabenträgerin dadurch gerecht, dass sie

für das Vorhaben ein Leerrohrsystem mit analoger Übertragungsleistung in die Planung einbezieht. Im Bereich der Stammstrecke, in dem beide Vorhaben parallel geführt werden, kommt zusätzlich ein zweites Erdkabelsystem mit zugehörigen Lehrrohren hinzu.

Bei der Verlegung wird grundsätzlich zwischen offener und geschlossener Bauweise unterschieden, für die jeweils unterschiedliche Verfahren eingesetzt werden können. Die Regelbauweise ist die offene Bauweise. Bei der Querung von größeren Verkehrswegen, Gewässern, größeren Fremdleitungen oder naturschutzfachlich sensiblen Bereichen kann auf eine geschlossene Verlegebauweise zurückgegriffen werden. Bei Anwendung der geschlossenen Bauweise kommen unter anderem das HDD- oder Microtunnel-Verfahren zum Einsatz. Bei längeren geschlossenen Querungen (z. B. an der Weser) sind entsprechend der Querungslängen und der örtlichen geologischen Verhältnisse die Bauverfahren entsprechend ihrer Einsatzgrenzen und Eignung vorzusehen. Denkbar bei der Weser ist zum Beispiel ein hydraulischer Rohrvortrieb (Schildvortrieb) in Tübbing-Bauweise. Als Regelbauweise im offenen Kabelgraben für das Vorhaben ist die Verlegung in einem Graben je Erdkabel-Energiesystem bzw. Leerrohrsystem mit seitlicher Lagerung des Bodenaushubs vorgesehen. Im Falle der Stammstrecke erfolgt die Verlegung ebenfalls in jeweils getrennten Kabelgräben, sodass man im Regelgrabenprofil für die Stammstrecke dementsprechend 4 parallele Kabelgräben erhält. Der dauerhaft zu sichernde Schutzstreifen wird dabei jeweils 5 m ab dem äußeren Energiekabel nach außen hin gesichert.

Je nach örtlichen Gegebenheiten kann im Bereich der Normalstrecke eine Arbeitsstreifenbreite von ca. 40 m resultieren. Werden die beiden Vorhaben Nr. 48 und Nr. 49 auf einer Stammstrecke geführt, erhöht sich die Breite des Arbeitsstreifens auf ca. 60 m.

3 Grundlagen

Im Rahmen der Ausarbeitung von Standardkreuzungen zur Querung typischer bautechnischer Hindernisse wurden folgende technische Grundlagen vorgegeben:

Bei der offenen Verlegebauweise im Einzelvorhaben werden zwei Kabel ca. DA160 mm jeweils in einem Kabelschutzrohr ca. DA280 in einem Kabelgraben verlegt. Der geplante Achsabstand beträgt innerhalb eines Systems ca. 1,40 m. Hinzu kommt ein Leerrohrsystem in einem weiteren Rohrgraben mit Kabelschutzrohren ca. DA280. Darüber hinaus sind die Vorgaben aus den Regelwerken (z.B. DB) sowie, im Zuge der weiteren Planungen, die Forderungen der Genehmigungsbehörden zu berücksichtigen.

In der Stammstrecke werden vier Kabelgräben erforderlich: Zwei für die jeweiligen Vorhaben V48 und V49 mit je zwei Kabeln und zwei weitere für die beiden Leerrohrsysteme mit je drei Kabelschutzrohren (s. auch Erläuterungsbericht Kapitel 1.4).

3.1 HDD

Bei der Querung im Horizontal Directional Drilling-Verfahren sind in der Einzelstrecke 5 Bohrungen von Kabelschutzrohren ca. DA315 mm (z.B. PE) erforderlich. Das Kabelschutzrohr wird bei diesem Verfahren über teils größere Distanzen in den Bohrkanal eingezogen. Daher ist es notwendig, die Wandstärke des Kabelschutzrohres auf DA 315 mm zu erhöhen, so dass die notwendigen Zugkräfte übertragen werden können.

Jedes Kabelschutzrohr dient dabei zur Aufnahme von einem Kabel ca. DA160 mm. Der geplante Achsabstand beträgt mindestens ca. 3 m. Die Systeme haben einen Abstand von 6 m. Hinzu kommen auf der jeweiligen Außenseite jeweils eine Bohrung eines PE-Rohres DA 315 zur Aufnahme von 8 Lichtwellenleiter-Kabeln. Somit werden in der Einzelstrecke insgesamt 7 Bohrungen erforderlich.

Analog werden in der Stammstrecke 14 Bohrungen erforderlich.

3.2 Pilotrohrvortrieb

Für die Unterkreuzung im Pilotrohrvortriebsverfahren sind in der Einzelstrecke insgesamt 5 Bohrungen mit Vortrieb von Mantelrohren ca. DN400 mm (z.B. Steinzeug) zur Aufnahme von jeweils einem Kabel im Kabelschutzrohr ca. DA280 mm vorgesehen. Der geplante Achsabstand beträgt mindestens ca. 1,50 m. Auch hier kommen zur Aufnahme der LWL-Kabel außen zwei Bohrungen mit Vortrieb von Mantelrohren ca. DN400 mm (z.B. Steinzeug) zur Aufnahme von 8 Lichtwellenleiter-Kabeln hinzu.

In der Stammstrecke werden, analog zum HDD, 14 Bohrungen erforderlich.

3.3 Mikrotunnel

Für Unterkreuzungen im Microtunnelverfahren werden in der Einzelstrecke insgesamt 2 Bohrungen erforderlich. Vorgetrieben werden Stahlbetonrohre DN1.500 / DA1.960. In diese werden im Fall des Leerrohrsystems drei Kabelschutzrohre DA 280 und 8 LWL-Kabelschutzrohre DA 50 eingebracht. Im Fall der direkt mit Höchstspannungserdkabeln zu bestückenden Systeme werden lediglich zwei Kabelschutzrohre DA 280 zusammen mit 8 LWL-Kabelschutzrohren DA 50 in das Betonrohr eingebracht.

In der Stammstrecke werden analog vier Mikrotunnel erforderlich.

4 Standardkreuzungsverfahren

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die betrachteten Standardkreuzungsverfahren mit den grundsätzlich in Frage kommenden Verlegebauweisen, welche in den folgenden Unterkapiteln vorgestellt werden.

Zu jedem Verfahren wurde eine graphische Regel-Darstellung im Maßstab 1: 750 (sog. Typical, s. Anlagen) erarbeitet, die den erforderlichen Platzbedarf für das Baufeld, den Schutzstreifen, die Abstände der Anlagen untereinander sowie Flächen für die Bodenmieten zeigt.

Die folgende Tabelle zeigt die erarbeiteten Typicals:

Tab. 4-1 Übersicht der Standardkreuzungsverfahren (Typicals)

Typical Nr.	Querung	Verfahren	Vorhaben
001	Straße	HDD	Einzelverlegung
002	Straße	HDD	Stammstrecke
003	Straße	Pilotrohrvortrieb	Einzelverlegung
004	Straße	Pilotrohrvortrieb	Stammstrecke
005	Straße	offen	Einzelverlegung
006	Straße	offen	Stammstrecke
007	BAB	HDD	Einzelverlegung
008	BAB	HDD	Stammstrecke
009	Gewässer	HDD	Einzelverlegung
010	Gewässer	HDD	Stammstrecke
011	Gewässer	offen	Einzelverlegung
012	Gewässer	offen	Stammstrecke
013	DB-Strecke	Mikrotunnel	Einzelverlegung
014	DB-Strecke	Mikrotunnel	Stammstrecke
015	Fremdleitung	HDD	Einzelverlegung
016	Fremdleitung	HDD	Stammstrecke
017	Fremdleitung	offen	Einzelverlegung
018	Fremdleitung	offen	Stammstrecke

4.1 Verlegeverfahren – Offene Verlegebauweise

Im Einverständnis mit der jeweiligen Genehmigungsbehörde können Querungshindernisse, insbesondere untergeordnete Straßen und Wege, kleinere Gewässer und erdverlegte Fremdleitungen, auch in offener Bauweise gekreuzt werden. Nicht für jedes Querungshindernis wurde die offene Verlegebauweise als Musterfall ausgearbeitet, da eine offene Querung von Bundesautobahnen sowie von Bahnstrecken in der Regel nicht möglich ist.

Im Falle der Kreuzung in offener Verlegebauweise erfolgt in der Einzelstrecke die Verlegung von 5 Kabelschutzrohren ca. DA280 mm. Jedes Kabelschutzrohr dient zur Aufnahme eines Kabels ca. DA160 mm. In der Stammstrecke erfolgt die Verlegung von 10 Kabelschutzrohren ca. DA280 mm.

Grundsätzlich wird bei der offenen Bauweise zwischen geböschten und verbauten Kabelgräben unterschieden. Es sind die Vorgaben der DIN 4124 zu berücksichtigen.

Mit der offenen Verlegebauweise können folgende Hindernistypen gequert werden:

Tab. 4-2 Anwendung der offenen Verlegung:

Typical Nr.	Querung	Vorhaben
005	Straße	Einzelvorhaben
006	Straße	Stammstrecke
011	Gewässer	Einzelvorhaben
012	Gewässer	Stammstrecke
017	Fremdleitung	Einzelvorhaben
018	Fremdleitung	Stammstrecke

Bei den Typicals zur offenen Verlegung werden die LWL-Kabelschutzrohre DA 50 nicht dargestellt, um die Übersichtlichkeit der Grafiken zu wahren. Im Fall der geschlossenen Verlegungen werden die LWL-Kabelschutzrohre in einem Mantelrohr zusammengeführt. Für dieses ergibt sich jeweils eine zusätzliche Bohrung. Dieses Rohr ist in den Typicals in blau dargestellt.

4.1.1 Querung einer Straße in offener Verlegebauweise

Bei nicht klassifizierten Straßen, befestigten Wirtschaftswegen, Feld- und Waldwegen sowie nach Abstimmung mit den Straßenbaulastträgern bzw. Genehmigungsbehörden ist die Verlegung in offener Bauweise vorgesehen. Bei Erfordernis können auch Kreis- und Landesstraßen in offener Verlegebauweise gequert werden.

Zur Herstellung der Kreuzung ist in der Regel eine kurzzeitige Vollsperrung des Verkehrsweges erforderlich. Sofern eine Umleitung des Verkehrs nicht möglich ist oder zu unverhältnismäßig hohen Erschwernissen führt, kann die Realisierung auch mit Hilfe einer halbseitigen Sperrung oder einer lokalen Umfahrung erfolgen.

Wie bei der offenen Standardverlegung wird je Kabelsystem ein Kabelgraben angelegt. Je nach Baugrund sollte eine Sicherung der Böschungen und der Kabelgräben durch Verbau erfolgen. Nach Öffnen des Grabens quer zur Straße werden in einem Rohrgraben zwei, in dem anderen jeweils drei Kabelschutzrohre ca. DA280 mm verlegt. In der Stammstrecke handelt es sich um vier Kabelgräben mit insgesamt 10 Kabelschutzrohren.

Im Anschluss erfolgt die Verfüllung mit lagenweiser Verdichtung. Die Straßenoberfläche wird nach den Vorgaben der einschlägigen Regelwerke (z.B. ZTV A-StB, ZTV E-StB, RStO) sowie den Auflagen der Straßenbaulastträger wiederhergestellt.

4.1.2 Querung eines Gewässers in offener Verlegebauweise

Bei der Kreuzung wird jedes Kabelschutzrohr ca. DA280 mm als sogenannter Düker in den geöffneten Kabelgraben auf Höhe des Gewässers eingehoben bzw. eingezogen und anschließend an den Endpunkten verbunden. Dabei wird je Kabelsystem ein Kabelgraben angelegt. Das Bodenmaterial wird fachgerecht abgetragen und gelagert. Im Gewässerrandbereich abgetragener Mutterboden wird gesondert zwischengelagert. Verschmutzungen der Gewässer werden durch den Einsatz geeigneter Baufahrzeuge (u.a. Einsatz von biologisch abbaubaren Ölen) vermieden.

Eine temporäre Überfahrt über das Gewässer (z.B. mittels Verdolungsrohren) ist entlang der üblicherweise vorgesehenen Baustraße mittig des Arbeitsstreifens erforderlich. Bei größeren Gewässern werden Behelfsbrücken im Arbeitsstreifen vorgesehen.

Um den Wasserabfluss des Gewässers aufrecht zu erhalten, kann bei einem geringen Wasserandrang ein Aufstauen und Umpumpen des Wassers erfolgen. Alternativ werden Verdolungsrohre zur Überleitung des Wassers eingebaut.

Je nach Baugrund sollte eine Sicherung der Böschungen und der Kabelgräben durch Verbau erfolgen.

Nach Beendigung der Bauarbeiten werden die Kabelgräben verfüllt. Die Böschungen und Uferrandbereiche werden in ihren ursprünglichen Zustand versetzt und bei Bedarf in Abstimmung mit den Fachbehörden und Gewässerunterhaltungsverbänden mit geeigneten Mitteln (Faschinen, Steinen, Ansaat, usw.) befestigt.

4.1.3 Querung einer erdverlegten Fremdleitung in offener Verlegebauweise

In Abstimmung mit den jeweiligen Betreibern können erdverlegte Fremdleitungen (z.B. Gashochdruckleitungen, Erdkabel) offen gekreuzt werden. Dabei sind die jeweiligen Vorgaben und Auflagen der Fremdleitungsbetreiber zu beachten und ggf. Schutzmaßnahmen zur Sicherung der Fremdleitung umzusetzen. Die genaue örtliche Lage der Fremdleitung wird vor der Bauausführung durch Erkundungsmaßnahmen, wie Ortung, Suchschlitze o.ä. ermittelt.

Es wird je Kabelsystem ein Kabelgraben angelegt. Je nach Baugrund erfolgt bei Bedarf eine Sicherung der Böschungen und der Kabelgräben durch Verbau.

Bei den Tiefbauarbeiten zur Freilegung von erdverlegten Fremdleitungen ist durch die Wahl der eingesetzten Baumaschinen bzw. durch den Einsatz von Handschachtungen sicherzustellen, dass Beschädigungen der Leitungen ausgeschlossen werden. Die freigelegten Leitungen werden gemäß Stand der Technik gesichert.

Wird ein Überfahren von erdverlegten Fremdleitungen erforderlich, werden in Abstimmung mit dem Fremdleitungsbetreiber geeignete Schutzmaßnahmen getroffen. Dies sind z. B. Überschüttungen der Fremdleitung mit Aushubmaterial (temporäre Erhöhung der Leitungsüberdeckung), der Einsatz von Baggermatten, der Einsatz von Baufahrzeugen mit geringer Bodenpressung (Breitlaufwerke, Niederdruckreifen, etc.).

4.2 Verlegeverfahren – Pilotrohrvortriebsverfahren

Das Pilotrohrvortriebsverfahren wird im DWA-Arbeitsblatt 125, Punkt 6.1.3.2 behandelt. Es handelt sich hierbei ebenfalls um ein steuerbares Verfahren.

Für die Durchführung ist die Erstellung einer Start- und Zielgrube vor und nach dem zu überwindenden Hindernis erforderlich. In der Startgrube wird eine hydraulische 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.

Nach Erreichen des Zielschachtes erfolgt der Nachschub der endgültigen Mantelrohre ca. DN400 mm aus Steinzeug oder alternativen Materialien. Die Vorrohre werden im Zielschacht geborgen. In das Mantelrohr ca. DN400 mm wird zu einem späteren Zeitpunkt das Kabel im Kabelschutzrohr ca. DA280 mm eingezogen.

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

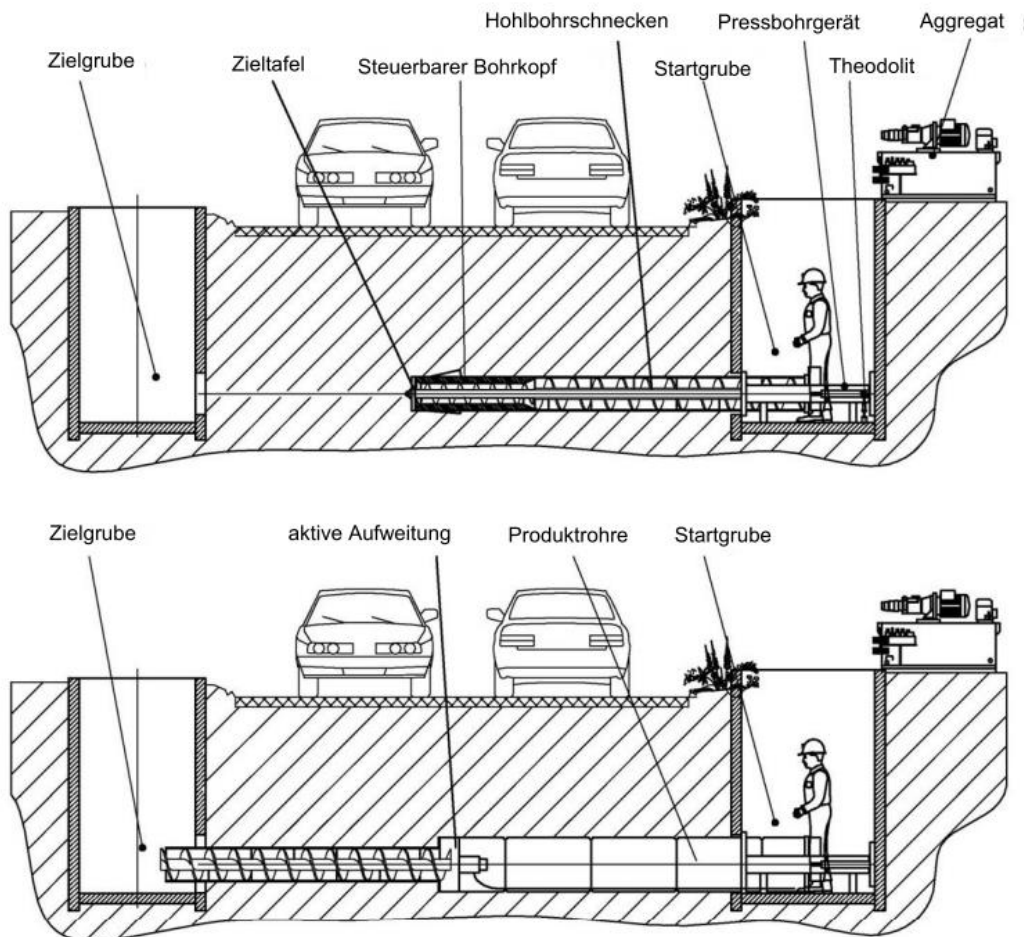


Abb. 4-1 Schematische Darstellung Pilotrohrvortriebsverfahren (Quelle: DWA A-125)

Mit dem Pilotrohrvortriebsverfahren können folgende Hindernistypen gequert werden:

Tab. 4-3 Anwendung des Pilotrohrvortriebs:

Nr.	Querung	Vorhaben
003	Straße	Einzelvorhaben
004	Straße	Stammstrecke

4.3 Verlegeverfahren – Horizontal Directional Drilling-Verfahren

Das Horizontal Directional Drilling-Verfahren wird im DWA-Arbeitsblatt 125, Punkt 6.1.3.3 behandelt.

Beim Horizontal-Directional-Drilling / HDD-Verfahren handelt es sich um ein steuerbares Verfahren. Hierbei werden lediglich kleinere, meist abgeboßchte Start- und Zielgruben für die Aufnahme der Bohrspülung erforderlich, da die Bohrungen mit Anfangswinkeln zwischen ca. 10° und 25° von der Geländeoberfläche erfolgen und einen bogenförmigen Verlauf haben.

Die Bohrarbeit beginnt mit einer Pilotbohrung, bei der ein Bohrgestänge bodenaustragend oder bodenverdrängend und gesteuert vorgetrieben wird. Der Abbau des Bodens erfolgt bei Lockergesteinsbohrungen hydrodynamisch mit Hochdruckdüsen am Bohrkopf und zugleich mechanisch mit Schneidelementen am Bohrkopf. Bei Festgestein erfolgt die Bohrung durch einen Bohrlochmotor mit Bohrmeißel. Das dem Bohrkopf folgende Gestänge hat einen kleineren Durchmesser.

Die Stützung des Bohrloches sowie der Abbau und der Transport des Bodens bzw. des Bohrkleins erfolgen hydraulisch innerhalb des Bohrlochs mittels einer Bohrsuspension. Die zum Einsatz kommende Bohrspülung bzw. Bohrsuspension besteht aus Wasser, Bentonit und, falls erforderlich, weiteren Zusätzen zur Modifizierung der Spülung. Die Bohrspülung tritt ständig in der Startgrube aus und wird in einer Separationsanlage durch die Abtrennung des Bohrkleins aufbereitet, um der HDD-Bohrung anschließend als Stütz-, Schmier- und Antriebsmedium erneut zur Verfügung zu stehen.

Die Überwachung der Position des Bohrkopfes im Bohrloch erfolgt über eine Ortung nach dem Sender-Empfänger-Prinzip. Die Steuerung erfolgt durch eine asymmetrische Steuerfläche des düsenbesetzten Bohrkopfes oder durch ein am Bohrlochmotor integriertes Winkelstück. Um die Abweichung der Ist-Bohrlinie von der Soll-Bohrlinie (geplante Bohrlinie) so gering wie möglich zu halten, muss eine Ortung der Bohrgarnitur entlang der Bohrlinie sichergestellt sein.

In einem weiteren Arbeitsschritt erfolgt das Aufweiten der Pilotbohrung durch so genannte Räumern. Für diese Aufweitbohrung wird an den noch im Bohrloch befindlichen Bohrstrang an der Austrittsseite der Bohrung ein Aufweitkopf montiert. Der mit dem Bohrstrang fest verschraubte Aufweitkopf wird drehend zur Bohranlage zurückgezogen und weitet das Bohrloch auf. Dies kann in mehreren Schritten erfolgen und wird ebenfalls durch den Einsatz einer Bohrsuspension unterstützt. Es können so Bohrlochdurchmesser zwischen etwa 100 mm und maximal etwa 1.400 mm erreicht werden.

Tab. 4-4 Anwendung des HDD-Verfahrens:

Typical Nr.	Querung	Vorhaben
001	Straße	Einzelvorhaben
002	Straße	Stammstrecke
007	BAB	Einzelvorhaben
008	BAB	Stammstrecke
009	Gewässer	Einzelvorhaben
010	Gewässer	Stammstrecke
015	Fremdleitung	Einzelvorhaben
016	Fremdleitung	Stammstrecke

4.4 Mikrotunnel-Verfahren

Bei dem Mikrotunnel-Verfahren handelt es sich um ein gesteuertes, einstufiges Verfahren, welches in der Regel unbemannt ausgeführt wird.

Von der vorbereiteten Startgrube aus wird zunächst die Vortriebsmaschine mit einem auf die jeweilige Geologie abgestimmten Bohrkopf mittels hydraulischer Pressen in den Untergrund gedrückt. Der Vortriebsmaschine folgt der eigentliche Rohrstrang. Ist der erste Rohrschuss vollständig in den Untergrund gepresst, wird ein zweiter Rohrschuss dahinter gesetzt und nachgeschoben. Der Vorgang des Nachschiebens von weiteren Teilrohrstücken wird so oft wiederholt, bis die Vortriebsmaschine die Zielgrube erreicht. Richtungsänderungen werden durch einen hydraulisch schwenkbaren Steuerkopf erzielt. Durch den Einsatz unterschiedlicher Bohrköpfe bzw. Abbauwerkzeuge kann das Verfahren an die jeweilige Geologie angepasst werden. Bei Bedarf können Brecher zur Zerkleinerung des gelösten Materials eingesetzt werden. Der Bohrkopf dient gleichzeitig zur Stützung des anstehenden Bodens (Ortsbrust).

Der vom Bohrkopf vollflächig und kontinuierlich gelöste Boden (Bohrklein) wird entweder mechanisch über Förderschnecken (im größeren Nennweitenbereich auch mittels Förderbänder oder Loren) oder hydraulisch unter Einsatz einer Stütz- und Förderflüssigkeit (z. B. Bentonit) über Leitungen zur Startgrube gefördert. Je nach Nennweite des Vortriebsstrangs werden die Kabelschutzrohre eingezogen oder auf entsprechenden Haltekonstruktionen verlegt. Anschließend werden die Kabel eingezogen.

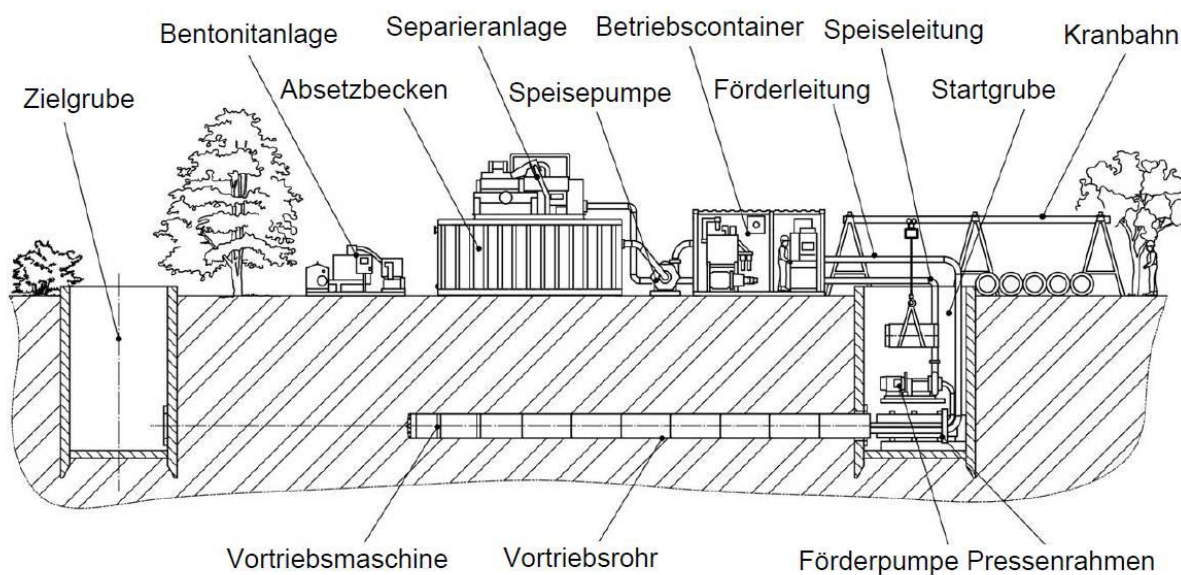


Abb. 4-3 Schematische Darstellung Mikrotunnel-Verfahren (Quelle: DWA A-125)

Im Mikrotunnel-Verfahren lassen sich Mantelrohre bis ca. DN 3000 über Längen von ca. 1,0 bis 1,5 km vortreiben.

Mit dem Mikrotunnel-Verfahren können die folgenden Hindernistypen gequert werden:

Tab. 4-5 Anwendung des Mikrotunnel-Verfahrens:

Typical Nr.	Querung	Vorhaben
013	DB-Strecke	Einzelvorhaben
014	DB-Strecke	Stammstrecke

5 Vorgaben und Hinweise zur Ausführung

5.1 Straße / Bundesautobahn

Die Querung von Straßen kann sowohl in geschlossener Bauweise als auch in offener Bauweise erfolgen. Die geschlossene Verlegebauweise wird in der Regel für die klassifizierten Straßen (Kreisstraßen, Landesstraßen, Bundesstraßen und Bundesautobahnen) vorgesehen, während für untergeordnete Straßen in der Regel die offene Verlegebauweise zum Einsatz kommt. Die Entscheidung, welche Straße in welcher Bauweise zu kreuzen ist, hängt im Wesentlichen von dem Straßenzustand, von der Verkehrsdichte sowie von den Vorgaben der Straßenbaulastträger ab.

Bei der offenen Kreuzung einer Straße wurde die Baubedarfsfläche von ca. 36 m (Einzelverlegung) vor und hinter der Straße beiderseits um jeweils 10 m aufgeweitet, um ausreichend Platz für die erhöhten Aushubmassen zu schaffen, damit diese beispielsweise nicht neben dem Kabelgraben auf der Straße zwischengelagert werden müssen.

Bei geschlossener Bauweise sollten die Baugruben nach Möglichkeit außerhalb des Druckbereiches des Straßenkörpers angeordnet werden. Ferner sollte eine direkte Überfahrt von mindestens ca. 6 m Breite über die Straße (außer bei Bundesautobahnen und vierstreifigen Bundesstraßen) zum temporären Übersetzen der Geräte in der Bauphase vorgesehen werden. Dies führt dazu, dass beidseitig des Kreuzungsbereiches die reguläre Baubedarfsfläche von ca. 36 m für das Anlegen einer temporären Überfahrt aufgeweitet werden muss.

Ist eine direkte Zufahrt von der Straße bzw. das Anlegen einer temporären Überfahrt nicht möglich (z.B. bei Bundesautobahnen), muss die Erreichbarkeit der Baugruben über den Arbeitsstreifen oder über eine gesonderte Baustellenzufahrt sichergestellt werden.

Die Mindestüberdeckung im Bereich der Kreuzung mit Straßen und Wegen beträgt in der Regel 1,50 m bezogen auf die Fahrbahnoberkante, wobei vorhandene Begleitgräben und erdverlegte Fremdleitungen eine größere Tiefenlage begründen können. Im Bereich von Bundesfernstraßen (Bundesautobahnen und Bundesstraßen) beträgt die Mindestüberdeckung 2x DA und $\geq 2,00$ m. Verfahrensbedingt und unter Beachtung der Baugrundverhältnisse können größere Tiefen erforderlich sein.

Bei Durchführung des HDD-Verfahrens betragen die geplanten Achsabstände der Kabel mindestens ca. 3 m. Der Abstand beider Kabelsysteme bzw. der beiden innenliegenden Kabel beträgt ca. 6 m. Verfahrensbedingt sind bei Durchführung des Pilotrohrvortriebverfahrens geringere Kabelabstände möglich. Diese betragen mindestens ca. 1,50 m.

Bei Querung einer Straße in offener Verlegebauweise können die geplanten Achsabstände der Kabel (1,40 m in der Normal- bzw. 1,60 m in der Stammstrecke) sowie der Abstand der Kabelsysteme von ca. 12,50 m beibehalten werden.

Der unterschiedliche Achsabstand der Kabel in der Normal- und in der Stammstrecke ergibt sich aus der kabelthermischen Berechnung: Durch die insgesamt höhere Anzahl an Kabeln muss auch mehr Wärme abgeführt werden. Daher wird der Abstand der Kabel bei der Stammstrecke auf 1,60 m erhöht.

5.2 Gewässer

Gewässer werden in offener oder alternativ in geschlossener Bauweise gequert.

Bei der offenen Kreuzung eines Gewässers wurde die Baubedarfsfläche von ca. 36 m (Einzelverlegung) vor und hinter dem Gewässer beiderseits um jeweils 15 m aufgeweitet, um ausreichend Platz für die erhöhten Aushubmassen auf Grund des tieferen Kabelgrabens (Einbau eines Dükers) zu schaffen. Die Mindestüberdeckung bezogen auf die Gewässersohle beträgt in der Regel 1,50 m. Die Mindestüberdeckung sollte dabei grundsätzlich auch unterhalb der Gewässerrandstreifen beibehalten werden.

Im Kreuzungsbereich, unterhalb der Gewässersohle, sind vorsorglich z. B. Betonreiter oder eine Betonummantelung als mechanischer Schutz und Auftriebssicherung vorzusehen. Die Mindestüberdeckung von 1,50 m wird dann von der Oberkante des Betonreiters bzw. der Ummantelung gemessen.

Bei einer Querung des Gewässers in offener Verlegebauweise (Einzelverlegung) können, analog zum Standardgrabenprofil auf freier Verlegestrecke, die geplanten Achsabstände der Kabel von ca. 1,40 m bzw. 1,60 m sowie der Abstand der Kabelsysteme von ca. 12,50 m beibehalten werden.

Alternativ zur Kreuzung in offener Verlegebauweise ist die Querung auch mittels HDD-Verfahren möglich. Um ein weiträumiges Umfahren der Kreuzungsstelle zu vermeiden, erfolgt in der Regel das Anlegen einer temporären Gewässerüberfahrt mittels Pionierbrücke, Verdohlungsrohren o.ä. Dazu muss die reguläre Baubedarfsfläche von ca. 36 m im Bereich der Kreuzungsstelle aufgeweitet werden.

Bei einer geschlossenen Querung von Gewässern mittels HDD-Verfahren sollte eine Mindestüberdeckung von 5,00 m unter der Gewässersohle eingehalten werden. Die angegebene Überdeckung ergibt sich aus der DWA-A 125 sowie den Empfehlungen des DCA. Verfahrensbedingt und unter Beachtung der Baugrundverhältnisse können größere Tiefen erforderlich sein.

Bei Durchführung des HDD-Verfahrens betragen die jeweiligen Achsabstände der Kabel mindestens ca. 3 m. Der Abstand beider Kabelsysteme bzw. der beiden innenliegenden Kabel beträgt ca. 6 m.

Große Gewässer und Bundeswasserstraßen können nur mittels aufwendiger Sonderlösungen (z.B. Microtunnel, großer Gewässerdüker) gequert werden. Diese Sonderlösungen werden im Rahmen der Beschreibung von Standardkreuzungsverfahren nicht näher betrachtet.

5.3 Bahnstrecke

In der Regel werden Bahnstrecken in geschlossener Bauweise mit Microtunnel-Verfahren gekreuzt. Die Baugruben sind außerhalb des Druckbereiches des Bahnkörpers anzuordnen. Die Überdeckung von Schwellenoberkante bis Mantelrohroberkante beträgt mindestens 1,5 m sowie mindestens $2,5 \times DA + 0,70$ m.

Die Erreichbarkeit der Gruben ist über die Baubedarfsfläche oder über eine gesonderte Baustellenzufahrt umzusetzen. Eine temporäre Überfahrt von Bahnstrecken ist nicht möglich. Die Breite der Baubedarfsfläche richtet sich nach den geplanten Achsabständen der Kabelschutzrohre und beträgt vor und hinter der Bahnstrecke bei der Einzelverlegung ca. 66 m.

5.4 Erdverlegte Fremdleitung

5.4.1 Querung von erdverlegten Fremdleitungen in offener Bauweise

In Abstimmung mit den jeweiligen Betreibern ist in der Regel die Kreuzung von erdverlegten Fremdleitungen (z.B. Gashochdruckleitungen) in offener Verlegebauweise möglich. Dabei sind die jeweiligen Vorgaben und Auflagen der Fremdleitungsbetreiber zu beachten und ggf. Schutzmaßnahmen zur Sicherung der Fremdleitung umzusetzen.

Der lichte Abstand zu Rohr- und Fremdleitungen, die in offener Bauweise gequert werden, beträgt nach Vorgabe der Amprion mindestens 1,00 m, sofern keine höheren Anforderungen durch Leitungsschutzanweisungen von Fremdleitungsbetreibern dem entgegenstehen. Je nach Durchmesser, Material und Zustand der zu kreuzenden Leitung sind Sicherungsmaßnahmen in Abstimmung mit dem Betreiber vorzusehen. Weiterhin spielen die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse eine wesentliche Rolle.

Bei der offenen Unterkreuzung einer Fremd- bzw. Rohrleitung wurde die Baubedarfsfläche von ca. 36 m im Bereich der Kreuzungsstelle beiderseits um jeweils 10 m aufgeweitet, um ausreichend Platz für die erhöhten Aushubmassen auf Grund des tieferen Kabelgrabens (Einbau eines Fremdleitungsdükers) zu schaffen. Eine Überfahrt der Fremdleitung ist entlang der

üblicherweise vorgesehenen Baustraße mittig des Arbeitsstreifens möglich. Entsprechende Vorgaben des Fremdleitungsbetreibers zu erforderlichen Leitungsschutzmaßnahmen (z.B. Überfahrten mittels Stahlplatten) sind zu beachten und abzustimmen.

Bei einer Unterkreuzung von erdverlegten Fremdleitungen in offener Verlegebauweise können die, analog zum Standardgrabenprofil auf freier Verlegestrecke, geplanten Achsabstände der Kabel von ca. 1,40 m bzw. 1,60 m sowie der Abstand der Kabelsysteme von ca. 12,50 m beibehalten werden.

5.4.2 Querung von erdverlegten Fremdleitungen mittels HDD-Verfahren

Alternativ zur offenen Verlegung kann eine Kreuzung von erdverlegten Fremdleitungen im HDD-Verfahren erfolgen. Dies ist vor allem bei Bündeln mit mehreren parallel verlaufenden Fremdleitungen zu erwägen. Der lichte Abstand zu Fremdleitungen, die mittels HDD-Verfahren gequert werden, beträgt nach Vorgabe der Amprion mindestens 1,50 m, sofern keine höheren Anforderungen durch Leitungsschutzanweisungen von Fremdleitungsbetreibern dem entgegenstehen. Die Auflagen der Fremdleitungsbetreiber sind auch hier im Einzelfall zu betrachten.

Im Bereich der Kreuzungsstelle wurde die reguläre Baubedarfsfläche von ca. 36 m für eine temporäre Überfahrt aufgeweitet, um die Kreuzungsstelle nicht weiträumig umfahren zu müssen sowie die Bohrarbeiten nicht zu behindern. Vor und hinter der Kreuzung wird die Baubedarfsfläche um jeweils 10 m aufgeweitet, um ausreichend Platz für die erhöhten Aushubmassen zu schaffen.

Bei Durchführung des HDD-Verfahrens betragen die jeweiligen Achsabstände der Kabel mindestens ca. 3 m. Der Abstand beider Kabelsysteme bzw. der beiden innenliegenden Kabel beträgt ca. 6 m.

6 Literaturverzeichnis

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall - DWA (2008): Arbeitsblatt DWA A-125 Rohrvortrieb und verwandte Verfahren

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2012): Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen - RStO, FGSV-Verlag

VDE FNN Netztechnik/Netzbetrieb Stromleitungskreuzungsrichtlinien (SKR) (2016):

Technische Richtlinien des Verbandes Güteschutz Horizontalbohrungen e.V. (2015): Drilling Contractors Association - DCA

DIN 18319 (2019): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Rohrvortriebsarbeiten

DIN 4124 (2012): Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten