

Aufgestellt: Bayreuth, den 31.03.2022	Unterlage zur Planfeststellung				
600 kV DC-Leitung BorWin kappa – Büttel des Netzanbindungsprojektes BorWin6 für den Bereich der 12-sm-Grenze bis UW Büttel - Abschnitt Seetrasse -					
Anlage 3.2: Baubeschreibung Kreuzung Landesschutzdeich					
Prüfvermerk	TenneT Offshore				
Datum	31.03.2022				
Ersteller	Siebel				
Prüfer	Groscurth				
Änderung(en):					
Rev.-Nr.	Datum	Erläuterung			
V2.0	31.03.2022				
		Anhang:			

Vorhaben:

BorWin6, 600 kV DC-Leitung BorWin kappa – Büttel
- Abschnitt Seetrasse -Seite 2 von 42

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	5
1.1	VERANLASSUNG.....	5
1.2	ZIELSETZUNG UND GRUNDLAGEN.....	5
2	BESCHREIBUNG DER TECHNISCHEN RANDBEDINGUNGEN	7
2.1	EINFÜHRUNG	7
2.2	ABLAUF EINER HDD-BOHRUNG (GRUNDPRINZIP)	8
2.3	BOHRGEOMETRIE.....	11
2.4	ROHRPARAMETER.....	11
2.5	ROHREINZUG.....	12
2.6	STATISCHE BERECHNUNGEN	13
2.7	GEOLOGIE / BAUGRUND	13
2.8	GEWÄSSER / WASSERSTÄNDE	14
2.9	KABELSPEZIFISCHE FESTLEGUNGEN	15
2.10	KABELSCHUTZROHRE	15
2.11	RÜCKSPÜLLEITUNG	16
2.12	KÜSTENSCHUTZBELANGE	16
2.13	ÖKOLOGISCHE BELANGE	16
3	AUSFÜHRUNG	18
3.1	EINFÜHRUNG	18
3.2	SEESEITIGE ARBEITEN	18
3.3	QUERUNG LANDESSCHUTZDEICH.....	24
3.4	LANDSEITIGE BAUAUSFÜHRUNG.....	26
3.5	SPÜLUNGSZUSÄTZE	32
3.6	BELEUCHTUNG	34
3.7	TERMINE / FRISTEN.....	34
3.8	BOHRTECHNISCHES PERSONAL UND GERÄTE	36
3.9	BAUAUFSICHT	39
3.10	DOKUMENTATION.....	39
3.11	HAVARIEMANAGEMENT BOHRTECHNIK	40

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
ABBILDUNG 1: SCHEMATISCHE ANORDNUNG EINER HDD BOHRUNG AN EINEM DEICH MIT WATT ALS VORLAND.	8
ABBILDUNG 2: BEISPIEL BOHRBAUSTELLE AM LANDESSCHUTZDEICH BÜSUM-NEUENKOOG (PROJEKT HELWIN1; 2011).	8
ABBILDUNG 3: PHASEN EINER HDD BOHRUNG	9
ABBILDUNG 4: PILOTBOHRUNG	10
ABBILDUNG 5: AUFWEITVORGANG BEI EINER HORIZONTALBOHRUNG.....	10
ABBILDUNG 6: SCHEMATISCHES PROFIL HDD-BOHRUNG	13
ABBILDUNG 7: GEOLOGISCHER SCHNITT.....	14
ABBILDUNG 8: LAGEÜBERSICHT	18
ABBILDUNG 9: BEISPIEL FÜR EINEN ARBEITSPONTON MIT SPUNDWANDKASTEN UND WATTBAGGER (FOTO PROJEKT HELWIN2)	21
ABBILDUNG 10: BEISPIEL FÜR EINEN ARBEITSPONTON MIT SCHWIMMENDER BAUGRUBENUMSCHLIEßUNG (FOTO PROJEKT DOLWIN6).....	21
ABBILDUNG 11: BEISPIEL FÜR WATTRAMPE INS BÜSUMER WATT (FOTO PROJEKT NORDLINK, AUS DEM NFB- BERICHT)	22
ABBILDUNG 12: BEISPIEL FÜR SPUNDWANDKASTENEINBAU IM BÜSUMER WATT (AUFNAHMEN PROJEKT NORDLINK).....	23
ABBILDUNG 13: IMPRESSIONEN SCHUTZROHR-TRANSPORT	24
ABBILDUNG 14: BEISPIEL AUSBRINGEN EINER RÜCKSPÜLLEITUNG ÜBER DEN LANDESSCHUTZDEICH (PROJEKT NORDLINK).....	28
ABBILDUNG 15: PRINZIPDARSTELLUNG EINER TYPISCHEN EINZIEHGARNITUR (DCA).....	30
ABBILDUNG 16: BEISPIELE FÜR ROHREINZUGGERÄTE	31

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
TABELLE 1 BOHRGEOMETRISCHE DATEN.....	11
TABELLE 2 MINDESTBIEGERADIEN HDPE -ROHRE.....	11
TABELLE 3 TECHNISCHE DATEN ROHRMATERIAL	12
TABELLE 4 ROHREINZUGSKRÄFTE.....	13
TABELLE 5 KOORDINATEN DER BOHREIN- UND –AUSTRITTPUNKTE (ETRS89.UTM-32N)	15
TABELLE 6: Bsp. SPÜLUNGSZUSAMMENSETZUNG	32
TABELLE 7: ZEITBEDARFSSCHÄTZUNG BAUABLAUF	35
TABELLE 8 VORAUSSICHTLICHE BAUSTELLENBESETZUNG.....	36
TABELLE 9 HAVARIESZENARIEN UND MAßNAHMEN	40

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AN	Auftragnehmer
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
BE	Baustelleneinrichtung
cm	Zentimeter
d	Tag
dB(A)	bewerteter Schalldruckpegel
DCA	Verband GÜteschutz Horizontalbohrungen e.V. (englisch „Drilling Contractors Association“)
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
EfbV	Entsorgungsfachbetriebsverordnung
Gyro	Kreisel-Messsystem
GOK	Geländeoberkante
GU	Generalunternehmer Bauausführung
GW	Arbeitsblatt des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V.
h	Stunde
HDD	Horizontalspülbohrverfahren (englisch „Horizontal Directional Drilling“)
HDPE	Polyethylen hoher Dichte (englisch: „high density“)
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
HHT _{thw}	höchstes gemessenes Tidehochwasser
HSE	Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit und Umweltmanagement (englisch „Health, Safety and Environment“)
kN	Kilonewton
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LBP	Landschaftspflegerischer Begleitplan
LKN.SH	Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz SH
m	Meter
MELUND	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Naturschutz und Digitalisierung
MT _{nw}	mittleres Tideniedrigwasser
M _{Thw}	mittleres Tidehochwasser
NAN	Nachunternehmer
NFB	Naturschutzfachliche Begleitung
NN	Normalnull
NN _{Thw}	niedrigstes gemessenes Tidehochwasser
OWP	Offshore-Windpark
PE	Polyethylen
PFB	Planfeststellungsbeschluss
PNP	Pegelnullpunkt
pw	Picowatt (billionstel Watt (10 ⁻¹² W))
R	Radius
SBU	Schwimmbare Baugrubenumschottung
SDR	Durchmesser-Wanddicken-Verhältnis (englisch „Standard Dimension Ratio“)
SiGeKo	Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator
SKN	Seekartennull (englisch „Chart Datum“)
StVO	Straßenverkehrsordnung
UV	Unfallverhütung
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Die Querung des Landesschutzdeiches stellt im Zuge der Baumaßnahmen ein besonderes Bauwerk dar, weil im Küstenbereich das Seekabel an Land geführt und landseitig des Deichs mit dem Landkabelabschnitt der Offshore-Netzanbindung zusammengeführt wird.

Für die Durchführung der Baumaßnahme sind hier somit auf Land- und Seeseite des Landesschutzdeiches jeweils Baustellenbereiche vorzusehen, die sehr unterschiedlichen Bedingungen der jeweiligen Umgebung (Land und See/Watt) unterliegen.

Zudem wird hier der bauliche Küstenschutz, der jederzeit ausreichend gewährleistet bleiben muss, betroffen, so dass ein Bauverfahren angewandt werden muss, dass die Funktionssicherheit der Deichschutzanlage nicht beeinträchtigt (u.a. Standsicherheit und Dichtheit).

Zur Querung des Landesschutzdeiches soll daher die Durchörterung des Erdreichs unterhalb der Deichschutzanlage mittels HDD-Bohrverfahren (Horizontal Directional Drilling) erfolgen.

Im Bereich des zu querenden Landesschutzdeiches ergibt sich in Bezug auf dessen überragende Funktion für den Küstenschutz, aber auch im Hinblick auf die Schonung von Natur, Umwelt und Boden (insb. Nationalpark Wattenmeer), die möglichen Auswirkungen auf andere Belange vor Ort (u.a. Tourismus, (Rad-)Verkehr) und unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Technik keine technisch adäquate Alternative zur Ausführung im gesteuerten Horizontalbohrverfahren. Eine Querung in offener Bauweise ist an einem Schutzbauwerk wie dem Landesschutzdeich nicht geboten.

1.2 Zielsetzung und Grundlagen

Das vorliegende Dokument beschreibt die geplante technische Bauausführung für die Kreuzung des Landesschutzdeiches im HDD-Bohrverfahren (Horizontal Directional Drilling). Es soll die grundlegenden Abläufe, Erfordernisse und (technischen) Randbedingungen für den Bauablauf beschreiben um die möglichen Auswirkungen auf Flächen und Anlagen Dritter erkennen zu können.

Neben der textlichen Beschreibung, die einerseits die grundlegenden Randbedingungen und Arbeitsschritte anführt (Kap 2) und andererseits die Ausführung der Arbeiten an sich (Kap. 3) beschreibt, umfasst die Baubeschreibung auch zeichnerische Darstellungen zur konkreten räumlichen Situation am Landesschutzdeich bei Büsum-Neuenkoog, bestehend aus

- drei Lageplänen (ein Plan mit der gesamten Bohrung einschließlich land- und wattseitiger
-

Baustelleneinrichtungsfläche, ein Plan mit der landseitigen Baustelleneinrichtungsfläche einschließlich Schweißplatz und Rohrmontagebahn und ein Plan mit der wattseitigen Baustelleneinrichtungsfläche einschließlich der Wegenutzung über den Deichverteidigungsweg),

- einem Lageplan mit der kompletten Baustellenzufahrt über den Stadtweg einschließlich der Ausweiche sowie
- zwei Längsprofilplänen der Kreuzung mit Höhenangaben und Stationierung der gekreuzten Bereiche (je einen je Bohrung, dargestellt auf einem Blatt).

In die Baubeschreibung sind die Erkenntnisse und Erfahrungen der Vorhabenträgerin aus den anderen Netzanbindungsvorhaben (wie SylWin1, HelWin1, HelWin2 und NordLink) eingeflossen, die in den letzten 10-12 Jahren in dem Anlandungsbereich erfolgt sind. Neben den eigenen Bau- und Betriebserfahrungen aus diesen Projekten sind die Erkenntnisse aus Abstimmungen mit Behörden und Verbänden und die Berücksichtigung von Genehmigungsaufgaben der anderen Vorhaben wesentliche Grundlagen der Planung.

Es ist anzumerken, dass es sich hier um die Genehmigungsplanung handelt, die noch ohne die konkrete vertragliche Bindung der später den Bau ausführenden Firmen und deren konkret zum Einsatz kommenden Ressourcen (wie Fahrzeuge, Schiffe, Maschinen, Baustellen- und Bohrgeräte, Einsatzstoffe und sonstige Materialien) aufsetzen muss.

2 Beschreibung der technischen Randbedingungen

2.1 Einführung

Für den Bereich beim Landesschutzdeich ist die geschlossene Bauweise, d.h. die Verlegung in Kabelschutzrohren, erforderlich. Diese Schutzrohre werden in Bohrkanäle eingezogen, die im gesteuerten Horizontalbohrverfahren, auch HDD-Verfahren (Horizontal Directional Drilling) genannt, erstellt werden. In die installierten Schutzrohre werden zu einem späteren Zeitpunkt die beiden Hochspannungs-Gleichstromkabeln (je 1 Leiterkabel für die Stromübertragung, Plus und Minuspol) und das Steuerkabel (Lichtwellenleiterkabel für die Steuer-, Schutz- und Reglersignalübertragung) eingezogen.

Für die beiden Gleichstromkabel werden hierfür zwei unabhängige gesteuerte Horizontalbohrungen durchgeführt. Die Belegung der in die Bohrkanäle eingezogenen Kabelschutzrohre erfolgt jeweils mit einem Stromleiterkabel. In eines der beiden Kabelschutzrohre wird dabei zusätzlich ein Lichtwellenleiterkabel mit eingezogen.

Zwischen Bohrein- und -austrittslokation wird temporär eine Rückspüleleitung überträglich zwischen Ziel- und Startseite der Bohrungen verlegt. Diese dient der Rückführung der für den Bohrprozess erforderlichen Bohrspülung (siehe Kapitel 3.5) vom Bohraustrittsbereich zur Separationsanlage im Bohreintrittsbereich. Hier wird die verwendete Spülung wieder aufbereitet und mehrmals genutzt. Zum Abschluss der Bohrarbeiten wird die Rückspüleleitung rückstandslos zurückgebaut.

Die Zielseite ist hierbei eine Baugrubenumschließung in Form eines Spundwandkastens oder einer schwimmfähigen Umschließung im Watt. Die Startseite ist die Baustelleneinrichtungsfläche (BE-Fläche) landseitig (vgl. auch Kapitel 3.2.3 und 3.4.2). Der Abstand zwischen Start- und Zielpunkt bestimmt die Länge der Bohrungen, diese liegt bei rund 570 m.

Neben den Arbeitsbereichen im unmittelbaren Umfeld der Start- und Zielseite der Bohrungen sind solche Bereiche für den An-/Abtransport und die Logistik zu berücksichtigen.

Die Planunterlagen zu den BE-Flächen im Watt und an Land (siehe Anhänge zu dieser Baubeschreibung) zeigen die räumlich erforderlichen Bereiche.

Hierbei sind die Schutzrohrmontagebahn (landseitig) und der Bereich zum Einschwimmen der vormontierten Schutzrohre (seeseitig) besonders hervorzuheben, beide Bereiche benötigen aufgrund der Bohrungslängen Flächen auf einer Länge von rund 600-700 m jeweils vor und nach der Ziel- bzw. Startseite der eigentlichen Bohrung (Näheres zur Ausführung der Rohrmontage und zum Einschwimmen sind in Kap. 3.2 und 3.4 ausgeführt).

Nachfolgende Übersicht zeigt schematisch die Grundanordnung einer HDD-Bohrung an einem Deich mit Wattbereichen als Vorland, wie sie sich auch auf die Situation am Landesschutzdeich bei Büsum-

Neuenkoog übertragen lässt. Das Luftbild (Abbildung 2) zeigt die (tatsächliche) Anordnung einer Bohrbaustelle aus dem Vorgängerprojekt HelWin1 (2011), das in etwa an gleicher Stelle, nördlich der jetzigen Bereiche für BorWin6, umgesetzt wurde.



Abbildung 1: Schematische Anordnung einer HDD Bohrung an einem Deich mit Watt als Vorland.

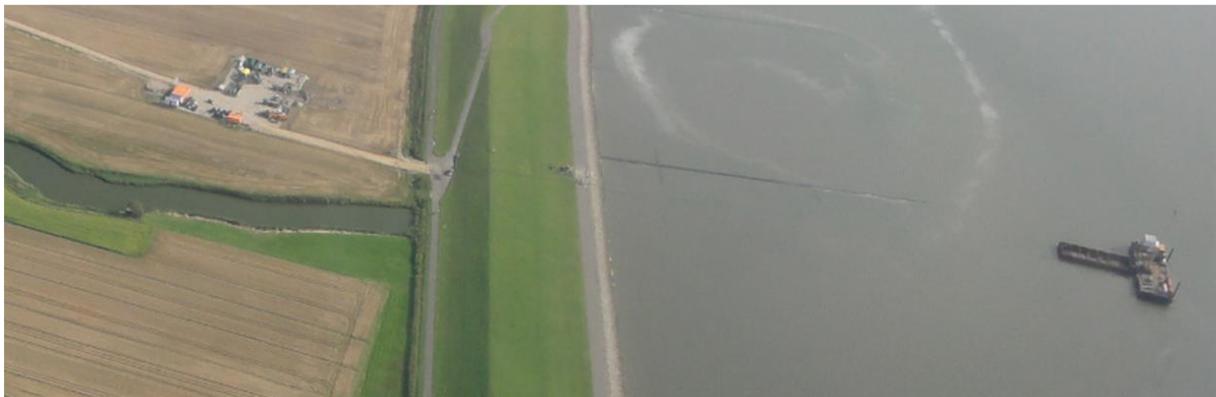


Abbildung 2: Beispiel Bohrbaustelle am Landesschutzdeich Büsum-Neuenkoog (Projekt HelWin1; 2011).

Die wesentlichen Eckdaten zu den technischen Randbedingungen der Bohrungen am Landesschutzdeich sind den nachfolgenden Kapiteln (2.3 bis 2.13) zu entnehmen. Vorab wird zunächst der grundlegende Ablauf einer HDD-Bohrung skizziert (Kapitel 2.2).

2.2 Ablauf einer HDD-Bohrung (Grundprinzip)

Die grundsätzliche Herstellung einer gesteuerten Horizontalbohrung lässt sich standardmäßig im Ablauf in drei Hauptarbeitsschritte unterteilen:

- Pilotbohrung
- Aufweitbohrung (das Räumen bzw. Aufweiten des (Pilot-)Bohrkanals)
- Rohreinzug (das Einziehen des Schutzrohres in den erstellten Bohrkanal)

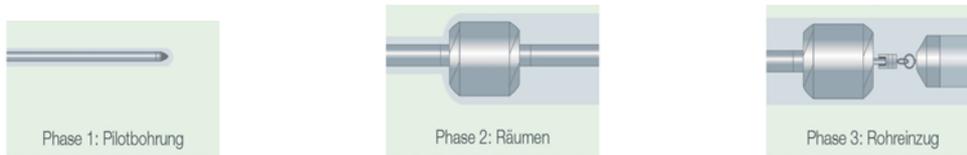
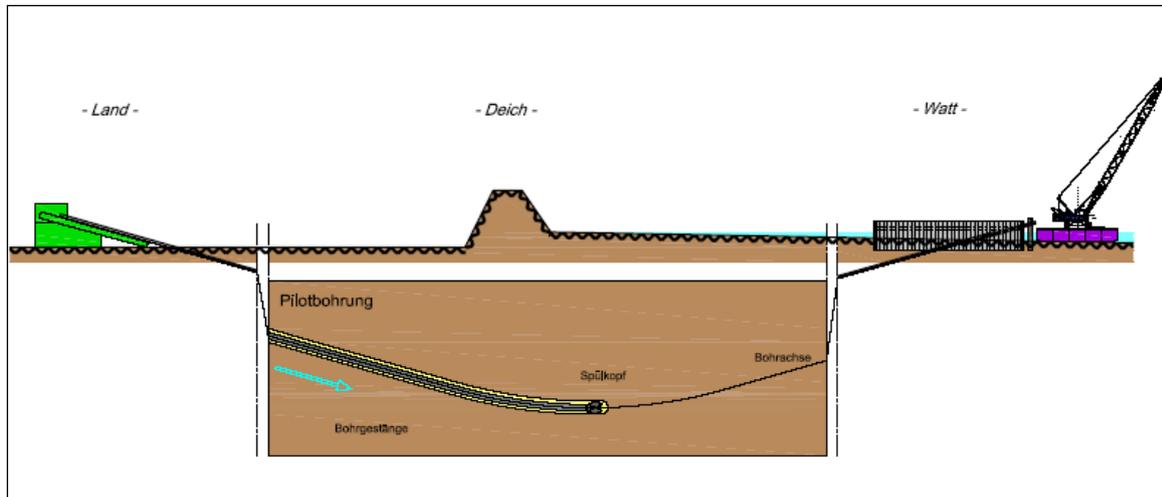
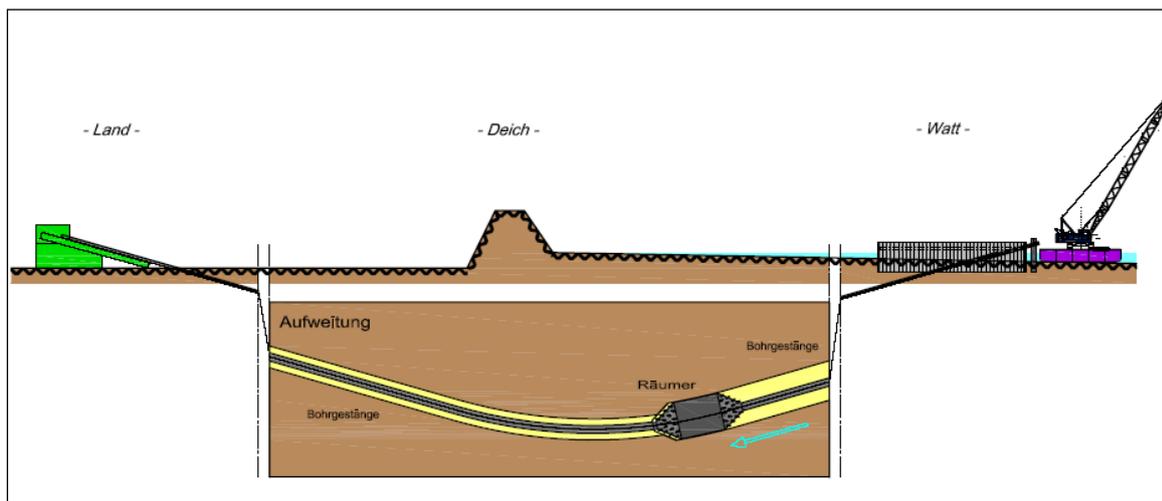


Abbildung 3: Phasen einer HDD Bohrung

Mit einem relativ dünnen **Pilotbohrgestänge** wird in einem ersten Arbeitsgang eine Bohrung mit geringem Durchmesser hergestellt. Sie wird von der Startseite an Land durchgeführt, wo auch das Bohrgerät auf der (landseitigen) BE-Fläche steht. Für die Bohrung wird ein Bentonit teilweise mit Additiven versetzt als Spülflüssigkeit eingesetzt, das den Materialtransport vornimmt, den Bohrkopf kühlt, für die Reduzierung der Reibung sorgt und den Bohrkanal stabilisiert. Der Bohrkopf ist mit einem kabelgeführten Lage-sensor ausgerüstet über den kontinuierlich die Richtung, der Bohrwinkel und die Position im dreidimensionalen Raum kontrolliert werden. Auf der Zielseite im Watt (See) ist eine Baugrubenumschließung eingerichtet, in dem die (Pilot-)Bohrung auftaucht, diese ist Teil der BE-Fläche im Watt.

Anschließend wird am Austrittspunkt ein Räumerkopf und ein zweites Bohrgestänge montiert und das Bohrgestänge in Richtung des Eintrittspunktes zurückgezogen, um die **Aufweitung** des durch die Pilotbohrung erstellten Bohrkanals auf den für den späteren Rohreinzug erforderliche Durchmesser vorzunehmen. Gleichzeitig wird mit jeder auf der Startseite ausgebauten Bohrstange auf der Zielseite eine Bohrstange nachgesetzt. Die Arbeit mit zwei Gestängen (beidseits des Räumers) stellt sicher, dass das Bohrgestänge ständig auf der kompletten Länge im Bohrkanal vorhanden ist. In Abhängigkeit von den geologischen Verhältnisse werden ein oder ggf. mehrere Aufweitungsvorgänge hintereinander durchgeführt. Auch ein sog. Reinigungsgang zur Säuberung des Bohrkanals vor dem Rohreinzug kann während der Aufweitung notwendig werden. Die eingesetzte Bohrspülung wird aufgefangen und kontrolliert einer Separation zur weiteren Verwendung oder Entsorgung zugeführt.


Abbildung 4: Pilotbohrung

Abbildung 5: Aufweitvorgang bei einer Horizontalbohrung

Anschließend kann der **Einzug der Schutzrohre** erfolgen. Dabei wird das Schutzrohr, das vorab in der erforderlichen Länge ausgelegt und aus Einzelteilen zusammenschweißt wurde, mit dem Räumern verbunden und mittels des Bohrgestänges durch den Bohrkanal gezogen (weiteres siehe Kapitel 3). Der verbleibende Ringkanal zwischen Schutzrohr und Bohrkanalwandung wird verdämmt, so dass keine Hohlräume verbleiben und ein Entstehen von Sickerlinien entlang der Schutzrohre ausgeschlossen werden kann.

Nach einer **Reinigung und Nachvermessung der Lage der Schutzrohre** kann der Kabeleinzug erfolgen. Diese Arbeiten sind nicht Teil dieser Baubeschreibung, siehe hierzu Anlage 3.1 Baubeschreibung Kabelverlegung. Der Kabeleinzug erfolgt im Regelfall aufgrund der eng begrenzten Bauzeitenfenster (Erforderlichkeit **Wintersicherung der Baustelle** während der Deichschutzzeit Oktober bis April) erst im darauffolgenden Baujahr. Daher werden bis zur Wiederaufnahme der Arbeiten die Rohrenden jedes Schutzrohres verschlossen und unter Geländeoberkante abgelegt.

2.3 Bohrgeometrie

Die bohrgeometrischen Daten der geplanten HDD-Bohrungen sind in Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1 Bohrgeometrische Daten

Bezeichnung	Angaben (pro Bohrung)
Schutzrohr	HDPE 450 x 61,5 mm
Länge (m)	~ 570
Bohrlochdurchmesser (mm)	~ 600 (24")
Volumen (m ³)	~ 170
Überschnitt-Faktor	~ 1,3
Eintrittswinkel (°)	15
Austrittswinkel (°)	15
vertikaler Radius Eintritt	300 m
vertikaler Radius Austritt	300 m
max. Tiefenlage unter Deichkrone	~ 21 m unter Deichkrone
max. Tiefenlage unter Deichfuß	~15 m unter Deichfuß
horizontaler Radius	500 m

2.4 Rohrparameter

Als Material für die erforderlichen Schutzrohre ist HDPE vorgesehen (technische Daten siehe Kapitel 2.4). Stahlrohre würden eine mögliche Alternative zu den HDPE-Schutzrohren darstellen, sind jedoch aus verletechnischen und elektrotechnischen Gesichtspunkten nicht empfehlenswert und vorgesehen.

Der zulässige Mindestbiegeradius von HDPE-Rohren basiert auf folgender Formel (nach DVGW):

Tabelle 2 Mindestbiegeradien HDPE -Rohre

Rohrwand-Temperatur (°C)	Mindest-Biegeradius
0	50 x d _n
10	35 x d _n
20	20 x d _n

Die technischen Daten des Rohrmaterials sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 3 Technische Daten Rohrmaterial

Bezeichnung	Technische Daten
Rohrmaterial	HDPE-PE100 mit erhöhter Wärmebeständigkeit
Durchmesser (mm)	450 mm
Wanddicke (mm)	61,7 mm
zul. Zugkraft (20°C, t > 30 min)	750 kN
Mindestbiegeradius (20°C – 0°C)	9 m – 22.5 m

Bei der Planung der Horizontalbohrungen wurde von verschiedenen Randbedingungen ausgegangen, die sich in der Gesamtheit auf die Lage, die Länge und die Tiefe der Bohrungen und letztendlich auch auf den Durchmesser und das zu verwendende Material der Schutzrohre ausgewirkt haben.

Die Durchmesser sowie die Radien der Schutzrohre wurden so gewählt, dass während des Einzuges der Kabel die Zugkräfte minimiert werden, ein Verklemmen ausgeschlossen ist und die zulässigen Biegeradien aller Komponenten nicht unterschritten werden.

Letztendlich legen diese Parameter, im Zusammenspiel mit den sich aus den HDD-Bohrungen ergebenden Bedingungen (Baugrund, zu erwartende Zugkraft etc.) und zu berücksichtigenden umweltfachlichen Gesichtspunkten, das zum Einsatz kommende Schutzrohr in Dimensionierung und materialtechnischer Auslegung fest.

2.5 Rohreinzug

Während des Einziehvorgangs treten an der Rohrleitung Reibungskräfte aufgrund der folgenden Faktoren auf:

- Reibung zwischen Rohr und Wasser / Einziehbogen,
- Reibung zwischen Rohr und Bohrspülung,
- Reibung zwischen Rohr und Boden.

Aufgrund der Reibung entsteht an der Rohrleitung eine Zugkraft, welche z. B. mittels des Programmes Mdrill von Deltares (Geodelft) berechnet werden kann. Die Berechnung berücksichtigt, dass die Länge des Rohrs auf dem Einziehbogen beim Zurückziehen der Rohrleitung abnimmt. Es wird vorausgesetzt, dass sich das Bohrloch während des Einzugs in einem stabilen Zustand befindet.

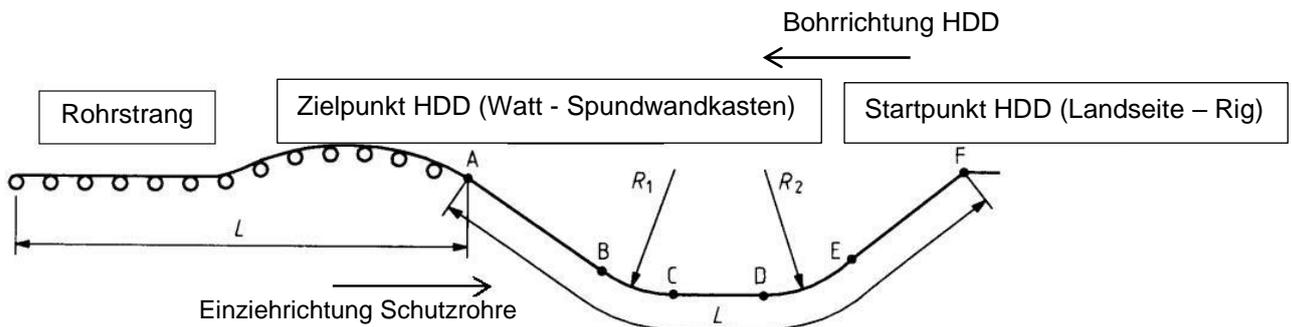
Die berechnete Zugkraft ist ein Mittelwert. Für weitere Berechnungen wird ein Ungewissheitsfaktor von 2,0 verwendet.

Ein Auszug der berechneten Einzugskräfte ist in der folgenden Tabelle beschrieben.

Tabelle 4 Rohreinzugskräfte

Berücksichtigte Punkte	Länge des Rohrs im Bohrloch (m)	Zugkraft (kN)
A (Anfang Rohreinzug)	0	33
F (Ende Rohreinzug)	570	159

Nachfolgende Abbildung zeigt den schematischen Ablauf des Rohreinzuges und die Einwirkungsbereiche auf das Schutzrohr:


Abbildung 6: schematisches Profil HDD-Bohrung

2.6 Statische Berechnungen

Die statischen Berechnungen beschränken sich auf den Nachweis der Beulsicherheit im späteren Betriebszustand, da sich durch die Betriebswärme der Kabel die Materialeigenschaften verändern. Alle für den Bohrprozess notwendigen Berechnungen werden nach Beauftragung des ausführenden Unternehmers im Zuge der Ausführungsplanung eingereicht.

2.7 Geologie / Baugrund

Im Sommer 2021 wurden im Bereich des Landesschutzdeiches sowohl land- wie auch wattseitig umfangreiche geologische Untersuchungen des Baugrundes vorgenommen. Das Ergebnis dieser Untersuchungen findet sich in Materialband M6.

Wie auch bei den vorangegangenen Projekten, besteht der Untergrund im Bereich des absteigenden Astes der Bohrachse bis unterhalb der Wattflächen im Wesentlichen aus einem mit Kiesstreifen versetzten Sandhorizont (Wattsande). Unterhalb der Bohrlinie wurden Kleihorizonte, teilweise mit Sandeinlagerungen, erbohrt. Basierend auf den 2021 durchgeführten sowie durch vorangegangene Projekte vorhandenen Baugrunderkundungen, ist von folgendem Aufbau der Schichten auszugehen:

- von GOK bis zu ca. -11 m unter GOK Wattablagerungen (Wattsande mit Kleistreifen)
- von -11 m GOK bis zu -21 m unter GOK Weichschichten (Klei, Klei mit Sandstreifen)
- von -21 m unter GOK und tiefer pleistozäne Sande (dichte bis sehr dichte Lagerung).

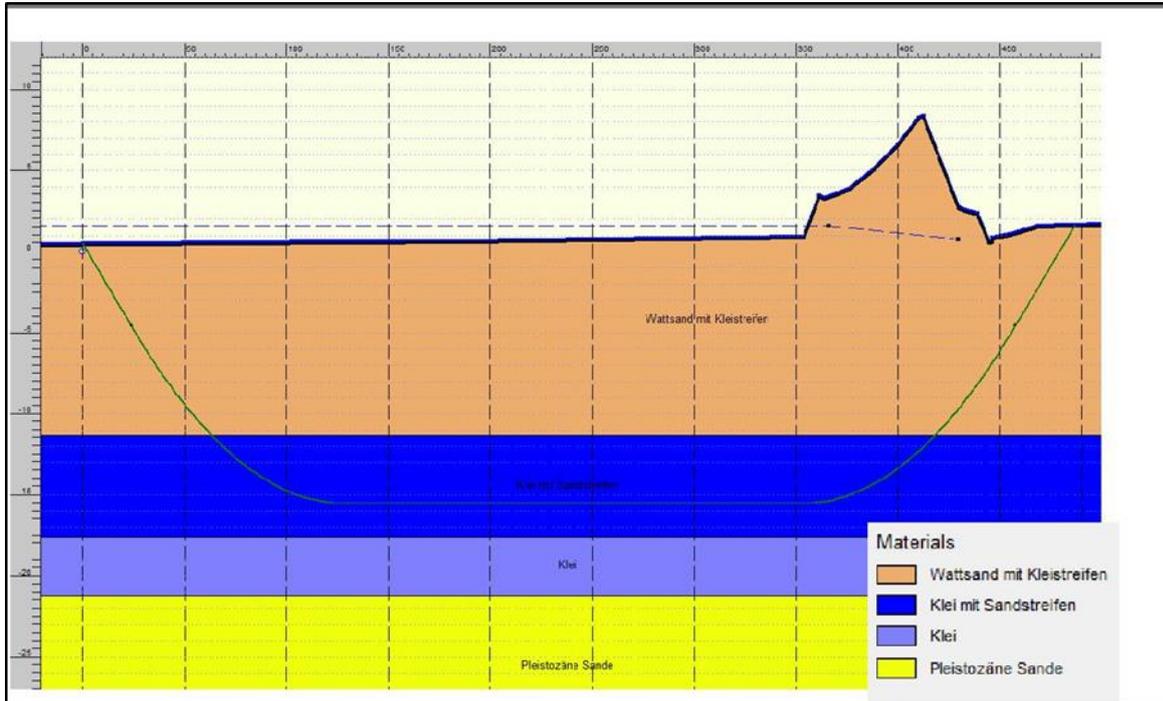


Abbildung 7: geologischer Schnitt

Eine generelle Durchführbarkeit ist aufgrund der vorliegenden Baugrundinformationen und der schon in Vorgängerprojekten (HelWin1, HelWin2, SylWin1 und NordLink) erfolgreich durchgeführten HDD-Bohrungen gegeben. Die statische und konstruktive Auslegung der HDD und der Baugrubenumschließung basieren auf diesem Bodenaufbau und Bodenkennwerten.

2.8 Gewässer / Wasserstände

Die Kreuzung der HDD-Bohrungen mit dem Landesschutzdeich liegt ca. 45 m südlich der Kreuzung der Trassenachse der Trasse des Netzanschlussystems HelWin2. Die Bohraustrittspunkte liegen im trockenfallenden Watt.

Folgende Wasserstände sind maßgebend:

SKN 2021 Pegel Büsum	=	NHN -2,22 m
PNP (02.06.2021)	=	NHN +0,333 m
MThw (01.11.05 – 31.10.2015)	=	NHN +0,995 m
MTnw (01.11.05 – 31.10.2015)	=	NHN +0,677 m
HThw (01.11.05 – 31.10.2015)	=	NHN +1,29 m
NTnw (01.11.05 – 31.10.2015)	=	NHN +0,529 m

Die Bohreintrittspunkte befinden sich in der Gemeinde Büsum, Gemarkung Westerdeichstrich, Flur 9, Flurstück 61, auf Eigentumsflächen der Vorhabenträgerin, im Umfeld der Wehle (Teich).

Die Bohraustrittspunkte befinden sich in den Wattflächen des Büsumer Watt.

Tabelle 5 Koordinaten der Bohrein- und –austrittspunkte (ETRS89.UTM-32N)

Ein- und Austrittspunkte	Rechtswert	Hochwert
HDD 1		
Eintrittspunkt landseitig	488888.8811	5999887.9375
Austrittspunkt im Watt	488357.1438	5999696.3732
HDD 2		
Eintrittspunkt landseitig	488893.4013	5999879.0174
Austrittspunkt im Watt	488360.0084	5999686.7892

2.9 Kabelspezifische Festlegungen

Die Anordnung, Abstände und Mindestüberdeckungen der beiden Horizontalbohrungen wurden planungsseitig so ausgelegt, dass die technisch maximal zulässigen Leitertemperaturen nicht überschritten werden und andererseits die Grenzerwärmung vom 2K im Erdboden bei einer Referenzpunkttiefe von 30 cm berücksichtigt wird. Diese Zusammenhänge sind im Materialband der Antragsunterlagen dargestellt (siehe Studie über „Magnetische und thermische Eigenschaften von +-320 kV-HGÜ-Seekabeltrassen in der Nordsee mit Anlandung in Schleswig-Holstein“, sta-fem GmbH, Gutachter Dr.-Ing. Jörg Stamm, Bocholt, April 2021).

So ist der Abstand der beiden Kabel der Kabelleitung mit anwachsender Verlegetiefe zu vergrößern, um die zunehmende Wärmeisolation durch die dickeren Erdschichten zu kompensieren. Die sich hieraus ergebenden, einzuhaltenen Verlegeabstände und -tiefen wurden bei der Planung eingehalten.

Das für den Einzug in die Kabelschutzrohre geplante Kabel wird in der Anlage 1 Erläuterungsbericht beschrieben.

2.10 Kabelschutzrohre

Auf der Grundlage der Kabelspezifikation (Durchmesser ca. 15-20 cm) kommt für die Aufnahme der Kabel je ein Kabelschutzrohr mit einem Innendurchmesser von ca. 327 mm in Frage.

Für die Verlegung der HDPE-Rohre ist die Verwendung eines SDR von 7,4 vorgesehen. Auf Grund der größeren Betriebswärme der Kabel werden nur Schutzrohre mit erhöhter Wärmestabilität (z. B. egecom® Macroduct High-T PE) eingebaut, die bei den anstehenden Betriebstemperaturen der Kabel eine nachgewiesene Zeitstandsinnendruckfestigkeit für 50 Jahre aufweisen. Statische Vorbemessungen bzgl. Beulsicherheit im Betriebszustand sind dem Materialband (M2) zu entnehmen. Aus den Berechnungen ergibt sich eine Sicherheit gegen Beulen bei max. zulässiger Betriebstemperatur der Kabel

angenommenen leeren Rohr von 2,93.

Mit der projektierten Rohrauslegung ergeben sich ausreichende Sicherheiten für die während des Einzuges auftretenden Zugkräfte und die während des Betriebs anstehenden äußeren Druckbelastungen, hervorgerufen durch Wasser- und Erddruck.

2.11 Rückspüleleitung

Für die Ausführung des als Spülungsrückführung dienenden, ebenfalls in HDPE ausgeführten Rohres wird technisch ein Innendurchmesser von ca. 200 mm erforderlich, um die rückzuführende Bohrspülung zur Startseite verpumpen zu können. Bei einem notwendigen Durchmesser Wandstärkenverhältnis von SDR 11 ergibt sich daraus eine oberirdisch zu verlegende Leitung mit einem Außendurchmesser von 250 mm. Diese wird nach Abschluss der HDD-Arbeiten komplett wieder zurückgebaut. Die Lage der temporären Rückspüleleitung kann dem Lage- und Grunderwerbs- und Bauwerksplan (Anlage 4.1) entnommen werden.

2.12 Küstenschutzbelange

Der LKN.SH als untere Küstenschutzbehörde ist für Landesschutzdeiche und Mitteldeiche in Schleswig-Holstein zuständig.

Die Wehrfähigkeit des Deiches ist unter allen Umständen und zu jeder Zeit zu gewährleisten. Der Deichzustand inklusive seiner Anlagen wird vorab beweissichernd dokumentiert.

Die Deichflächen werden zum Schutz gegen das Betreten und Befahren durch Unbefugte mittels Einzäunung abgesperrt. Dabei ist für die Sicherheit des Deiches zu gewährleisten, dass Tore und Zufahrten jederzeit für die dazu Berechtigten ohne Hindernisse passierbar sind. Für die Einschwimmvorgänge der Rohrstränge werden der Sperrkorridor und die Details der Absperrung (Lage und Ausführungsart der Zäune und Tore) mit dem LKN.SH abgestimmt.

Der LKN.SH wird über alle die Küstenschutzbelange betreffenden Ereignisse umgehend informiert (siehe auch Kap. 3.111 - Havariemanagement Bohrtechnik).

Alle etwaigen Schäden werden in Abstimmung mit dem LKN.SH zeitnah beseitigt.

Mit dem LKN.SH erfolgten im Vorfeld der Planung für dieses Vorhaben bereits Abstimmungsgespräche zur Bauausführung, um die Küstenschutzbelange entsprechend zu berücksichtigen.

2.13 Ökologische Belange

Die im Rahmen der Horizontalbohrungen am Landesschutzdeich erforderlichen naturschutzfachlichen

Maßnahmen werden in enger Absprache bzw. unter Einbeziehung / Anleitung einer naturschutzfachlichen Baubegleitung (NFB) durchgeführt. Die NFB wird über alle umweltrelevanten Ereignisse umgehend informiert (siehe auch Kap. 3.11 - Havariemanagement Bohrtechnik). Aufgrund der räumlichen Lage im Nationalpark wurden bei der Planung der Bauausführung auch bereits die Erfahrungen aus den naturschutzfachlichen Baubegleitungen der anderen Netzanbindungsvorhaben in diesem Bereich (SylWin1, HelWin1, HelWin2 und NordLink) berücksichtigt.

3 Ausführung

3.1 Einführung

Die Bauausführung der HDD Landesschutzdeich erfolgt im Bereich Büsum-Neuenkoog in unmittelbarer Nähe der Anlandungsbereiche der bereits in Betrieb befindlichen Netzanbindungssysteme HelWin1, HelWin2 und SylWin1. Die see- und landseitigen Arbeiten finden vor und hinter dem Deich statt.



Abbildung 8: Lageübersicht

Der landseitige Transport erfolgt aus Richtung Büsum über die öffentlichen Straßen Stadtweg, Neuenkoog und Dithmarscher Straße / K71 und vom Stadtweg aus über eine zu errichtende temporäre Baustraße entlang der späteren Kabeltrasse bis zum Baufeld.

Für den seeseitigen Transport dient als Basishafen Büsum.

3.2 Seeseitige Arbeiten

3.2.1 Basishafen Büsum

Für den Umschlag von Material und Geräten zur Mobilisation und Demobilisation dient überwiegend der Hafen Büsum. Im Hafen wird durch den späteren Unternehmer eine Lager- und Logistikfläche belegt

bzw. angemietet. Die Fläche liegt in unmittelbarer Nähe zum Schiffsanleger, so dass eine Beladung auf einen Arbeitsponton, einen Transportponton oder ein offenes Arbeitsboot jederzeit erfolgen kann und kurze Fahrwege gewährleistet sind. Eventuell erforderliche Transport- und Crewtender sollen hier auch stationiert werden. Die Fläche wird mit entsprechenden Arbeitsgeräten ausgestattet, um jegliches Transportgut auch innerhalb der Fläche bewegen zu können. Die Anfahrt zur Lager- und Logistikfläche im Hafen Büsum erfolgt über öffentliche Zufahrtswege.

Der seeseitige An-/Abtransport erfolgt von dort über die Bundeswasserstraße Nordsee unter Berücksichtigung der örtlichen Fahrwasser und den besonderen Bedingungen des Nationalparks, die auch verkehrsrechtliche Auflagen (wie Geschwindigkeitsbegrenzungen, zurückhaltenden Fahrweise etc.) betreffen. Im Wattenmeer gilt (auf Grundlage der Verordnung über das Befahren der Bundeswasserstraßen in Nationalparks im Bereich der Nordsee, NPNordSBefV) für alle schwimmenden Einheiten eine Maximalgeschwindigkeit von 16 Knoten im Hauptfahrwasser und 12 Knoten auf den Wattflächen (1 Knoten entspricht 1,852 km/h).

3.2.2 Materialtransport und Baustellenlogistik

Um einen unabhängigen Materialtransport und eine störungsfreie Baustellenlogistik zu ermöglichen, werden alle erforderlichen Stoffe, Bauteile und sonstige Materialien in Eigenleistung bzw. unter Eigenregie geliefert, umgeschlagen und auf der Baustelle zwischengelagert. Sämtliche benötigten Materialien werden so an die jeweiligen Örtlichkeiten transportiert, dass eine Unterbrechung der Arbeiten wegen fehlender Materialien nicht eintritt. Es gilt für alle Schiffs- bzw.- Gerätebewegungen der Grundsatz, dass entsprechend das günstigste Zeitfenster frühzeitig ermittelt und effektiv unter Umständen auch an den Wochenenden genutzt wird. Außerdem werden sowohl jahreszeitlich bedingte Witterungseinflüsse als auch daraus resultierende periodische Wasserstandsereignisse wie z.B. Spring- und Nipptiden berücksichtigt. Die Einzelleistungen im Bauablauf werden durch eine übergeordnete Logistikplanung so aufeinander abgestimmt, dass unnötiger Baustellenverkehr möglichst vermieden wird. Da der reibungslose Ablauf der seeseitigen Baustelle durch unvorhergesehene ungünstige Wasserstände und Witterungseinflüsse beeinträchtigt werden kann, werden relevante und kritische Materialien in Form von Backup-Systemen bzw. in mehrfacher Form auf den schwimmenden Einheiten mitgeführt. Alle Transporte erfolgen unter besonderer Berücksichtigung der Tidezeiten und werden mit ausreichendem zeitlichem Vorlauf geplant (vgl. Kap. 3.6).

Das logistische Konzept sieht den Antransport landgebundener Geräte und Materialien vorwiegend über den Landweg zur Anlegestelle im Hafen von Büsum vor. Dort erfolgt auf dem Lagerplatz die örtliche Zwischenlagerung. Die Schiffe bzw. Boote, der Arbeitsponton und der Transportponton werden über das örtliche Wattfahrwasser (Schollock) zur Wasserbaustelle gebracht.

Das Wattfahrwasser wird mit Hilfe von Pricken während der Bauzeit gekennzeichnet. Hierzu wird während der Baudurchführung das Wattfahrwasser vor Einschwimmen der wasserbaulichen Geräte mittels

Single-Beam von einem Arbeitsboot aus gepeilt. Denkbar ist auch eine Aufnahme der Watthöhen mittels Drohne.¹ Es werden alle 50 m Querprofile und über die Gesamtlänge ein Längsprofil erstellt.

Die Pontons verfügen nicht über einen eigenen Antrieb und werden daher zunächst per Schleppschiff entlang des Fahrwassers zur Mündung des Wattfahrwassers gebracht. Von hier übernehmen zwei offene Schubboote (Tiefgang max. 0,60 m) den weiteren Transport über das Watt bis zur Endposition an die entsprechende Lokation im Watt. Der Arbeitsponton kann mit längsseits liegenden Schubbooten über die spätere Bohrtrasse in Position gebracht werden. Bei einem Spundwandkasten als Baugrubenumschließung wird mit einem auf dem Arbeitsponton installierten Hochfrequenzvibrator, beginnend mit der östlichen Spundwandseite, mit der Installation begonnen. Nach Fertigstellung der Spundwand wird der Ponton Richtung Westen versetzt, wobei in diesem Zuge die stirnseitigen Spundwände gesetzt und der Kasten geschlossen wird. Alternativ kann auch eine schwimmende Baugrubenumschließung oder eine Kombination aus Arbeitsponton mit integrierter Baugrubenumschließung zum Einsatz kommen. In diesen Fällen entfallen die Arbeiten zur Einbringung und zum Ausbau der Spundbohlen, da die Umschließung in diesen Fällen mit Kunststoffbohlen realisiert wird.

Der Zeitpunkt des Antransportes auf das Watt wird so gewählt, dass die Auffahrt bei Springtide oder den bei Springtide vergleichbaren Wasserständen erfolgt, da während der Springtide normalerweise mit erhöhten Hochwasserständen zu rechnen ist. Die Steuerung des korrekten Kurses und Eingabe der Endposition erfolgt über ein GPS-Navigationssystem.

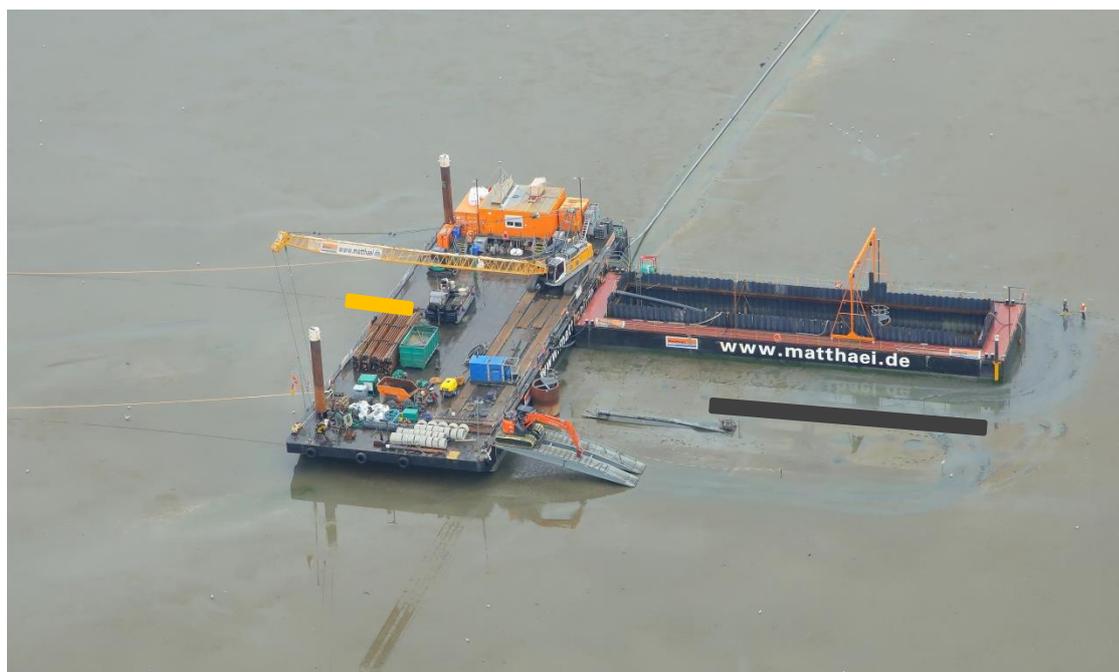
Der Arbeitsponton ist mit einem Hebegerät (z.B. Seilbagger Hitachi KH-150 oder gleichwertig) ausgestattet, um Material umschlagen zu können. Der Arbeitsponton wird vor der Verschleppung an seine Arbeitsposition abhängig vom Tiefgang teilausgerüstet und mit den erforderlichen Betriebsstoffen versehen.

Zum jetzigen Zeitpunkt sind nicht genügend Informationen (z.B. wie viele Flüge, wie viel Lärm, zu welchen Zeiten) vorhanden, als dass die Arbeiten mit der Drohne mit dem Planfeststellungsbeschluss genehmigt werden könnten. Genehmigungsanträge für den Einsatz einer Drohne bei der Luftfahrtbehörde, die dann auch MELUND, LKN und WSA beteiligt, sind üblich. Falls der Einsatz einer Drohne erforderlich wird, kann die Genehmigung zu gegebener Zeit über diesen Weg erlangt werden.

¹ Der Einsatz einer Drohne ist nicht zwingend erforderlich, vereinfacht jedoch einige Arbeitsvorgänge erheblich (z.B. Peilung, UXO-Sondierung, Ausbläserüberwachung, Dokumentation der Wattschädigungen usw.) und hat sich in den letzten Jahren bei vergleichbaren Projekten in Niedersachsen etabliert. Zum jetzigen Zeitpunkt ist unklar, ob eine Drohne tatsächlich eingesetzt wird. Überdies liegen nicht genügend Informationen über den potenziellen Einsatz der Drohne vor (z.B. Anzahl der Flüge, Emissionen, Zeitpunkt). Daher wird im Falle eines Drohneneinsatzes ggf. ein gesonderter Antrag bei der Luftfahrtbehörde gestellt.



**Abbildung 9: Beispiel für einen Arbeitsponton mit Spundwandkasten und Wattbagger
(Foto Projekt HelWin2)**



**Abbildung 10: Beispiel für einen Arbeitsponton mit schwimmender Baugrubenumschließung
(Foto Projekt DolWin6)**

Für den Transport und die Lagerung des Spundwandmaterials ist aus Lade- und Tiefgangsgründen der Einsatz eines zusätzlichen Transportpontons geplant. Dieser Transportponton wird mit den Schubbooten positioniert und ein Arbeitsboot für die Versorgung eingesetzt. Im weiteren Verlauf der Arbeiten wird es als Hilfe zur Fertigstellung der Bohrarbeiten eingesetzt.

Während der Niedrigwasserphasen können die Fahrzeuge innerhalb der Arbeitsfläche auf dem Trassenkorridor trockenfallen. Ein Antransport der Pontons mit einem Schlepper direkt zur Endposition ist selbst bei Hochwasser nicht möglich, da hier nur maximale Wassertiefen von ca. 0,80 m bei MThw erreicht werden, die für einen entsprechenden Schlepper nicht ausreichend wären. Die Beladung der Pontons erfolgt daher so, dass der Wasserstand von 0,80 m vor Ort bei MThw ausreichend ist. Ggf. sind wegen der Wasserstände Mehrfahrten mit geringerer Zuladung erforderlich.

Für den Transport von Bohrwerkzeugen (Bohrgestänge usw.) ist aus Lade- und Tiefgangsgründen der Einsatz eines Wattbaggers eingeplant. Dieser Wattbagger wird auf einer eingezäunten Arbeitsfläche auf der Außenböschung des Landesschutzdeiches aufgestellt und fährt über eine zu installierende Wattrampe ins Watt. Die Summe aller Transporte wird sich auf ca. 70 Fahrten belaufen.



Abbildung 11: Beispiel für Wattrampe ins Büsumer Watt (Foto Projekt NordLink, aus dem NFB-Bericht)

Einsätze, bei denen ein möglichst rascher Transport von Kleinstmaterial und Ersatzteilen erforderlich wird, werden in der Regel per Schlauchboot zwischen Wattrampe und Arbeitsponton durchgeführt. Der Abtransport der Geräte und Arbeitsmittel erfolgt in gleicher Art und Weise wie der Aufbau. Es wird von ca. 10 Schiffstransporten zur Einrichtung und zum Rückbau des Spundwandkastens ausgegangen.

3.2.3 Bohraustrittsstelle im Watt

Die Umschließung der Bohraustrittspunkte ist als Spundwandkasten geplant, welcher vom Arbeitsponton aus errichtet wird. Alternativ können aber auch schwimmende Baugrubenumschließungen zum Einsatz kommen.



Abbildung 12: Beispiel für Spundwandkasteneinbau im Büsumer Watt (Aufnahmen Projekt NordLink)

Sämtliche hierfür erforderlichen Geräte werden vom Arbeitsponton aus eingesetzt, welcher über den gesamten Zeitraum der Bohrung bis zum Rückbau des Spundwandkastens an der wasserseitigen Stirnwand der Baugrubenumschließung vor Ort bleibt. Der Kasten wird gemäß der in der Ausführungsplanung zu erstellenden Statik aus einem Trägerrahmen als Aussteifung mit umlaufendem Spundwandprofil gefertigt. Die Spundbohlen werden entsprechend der statischen Berechnung ausgelegt und fachgerecht einvibriert. Mit der Einbindetiefe gemäß statischer Berechnung lassen sich die Unterströmung der Baugrube und damit ein hydraulischer Grundbruch verhindern. Die Spundbohlen (Profil Larssen 601 o.ä.) werden als Doppelbohlen eingebracht. Die Spundbohlenschlösser werden mit einer Spundwandschlösserdichtung ausgestattet und später mit der nächsten Bohle wasserundurchlässig fachgerecht einvibriert. Hierzu wird das Spundwandschloss auf den oberen ca. 3 m bis zum Wattbodeneintritt bereits werkseitig in einem aufwendigen Verfahren zuerst mit Sand gestrahlt, danach wird ein Primer aufgebracht und anschließend mit der Lippendichtung aus PU versehen. Danach ist eine Aushärtungszeit von ca. 3-4 Tagen erforderlich. Zur besseren Gleitung der Schlösserdichtung ist vor Ort lediglich ein geringer Auftrag eines umweltverträglichen Gleitmittels nötig.

Durch eine ausreichende Einbindetiefe der Spundbohlen wird gewährleistet, dass ein Unterströmen und Ausfließen von Bodenmaterial bzw. Bentonit verhindert wird.

Die Abmessungen des Spundwandkastens betragen etwa 24 x 14 m. Die Baugrubenumschließung wird mit einer konstruktiven Gurtung im Kopfbereich innen umschlossen. Die Ausführung der Vibrationsarbeiten erfolgt nur bei trocken gefallenem Wattflächen.

Vom Arbeitsponton aus werden alle während der HDD-Arbeiten notwendigen Tätigkeiten durchgeführt. Auf diesem sind sämtliche benötigte Geräte installiert.

Weitere Kleingeräte und Personal können vom Transportponton und dem Arbeitsboot aus eingesetzt werden. Sie sind mit ihrem sehr geringen Tiefgang von max. 0,60 m in der Lage, im Bereich der Bohraustrittspunkte zu arbeiten.

Der Transport des Personals (Pontonbesatzung), für das keine Unterkunft auf den Pontons zur Verfügung steht, wird mit dem Arbeitsboot bzw. Schlauchbooten unabhängig von den übrigen Einheiten zu den Hochwasserzeiten oder bei Ebbe über die Wattzufahrt erfolgen.

3.2.4 Einschwimmen der Schutzrohre

Die Schutzrohrstränge werden im Bereich der BE-Fläche entlang der Baustraße einzugsfertig

vorbereitet (Schweißen der Rohre, vgl. Kapitel 3.4.7).

Für den Schleppvorgang zur Zielgrube im Watt und den späteren Einzug mit der Bohranlage wird jeweils ein Ziehkopf an den fertigen Rohrstrang angeschweißt (Rohreinzug, vgl. Kapitel 3.4.8). Vor Einschwimmen der Schutzrohre in den Wattbereich wird eine Dichtheitsprüfung durchgeführt. Die Rohrstränge werden zur Vorbereitung für den Transport zur Zielseite auf Rollenböcke gelegt. Für den Transport über die Deichanlage werden dort weitere Rollenböcke aufgestellt. Das Rohr wird mit Hilfe eines Autokrans mit Rohrabsenwagen o.ä., der sich hinter dem Deich (landseitig) aufstellt, geführt. Der jeweils zum Einzug vorgesehene Rohrstrang wird mit einer Winde vom Arbeitsponton aus im Bereich des nördlichen Arbeitsstreifens über den Deich und den Treibselweg an die Seeseite gezogen und dort den entsprechenden Geräten für den weiteren Transport übergeben.



Abbildung 13: Impressionen Schutzrohr-Transport

Von dort aus wird der Rohrstrang bei Hochwasser mit einem offenen Arbeitsboot hinter die vorgesehene Einbaustelle (Bohraustrittsstelle im Watt) gezogen. Dort werden entlang der Ablaufbahn, an welcher der Strang in die Bohrung eingezogen werden soll, temporär vorab Erdanker im Abstand von ca. 100 m eingebracht. Hieran kann der Rohrstrang bei jedem Wasserstand über Schlaufenhalterungen in sicherer Lage fixiert werden. Die Ablaufbahn dient der Sicherung des Rohrstranges gegen ein unkontrolliertes Verdriften während des Einzuges. Die Erdanker werden nach dem Einzug der Rohre vollständig entfernt. Die Führung des beim Schutzrohr-Einzug entstehenden Rohrbogens erfolgt auf dem Arbeitsponton mit geeigneten dort installierten Geräten (z.B. Seilbagger mit Rohrabsenwagen) entsprechend des zulässigen Mindestbiegeradius des Rohres.

3.3 Querung Landesschutzdeich

Mit den HD-Bohrungen werden folgende Objekte gekreuzt:

- Ackerflächen Flurstücke 61 und 145 (s. Lage- und Grunderwerbsplan in Anlage 4.1)
- Nordseestraße, Gemeindestraße/Deichweg landseitig am Deichfuß
- Deichgraben, parallel zur Straße verlaufender Entwässerungsgraben
- Landesschutzdeich, Deichanlage inkl. Betriebswege (u.a. Treibselweg)

- Wattflächen im Büsumer Watt im Deichvorland

Der Landesschutzdeich muss zur Verlegung von Schlauchbrücken für den Schutz der Rückspüleleitung der HDD an der Straße „Nordseestraße“ und am Treibselweg zum Aufstellen und Entfernen der Laufrollen für das Ziehen der Schutzrohre der HDD und zur messtechnischen Kontrolle des Bohrungsverlaufes der HDD betreten sowie mit dem Wattbagger im Bereich der Stellfläche befahren werden.

Von der BE-Fläche werden die Materialien mittels Radlader oder Transporter bis zum Wattbagger gebracht, der auf dem Deich stationiert wird und die Transportfahrten über die Wattrampe zum Austrittsbereich der Bohrungen übernimmt. Von den auf dem Deichunterhaltungsweg eingesetzten Geräten ist der Wattbagger das schwerste Gerät (Einsatzgewicht von ca. 17 t bei einer Hublast von 3,8 t), jedoch hat er durch das extra breite Kettenlaufwerk (Moorketten) den geringsten Bodendruck (230 g/cm²). Der Radlader wird ein Eigengewicht von etwa 8 t und der Transporter ein Gesamtgewicht von max. 3,5 t haben. Die Schüttsteine zum Herstellen der Wattrampe müssen mit einem Dreischkipper (ca. 20 t Gesamtmasse) angeliefert werden.

Während der Einschwimmvorgänge wird der Wattbagger am seeseitigen Ende des Schutzrohrstranges positioniert und für das Ziehen der Schutzrohre, Positionierung der Rückspüleleitung und kleinere Korrekturarbeiten eingesetzt.

Die Führung von Schutzrohr und Rückspüleleitung über den Deichgraben bis zur Straße „Nordseestraße“ erfolgt über einen auf der BE-Fläche stehenden Mobilkran. Vom Bereich „Nordseestraße“ aus wird die vorgefertigte Rückspüleleitung bzw. der verschweißte Schutzrohrstrang mit einer Winde über den Deich und den Treibselweg gezogen und im Bereich des nördlichen Arbeitsstreifens durch ein Arbeitsboot (bei Hochwasser) bzw. eine auf dem Arbeitsponton installierte Winde (bei Niedrigwasser) bis zur Austrittsseite der HDD gezogen.

Für die Zufahrt von der BE-Fläche zum Deich ist die temporäre Erweiterung der bestehenden Feldzufahrt auf insgesamt 8 m mit Verlängerung des Durchleitungsbauwerkes (Rohrdurchlass) erforderlich. Diese Erweiterung wird nach Abschluss der HDD-Arbeiten wieder zurückgebaut und der Bereich in seinen ursprünglichen Zustand zurückversetzt.

Die außerdem benötigte Zufahrt an der Straße „Nordseestraße“ zur Deichüberfahrt und den Treibselweg bis zum Arbeitsstreifen auf dem Landesschutzdeich ist in Anlage 4.1 als „temporäre Flächeninanspruchnahme“ gekennzeichnet.

Vom Treibselweg aus wird über den Arbeitsstreifen eine temporäre Zufahrt in das Watt (Wattrampe zur Deckwerksüberfahrt) angelegt, deren bautechnische Ausführung entsprechend den Vorgaben des LKN.SH erfolgt und voraussichtlich vergleichbar der Wattrampe in Abbildung 11: Beispiel für Wattrampe ins Büsumer Watt (Foto Projekt NordLink, aus dem NFB-Bericht) ausgeführt wird.

Das Deckwerk des Landesschutzdeiches wird zur Schaffung einer möglichst flachen Längsneigung der Wattrampe mittels Steinschüttung auf zuvor auf dem Wattboden ausgelegten Baggermatten in das Watt

verlängert und der Gründungsbereich der Wattrampe so gegen Kolkbildungen und das Einsinken der Steinschüttung gesichert. Die Baggermatten werden mit Erdnägeln gegen Aufschwimmen fixiert. Die Baggermatten werden auch auf den ersten Metern im Watt seeseitig der Rampe ausgelegt.

Für die Steinschüttung werden Natursteine der Klasse III der Norm „Durchmesser Technische Lieferungen für Wasserbausteine (DTLW97, 15 – 45 cm bzw. der Norm DTLW 2003 „Light Mass Kategorie „B“ 5/40 (LMB5/40) aus der DIN EN 13383) verwendet.

3.4 Landseitige Bauausführung

3.4.1 Materialtransport und Baustellenlogistik

Der Materialtransport und die landseitige Baustellenlogistik sollen von Büsum kommend über den Stadtweg als öffentliche Straße bis an den Bereich der späteren Kabeltrasse heran erfolgen. Hier wird eine Baustraße aus Baggermatten oder Stahlplatten bis an die BE-Flächen heran errichtet, die nach den HDD-Arbeiten wieder zurückgebaut wird. Der Baustellenbereich setzt sich aus einer Haupt-BE-Fläche für das HDD-Equipment, der BE-Fläche für den Schweißplatz und der Rohrmontage- und Ablaufbahn zusammen. Die Verbindung zwischen den BE-Flächen soll ebenfalls als Baustraßen mit Baggermatten/Stahlplatten realisiert werden. Nur die Zufahrt vom Schweißplatz zum Deich (Neuenkoog) soll als Zufahrt mit Naturschotter ausgebildet werden.

Der Verkehr von und zur Baustelle wird über die Dithmarscher Straße bis zum letzten Kreisverkehr vor Büsum, dann in die Straße Neuenkoog (in Büsum) bis zur Einmündung des Stadtweges (in Büsum) und dann entlang des Stadtweges bis zur Baustellenzufahrt am Stadtweg (hier schon auf Gemeindegebiet Westerdeichstrich) geleitet. Auf Grund der Länge der Zuwegung auf dem Stadtweg von ca. 600 m und der begrenzten Einsehbarkeit soll in etwa der Hälfte der Strecke im Bereich des zu querenden Siels eine Ausweichbucht errichtet werden. Die Route sowie die Lage und die Ausgestaltung der Ausweichbucht und der Baustellenzufahrt können der Anlage 8 Wegekonzept entnommen werden.

Für die HDD-Arbeiten wurden überschlägig insgesamt 560 LKWs à 40 t ermittelt. Dabei entfallen 320 LKWs auf die ersten drei Wochen für die Errichtung der BE-Fläche. Im Zeitraum der eigentlichen HDD-Arbeiten (4. bis 9. Woche) werden ca. 100 LKWs eingesetzt und in den letzten zwei Wochen noch einmal 140 LKWs zur Demobilisation der Baustelle. Zusätzlichen Verkehr durch PKW und Transporter wird es für die personelle Unterhaltung der Baustelle geben, in der Regel 2 x täglich zu Arbeitsbeginn und -ende. Die Angaben in diesem Absatz sind lediglich Schätzwerte, die tatsächliche Anzahl an Transportfahrten kann hiervon abweichen.

3.4.2 Arbeitsflächen und Baustraße-Zuwegung

Im Vorfeld werden eine Erkundung von Fremdleitungen und eine Abstimmung mit den Betreibern durchgeführt. Für die Zufahrten zur Eintrittsseite der Bohrung ist eine Beweissicherung vorzunehmen. Bereits befestigte Zufahrten müssen ggf. ausgebessert bzw. verstärkt werden. Generell sind die Zufahrten und Arbeitsflächen für eine Befahrung mit Standard-LKW mit Achslasten von max. 10 t herzurichten.

Die BE-Flächen (Arbeitsfläche und Schweißplatz) westlich des Stadtweges werden auf einer Unterlage von Geotextilien (Combigrid 30/30 o.ä.) mit Schotter (Körnung 0-32 mm, 0,5 m Schichtdicke) befestigt. Es werden Naturstoffe wie Sande, Kiese und Schotter (kein Recyclingmaterial) verwendet.

Die Baustellenzufahrten sollen mittels Baggermatten/Stahlplatten errichtet werden.

Nachdem die Bohreintrittspunkte örtlich festgelegt und markiert sind, kann der Einbau der Widerlager für die Bohranlage erfolgen. Hierfür werden Einzelspundbohlen vibrierend eingebracht und über einen Querträger mit dem Bohrgerät verlascht. Das Widerlager soll die maximale Zugkraft der Bohranlage als Horizontalkraft aufnehmen können. Es ist davon auszugehen, dass etwa 8 bis 12 Spundbohlen bis zu 6, max. 8 m, einzuvibrieren sind. Ein entsprechender statischer Nachweis der Auslegung wird in Abhängigkeit der geplanten Ausführung innerhalb der Ausführungsplanung erstellt.

3.4.3 Bohrplatzeinrichtung

Die technischen Hauptkomponenten der Bohreinrichtung sind:

- Bohr-Rig mit Antriebseinheit (Powerpack)
- Mischanlage
- Container für Bohrspülung und Anmischwasser
- Recyclinganlage für die Bohrspülung
- Bohrgestängeboxen
- Bohrwerkzeuge
- Hochdruckpumpe

Verbrauchsmaterialien wie Bentonit und Additive werden auf der Baustelle gelagert. Dieseldieselkraftstoff wird regelmäßig (ca. alle 1 bis 2 Tage) mit einem Tankwagen zur Baustelle gebracht und die Geräte werden vor Ort gemäß den geltenden Vorschriften betankt. Für kleine und mittlere Geräte wird ein Tankplatz mit einem doppelwandigen Kraftstofftank eingerichtet. Dieser Tankplatz soll befahrbar sein. Damit unter keinen Umständen Kraftstoff in die Umwelt gelangt, wird der Tankplatz vollständig mit einer reißfesten Folie ausgekleidet. Gegebenenfalls ausgetretener Kraftstoff sowie anfallendes Tagwasser müssen regelmäßig abgepumpt und der Entsorgung zugeführt werden.

3.4.4 Rückspüleleitung

Für den Rücktransport der Bohrspülung von der Ziel- zur Startseite (Recyclinganlage) wird eine Rückspüleleitung aus HDPE-Rohren mit einem Außendurchmesser von $d = 250$ mm hergestellt. Die

Schweißung dieser Leitung erfolgt in Teilabschnitten mit Schweißmuffen im Bereich des Rohrmontageplatzes. Die vorgefertigte Leitung wird von der BE-Fläche und der Straße „Neuenkoog“ aus mit einer Winde über den Deich und den Treibselweg geführt. Für die Querung der Straße „Neuenkoog“ und des Treibselweges wird durch geeignete Maßnahmen (Rohrbrücke oder vergleichbar) eine ständige Befahrbarkeit sichergestellt.



Abbildung 14: Beispiel Ausbringen einer Rückspüleleitung über den Landesschutzdeich (Projekt Nord-Link)

Die dazu notwendigen Überfahrten müssen so gestaltet sein, dass sie auch für Fahrradfahrer ohne Gefährdung passierbar sind. In den Nachtstunden sind entsprechende Beleuchtungen zu installieren. Die Leitung wird im Bereich des Arbeitsstreifens nördlich der Bohrung durch ein offenes Arbeitsboot (Hochwasser) oder mit einer auf dem Arbeitsponton installierten Winde zur Austrittsseite gezogen. Im Bereich des Watts wird die Rückspüleleitung mit Schlaufen an Holzpflocken oder Erdnägeln befestigt. Die Schlaufen sollen so gestaltet sein, dass die Rückspüleleitung mit jedem Hochwasser periodisch umgelagert wird, so dass einer Kolkbildung effektiv entgegengewirkt wird.

3.4.5 Pilotbohrung

Die Bohrgarnitur für die Pilotbohrungen besteht aus einem Rollenmeißel, einer Jetting-Garnitur inklusive Schwerstangen und Steering-Tool sowie dem Bohrstrang.

Die Pilotbohrungen werden mittels Kabel geführten Messverfahren (Gyro bzw. Paratrack) vermessen. Vor Aufnahme der Bohrarbeiten ist der Bohrvermesser verantwortlich für eine Kalibrierung und einen Funktionstest der Sonde. Der Driller und ggf. auch ein Auftraggeber-Vertreter überwachen diese Tests.

Die zu erwartende Toleranz zur geplanten Bohrlinie beträgt +/- 1m. Dies bedeutet, dass es in der Ausführung zu Abweichungen gegenüber der Planung und den im Profilplan dargestellten Höhen kommen kann. Der tatsächliche kombinierte Radius (gemessen auf 30 m) wird vom Bohrvermesser während der gesamten Pilotbohrung überwacht.

Bei Einsatz des Paratrack Messverfahrens ist es notwendig über der Bohrtrasse ein Messkabel auszulegen. Dieses wird genau eingemessen und während der Verweildauer am Boden fixiert. Nach Abschluss der Pilotbohrungen wird das Kabel restlos wieder entfernt. Bei Einsatz des Gyro-Messsystems ist kein oberirdisches Kabel erforderlich. Hier muss die Bohrtrasse lediglich punktuell mit einem GPS-Tracker betreten werden um die tatsächliche Lage des Bohrkopfes zu verifizieren.

3.4.6 Aufweitbohrung / Räumung

Für den Rohrdurchmesser von 450 mm ist ein Aufweitvorgang auf 24" (ca. 600 mm) vorgesehen. Dieser erfolgt in Abhängigkeit von den Erkenntnissen der Pilotbohrung mit einem Barrel-Reamer oder Flycutter.

Bei schwierigem Räumverlauf (z.B. hohe Drehmomente, hohe Zugkräfte, Schläge der Bohrgarnitur etc.) oder schlechtem Austrag von Feststoffen (zu geringe Dichte der Rücklaufspülung, Volumen Bohrklein < Volumen Bohrloch) wird ein zusätzlicher Säuberungsgang (Cleaning Run) mit einem Barrel-Reamer oder Jet-Sub zwischen dem Räumvorgang und dem Rohreinzug durchgeführt. Dieser hat zum Ziel, noch nicht ausgetragene Feststoffe auszuspülen oder zu verdrängen bzw. die Dichte der im Bohrloch befindlichen Spülung zu senken.

3.4.7 Schweißen der Rohre

Die angelieferten HDPE-Rohre werden im Bereich des Schweißplatzes gelagert. Dieser soll im Bereich der Zufahrt zur Straße „Nordseestraße“ errichtet werden (vgl. Planzeichnung in Anlage 3.2 oder Anlage 4.1). Nach dem Schweißen der Rohre auf dem Schweißplatz wird der Rohrstrang kontinuierlich mit einem Minibagger über die Ablaufbahn (Rollenböcke) entlang der Baustellenzufahrt in Richtung Stadtweg gezogen. Die zur Verfügung stehenden Flächen ermöglichen die Vorbereitung des für eine Bohrung notwendigen Schutzrohrstranges in kompletter Länge. Damit ist sichergestellt, dass der Rohreinzug ohne Unterbrechung durchgeführt werden kann.

Die PE-Schweißungen werden als Spiegelstumpfschweißungen entsprechend den Vorgaben der DVS 2207/1 durchgeführt. Die Rohre werden durch Spannbacken arretiert. Das anzusetzende Rohr ist dabei axial beweglich.

Die Stirnflächen der zu verbindenden Rohre werden unmittelbar vor dem Schweißen mit einem sauberen und fettfreien Planhobel so bearbeitet, dass sie im eingespannten Zustand planparallel sind. Der Versatz der Fügeflächen darf an der Rohraußenseite 10 % der Wanddicke nicht überschreiten.

Die Verbindungsflächen der Rohrenden werden am Heizelement bei einer Temperatur von 200 bis 220°C unter Druck angewärmt. Zum Anwärmen müssen die Flächen mit geringem Druck am Heizelement anliegen. Nach dem Anwärmen werden die Fügeflächen gelöst und das Heizelement wird herausgenommen. Die Rohre werden unmittelbar danach unter Druck (in der Regel hydraulisch) zusammengeführt. Während der Fügezeit muss der Fügedruck bis zum Ablauf der Abkühlzeit aufrechterhalten bleiben.

Die Stumpfschweißmaschine bleibt daher während der gesamten Verarbeitungsschritte im Einsatz. Nach dem Schweißen wird die Innenwulst herausgeschält.

Die Späne vom Planhobeln und vom Ausschälen der Innenwulst werden als Abfall gesammelt und entsorgt.

3.4.8 Rohreinzug

Der Rohreinzug ist der letzte Vorgang des Bohrprozesses. Er wird nur begonnen, wenn der Bauleiter von der freien Durchgängigkeit des Bohrloches überzeugt ist.

Der Rohreinzug wird von der landseitigen Baustellenseite aus mit dem Bohrgerät durchgeführt. Hierzu wird das hinter den Arbeitsponton eingeschwommene Schutzrohr (vgl. Kapitel 3.2.4) in einem elastischen Oberbogen über den Arbeitsponton mit Hilfe der Einziehgarnitur verbunden. Die Einziehgarnitur besteht aus einem Barrel-Reamer in Bohrlochendgröße und einem Drehwirbel zur Entkopplung der Drehmomente. Nach dem die Verbindung hergestellt ist, wird das Borgestänge und damit der Rohrstrang über das Bohrgerät in Richtung Land gezogen (vgl. Ablauf einer HDD Kapitel 2.2) Dieser Vorgang erfolgt unter gleichzeitigem Verpumpen von Bohrspülung, die an beiden Seiten der Bohrung aufgefangen und der Recyclinganlage zugeführt wird.

Nachfolgende Abbildung zeigt eine typische Einziehgarnitur.

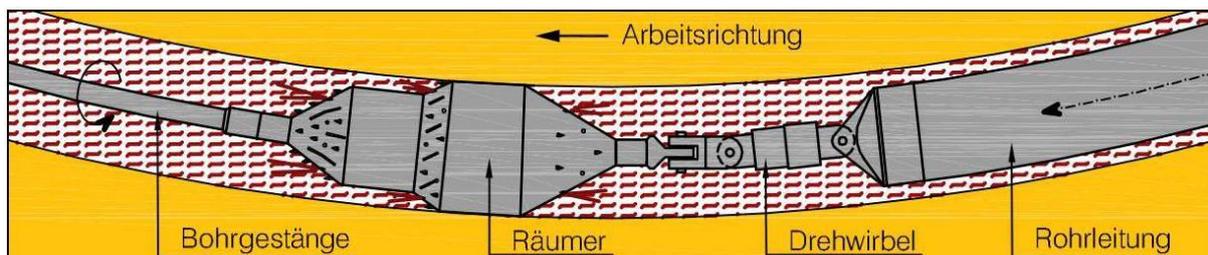


Abbildung 15: Prinzipdarstellung einer typischen Einziehgarnitur (DCA)

Um einen sicheren und reibungslosen Einzug des Rohrstrangs zu gewährleisten, wird der Einziehvorgang vom Bohrgeräteführer überwacht. Dieser ist über Funk permanent mit dem Personal auf der Rohrseite verbunden.



Barrel Reamer (Räumer)



Zugkopf



Drehwirbel mit Kreuzgelenk

Abbildung 166: Beispiele für Rohreinzuggeräte

Die Zugkräfte, Drehmomente, Spülungsdrücke und Pumpraten werden kontinuierlich überwacht. Jede Änderung der Ziehgeschwindigkeit oder anderer wichtiger Parameter bedarf der Autorisierung durch den Bauleiter. Sämtliche Daten werden im Bohrprotokoll aufgezeichnet.

3.4.9 Verdämmung des Ringraumes

Nach abgeschlossenem Einzug des Schutzrohres wird der zwischen dem Erdreich und dem HDPE-Schutzrohr durch den Überschneit der Bohrung verbleibende Ringraum im Bereich des Landesschutzdeiches mit einer geeigneten selbstaushärtenden Bohrspülung (Drill Mix 160 o.ä.) verfüllt. Dies erfolgt entweder durch Verpumpen während des Einzugs anstelle der Bohrspülung oder nachträglich über ein mit dem Kabelschutzrohr eingezogenes und während des Verdämmvorganges sukzessiv herausgezogenes Verdämmrohr. Hierbei verdrängt die Verdämmflüssigkeit das im Bohrloch befindliche Bentonit. Die Einzugsgeschwindigkeit wird an die Füllgeschwindigkeit angepasst. Das Verdämmmaterial füllt die Hohlräume, die durch das Bohren entstanden sind und härtet dann aus.

3.4.10 Räumung der Baustelle

Nach dem Einzug der Rohrstränge werden die Ziehköpfe abgetrennt. Zur Vorbereitung der Nachvermessung wird ein Zugseil in das Rohr eingebracht. Nach den Rohrprüfungen und erfolgter Kreiselkompass-Nachvermessung werden beide Rohrenden jedes Schutzrohres gegen das Eindringen von Kleintieren, Schmutz und Wasser mit einem Vorschweißflansch und Blinddeckel verschlossen und unter GOK auf eine Tiefe von etwa 1,5 m abgelegt. Im Wattbereich werden die Rohrenden zur Verringerung des Auftriebes ballastiert um ein Auftreiben zu verhindern.

Die Bohranlage und das dazu gehörige Equipment werden abgebaut und abtransportiert.

Für den Kabeleinzug (und die offene Bauweise vor der Übergangsmuffe) wird der Schweißplatz der HD-Bohrung nicht benötigt, daher wird dieser nach der HD-Bohrung zurückgebaut. Die Baggermatten der temporären Zuwegung werden ebenfalls nach Abschluss der HD-Bohrung entfernt und für den Kabeleinzug (und die offene Bauweise vor der Übergangsmuffe) erneut ausgelegt. Die große BE-Fläche wird zunächst nicht zurückgebaut, sondern bleibt bis zum Kabeleinzug bestehen, da ein zwischenzeitlicher Rückbau und erneuter Aufbau mit mehr Eingriffen verbunden wäre.

3.5 Spülungszusätze

Die Bohrspülung hat mehrere wichtige Funktionen für den Bohrprozess, wie:

- Lösen und Transport des Bohrkleins,
- Abdichtung und Stützung des Bohrkanals sowie
- Schmierung und Kühlung des Bohrstrangs, der Bohrwerkzeuge und des Rohrstrangs (während des Einzugs).

Für diese Bohrungen wird ein Spülungsingenieur eingesetzt.

Vor Aufnahme der Bohrarbeiten wird die Bohrspülung angemischt. Der Spülungsingenieur, in enger Abstimmung mit dem Bauleiter und dem Driller, ist verantwortlich für die Spülungsrezeptur in Abhängigkeit von der verfügbaren Wasserqualität, den Baugrundbedingungen und der zu transportierenden Korngröße. Eine typische Zusammenstellung von bei vergleichbaren Bohrungen zum Einsatz gekommenen Spülungsprodukten kann beispielhaft der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 6: Bsp. Spülungszusammensetzung

Funktion	Dosierung	Typ (oder vergleichbar)
Bohrspülungsgrundlage	35 kg/m ³	Bentonit Type W
Filtrationskontrolle in Grobsand und Kies (bei Bedarf)	0,5 kg/m ³ 2-4 kg/m ³	Rheopur PAC-L
Zusatz für Salz- und Brackwasser (bei Bedarf)	0,5 kg/m ³	Modivis 900
Erhöhung des pH-Wertes (bei Bedarf)	0,5 kg/m ³	Soda Ash

Für diese Bohrungen wird Wasser aus naheliegenden Hydranten mittels eines Wasserfasses antransportiert und in Containern zwischengelagert.

Das Wasser wird aus dem Bereitstellungscontainer in den Mischtank und dort durch einen Venturi-Mischer gepumpt. Über den sog. Hopper-Trichter am Saugstutzen der Venturi-Röhre werden das Bentonit und die Additive dem Wasser zugegeben. Im Mischtank erzeugen Rührwerke die für das vollständige Quellen der Bentonitpartikel erforderlichen Scherkräfte.

Die fertige Spülung wird von einer Ladepumpe zur Hochdruckpumpe und von dort mit entsprechendem Druck und der eingestellten Pumprate durch den Bohrstrang zu den Bohrwerkzeugen gefördert, wo sie durch Düsen austritt und hydraulisch den Boden löst. Die Spülung mit dem gelösten Bohrklein fließt im Ringraum entlang der aufgefahrenen Bohrung zurück zur Start- oder Zielbaugrube (Baugrubenumschließung). Von der Zielbaugrube wird die anfallende Spülung über die Rückspülleitung zur Startseite transportiert.

In der Recycling-Anlage werden Bohrklein und Bohrspülung separiert. Das Bohrklein wird zwischengelagert, während die recycelte Spülung so häufig wie möglich (Überwachung der Spülungsqualität durch den Spülungsingenieur) wieder dem Bohrprozess zugeführt wird.

Der Spülungsingenieur überwacht permanent die Qualität der „IN“-Spülung sowie die Parameter der „OUT“-Spülung und nimmt in Abstimmung mit dem Bauleiter und dem Bohrgeräteführer ggf. Anpassungen der Rezeptur vor. Mehrmals pro Tag werden pH-Werte, Sand-Gehalte, Spülgewichte und die rheologischen Parameter gemessen und dokumentiert (Spülungsprotokoll). Der Spülungsingenieur ist generell verantwortlich dafür, dass die Qualität der recycelten Spülung während der gesamten Bohrarbeit den Anforderungen entspricht. Sollte diese Qualität nicht mehr zu gewährleisten sein, muss ein Teil der verwendeten Spülung gegen neue ausgetauscht werden.

Da nur begrenzte Platzverhältnisse zur Verfügung stehen werden an das Entsorgungsmanagement des ausführenden Unternehmers sehr hohe Anforderungen gestellt. Vor Baubeginn ist mit der Ausführungsplanung ein Konzept für die Entsorgung bzw. Wiederverwertung des geförderten Bodens (Cuttings) und der nicht wieder einsetzbaren Bohrspülung vorzulegen. Da zu diesem Zeitpunkt noch nicht abzusehen ist in welchen Abfallschlüssel die Stoffe eingestuft werden, sind vorsorglich die Entsorgungswege für die Belastungsklassen Z0 bis Z1.1 und für die Belastungsklassen Z1.1 bis Z2 einzureichen.

Sofort nach Beginn der Bohrarbeiten sind von den ersten Cutting- und Bohrspülmengen jeder Bohrung entsprechende Proben zu entnehmen und einer Analyse nach LAGA zuzuführen. In Vorbereitung dieser Probenanalyse müssen entsprechende Vereinbarungen mit den Untersuchungseinrichtungen getroffen sein, um die Bearbeitungszeit für die Untersuchungen so gering wie möglich zu halten. Nach Vorlage der Analyseergebnisse ist umgehend mit den Transporten zum Abtransport von Cuttings und Bohrspülung zu beginnen.

Der Transportumfang ist so zu organisieren, dass die Cuttingtransporte für jede Bohrung bis zum Rohreinzug weitestgehend abgeschlossen sind. Um diese Vorgaben erfüllen zu können, muss der ausführende Unternehmer seine Separation so auslegen, dass die abgeworfenen Cuttings für den folgenden Abtransport in einem relativ stichfesten Zustand zur Verfügung stehen. Für den Transport der

Bohrrückstände dürfen nur zugelassene Güterkraftverkehrsunternehmen eingesetzt werden, die eine Transportgenehmigung zur Abfallbeförderung vorweisen können. Landwirtschaftliche Unternehmen, die nicht gleichzeitig die Weiterverwerter der Bohrrückstände sind und keine Zulassung zum gewerblichen Güterkraftverkehr vorweisen können, sind nicht für den Abtransport zugelassen.

Die Entsorgung der Bohrrückstände darf nur von einem zertifizierten und zugelassenen Entsorgungsfachbetrieb gem. Entsorgungsfachbetriebsverordnung (EfbV) erfolgen. Der Verbleib der Bohrrückstände ist in vollem Umfang durch entsprechende Verwertungs- bzw. Entsorgungsnachweise zu belegen aus denen die Menge und die Art des Stoffes (Abfallschlüssel) hervorgehen. Weitere Inhalte sind Angaben zum Entsorger. Für die Lagerung der Bohrspülung und der Cuttings bis zum Abtransport müssen auf den Arbeitsflächen entsprechend große Auffanggruben oder Becken angelegt werden. Die hohe Dichtwirkung des Bentonits verhindert, dass Flüssigkeit in den Untergrund versickert.

3.6 Beleuchtung

Die Arbeiten werden auch während der Arbeitszeit von 7-20 Uhr im geplanten Bauzeitenfenster ggf. nicht ohne eine Beleuchtung/Befeuerung auskommen. Das gleiche trifft auch zu, falls in einem Havariefall (vgl. Kapitel 3.11) Arbeiten in der Zeit von 20-7 Uhr durchgeführt werden müssen. Deshalb werden zur Absicherung von Arbeiten bei Dunkelheit spezielle kugelförmige und nach oben abgedunkelte blendfreie Lampen mit angepasster Wellenlänge (keine Insektenanlockung) im Bereich der land- und seeseitigen BE-Fläche installiert (siehe Anlage 3.1.2 Blatt 05 und 06). Sie werden so ausgerichtet, dass sie den Arbeitsbereich ausleuchten, aber praktisch nicht in die Umgebung abstrahlen. Durch den Einsatz dieser Speziallampen ist weder eine Blendung nachts ziehender Vogelarten noch eine Beeinträchtigung von Fledermäusen zu befürchten.

3.7 Termine / Fristen

Die Arbeiten zur HD-Bohrung sind für das Jahr 2023 vorgesehen. Sollte während des Planfeststellungsverfahrens absehbar werden, dass der Planfeststellungsbeschluss nicht rechtzeitig vorliegen wird, wird für diese Maßnahme ein Antrag auf die Zulassung des vorzeitigen Baubeginns gemäß § 44c EnWG angestrebt, um die Inbetriebnahme der Netzanbindung nicht zu verzögern.

Der Bauablauf wird unter Beachtung der Sperrfristen für den Deich und der naturschutzfachlichen Vorgaben (siehe Anlage 7, LBP) geplant.

Die Zeitbedarfsschätzung kann wie folgt angesetzt werden:

Tabelle 7: Zeitbedarfsschätzung Bauablauf

Vorgang	Dauer (12 Std. – Schichten)
Baustelleneinrichtung	gesamt: 27
Zufahrten anlegen	10
BE-Flächen erstellen	10
Antransport und Einrichten der Bohranlage	7
Seeseitige Mobilisation	parallel
Installation der Erdanker	parallel
Einbau Wattrampe	parallel
Baugrubenumschließung errichten	parallel
HDD 1	gesamt: 11
Pilotbohrung	5
Aufweiten	4
Rohre schweißen	parallel
Reinigungsgang (optional)	1
Rohr einschwimmen	parallel
Rohreinzug	1
HDD 2	gesamt: 12
Umsetzen der Bohranlage	1
Pilotbohrung	5
Aufweiten	4
Rohre schweißen	parallel
Reinigungsgang (optional)	1
Rohr einschwimmen	parallel
Rohreinzug	1
Abschließende Arbeiten	gesamt: 12
Kreiselkompassnachvermessung	2
Entsorgungsarbeiten (Spülung, Bohrklein)	parallel
Abtransport der Bohranlage	5
Baugrubenumschließung abbauen	parallel
Abbau der Erdanker	parallel
Rückbau Wattrampe	parallel
Demobilisation	5
Total	62

Zur Gewährleistung eines reibungslosen Bauablaufes wird vor Baubeginn ein Zeitplan erstellt, der die Anforderungen hinsichtlich der Einhaltung des (zu erwartenden) Bauzeitenfensters für die Dükerung des Landesschutzdeiches vor allem mit Blick auf eine ausreichende Anzahl von Springtiden innerhalb der Bauzeit und ausreichende Pufferzeiten berücksichtigt.

3.8 Bohrtechnisches Personal und Geräte

3.8.1 Zertifizierte Fachbaufirma

Zur Durchführung der gesteuerten Horizontalbohrungen werden nur Firmen zugelassen, die eine DVGW-Zertifizierung für Rohrleitungsbauunternehmen nachweisen können. Außerdem sind die Bohrungen nach den technischen Richtlinien des DCA (Verband Güteschutz Horizontalbohrungen e.V.) und der ATV DIN 18324 in der neuesten Fassung durchzuführen.

Bei der Planung der Bohrachsen wurde darauf geachtet, dass Vorgaben aus dem technischen Regelwerk (GW 321, technisches Regelwerk des DCA, Güteschutzverband Horizontalbohrungen) eingehalten werden.

3.8.2 Personal

Es werden geschulte und erfahrene Mitarbeiter in den Bohrmannschaften eingesetzt. Die Mitarbeiter mit Führungsaufgaben wie Bauleiter und Bohrgeräteführer sind erfahrene Bohrtechniker und Ingenieure und verfügen z. B. für die HDD-Arbeiten über Zertifikate gemäß DVGW GW 329.

Folgendes bohrtechnisches Personal ist typischerweise für diese Bohrungen vorzusehen:

Tabelle 8 voraussichtliche Baustellenbesetzung

ID	Anzahl/ Schicht	Funktion, Beschreibung
01	1	Projektleiter
02	1	Bauleiter
03	1	Bohrmeister
04	1	Vermesser
05	1	Mudmixer / Recycling
06	1	Bohrhelfer Bohrseite
07	1	Bohrhelfer Rohrseite
08	1	Baggerführer
09	3	Bohrspülbekämpfungskolonne
10	1	Spülungsingenieur
Total	12	

Während der Bohrarbeiten wird eine Spülbekämpfungskolonne, bestehend aus 3 Mann mit Materialien und Geräten, eingesetzt. Diese Kolonne wird während der Bohrarbeiten ständig auf Ausbläser achten und wenn Ausbläser auftreten, werden diese beseitigt. Weiteres Personal wird für die wasserbaulichen und rohrbautechnischen Arbeiten benötigt, so dass hier mit weiteren 10 Personen zu rechnen ist.

Die Bohrarbeiten werden in Tagesschichten von 12 h/Tag (zwischen 07:00 - 20:00 Uhr) unter Berücksichtigung der die Bohrzeiten eventuell einschränkenden Tiden durchgeführt.

3.8.3 Geräte und Anlagen

Alle Maschinen und Geräte auf der Baustelle sind geprüft, gewartet und einsatzbereit. Es werden nur Geräte und Maschinen zugelassen, die sich in einem technisch einwandfreien Zustand befinden sowie verkehrssicher sind. Dieser Zustand wird unmittelbar vor Baubeginn durch eine Gerätewartung sowie das Vorliegen der UV-Prüfbescheinigung nachgewiesen. Für die Schiffseinheiten wird die Tauglichkeit durch die Vorlage eines "Fit-For-Purpose"-Zertifikates einer Zertifizierungsstelle (z. B. Germanischer Lloyd) nachgewiesen, sofern dies für die Fahrzeugklasse üblich ist. Damit wird sichergestellt, dass sie dem Nulleinleitungsprinzip entsprechen.

Bei der Auswahl der Geräte für die Baudurchführung sind die besondere technische Eignung für die Aufgabenstellung (z.B. geringer Bodendruck bei Wattbaggern) ebenso wie ein möglichst geringes Alter und ein optimaler Wartungszustand zu berücksichtigen. Die Geräte müssen in einem einwandfreien technischen Zustand und sauber sein. Leckagen führen zum Ausschluss vom Betrieb.

Es ist nur der Einsatz von Geräten vorgesehen, die den gültigen DIN-Normen entsprechen. Ausnahmen sind nur mit Zustimmung des Auftraggebers und der Behörden zulässig. Die eingesetzten Geräte haben sich bei Antransport zur Baustelle in einem neuwertigen oder unmittelbar geprüften Zustand zu befinden. Sie sind regelmäßig zu überwachen und in gutem, betriebs- und verkehrssicherem Zustand zu halten. Die entsprechenden Nachweise werden vom bauausführenden Unternehmer vor Baubeginn erbracht.

Die Tragfähigkeit der Baustellenflächen ist (z.B. durch möglichen hohen Wasserstand, lockere Lagerungsdichte des Bodens) begrenzt. Beim Einsatz der Baumaschinen sind geeignete Maßnahmen zu treffen (z.B. Vor-Kopf-Bauweise bei der Errichtung und dem Rückbau der Baustellenzufahrt, Begrenzungen der Beladung von Lieferfahrzeugen, usw.).

Stationär betriebene Geräte (nicht fahrbar) mit Hydraulikanlagen, Aggregaten und Pumpen etc., die potenziell wassergefährdende Flüssigkeiten verwenden (Treibstoffe, Öle), müssen mit einer entsprechend groß dimensionierten festen Auffangwanne ausgestattet sein. Fahrbare Geräte ohne eigene Wanne müssen in eine ausreichend groß dimensionierte Wanne aus reißfester Folie gestellt werden. Betankungsvorgänge sind unter äußerster Vorsicht zur Vermeidung von Tropfverlusten durchzuführen. Der Betankungsbereich inklusive der gesamten Tankschlauchlinie muss mit reißfester Folie ausgelegt werden, um ein Eindringen von Kraftstoff in den Boden ggf. auszuschließen.

Durch den ausführenden Unternehmer erfolgt eine arbeitstäglige Sichtkontrolle aller Geräte im Hinblick auf Tropfverluste. Diese Kontrollen werden schriftlich dokumentiert und der Vorhabenträgerin wöchentlich übermittelt. Werden Tropfverluste festgestellt, sind sofortige geeignete Maßnahmen zur Bindung der Tropfverluste und Verhinderung weiterer Tropfverluste zu ergreifen. Die undichten Anlagen, Geräte etc. werden umgehend repariert oder ausgetauscht.

Die Hydraulikanlagen der eingesetzten Fahrzeuge und Geräte, insbesondere die Schläuche und Schlauchverbindungen, müssen sich in einem technisch einwandfreien Zustand befinden.

Die schiffbaren Geräte müssen so beschaffen sein, dass alle Bereiche, in denen betriebsmäßig mit dem Austreten von Lecköl, Hydrauliköl oder ölhaltigem Wasser zu rechnen ist (Hydraulikanlagen, Rammen, Krane usw.), mit einer Ölwanne bzw. mit Säulen umgeben sind. Diese Auffangbehälter müssen regelmäßig kontrolliert werden. Rückstandsöl ist in dafür geeigneten Tanks zwischenzulagern und an Land sachgemäß zu entsorgen.

Ist das Auffangen von Öl bzw. ölhaltigem Wasser nicht direkt am Austrittsort möglich, müssen Deckbereiche bzw. das ganze Deck durch ein Süll / Schanzkleid gesichert werden. Wasserpforten im Schanzkleid dürfen dabei aus Stabilitätsgründen nicht vollständig geschlossen werden (max. 10 % der Öffnung). Ölhaltige Abwässer aus diesen Bereichen sind ebenfalls an Land sachgemäß zu entsorgen. Das gleiche gilt auch für Bilgenwässer.

Hydraulikschläuche sind regelmäßig auf Dichtigkeit an den Anschlussstellen zu überprüfen (Eigenkontrolle des ausführenden Unternehmens). An Deck bzw. offen verlegte Hydraulikschläuche müssen gegen Beschädigung geschützt sein. Undichte Schlauchverbindungen, Schläuche oder Leitungen sind sofort auszuwechseln oder zu reparieren. Die örtliche Bauleitung des ausführenden Unternehmers sowie die örtliche Bauüberwachung der Vorhabenträgerin haben diesen Punkt strengstens zu überwachen und täglich zu protokollieren.

Die eingesetzten Fahrzeuge, Maschinen und Geräte sind soweit wie möglich mit biologisch schnell abbaubaren Hydraulikflüssigkeiten und schnell abbaubaren Schmiermitteln zu betreiben. Wartungs- und Betankungsarbeiten sind so durchzuführen, dass Verunreinigungen der Arbeitsflächen und Austreten von Flüssigkeiten ausgeschlossen sind.

Für den Fall einer drohenden Einleitung sind vom ausführenden Unternehmen an allen Standorten im Land- und Wasserbereich ausreichend Bindemittel und Ölschürzen vorzuhalten.

Ein Austausch bzw. Abzug von produktionsbestimmenden Maschinen, Geräten und Einrichtungen darf nur im Einvernehmen mit der Bauaufsicht erfolgen. Grundsätzlich sind alle Baustellenbereiche hinsichtlich der Ausstattung mit Gerät und Personal als eigenständige Baustellen zu betrachten.

Sinngemäß treffen die bis hierhin genannten Auflagen für alle auf dieser Baumaßnahme eingesetzten Geräte und Maschinen zu.

Der ausführende Unternehmer wird vor Baubeginn die im Gewässerbereich zum Einsatz kommenden Geräte unter Angabe der Geräteabmessungen (Länge, Breite, Tiefgang) dem zuständigen WSA benennen. Gleiches gilt für Namen und Funkrufzeichen der schwimmenden Geräte. Schwimmende Geräte sind grundsätzlich mit einer Sprechfunkanlage für den Verkehrskreis Schiff – Schiff ausgerüstet.

Schwimmende Geräte sollen nur zum Einsatz kommen, wenn sie von der Schiffsuntersuchungskommission oder der Seeberufsgenossenschaft zugelassen sind. Für ausländische Fahrzeuge muss eine

entsprechende gültige Bescheinigung vorliegen. Die Schiffsführer müssen die entsprechenden Patente besitzen.

Außer den notwendigen Pontons werden alle Wasserfahrzeuge selbstfahrend sein.

Die Namen und Funkrufzeichen der schwimmenden Geräte werden vor Beginn der Arbeiten im Bereich der Seeschiffahrtsstraßen angegeben.

3.9 Bauaufsicht

Das technische Personal zur Durchführung der Arbeiten wird vor Baubeginn hinsichtlich der naturschutzfachlichen und technischen sowie küstenschutzfachlichen Belange geschult und entsprechend sensibilisiert.

Die Arbeiten innerhalb des Nationalparks „Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer“ werden neben der vorgesehenen naturschutzfachlichen Baubegleitung durch eine zertifizierte Fachaufsicht für Spülbohrverfahren begleitet und überwacht. Die verantwortliche Bauaufsicht wird vor Beginn der Arbeiten namentlich benannt.

Entsprechend Baustellenverordnung wird zusätzlich ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator die Baumaßnahme betreuen.

3.10 Dokumentation

3.10.1 Tagesbericht

Die Tagesberichte werden arbeitstäglich in deutscher Sprache erstellt.

Die Tagesberichte werden durch den Bau- bzw. Projektleiter erstellt und geben den genauen und tatsächlichen Tagesarbeitsablauf wieder. Sie werden von ihm unterschrieben und eine Kopie wird dem Vertreter der Vorhabenträgerin übergeben.

3.10.2 Bestandsunterlagen

Alle Bestandsunterlagen und Dokumentationen werden nach Abschluss der Arbeiten übergeben. Pläne werden zusätzlich digital eingereicht.

Die Bestandsunterlagen enthalten mindestens folgende Komponenten:

- Tagesberichte
 - Pläne nach CAD-Richtlinie (Längsschnitt, Draufsicht, Querschnitt, georeferenziert (1:100 – 1:500))
 - Bohrprotokolle
 - Pilotbohr Vermessungsprotokoll
 - Spülungsprotokolle
-

- Kreiselkompass Nachvermessungsprotokoll
- Verdämmprotokolle
- Materialbescheinigung der eingesetzten Rohre
- Schweißprotokolle
- Rohrbuch
- Entsorgungsnachweise

Dokumentationen zur Vorlage beim LKN.SH werden jeweils acht Wochen nach den jeweiligen Terminen der Abnahme oder Teilabnahme mit dem LKN.SH geliefert.

3.11 Havariemanagement Bohrtechnik

Die folgende Tabelle fasst mögliche Havarieszenarien und Maßnahmen zusammen, die nach den Erfahrungen in Vorgängerprojekten auftreten können und ad-hoc zur Prävention umgesetzt werden. Ein hervorzuhebendes Havarieszenario betrifft Spülsaugsbläser: Die Bohrtrasse wird während der Bohrarbeiten ständig durch die Bohrspülsaugsbekämpfungskolonnie auf Spülsaugsbläser kontrolliert. Im Falle eines Spülsaugsbläsaers wird sofort der Bohrmeister per Funk informiert und die Bohrarbeiten eingestellt. Für den Havariefall Ausbläser (wattseitig) werden auf dem Ponton sowie auf der landseitigen BE-Fläche ausreichend Sandsäcke, Stahlringe, Pumpen, Schläuche und Holzbohlen vorgehalten. Beim Auftreten eines Spülsaugsbläsaers wird das benötigte Material mittels Wattwagen (Handwagen mit Ballonreifen) oder Wattbagger von der Spülsaugsbekämpfungskolonnie zur Austrittsstelle gebracht, um die Ausbreitung von der austretenden Bohrspülsaung einzugrenzen. Mittels der vorgehaltenen Pumpen wird die austretende Bohrspülsaung abgepumpt und zum nächstgelegenen Auffangbehälter (Spundkasten oder Bohreintrittsfläche) gepumpt. Um den Ausbläser möglichst schnell zu behandeln, steht der Wattbagger auf der Außenböschung des Landesschutzdeiches jederzeit unterstützend zur Verfügung.

Havarieszenarien und Maßnahmen

Tabelle 9 Havarieszenarien und Maßnahmen

Havarieszenario	Maßnahmen
Extremes Hochwasser	Information an AG, NFB und LKN.SH Durch die Wahl der freien Spundwandlänge sowie der Deckshöhe der Arbeitspontons ist eine Sicherheit gegenüber mittlerem Tidehochwasser für höheres Hochwasser bzw. Wellenschlag berücksichtigt. Für den Extremfall wird ausreichend Drillmix vorgehalten, um das Bohrloch zu verschließen.
Druckanstieg im Ringraum	Information an AG und NFB Einsatz eines PressureSub zur Beobachtung des Ringraumdruckes; ggf. Anpassung der Bohrspülsaungsparameter, Versuch den Bohrkanal durch zurückziehen der Bohrgarnitur zu säubern

Havarieszenario	Maßnahmen
Spülungsverluste ohne Austritt > 30 %	Information an AG und NFB Zurückziehen des Bohrstranges zur Bohrlochreinigung Anpassung der Bohrspülung (in Abstimmung mit dem Spülungstechniker)
Ausbläser im Landbereich	Einstellung der Bohrarbeit und Information an AG, NFB und LKN.SH Eindämmung durch Spülnungsbekämpfungskolonnen Zurückziehen des Pilotbohrstranges Anpassung der Bohrspülung, evtl. Einsatz von Stopfmitteln (in Abstimmung mit dem Spülungstechniker)
Ausbläser im Wattbereich bei trockenengefallenem Watt	Einstellung der Bohrarbeit und Information an AG, NFB und LKN.SH Eindämmung durch Spülnungsbekämpfungskolonnen Sicherung durch Ausheben von Gruben oder Sandsäcke Zurückziehen des Pilotbohrstrangs Anpassung der Bohrspülung (in Abstimmung mit Spülungstechniker)
Druckanstieg an der Pumpe	Information an AG Wiederausbau des Bohrwerkzeuges und Überprüfung der Düsen
Festwerden des Rohrstranges	Information an AG und NFB Zurückziehen des Rohrstranges mithilfe eines Schleppschiffes und der darauf installierten Seilwinden sowie des auf dem Arbeitsponton aufgestellten Seilbaggers
Probleme an der Bohranlage	Information an AG Bereitschaft von Mechanikern auf der Baustelle Vorhalten eines umfangreichen Ersatz- und Verschleißsteillagers
Ölschaden (z.B. defekte Dichtung, Versagen eines Hydraulikschlauches)	arbeitstägliche Sichtkontrolle Information an AG und NFB Einleitung von Sofortmaßnahmen: Im Bereich der Baustelleneinrichtung werden Ölbindemittel (Lappen, Saugmatten, Streu) sowie Behältnisse für die Aufnahme der benutzten Materialien vorgehalten. Verschmutzte Saugmatten und gebrauchtes Ölbindemittel sowie kontaminiertes Erdreich werden umgehend aufgenommen und bis zur fachgerechten Entsorgung in einem geeigneten Behältnis gelagert.