

MACHBARKEITSSTUDIE – TRINKWASSERLEITUNG PELLWORM

Neubau einer Trinkwasserleitung nach Pellworm

Wasserverband Nord

08. März 2021

220210-REP-M001-Rev0

REVISIONEN

Rev.	Kommentar	Datum
0	Erstausgabe	08. März 2021

INHALT

1. Einleitung / Veranlassung	7
2. Planungsgrundlagen	8
2.1 Anforderung an die Trinkwasserleitung	8
2.2 Wasserstände	8
3. Trassenfindung.....	8
3.1 Trasse Nord	9
3.1.1 Trassenvariante HH1	10
3.1.2 Trassenvariante HH2	10
3.1.3 Trassenvariante HH3	10
3.1.4 Trassenvariante P1	11
3.1.5 Trassenvariante P2	11
3.2 Trasse Süd	11
3.2.1 Trasse Süd 1	12
3.2.2 Trasse Süd 2	12
4. Morphologische Veränderungen im Bereich der Trassenvarianten	13
4.1 Allgemeine morphologische Entwicklung im Projektgebiet	14
4.2 Tiefenentwicklung ausgewählter Profile aus der Studie des LKN.SH /2/	16
4.2.1 TG-47-Strand Profil 2	17
4.2.2 TG-67-Beensley Profil 2	18
4.2.3 TG-157-Rummelloch-Ost Profil 1	19
4.3 Tiefenentwicklung im Bereich der Trassenvarianten	20
4.3.1 Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH1 Strand	21
4.3.2 Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH2 Strand	23
4.3.3 Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH3 Strand	24

4.3.4	Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH1 Beensley	25
4.3.5	Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH2/3 Beensley	26
4.3.6	Tiefenentwicklung – Trasse Nord – Rummelloch-Ost	27
4.3.7	Tiefenentwicklung – Trasse Süd 2 - Norderhever	28
4.3.8	Tiefenentwicklung – Trasse Süd - Nordstrandischmoor	29
4.3.9	Längsprofile „Strand“ und „Norderhever“	30
5.	Baugrundverhältnisse	32
5.1	Trasse Nord	32
5.2	Trassen Süd	34
6.	Denkbare Bauverfahren	36
6.1	Anlandungen	36
6.1.1	Allgemeine Beschreibung des HDD-Verfahrens	36
6.1.2	Anwendung des HDD-Verfahrens für Anlandungen	41
6.2	Rohrlegung im Küstenbereich	44
6.2.1	Spülverfahren (Jetting)	44
6.2.2	Pflügen (Ploughing)	45
6.2.3	Fräsen (Cutting)	46
6.2.4	Offene Bauweise (open trench / dredging)	46
6.2.5	Anwendungsbereich der Legeverfahren	47
6.2.6	Projektbezogene Anwendung	48
7.	Rohrmaterial	52
8.	Auswahl Trassenverlauf Nord	54
8.1	Variante HH1 / HH2 / HH3	54
8.1.1	Anschluss Landanbindung	54
8.1.2	Anlandung	54
8.1.3	Rohrlegung / morphologische Entwicklung	55

8.1.4	Flächenbedarf	56
8.1.5	Ausführungsrisiken	57
8.1.6	Zusammenfassung der Varianten HH1, HH2 und HH3	57
8.2	Variante P1 und P2	58
8.2.1	Anschluss Landanbindung	58
8.2.2	Anlandung	58
8.2.3	Rohrlegung / morphologische Entwicklung	59
8.2.4	Flächenbedarf	60
8.2.5	Ausführungsrisiken	60
8.2.6	Zusammenfassung der Varianten P1, und P2	61
9.	Vergleich und Bewertung der Trassenvarianten	62
9.1	Gesamtbetrachtung der Trassen	63
9.1.1	Anschluss Landanbindung Festland	63
9.1.2	Anschluss Landanbindung Pellworm	63
9.1.3	Anlandung	64
9.1.4	Morphologische Entwicklung	65
9.1.5	Rohrlegung	67
9.1.6	Trassenlägen / Flächenbedarf	68
9.1.7	Bauzeit	71
9.1.8	Ausführungsrisiken	72
9.1.9	Umweltfachliche Einschätzung	74
9.1.10	Baukostenschätzung	74
9.1.11	Abschätzung der Kompensationskosten	77
9.1.12	Abschätzung der Verfügbarkeit am Markt	80
9.2	Bewertungsmatrix	81
10.	Genehmigungsverfahren	84

11. Fazit und Empfehlungen	85
----------------------------------	----

PLANVERZEICHNIS

220210-DRG-M101	Übersichtsplan	M 1:10.000
220210-DRG-M301	Querung der Norderhever (HDD) Draufsicht / Längsschnitt	M 1: 2.000
220210-DRG-M302	Anlandung Pellworm (HDD) Draufsicht / Längsschnitt	M 1: 1.000
220210-DRG-M303	Querung „Der Strand“ (HDD) Draufsicht / Längsschnitt	M 1: 2.000

QUELLENVERZEICHNIS

- /1/.....Risikoabschätzung, Wasserleitung Pellworm,
 IMPaC DOK NR.: 2130-00-IHH-RPT-GE-00002-000,
 IMPaC Offshore Engineering GmbH
- /2/.....2013-07-25_morphologischer-Bericht_suedliches-NF_1935-
 2007_Fortschreibung.pdf; LKN.SH
- /3/.....Trinkwasserleitung Pellworm, Machbarkeitsstudie,
 Proj.Nr.: 20_144
 GFN Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung
 mbH

1. EINLEITUNG / VERANLASSUNG

Das Versorgungsgebiet des Wasserverbandes Nord erstreckt sich bis ins Schleswig-holsteinische Wattenmeer. Unter anderem werden die Insel Pellworm sowie über Pellworm die Halligen Hooge und Süderoog mit Trinkwasser versorgt.

Die Insel Pellworm ist aus Richtung Festland über zwei Leitungstrassen angebunden. Beide Leitungstrassen wurden in den Boden eingespült.

Die ältere Trasse von 1964 führt mit zwei PE-Leitungen d 125 von der Hamburger Hallig nach Pellworm. Allerdings ist diese Trasse aktuell außer Betrieb und wird auf Grund von Schwachstellen im Bereich der Rohrverbindungen auch in Zukunft nicht wieder in Betrieb genommen.

Die derzeitige Versorgung läuft somit über die, 1986 erbaute, zweite Trasse, die von der Hallig Nordstrandischmoor nach Pellworm führt. Die Trasse besteht aus zwei parallel geführten, stahlarmierten PE-Rohren mit einem Innendurchmesser von $d_i = 184$ mm. Auf Grund der morphologischen Entwicklungen liegen die beiden Leitungen dieser Trasse an mehreren Stellen frei.

Eine Risikoabschätzung der IMPaC Offshore Engineering GmbH /1/ ergab, dass das größte Risiko der freiliegenden Leitungen im Wattbereich eine Eisbelastung darstellt. In den Priel-Bereichen ergeben sich die größten Risiken aus dynamischen Strömungsbelastungen und aus Ankern, Schleppgeschirr oder ähnlichen Körpern.

Sollte eine der beiden Leitungen ausfallen, könnte die Versorgung der Insel Pellworm auch über die verbleibende Leitung sichergestellt werden. Allerdings bestehen die o.g. Risiken für beide Leitungen gleichermaßen, so dass z.B. bei Eisgang der Ausfall beider Leitungen gleichzeitig zu befürchten ist. Aus diesem Grund strebt der Wasserverband Nord den Bau einer weiteren Leitung mit einem Innendurchmesser von $d_i = 184$ mm an.

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie werden die grundsätzlichen Fragestellungen bezüglich der Trassenführung, zum Rohrmaterial sowie zu möglichen Legetechniken betrachtet.

Parallel zu dieser Ausarbeitung wurden die entsprechenden umweltfachlichen Aspekte durch das Büro GFN (Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH) betrachtet (siehe /3/). Die Ergebnisse aus /3/ werden für eine Gesamtbewertung der Trassenvarianten in dieser Studie mit aufgenommen.

2. PLANUNGSGRUNDLAGEN

2.1 Anforderung an die Trinkwasserleitung

Aus betrieblicher Sicht werden folgende Anforderungen an die Trinkwasserleitung gestellt:

- Innendurchmesser d_i 184 mm
- Druckstufe PN 10

2.2 Wasserstände

Für die Wasserstände im Projektgebiet wird der Pegel „Pellworm Anleger“ herangezogen. Demnach ist mit folgenden Wasserständen zu rechnen:

- Höchstes Tiedehochwasser (HThw): + 4,29 müNHN
- Mittleres Tiedehochwasser (MThw): + 1,50 müNHN
- Mittleres Tiedeniedrigwasser (MTnw): - 1,71 müNHN
- Niedrigstes Tiedeniedrigwasser (NTnw): - 2,93 müNHN

3. TRASSENFINDUNG

Mögliche Trassenführungen richten sich vorrangig nach den zur Verfügung stehenden Anbindepunkten. Entsprechende Anbindepunkte befinden sich festlandseitig auf der Hamburger Hallig sowie auf der Hallig Nordstrandischmoor. Auf Pellworm liegen die Anbindemöglichkeiten an der nordöstlichen Spitze der Insel. Die Anlandungen sind generell in geschlossener Bauweise im HDD-Verfahren vorgesehen. Mit diesem Verfahren können die bestehenden Hochwasserschutzbauwerke, Lahnungen und Salzwiesen ohne Eingriff in die vorhandene Bauwerksstruktur oder die Geländeoberfläche unterquert werden.

Damit ergeben sich bereits zwei übergeordnete Trassenvarianten, die im Prinzip den Bestandstrassen entsprechen:

- Trassen Nord
von der Hamburger Hallig nach Pellworm
- Trasse Süd
von der Hallig Nordstrandischmoor nach Pellworm

Die Trassenverläufe werden folgend beschrieben und sind in der Planunterlage 220210-DRG-M101 dargestellt.

3.1 Trasse Nord

Der übergeordnete Verlauf der Trasse Nord führt, wie beschrieben, von der Hamburger Hallig zur nordöstlichen Spitze von Pellworm. Hierbei verläuft die Trasse nördlich der bestehenden Trasse von 1964, um einerseits die Priele Strand, Beensley und Rummelloch auf möglichst kurzen Strecken zu queren sowie um überwiegend auf höhergelegenen Wattbereichen zu bleiben. Andererseits kann die Trasse so außerhalb eines, in den Seekarten ausgewiesenen, Robbenschutzgebietes verlaufen.

Anbindemöglichkeiten auf der Hamburger Hallig liegen im Bereich des bestehenden Übergabeschachtes oben auf der Warft, in dem die 1964 errichtete Versorgungsstrasse mündet, oder entlang der Transportleitung vom Festland zur Hamburger Hallig. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Leitung unmittelbar östlich der Hamburger Hallig nicht in den vorhandenen Verkehrswegen verläuft, sondern im Bereich der Salzwiesen bzw. Lahnungen.

Die bestehenden Übergabeschächte der Trassen von 1964 und 1986 liegen auf Pellworm an der nordöstlichen Spitze der Insel. Hierbei liegen die Übergabeschächte unmittelbar nebeneinander und sind bereits über Schieber mit einander verbunden. Um eine Bündelung der Transporttrassen auf Pellworm an der Stelle der bestehenden Übergabeschächte zu vermeiden wird ein neuer Anbindepunkt entlang der über die Insel führenden Transporttrasse angestrebt.

Zwischen dem Anlandungsbereich und dem Priel Beensley sowie im Anlandungsbereich von Pellworm werden mögliche Varianten in der Trassenführung gesehen, die als

- HH1
- HH2
- HH3
- P1
- P2

bezeichnet werden. Hierbei stehend die Buchstaben HH für Trassenvarianten im Bereich der Hamburger Hallig. P steht entsprechend für den Bereich Pellworm.

3.1.1 Trassenvariante HH1

Die Variante HH1 stellt die nördlichste Variante im Bereich der Hamburger Hallig dar. Als Zielpunkt für die Anlandung ist der östlich der Warft gelegenen Parkplatz vorgesehen. Von hier aus verläuft die Trasse nördlich der Warft ins Watt um dann den Priel Strand möglichst rechtwinkelig zu queren. Hierbei ist die nördliche Lage der Trasse so gewählt, dass die Trasse vor dem Priel Beensley mittig zwischen zwei bekannten Muschelbänken hindurchführt.

3.1.2 Trassenvariante HH2

Wie die Variante HH1 landet auch die Variante HH2 auf dem Parkplatz östlich der Warft an und führt nördlich der Warft ins Watt. Vom seeseitigen Anlandepunkt aus knickt die Trasse direkt nach Westen ab und verläuft gradlinig zum nächsten Knickpunkt an der nordwestlichen Ecke des Robbenschutgebietes. Hierbei verläuft die Trasse durch eine bekannte Muschelbank.

3.1.3 Trassenvariante HH3

Im Gegensatz zu den Varianten HH1 und HH2 landet die Variante HH3 auf der Warft im Bereich des bestehenden Übergabepunktes an. Die Variante verläuft dann weiter etwa 50 m nördlich der Bestandstrasse durch das Watt und den Priel Strand. Dadurch wird eine Vertiefung westlich des Wattbereiches vor der Hamburger Hallig umgangen. Nach der Prielquerung verschwenkt die Variante Richtung Norden auf den Verlauf der Variante HH2, um aus dem Robbenschutgebiet herauszulaufen. Die Trasse tangiert den nordwestlichen Teil des Robbenschutgebietes und durchquert eine bekannte Muschelbank.

3.1.4 Trassenvariante P1

Die Trassenvariante P1 landet nördlich der Bestandstrasse von 1964 an. Hierbei liegt der landseitige Anlandungspunkt auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche.

3.1.5 Trassenvariante P2

Die Variante P2 verläuft zunächst weiter parallel zum östlichen Ufer Pellworms und quert dabei sowohl die Bestandstrasse von 1964 sowie die beiden in Betrieb befindlichen Versorgungsleitungen. Die Trasse führt bis auf Höhe des auf Pellworm gelegenen Betriebsgeländes des LKN um hier anzulanden. Der Zielpunkt der Anlandung ist hierbei auf dem Betriebsgelände des LKN vorgesehen.

3.2 Trasse Süd

Die Trasse Süd führt von der Hallig Nordstrandischmoor Richtung Westen nach Pellworm. Neben den Bestandsleitungen der Trinkwasserversorgung ist auch eine Strombestandstrasse zu berücksichtigen, die von Nordstrandischmoor nach Pellworm führt.

Der bestehende Übergabeschacht auf Nordstrandischmoor liegt an der nördlichen Halligbegrenzung der Nord-West-Spitze. An diesem Punkt treffen eine Trinkwasser-Transporttrasse vom Festland, die nördlich der Hallig im Wat verläuft, und eine Trinkwasser-Transporttrasse, die über die Hallig führt, zusammen. Um eine Bündelung der Transporttrassen Richtung Pellworm an der Stelle des bestehenden Übergabeschachtes zu vermeiden wird ein neuer Anbindepunkt entlang der über die Hallig führenden Transporttrasse angestrebt.

Auf Pellworm befinden sich Anbindemöglichkeiten an der nordöstlichen Spitze der Insel und entsprechen vom Grundsatz denen der Trasse Nord.

Eine Trassenführung nördlich der Trinkwasser-Bestandsleitungen wurde nicht betrachtet, da die Trassenführung hierdurch durch den Bereich führen würde, in dem das Rummelloch Ost von der Norderhever abzweigt. Auf Grund der großen Strömungsvolumen, die sich hier aufspalten, wird in diesem Bereich mit relativ instabilen morphologischen Verhältnissen gerechnet. Zudem ist der Anlandebereich auf Nordstrandischmoor bereits durch die bestehenden Trassen vom Festland durchs Watt sowie nach Pellworm stark eingeschränkt.

Ebenso wird von einer Trassenführung zwischen den Trinkwasserbestandsleitungen und der Strombestandsleitung nach Pellworm abgesehen. Einerseits bildet sich nord-westlich von Nordstrandischmoor durch die Strömungsverhältnisse um die Halligspitze anscheinend ein tiefes „Loch“ aus, durch das die Trasse dann führen müsste. Zum anderen werden die Abstände der Trinkwasser-Bestandsleitung und der Strom-Bestandsleitung im Bereich der Norderhever von minimal ca. 140 m als zu gering erachtet, eine neue Trasse dazwischen zu installieren.

Vor diesem Hintergrund werden zwei Trassenvarianten betrachtet, die südlich der Bestandsleitungen verlaufen.

3.2.1 Trasse Süd 1

Die Anlandung auf Nordstrandischmoor verläuft von der über die Hallig laufenden Transportleitung in südwestlicher Richtung ins Watt.

Vom seeseitigen Anlandungspunkt führt die Trasse Richtung Norderhever um diese dann in Ost-West Richtung zu Queren. Die Trasse Süd 1 sieht eine Querung der Norderhever in geschlossener Bauweise (HDD) vor. Im Zuge der Querung wird die Strom-Bestandsleitung im Prielbereich mit unterfahren. Auf der Pellworm Plate führt die Trasse dann weiter zum Anlandungspunkt P2. Wie bei der Trasse Nord beschrieben, liegt der Zielpunkt der Anlandung hierbei auf dem Betriebsgelände des LKN.

3.2.2 Trasse Süd 2

Vom Grundsatz her entspricht die Trasse Süd 2 der Trasse Süd 1. Im Gegensatz zur Trasse Süd 1 ist die Querung der Norderhever noch weiter südlich vorgesehen. Somit ist die Querung der Strombestandsstrasse auf der Pellworm Plate im Wattbereich möglich.

Allerdings liegt die Tiefenlage der Strom-Bestandsleitungen nicht vor. Daher kann nicht abgeschätzt werden, ob die Leitung problemlos überquert werden kann, weitere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, oder die Leitung unterquert werden muss. Zudem muss berücksichtigt werden, dass der Fremdleitungsbetreiber der Querung zustimmen und in die Entwicklung der bautechnischen Lösung eingebunden werden muss.

4. MORPHOLOGISCHE VERÄNDERUNGEN IM BEREICH DER TRASSENVARIANTEN

Als Grundlage zur Beschreibung der morphologischen Veränderungen im Untersuchungsgebiet wurde die Studie „Untersuchungen zu den morphologischen Veränderungen im südlichen NF-Wattemeer im Zeitraum 1935-2007“ aus dem Jahr 2013 des LKN.SH herangezogen /2/.

Eingangs dieses Berichtes wird auf die verfügbare Datengrundlage eingegangen. Grundsätzlich wird festgehalten, dass mit fortschreitender Entwicklung der Vermessungstechnik die Datengrundlagen besser werden. So werden Lageungenauigkeiten bis 1960 (Doppelwinkelmessung) von mehreren 10 m angegeben. Mit dem Einsatz elektronischer Systeme werden hingegen bereits Genauigkeiten von 5 – 10 m angegeben. Erst ab 1995 wird mit dem Einsatz des DGPS auf eine Lagegenauigkeit in der Seevermessung von unter 1 m verwiesen.

Neben der Lagegenauigkeit wird jedoch auch eingehend die grundsätzliche Problematik der Höhenbestimmung in der hydrographischen Vermessung erläutert. In der Regel wurde die Höhenlage eines Vermessungspunktes über die Wasserstandsaufzeichnungen von im Messgebiet installierter Pegel bestimmt. Im Allgemeinen wird darauf verwiesen, dass Höhenunterschiede < 20 cm zwischen zwei Vermessungszuständen als unsicher einzustufen sind.

Im Jahr 2005 wurden die nicht mit dem Messschiff befahrbaren Watt- und Vorlandbereiche durch eine Laserscan-Befliegung aufgenommen. Auch hier traten Messfehler in einer Größenordnung von 40 cm auf.

4.1 Allgemeine morphologische Entwicklung im Projektgebiet

Für die zu betrachtenden Trassen (Trasse Nord und Trasse Süd) werden im Folgenden die relevanten Beschreibungen der morphologischen Entwicklung aus der Studie /2/ des LKN herausgezogen und wiedergegeben. Die Beschreibungen beziehen sich auf den Zeitraum zwischen 1935 und 2007.

- Entwicklung des Wateinzugsgebietes „Norderhever“ (/2/, Kapitel 5.2)
... Die Ausräumungen der Rinnen und die damit verbundenen Materialverluste in der Norderhever konnten durch die Vordeichung Hattstedter Marsch insgesamt gestoppt werden. ...

... Dagegen setzt sich nach der Vordeichung der flächenhafte Abtrag des Wattsockels südlich und westlich von Nordstrandischmoor verstärkt fort Die starken Wattabtragungen bis zu 1 m sind dabei verbunden mit einer Vergrößerung des Sockels (Schütthang) nordwestlich von Nordstrandischmoor Die dort in der Vergangenheit beobachteten Ausräumungen in der Norderhever schwächen sich zwischen 1990 und 2000 stark ab. Eine Vertiefung der Norderhever tritt hier seit 1990 nicht mehr auf. ...

- Entwicklung des Teilgebietes „Strand“ (/2/, Kapitel 5.5)
... Im Strand, dem nördlichsten Teilgebiet der Norderhever, können seit 1936 kontinuierliche Materialgewinne nachgewiesen werden, obgleich hier zwischen 1936 und 1960 noch Ausräumungen der Rinnen aufgetreten sind ...

... Nach Bau der Vordeichung treten im Strand wieder Ausräumungen der Rinne auf. Das Beckenvolumen unter MTnw hat im Jahr 2005 aber noch nicht den maximalen Wert aus 1960 erreicht.

Westlich der Hamburger Hallig setzt sich die Verlagerung der Rinnen Richtung Osten nach 1990 weiter fort ... Eine Querschnittsaufweitung ist damit aber nicht verbunden, allerdings eine Vertiefung ... Aus den Abbildungen ist erkennbar, dass sich zwischen Strand und dem Beensley ein neuer Priel ausbildet. Ebenso verlagert sich die Verbindungsrinne zwischen Strand und dem Strandley in Höhe der geplanten Dammtrasse (Sicherungsamm Pellworm) nach 1990 am Prallhang weiter nach Osten, verbunden mit einer Querschnittsaufweitung und einer gleichzeitigen Vertiefung ...

- Entwicklung des Teilgebietes „Beensley“ (/2/, Kapitel 5.6)
... Im Beensley ... treten seit 1990 nach den zwischen 1936 und 1981/1990 beobachteten Ausräumungen und Wattabtragungen insgesamt keine Materialverluste mehr auf. Dennoch schreitet die bereits in der Vergangenheit beobachtete zunehmende Vertiefung und Querschnittsaufweitung des Beensleys Richtung Norden weiter fort ... Wie bereits beschrieben, bildet sich zwischen dem Beensley und dem Strand seit 1990 ein neuer Priel in Richtung Norden ...
- Entwicklung des Teilgebietes „Rummelloch-Ost“ (/2/, Kapitel 5.7)
... Im Rummelloch-Ost ... zeigen die Ergebnisse zwischen 1936 und 1981 kontinuierliche Materialverluste. Hier traten neben der Ausräumung der Rinnen auch verstärkt Wattabtragungen auf. Nach Bau der Vordeichung nehmen die Ausräumungen und die flächenhaften Wattabtragungen auf der Pellworm Plate stark zu ... Die Materialverluste scheinen nach 2000 zum Stillstand zu kommen. Zur Bestätigung dieser Aussage bedarf es jedoch eines weiteren Datensatzes.

Im Mündungsbereich des Rummelloch-Ost nehmen die zwischen 1936 und 1990 beobachteten Abgrabungen am Prallhang zwar nicht signifikant zu, hier tritt aber seit 1990 eine verstärkte Querschnittsaufweitung mit einer starken Vertiefung auf ... Die Bereits 1990 zu beobachtende Vertiefung der Rinne nördlich von Pellworm (Buphever Koog) in Richtung Westen zum Rummelloch-West und die Abgrabungen des südlichen Hanges setzten sich auch zwischen 1990 und 2000 stark fort ... Hier treten seit 1990 sowohl südlich der Rinne als auch nördlich davon auf Pellworm Plate starke flächenhafte Wattabträge auf. Dabei vertieft sich der in Richtung Norden abgehende Priel weiter ...

4.2 Tiefenentwicklung ausgewählter Profile aus der Studie des LKN.SH /2/

Die in Kapitel 4.1 aufgeführten Aussagen der Studie /2/ stützen sich unter anderem auf die Tiefenentwicklung ausgewählter Profilschnitte. Entsprechende Profilschnitte liegen auch im Projektgebiet vor. Hierbei handelt es sich um die Profile:

- TG-47-Strand Profil 2
- TG-67-Beensley Profil 2
- TG-157-Rummelloch-Ost Profil 1

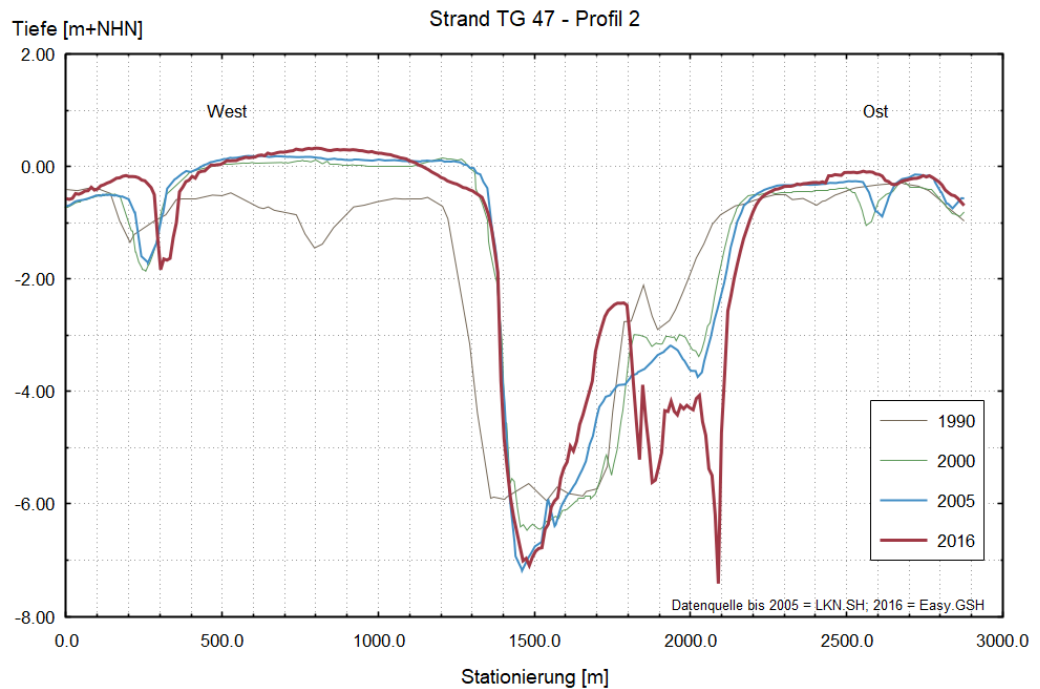
Die Daten der genannten Profilschnitte wurden für diese Studie vom LKN.SH zur Verfügung gestellt, wobei die Datensätze mit dem Jahr 2005 enden. Um die in der Studie /2/ aufgeführten Entwicklungen darzustellen und zu überprüfen, ob sich die beschriebenen Entwicklungen weiter fortsetzen, wurden die zur Verfügung gestellten Daten um öffentlich zugängliche Daten aus dem Projekt Easy.GSH-DB (Erstellung anwendungsorientierter synoptischer Referenzdaten zur Geomorphologie, Sedimentologie und Hydrodynamik in der Deutschen Bucht), das durch die Bundesanstalt für Wasserbau koordiniert wurde, ergänzt. Easy.GSH-DB stellt Datensätze für die Deutsche Bucht aus den Jahren 1996 bis 2016 zur Verfügung. Unter anderem können über einen WCS-Dienst GeoTIFFs mit Bathymetrie-Daten genutzt werden.

Anhand der in den GeoTIFFs enthaltenen Höhendaten wurden entlang der o.g. Profilschnitte die Höhenprofile für den Datensatz 2016 ausgelesen und damit die Profilschnitte des LKN.SH ergänzt.

Um die Profile übersichtlich zu halten und die Entwicklungen zwischen den Datensätzen des LKN.SH von 2005 und den Datensätzen aus dem Easy.GSH-DB besser darstellen zu können, wurden die Profilschnitte der Jahre 1990, 2005 und 2016 ausgelesen und als Diagramm dargestellt.

Zur Orientierung werden bei den Profilschnitten jeweils kleine Übersichten mit der Lage des Profils (schwarz gestrichelt) und der Lage der Trassenvarianten (rot gestrichelt) dargestellt.

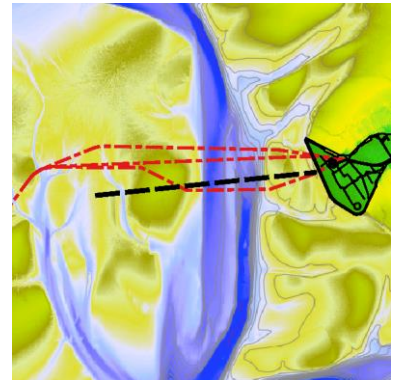
4.2.1 TG-47-Strand Profil 2



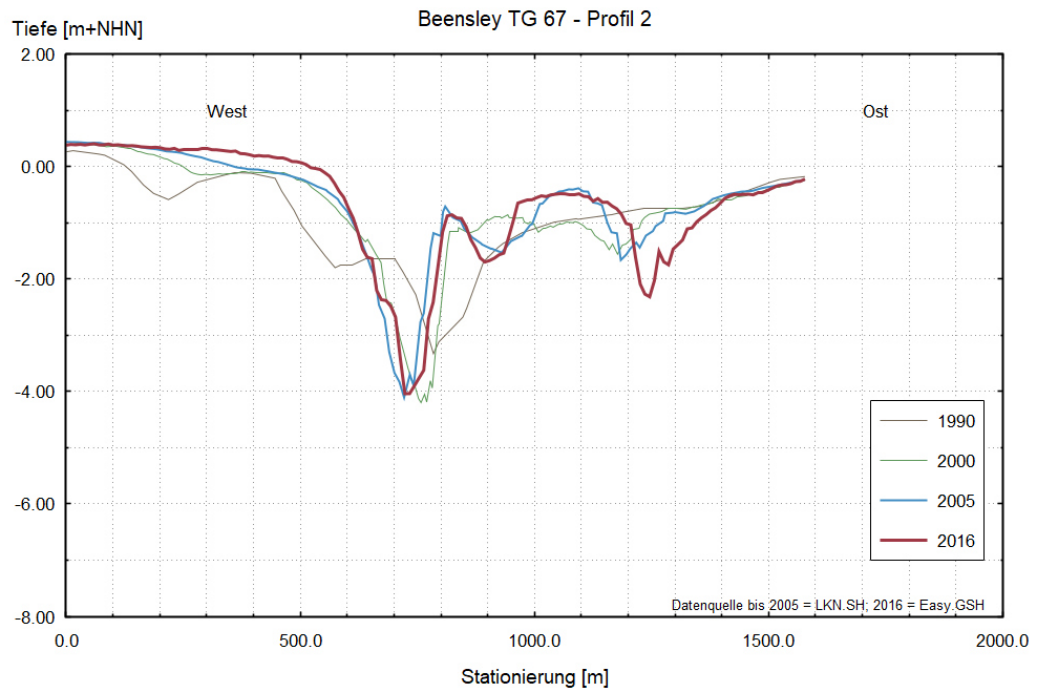
Den Profilschnitten ist zu entnehmen, dass sich die in der Studie /2/ beschriebene Tiefenentwicklung westlich vor der Hamburger Hallig bis 2016 weiter fortgesetzt hat. Insbesondere am östlichen Rand des Priels scheint sich eine starke lokale Vertiefung ausgeprägt zu haben.

Der sich bildende Priel zwischen Beensley und Strand scheint sich in seinem Querschnitt und der Tiefenlage gegenüber 2005 konstant zu halten, verlagert sich allerdings anscheinend weiter nach Osten.

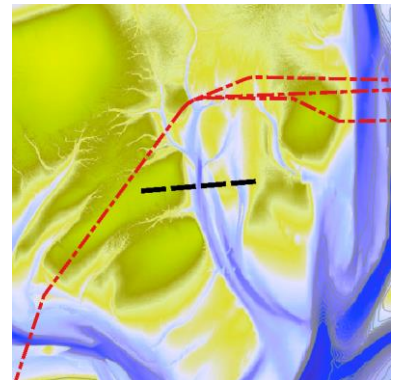
Die Wattbereiche gewinnen tendenziell eher an Höhe.



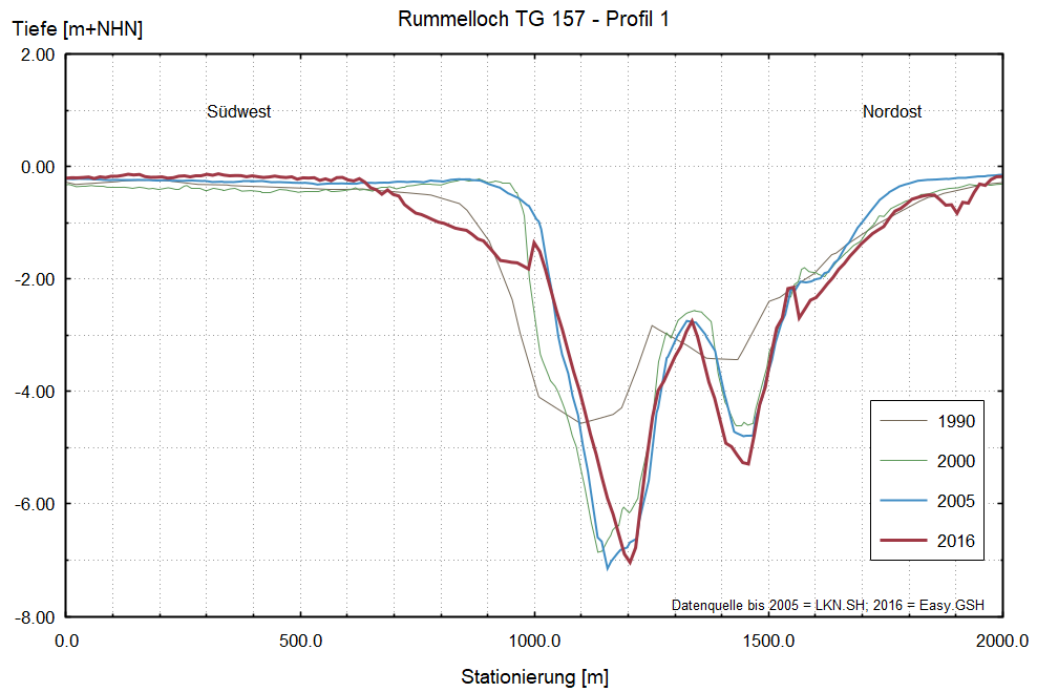
4.2.2 TG-67-Beensley Profil 2



Entlang des Profilschnittes im Beensley sind zwischen den Daten aus 2005 und 2016 keine großen Veränderungen festzustellen. Die Wattbereiche scheinen, wie im Profilschnitt Strand, auch hier tendenziell an Höhe zu gewinnen. Lediglich der östliche Seitenprael des Beensley verlagert sich offenbar weiter nach Osten und gewinnt dabei an Tiefe und Breite.



4.2.3 TG-157-Rummelloch-Ost Profil 1

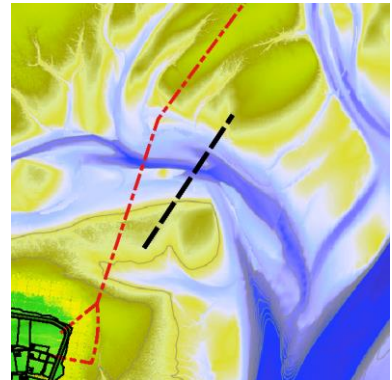


Innerhalb der tiefen Rinne des Rummellochs-Ost zeigt sich gegenüber den Daten aus 2005 bei den Daten aus 2016 ein Materialgewinn an der südwestlichen Rinnenseite. Die Tiefe der Rinne hat sich dabei jedoch kaum verändert.

Die nordöstliche Rinne scheint sich etwas nach Südwesten zu vergrößern.

Allerdings scheinen sich die großen Materialverluste zwischen 1990 und 2000 nicht weiter fortzusetzen.

Dies stützt die Aussage aus der Studie /2/, dass die Materialverluste seit 2000 zum Stillstand gekommen zu sein scheinen. Lediglich auf der südwestlichen Rinnenschulter hat sich zwischen 2005 und 2016 ein größerer Materialverlust ergeben, der im Prinzip auf das Niveau von 1990 zurück geht.



4.3 Tiefenentwicklung im Bereich der Trassenvarianten

Um die Aussagen aus den Kapiteln 4.1 und 4.2 konkret auf die zu betrachtenden Trassenvarianten zu übertragen, wurden anhand der flächig zur Verfügung stehenden Tiefendaten aus dem Projekt Easy.GSH-DB auf den in Kapitel 3 beschriebenen Trassenvarianten in relevanten Bereichen Profilschnitte generiert. Die Easy.GSH-DB Daten stehen für den Zeitraum 1996 bis 2016 zur Verfügung. Für die Profilschnitte wurden folgende Bereiche berücksichtigt:

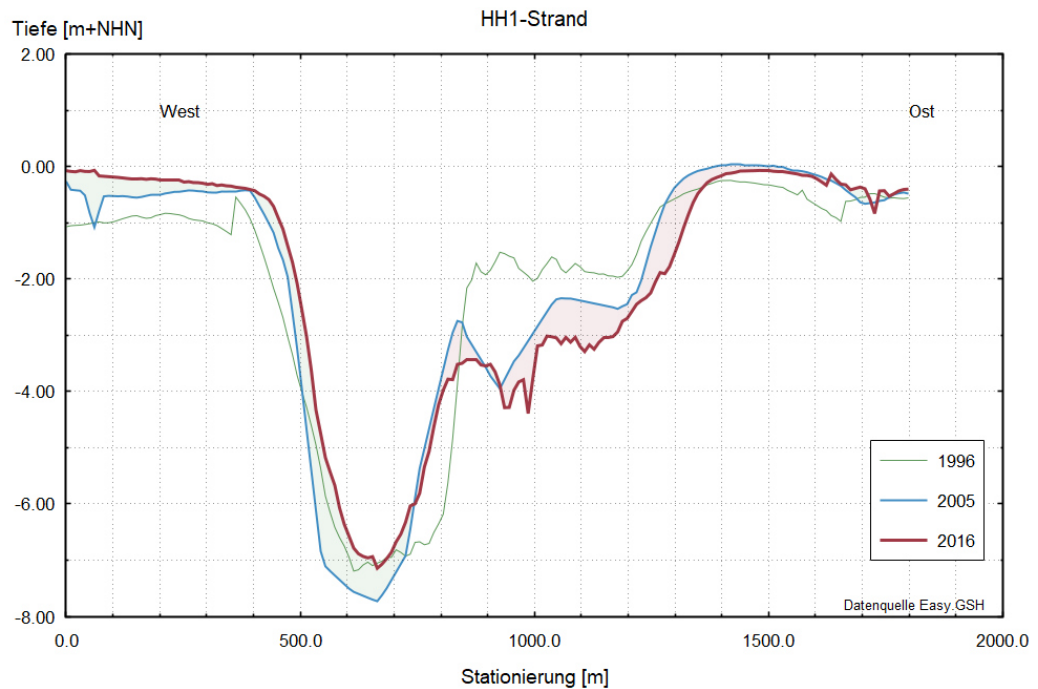
- Strand
- Beensley
- Rummelloch-Ost
- Norderhever
- Wattbereich vor Nordstrandischmoor

Für die Übersichtlichkeit und um entsprechende Trends erkennen zu können, wurden die Profilschnitte auf die Tiefenlinien aus den Datensätzen 1996, 2005 und 2016 begrenzt. Zudem werden die Bereiche zwischen den Tiefenlinien aus 2005 und 2016 farblich wie folgt gekennzeichnet:

- positive Differenz zwischen 2016 und 2005 (Materialgewinn) grün (transparent)
- negative Differenz zwischen 2016 und 2005 (Materialverlust) rot (transparent)

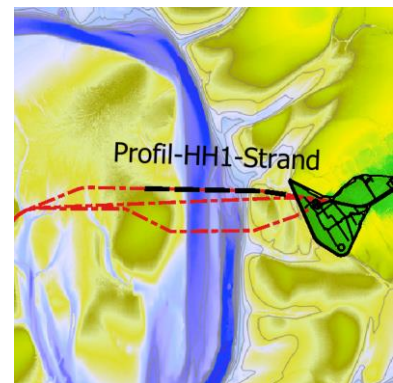
Zur Orientierung werden bei den Profilschnitten jeweils kleine Übersichten mit der Lage des Profils (schwarz gestrichelt) und der Lage der Trassenvarianten (rot gestrichelt) dargestellt.

4.3.1 Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH1 Strand



Im Bereich der Trassenvariante HH1 scheint die tiefe Rinne von 2005 auf 2016 eher an Tiefe und Querschnitt abzunehmen. Der Rinnenquerschnitt ist sogar leicht kleiner gegenüber 1996.

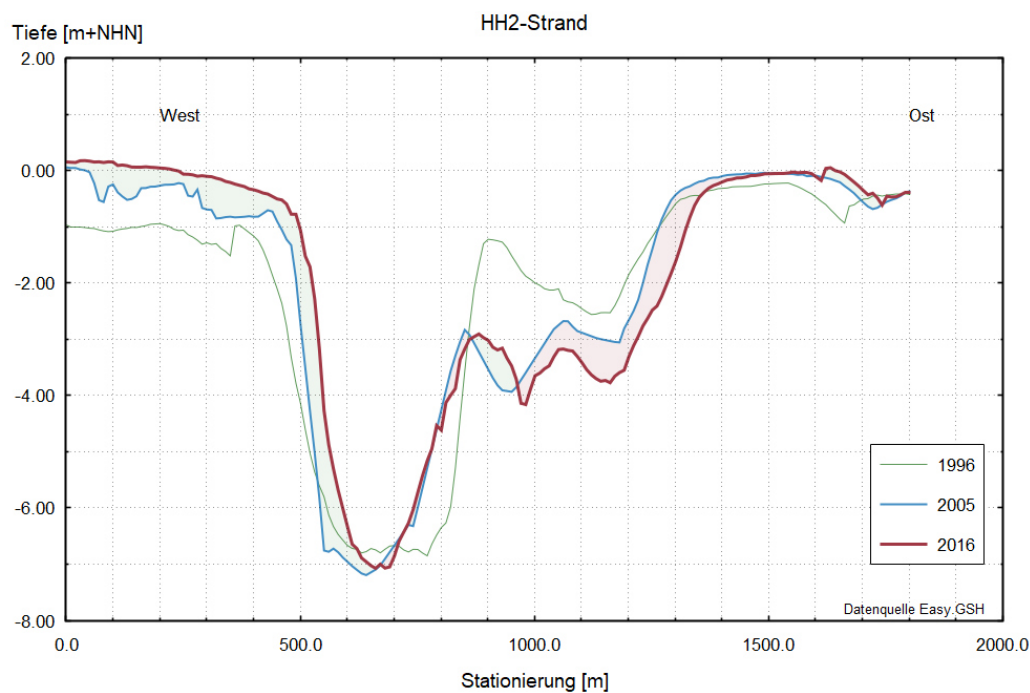
Dagegen scheint sich am östlichen Rand eine weitere Vertiefung zu ergeben. Unter Berücksichtigung der Entwicklung der Rinnentiefen weiter südlich (siehe Kapitel 4.3.2 und 4.3.3) kann darauf geschlossen werden, dass sich die tiefe Rinne innerhalb des Priels Strand auf den östlichen Bereich verlagert, bzw. sich hier eine parallele tiefe Rinne ausbildet. Ein ähnlich großer Materialverlust wie zwischen 1996 und 2005 (bis zu ca. 2 m) lässt sich zwischen 2005 und 2016 zwar nicht mehr feststellen, die Tendenz ist jedoch weiterhin abgebildet.



In der Studie des LKN.SH /2/ (siehe auch Kapitel 4.1) wird beschrieben, dass nach der Vordeichung der Hattstedter Marsch wieder Ausräumungen der Rinnen stattfinden. Auf Basis der vorliegenden Daten scheint sich dieser Trend weiter fortzusetzen wobei die östliche Rinne im Strand an Bedeutung gewinnt und sich zunehmend weiter nach Norden Richtung Strandley vertieft. Diese Entwicklung wird durch die Betrachtung eines Profilschnittes entlang der Rinnen in Kapitel 4.3.9 gestützt.

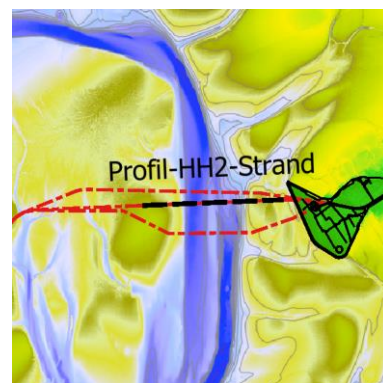
Die westlichen Wattbereiche scheinen tendenziell eher an Höhe zu gewinnen. Im östlichen Bereich ist eine von Westen nach Osten abnehmende Tendenz von Höhenverlusten zu beobachten.

4.3.2 Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH2 Strand

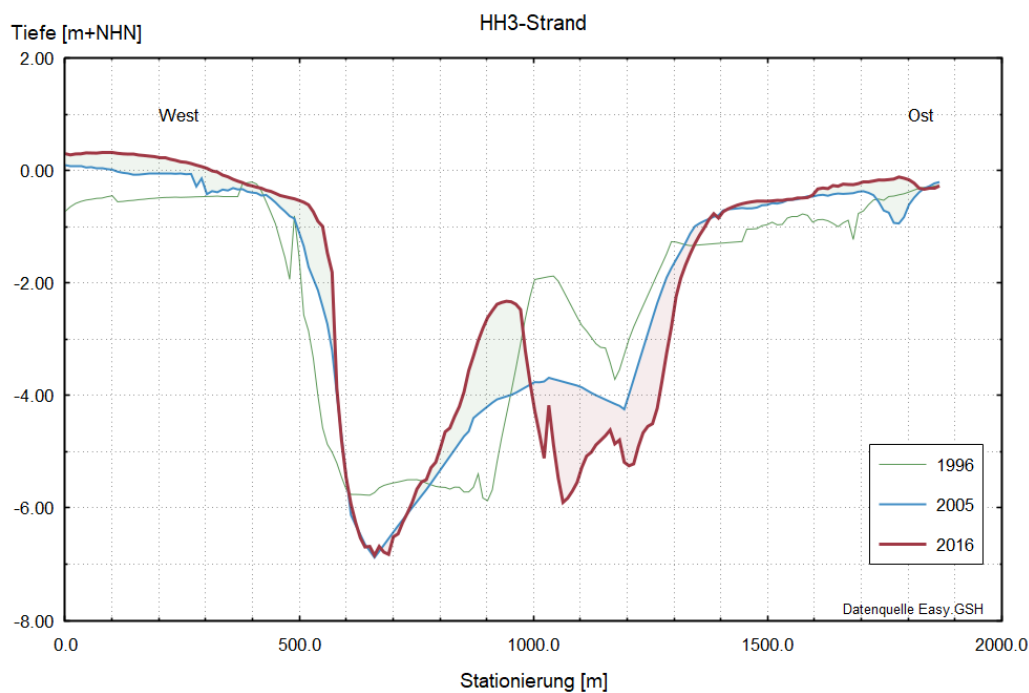


Die Generelle Entwicklung entspricht den Ausführungen in Kapitel 4.3.1.

Lediglich der tendenzielle Höhenverlust auf dem Watt östlich der Rinnen scheint weniger ausgeprägt.

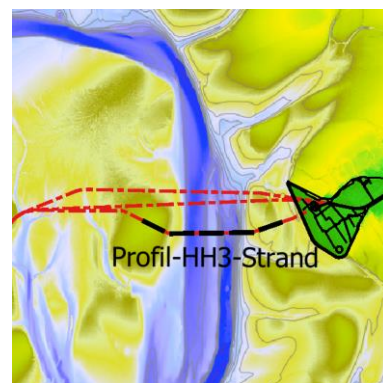


4.3.3 Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH3 Strand

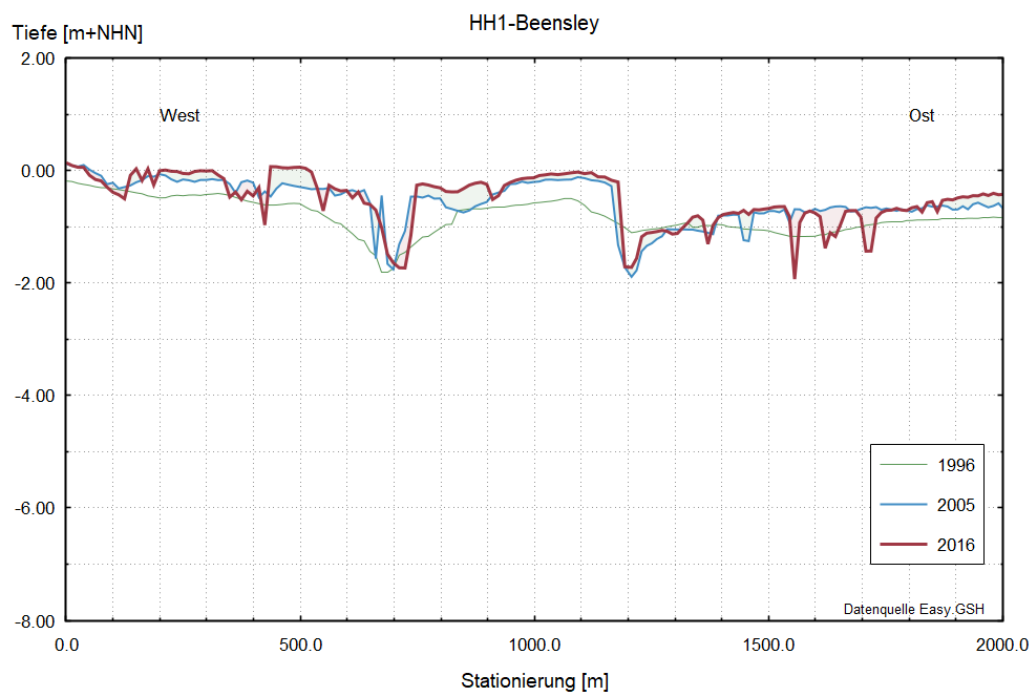


Die Generelle Entwicklung entspricht den Ausführungen in Kapitel 4.3.1.

Lediglich der tendenzielle Höhenverlust auf dem Watt östlich der Rinnen ist hier nicht zu beobachten.

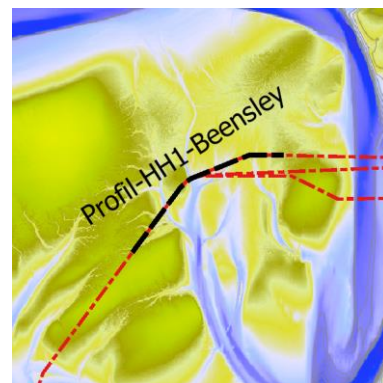


4.3.4 Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH1 Beensley

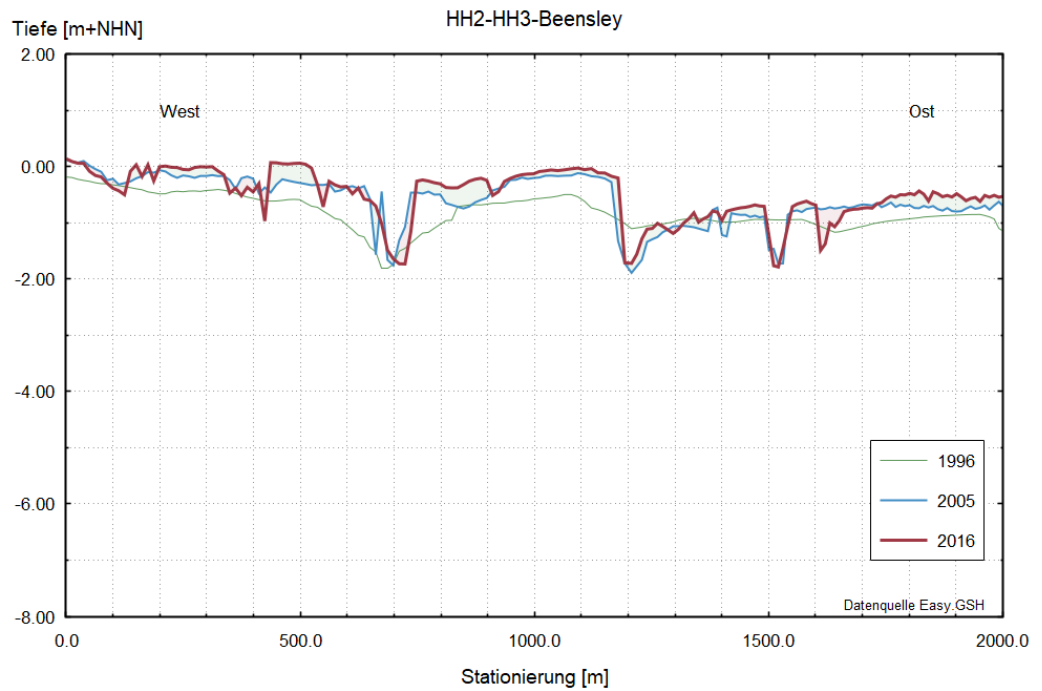


Insgesamt können 2016 im Bereich Beensley auf der Trassenvariante HH1 gegenüber 2005 nur geringe Höhenänderungen festgestellt werden. Seit 1996 ist jedoch eher ein Höhenzuwachs zu verzeichnen.

Die auffälligsten Änderungen liegen im Bereich der Prielwurzel eines flachen Priels, der aus dem Bereich Strand abzweigt (östlicher Bereich des Profilschnittes).

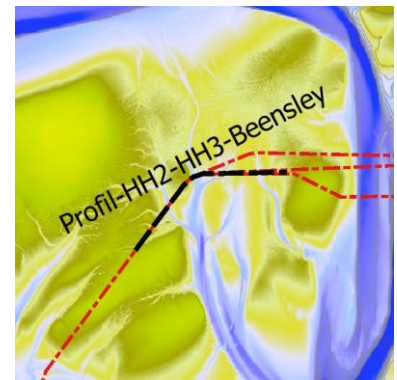


4.3.5 Tiefenentwicklung – Trasse Nord - Variante HH2/3 Beensley

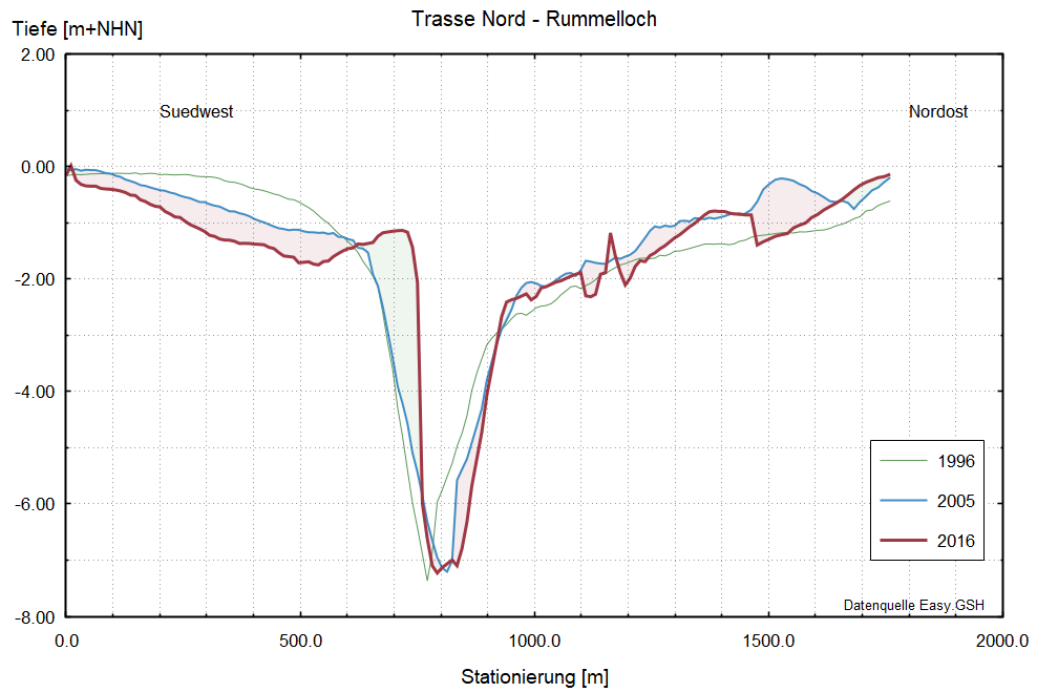


Die Tendenzen entsprechen denen der Trassenvariante HH1 (siehe Kapitel 4.3.4) und sind eher von Höhenzuwachs geprägt.

Gegenüber der Variante HH1 scheint der kleine Priel, der aus dem Bereich Strand abzweigt (östlicher Bereich des Profilschnittes) zwischen 2005 und 2016, stabil geblieben zu sein. Etwas östlich hiervon bildet sich die Tendenz einer weiteren kleinen Rinne ab.



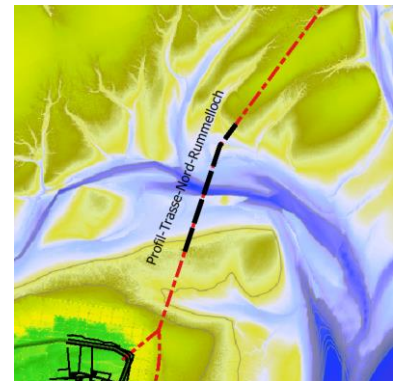
4.3.6 Tiefenentwicklung – Trasse Nord – Rummelloch-Ost



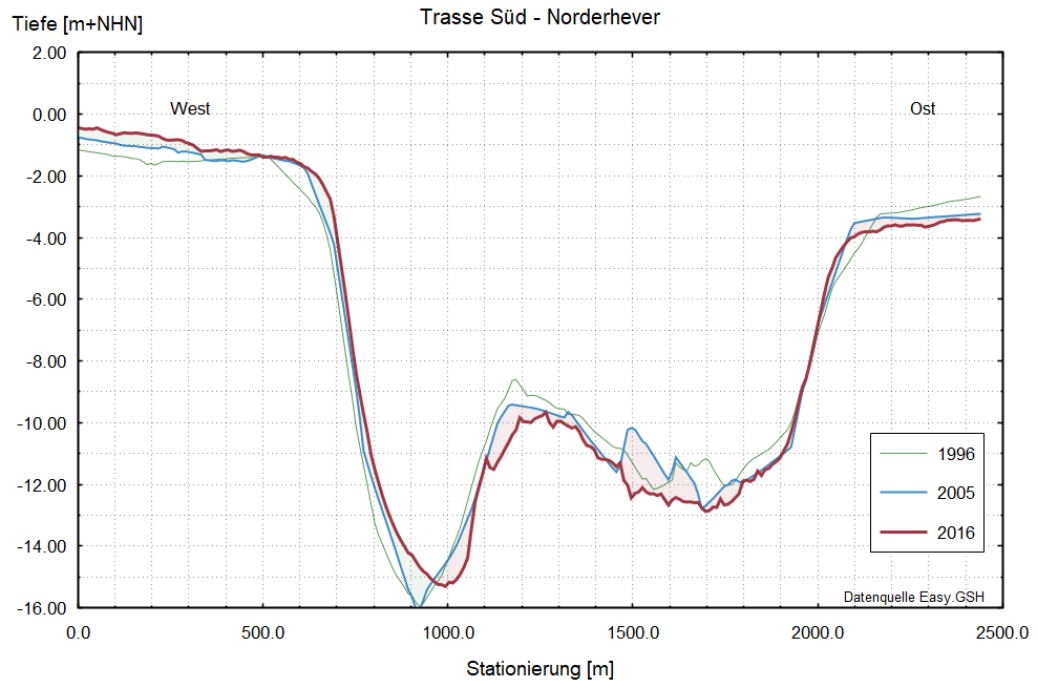
Die Tiefenlage des Rummellochs-Ost ist von 1996 bis 2016 auf einem konstanten Niveau, jedoch ist eine leichte Verlagerung Richtung Nordosten festzustellen, die sich zwischen 2005 und 2016 abzuschwächen scheint.

Auffällig ist eine fortschreitende Tendenz zum Materiallust auf der Pellworm Plate (südwestlicher Bereich des Profilschnittes). Dieser Effekt wird so auch in der Studie des LKN.SH /2/ beschrieben (siehe auch Kapitel 4.1).

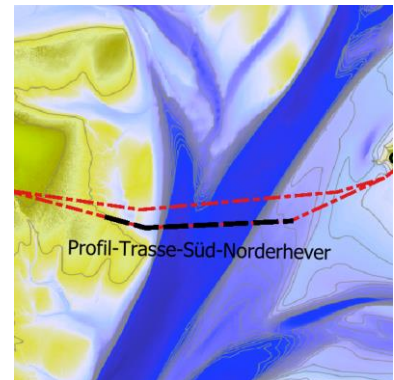
Im nordöstlichen Bereich des Profilschnittes zeigt sich nach einem Höhengewinn zwischen 1996 und 2005 teilweise eine gegenläufige Tendenz mit Höhenverlusten zwischen 2005 und 2016.



4.3.7 Tiefenentwicklung – Trasse Süd 2 - Norderhever



Der Profilschnitt durch die Norderhever im Bereich der Trassenvariante Süd 2 zeigt auf der Pellworm Plate (westlich) einen Höhenzuwachs. Dagegen tendiert der Wattsockel südwestlich von Nordstrandischmoor zu einem Höhenverlust. Der Höhenverlust südlich und westlich von Nordstrandischmoor wird in der Studie des LKN.SH /2/ beschrieben (siehe auch Kapitel 4.1).

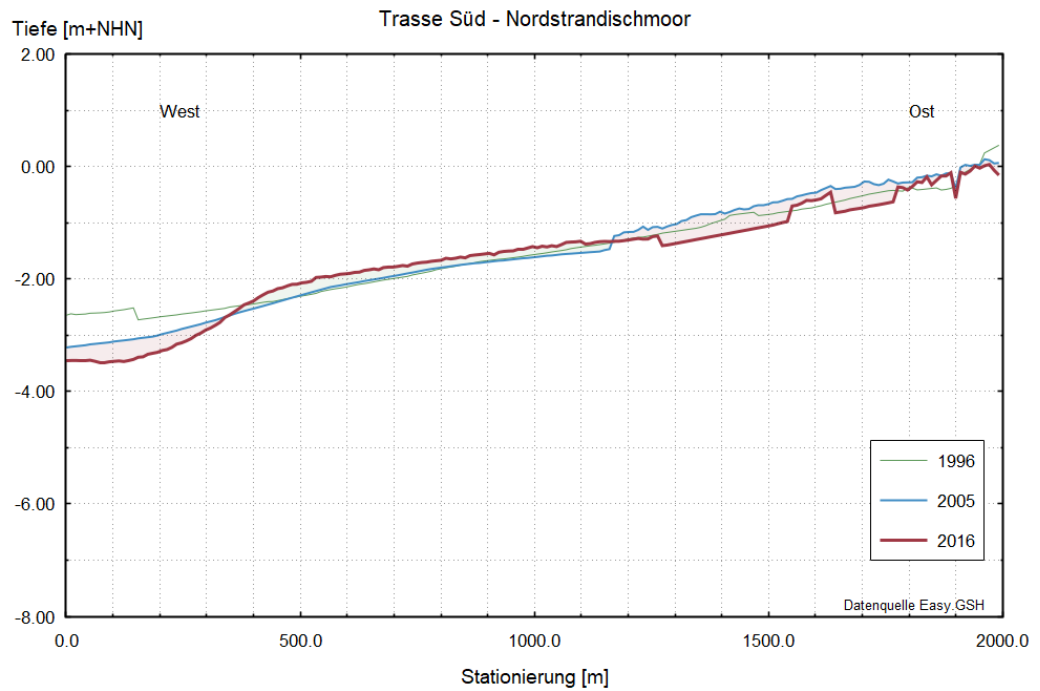


Insgesamt verlagert sich der westliche Hang der tiefen Rinne leicht ostwärts. Dies ist verstärkt am tiefsten Punkt der Rinne festzustellen.

Die höheren Rinnenbereiche Richtung Osten tendieren nach dem Profilen zum Materialverlust, der im Vergleich der Werte von 1996 und 2016 im maximum bei ca. 1,5 m liegt. Die Auswertung eines Profilschnittes längs zur östlichen Rinnenstruktur lässt auf sich bewegende Rippelstrukturen schließen, durch die sich die Höhenänderungen in diesem Bereich erklären ließen (siehe Kapitel 4.3.9).

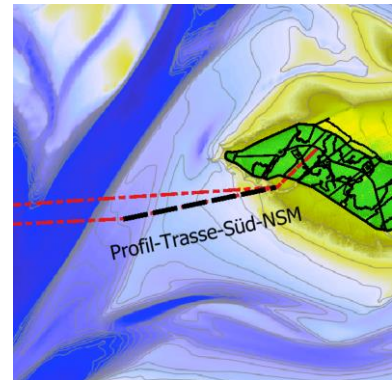
Der östliche Hang der tiefen Rinne zum Wattsockel vor Nordstrandischmoor scheint lagestabil.

4.3.8 Tiefenentwicklung – Trasse Süd - Nordstrandischmoor



Der Profilschnitt vor Nordstrandischmoor zeigt im westlichen Bereich (zur Norderhever hin) einen kontinuierlichen Materialverlust. Eine gegenläufige Tendenz ist auf dem flacher werden Abschnitt Richtung Nordstrandischmoor festzustellen.

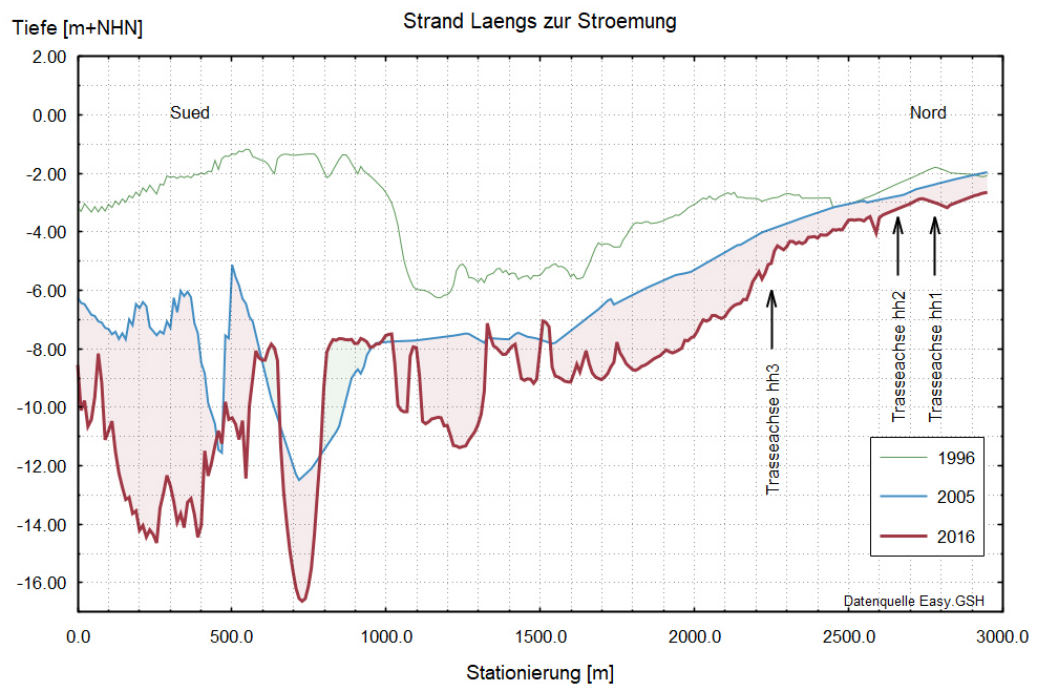
Weiter Richtung Nordstrandischmoor ist von 1996 bis 2005 eher ein Höhenzuwachs und von 2005 bis 2016 eher ein Höhenverlust festzustellen.



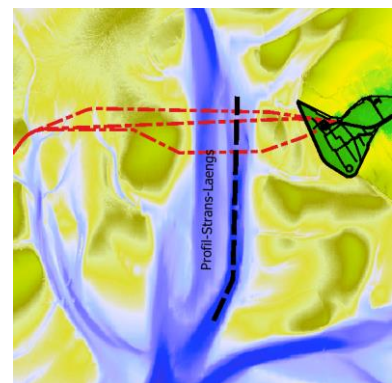
4.3.9 Längsprofile „Strand“ und „Norderhever“

Als ergänzende Betrachtung werden im folgenden Profile entlang der tiefen Rinnen im Strand und in der Norderhever dargestellt. Gegenüber den vorangegangenen Profilbetrachtungen auf den Trassenvarianten, die vornehmlich quer zur Strömungsrichtung verlauf, sind die folgenden Profile längs zur Strömungsrichtung ausgelegt.

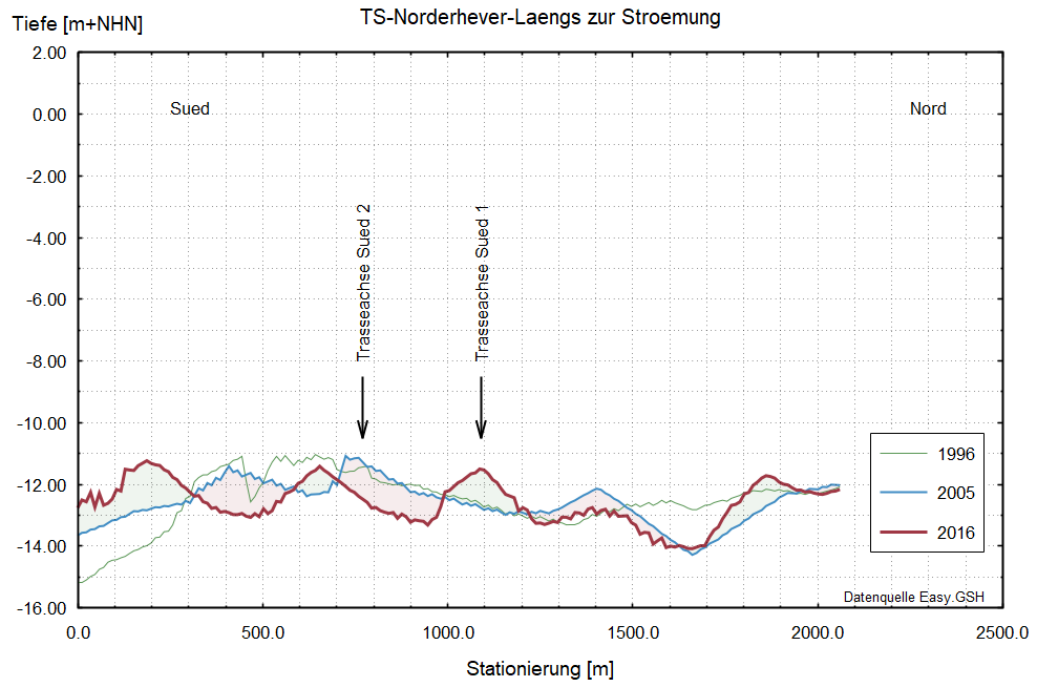
Längsprofil Strand



Ergänzend zu den Erkenntnissen aus den Profilen über den Trassenvarianten HH1 bis HH3 (Kapitel 4.3.1, 4.3.2 und 4.3.3), ist im Längsprofil der östlichen Rinnenstruktur des Strand deutlicher Materialverlust zwischen 1996 und 2016 zu erkennen. Im südlichen Bereich liegen die Höhenverluste bei bis zu 14 m. Tendenziell scheint die Tiefenentwicklung nach Norden hin fortzuschreiten.

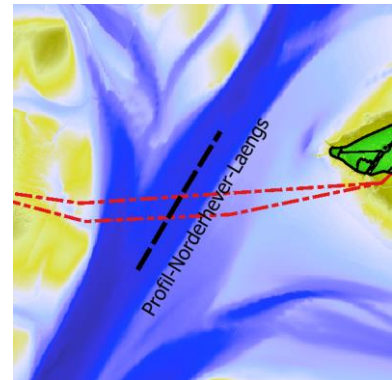


Längsprofil Norderhever



Der Längsschnitt in der östlichen Rinne der Norderhever lässt eine sich verschiebende Wellenstruktur erkennen. Dies könnte auf sich in der Strömung bewegende Rippel hindeuten. Diese Rippel sind sowohl im kleinen Maßstab als Zickzacklinien mit Höhenänderungen von ca. 50 cm und einer Ausdehnung von 20 – 30 m, als auch als große Wellen (Megarippel) mit Höhendifferenzen von ca. 2 m und einer Ausdehnung von 200 – 300 m zu erkennen.

Diese Strukturen scheinen sich von 1996 bis 2016 verstärkt auszubilden. Wobei das Profil von 2016 im Trassenbereich, sowie südlich davon, relativ gleichmäßige Höhendifferenzen mit Kuppen um die -11,5 müNHN und Tälern um die -13 müNHN zeigt.



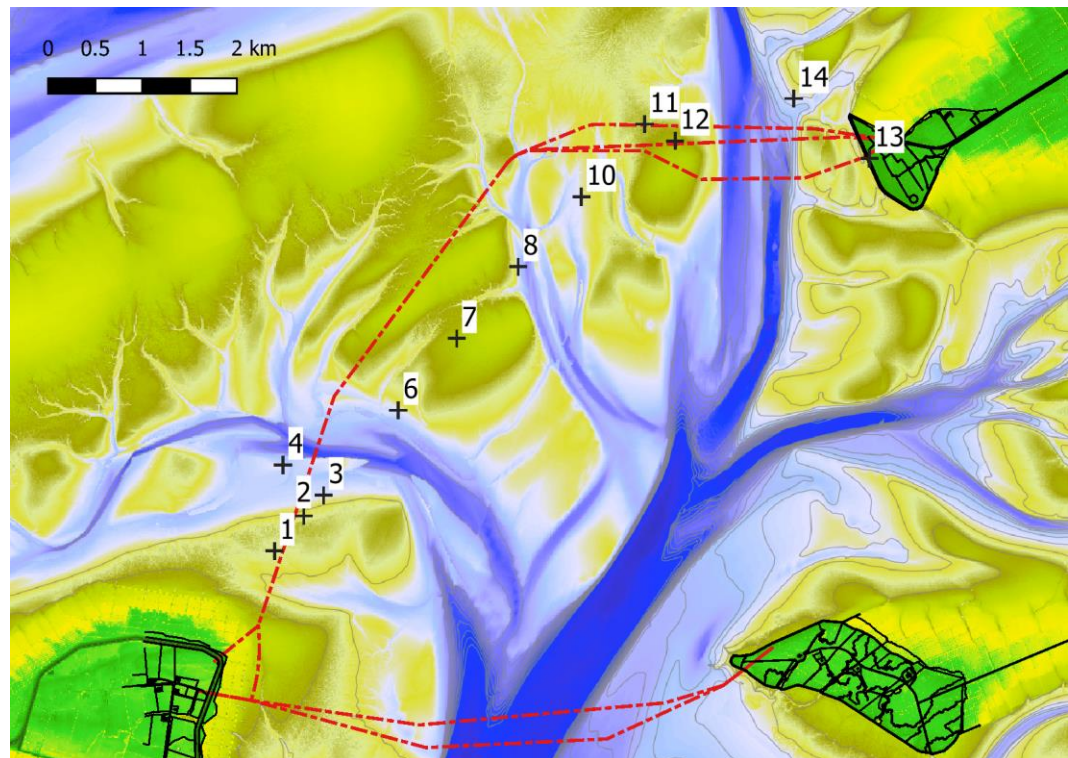
5. BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

5.1 Trasse Nord

Im Bereich der Trasse Nord liegen dem Wasserverband Nord Baugrundinformationen aus dem Bohrarchiv des LKN.SH (Landwirtschafts- und Umweltatlas) vor. Diese wurden 2015 zur Verfügung gestellt und geben übergeordnete Informationen zu den zu erwartenden Baugrundsichten. Eine Lageübersicht der Bohrpunkte kann der Abbildung 5-1 entnommen werden.

Abbildung 5-1

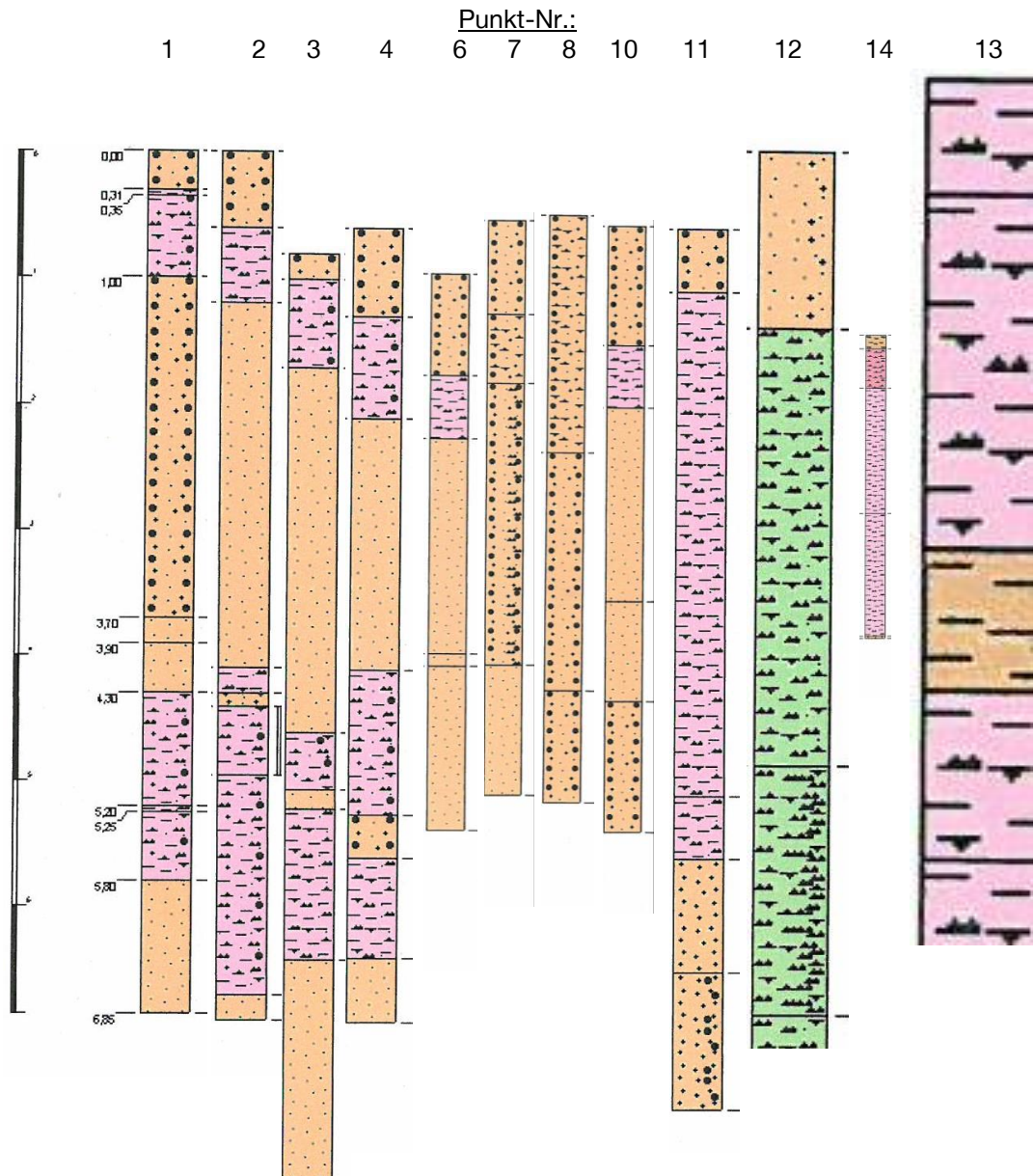
Ansatzpunkte der
vorliegenden
Baugrundinformati-
on
Quelle: LKN-LLUR
2015



Die Bohrprofile sind in der Abbildung 5-2 idealisiert zusammengetragen und grob auf einen Höhenmaßstab und Meter über NHN angepasst. So können die jeweiligen Schichtstärken und Höhenlagen der Schichten miteinander verglichen werden.

Abbildung 5-2

Zusammenstellung
Bohrprofile
Quelle: LKN-LLUR
2015



Die in Abbildung 5-2 dargestellten Bohrprofile weisen von Pellworm Richtung Hamburger Hallig relativ einheitliche Verhältnisse mit einer oberflächennahen Sandschicht, die von einer ca. 80 cm starken Ton-/Schluffschicht unterlagert wird, auf. Vor dem Priel Strand weiter Richtung Hamburger Hallig (Bohrprofile 11-14) gewinnen die Ton-/Schluffschichten sowie Klei an Mächtigkeit. Im Bereich der Hamburger Hallig wird zwischen den bindigen Schichten in 3 bis 4 m Tiefe auch eine Torfschicht ausgewiesen.

5.2 Trassen Süd

Für die Bestandstrasse liegt ein Gutachten aus dem Jahr 1987 vor, das im Nachgang zu den Legearbeiten zwischen Nordstrandischmoor und Pellworm geschrieben wurde. Im Rahmen der Legearbeiten sind im östlichen Bereich der Trassen erhebliche Probleme beim Einspülen der Leitungen aufgetreten, so dass über größere Bereiche die Leitungen nicht überdeckt wurden. Dies lässt auf sehr kompakte bindige Bodenschichten schließen, die mit dem eingesetzten Spülverfahren nur schwer zu lösen waren.

Wie für die Trasse Nord im Jahr 2015 wurden im Rahmen dieser Studie das LLUR bzgl. vorliegender Bohrprofile aus dem Baugrundkataster angefragt. Aus den zur Verfügung gestellten Bohrprofilen wurden Profile im Bereich der geplanten Trassen ausgewählt und in Abbildung 5-4 zusammengetragen. Eine Lageübersicht der ausgewählten Bohrprofile kann der Abbildung 5-3 entnommen werden.

Abbildung 5-3

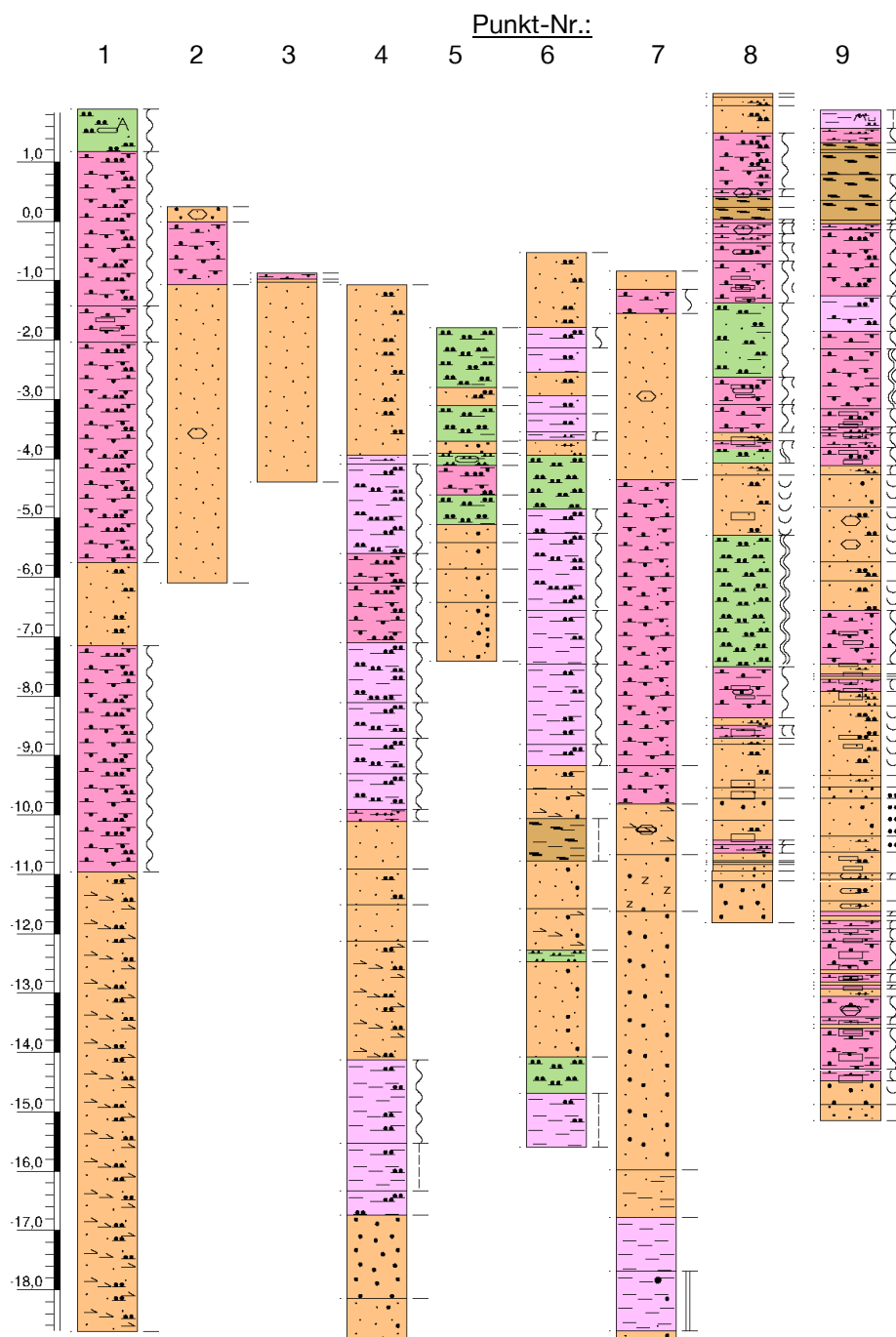
Ansatzpunkte
vorliegender
Baugrundinformati-
on
Quelle: LKN-LLUR
2020



Die Bohrprofile sind in der Abbildung 5-4 idealisiert zusammengetragen und grob auf Meter über NHN angepasst. So können die jeweiligen Schichtstärken und Höhenlagen der Schichten miteinander verglichen werden.

Abbildung 5-4

Zusammenstellung
Bohrprofile
Quelle: LKN-LLUR
2020



Die in Abbildung 5-4 dargestellten Bohrprofile weisen von Pellworm Richtung Nordstrandischmoor überwiegend schluffige und tonige Schichten auf. Bei den Bohrprofilen, in denen Hinweise auf die Lagerung bzw. Konsistenz der Bodenschichten gegeben sind, wird in den relevanten Tiefen auf weiche, Richtung Nordstrandischmoor auch breiige Konsistenzen hingewiesen. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse lassen sich keine Bodenformationen erkennen, die auf Probleme, wie sie bei der Installation der nördlicher liegenden Bestandstrassen aufgetreten sind, schließen lassen.

Im Bereich der Anlandung auf Nordstrandischmoor lassen die Bohrprofile (Nr 8 und 9) sehr weiche Bodenformationen sowie einzelne Torflagen erwarten.

Im Rahmen der Bearbeitung ist aufgefallen, dass der Bohrpunkt 5, der mitten in der Norderhever liegt, entweder von der Höhenlage oder der Position nicht stimmen kann.

6. DENKBARE BAUVERFAHREN

Im Folgenden werden die denkbaren Bauverfahren, die im Rahmen dieses Projektes in Betracht kommen, getrennt für die Anlandungsbereiche und die Rohrlegung entlang der Trasse, beschrieben.

6.1 Anlandungen

Im Bereich von Anlandungen liegen in der Regel Küstenschutz- bzw. Hochwasserschutzbauwerke. Um diese Bauwerke und ihre Schutzfunktion nicht zu beeinträchtigen ist es sinnvoll, diese in geschlossener Bauweise zu unterqueren. Insbesondere im Wattbereich und für Kabel- oder Rohrleitungen kleineren Durchmessers bietet sich die Anwendung des HDD-Verfahrens an. Für das vorliegende Projekt werden die Anlandungsbereiche entsprechend im HDD-Verfahren vorgesehen, dass im Folgenden allgemein, sowie anschließend bezogen auf die Anlandungsbauwerke für dieses Projekt beschrieben wird.

6.1.1 Allgemeine Beschreibung des HDD-Verfahrens

Bei der als Horizontal-Directional-Drilling (HDD) bezeichneten steuerbaren Horizontalbohrtechnik wird von einem übertägig aufgestellten Bohrgerät ein Bohrkopf entlang einer vorgegebenen untertägig befindlichen (i. a. „bananenförmigen“) Trasse ohne größere Baugruben vorangetrieben.

Dabei erfolgt die Übertragung der übertägig erzeugten Andruckkraft sowie des erforderlichen Drehmomentes über das Bohrgestänge. Die jeweilige Position des Bohrkopfes wird mittels eines dem Bauprojekt angepassten Ortungssystems festgestellt und zum Steuerstand geleitet.

Der Boden wird bei dieser Technik zum geringen Teil verdrängt und zum größten Teil von der durch Düsen am Bohrkopf austretenden Bohrspülung gelöst und nach übertage transportiert.

Durch die leistungsfähige, aus der Tiefbohrtechnik übernommene Messtechnik ist diese Methode praktisch für alle Teufenbereiche geeignet. Mit der steuerbaren Horizontalbohrtechnik werden heute Bohrungslängen bis 1800 m und Bohrungsdurchmesser bis 1700 mm erreicht. Hierbei handelt es sich um Maximalwerte, die jedoch nicht gleichzeitig auftreten dürfen.

Jedoch sind die heute verwendeten Vermessungseinrichtungen durch in der Nähe befindliche Fremdfelder (z.B. elektromagnetische Felder vorhandener Kabel oder Stahlrohr) unkontrolliert beeinflussbar, was unter Umständen eine Überwachung auf diese Art und Weise unmöglich macht.

In solchen Fällen ist der Einsatz besonderer Messverfahren, z.B. Kreiselkompass, notwendig, um eine zuverlässige Verlaufssteuerung der Bohrung zu gewährleisten.

Pilotbohrung

Zu Beginn der Pilotbohrung wird ein am vorderen Ende des Bohrstranges angebrachter Bohrmeißel von der Bohranlage in dem vorher festgelegten Eintrittswinkel ins Erdreich geschoben. Dabei wird die aus einer Wasser-Bentonit-Suspension bestehende Bohrspülung durch das Gestänge zu den Meißeldüsen gepumpt und tritt dort unter hohem Druck aus.

Die momentane Position der hinter dem Meißel befindlichen Messsonde wird über ein im Inneren des Stranges verlaufendes Kabel in den Steuerstand übertragen und dort ausgewertet.

Bei sehr langen Bohrungen kann es erforderlich werden, den Pilotbohrstrang durch ein sogenanntes Überwaschgestänge zu stabilisieren. Hierbei handelt es sich um eine zusätzliche Rohrtour, die drehend über den Pilotbohrstrang geschoben wird und diesen dadurch entlastet und stabilisiert. (Siehe Abbildung 6-1 Phase I)

Das Herstellen der Bohrung ist auch in felsigem Untergrund möglich. Hierzu sind, je nach Härte des Materials, spezielle Bohrwerkzeuge (Rollenmeißel) nötig, ggf. auch der Einsatz eines Vorort Antriebes (Mud-Motor).

Aufweitbohrung(-en)

Nachdem so die gesteuerte Pilotbohrung am Zielpunkt wieder zutage getreten ist, werden der Bohrmeißel und die Messsonde entfernt und ein sogenannter Räumer vorgebaut. Hierbei handelt es sich um ein Bohrwerkzeug zum Aufweiten des Bohrkanals auf einen größeren Durchmesser. Der Räumer wird drehend und spülend durch die Pilotbohrung gezogen. (Siehe Abbildung 6-1 Phase II)

Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis das Bohrloch den vorgesehenen Enddurchmesser erreicht hat. Dieser liegt abhängig vom Baugrund etwa bei dem 1,2 bis 1,5-fachen des Durchmessers der einzuziehenden Rohrleitung. Nur bei einem ausreichend großen Durchmesser kann eine Rohrleitung ohne Komplikationen in den offenen, mit Stützflüssigkeit gefüllten Bohrkanal eingezogen werden.

Von Anfang an wird der Bohrkanal komplett und kontinuierlich durch die eingepumpte Bohrflüssigkeit ausgefüllt und hydraulisch gestützt, d.h. am Zusammenfallen gehindert. Hierin besteht ein wesentlicher Unterschied zum Rohrvortrieb bzw. zum Pressbohren.

Die Bohrflüssigkeit ist in den meisten Fällen eine Bentonit-Suspension ohne chemische Zusätze.

Einziehvorgang

Als letzter Arbeitsschritt bei der Durchführung einer steuerbaren Horizontalbohrung wird die vorbereitete Rohrleitung in das fertig aufgeweitete Bohrloch eingezogen (Siehe Abbildung 6-1 Phase III). Das Vormontieren des einzuziehenden Produktrohrstranges erfolgt im Normalfall in direkter Verlängerung der Bohrung hinter dem Austrittspunkt.

Der Produktrohrstrang wird auf eine Bahn aus Rollenböcken gelegt und läuft beim Einzug über diese ab. Mitzuverlegende Begleitrohre, Kabel oder Kabelschutzrohre (KSR) werden ebenfalls auf ganzer Länge vormontiert und, wenn für diese keine eigene Bohrung durchgeführt wurde, gleichzeitig eingezogen.

Während des Einzuges ist die Produktleitung gegen Vorlaufen und Torsion mit geeignetem Gerät zu sichern, um unzulässige Druckbelastungen vom Bohrgestänge fernzuhalten.

Die Sicherung gegen Torsion ist besonders wichtig, wenn Produktleitung und KSR in ein gemeinsames Bohrloch eingezogen werden, um eine Beschädigung der KSR durch Verdrillung zu verhindern. Auch wenn die Rohrleitung über ein Drehgelenk mit dem Bohrstrang verbunden wird, ist erfahrungsgemäß ein Verdrehen der Leitung im Bohrloch nicht auszuschließen.

Sondermaßnahmen im HDD

Bei der Durchführung von HDD-Maßnahmen müssen manchmal auch Strecken durchfahren werden, in denen der Baugrund als nicht geeignet für das HDD-Verfahren erscheint.

Solche nicht geeigneten Strecken sind sehr häufig die Ein- und Ausfahrbereiche von OK Gelände bis in tiefere, für das HDD geeignete Schichten und das Aufsteigen von diesen wieder bis OK Gelände.

Hierfür bieten sich je nach Örtlichkeit unterschiedliche Möglichkeiten an. Dies sind:

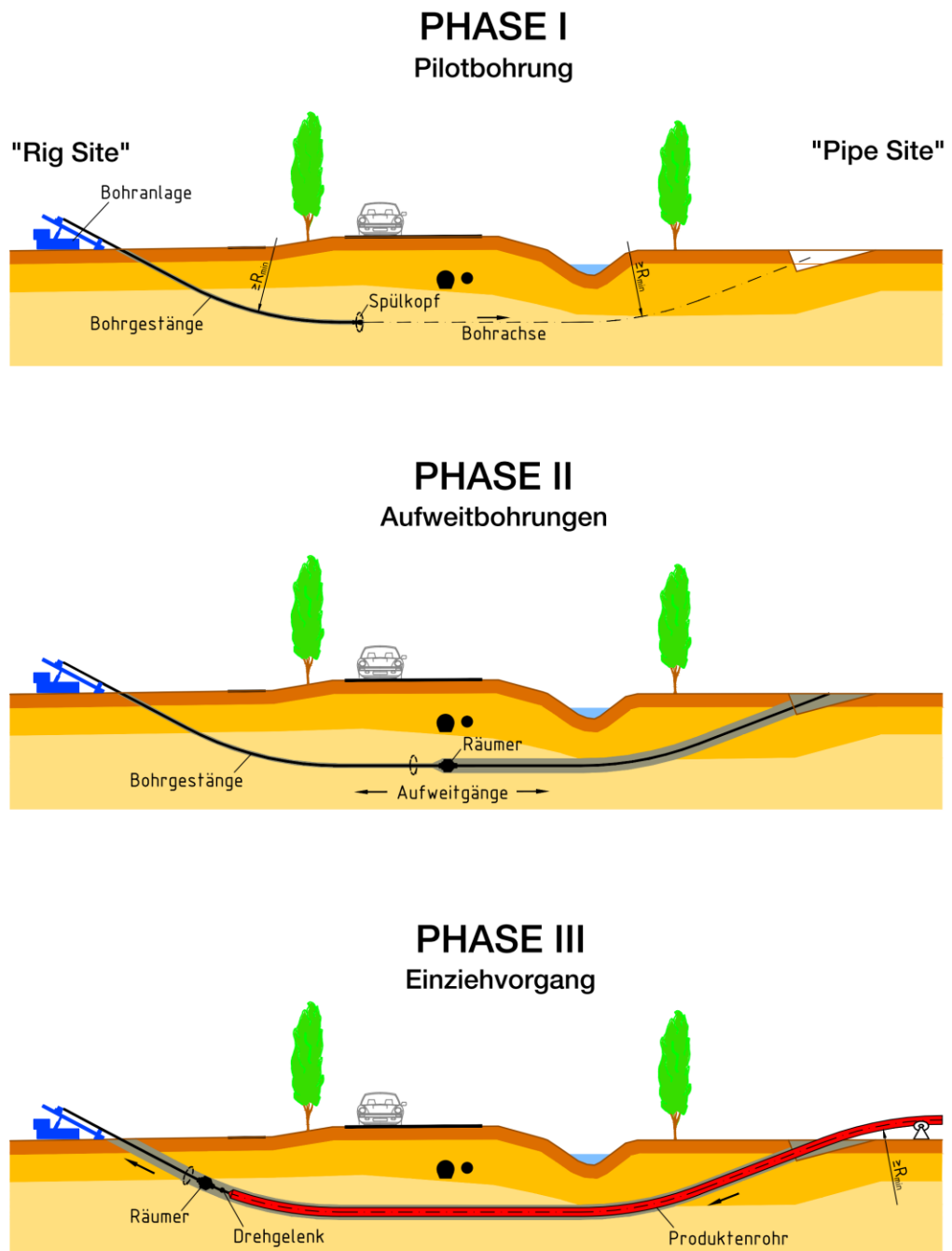
- Durchführung von Bodenaustauschmaßnahmen
- Verfestigung des Baugrundes
- Einbringen von Casing-Rohren

Durch diese Maßnahmen kann erreicht werden, dass allgemein als nicht geeignet zu beurteilende Bodenformationen trotzdem mit dem HDD-Verfahren bearbeitet werden können.

Abbildung 6-1

Systemskizze
gesteuerte Horizontalbohrungen

Arbeitsschritte gesteuerte Horizontalbohrung (HDD)



6.1.2 Anwendung des HDD-Verfahrens für Anlandungen

Die Nutzung des HDD-Verfahrens für eine Anlandung bedingt, dass sich ein Arbeitsbereich landseitig, und ein Arbeitsbereich seeseitig befindet. Da sich im Bereich der Bohranlage (Rig-Site) der größte Teil der Bauaktivitäten abspielt, wird in der Regel dieser Bereich landseitig platziert.

Im vorliegenden Projekt ist jedoch, insbesondere auf den Halligen, die logistische Versorgung der landseitigen Arbeitsbereiche nur eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund wird für dieses Projekt die Rig-Site mit allen Einrichtungen inkl. Separationsanlage auf einem Arbeitsponton vorgesehen, von dem die Bohrung durchgeführt werden kann. Landseitig beschränken sich damit die Arbeiten auf folgende Tätigkeiten:

- Herstellen der Zielbaugrube
- Auffangen und Rückführen der Bohrspülung
- Montage von Bohrgestänge
- Auslegen und Einziehen des Rohrstrangs
- Herstellen der Verbindung zur bestehenden Leitung

Auf der Rig-Site werden entsprechend alle Bohraktivitäten sowie die Separation und Aufbereitung der Bohrspülung ausgeführt. Das Bohr-Rig sowie alle erforderlichen Einrichtungen, werden auf einem absenkbaaren Arbeitsponton positioniert. Der so ausgerüstete Ponton wird bei Flut vor dem Bohreintrittspunkt platziert, abgesenkt und verankert. Im weiteren Verlauf der Bauarbeiten dient der Ponton als stationäre Arbeits- und Lagerplattform. Die Abbildung 6-2 zeigt exemplarisch, wie ein Arbeitsponton mit dem erforderlichen Equipment ausgestattet werden könnte.

Flächenbedarf

Wasserseitig ist mit folgendem Flächenbedarf zu rechnen:

- trockenfallender Arbeitsponton ~ 1.500 m²
- Anlegebereich für den Crew-Transfer
sowie Ver- und Entsorgungsschiffe ~ 800 m²

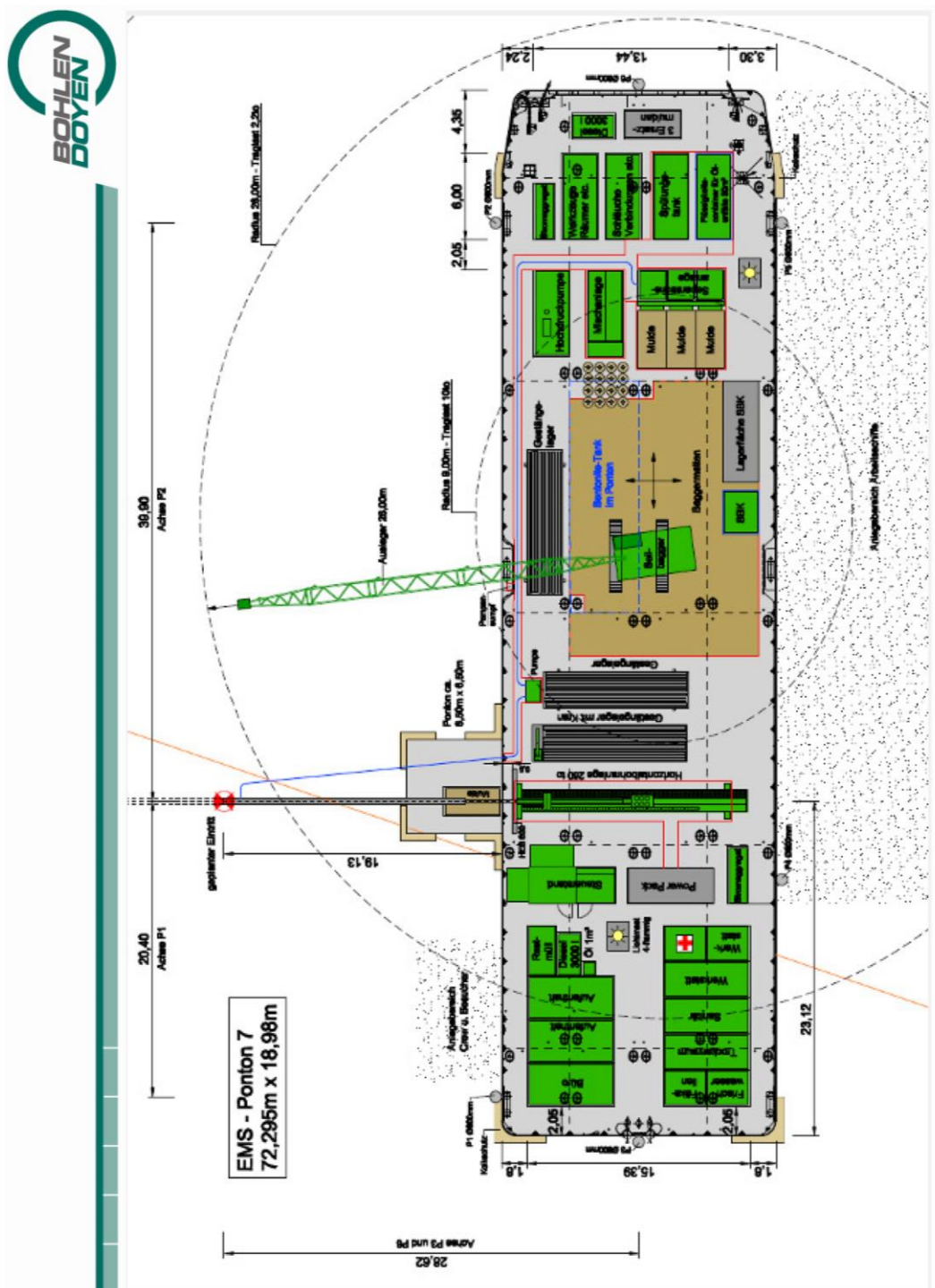
Landseitig ist für die Zielbaugrube sowie das Aufstellen von entsprechendem Arbeitsgerät mit folgenden Flächen zu rechnen:

- Arbeitsfläche Bohraustritt ~ 500 m²

Neben diesen beiden Flächen (wasser- und landseitig) muss die schwierige Ver- und Entsorgung der beiden Baubereiche sowie zusätzlich die Rückführung der Bohrspülung und eine Montage- und Ablaufbahn des Produktrohres, in entsprechender Bohrungslänge, berücksichtigt werden. Aufgrund der schwierigen Erreichbarkeit der Baustellenbereiche bietet sich eine fliegende Leitung (z.B. PE $d_a = 125$) an, um die Bohrspülung vom Bohraustrittspunkt zur Startseite zurück zu führen.

Die Produktleitung muss im Bereich des Bohraustrittspunkt in ganzer Länge montiert und auf einer Ablaufbahn in Verlängerung der Bohrtrasse ausgebracht werden. Dies kann entweder vor Ort oder alternativ an anderer Stelle erfolgen, wobei dann die Leitung zum Austrittspunkt der Bohrung (Pipe-Site) ausgebracht werden muss. Dies könnte ggf. schwimmend erfolgen.

Quelle: Bohlen & Doyen



6.2 Rohrlegung im Küstenbereich

Der Vollständigkeit halber wird an dieser Stelle erwähnt, dass theoretisch die Möglichkeit besteht die Leitung komplett in offener Bauweise, mit einem Tunnel in ganzer Länge, in kleineren Tunnelabschnitten oder mit der Aneinanderreihung von HDD-Abschnitten zu realisieren. Entsprechende Projekte sind bereits geplant und ausgeführt worden, hatten dann jedoch entsprechende Zwänge oder Randbedingungen, die zu solchen Lösungen geführt, bzw. diese erlaubt haben. Im Weiteren werden diese Ansätze auf Grund des großen Eingriffs, der bautechnischen Anforderungen und/oder der zu erwartenden Baukosten nicht näher betrachtet.

Daneben können die technischen Möglichkeiten zur Installation von Rohren im marinen Bereich übergeordnet in vier Verfahren unterteilt werden:

- Spülverfahren (Jetting)
- Pflügen (Ploughing)
- Fräsen (Cutting)
- Offene Bauweise (open trench / dredging)

Dies Verfahren werden im Folgenden hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Arbeitsweise sowie hinsichtlich ihres Anwendungsbereiches, bezogen auf die Baugrundverhältnisse beschrieben. Nachfolgend wird auf die projektbezogene Anwendung eingegangen.

6.2.1 Spülverfahren (Jetting)

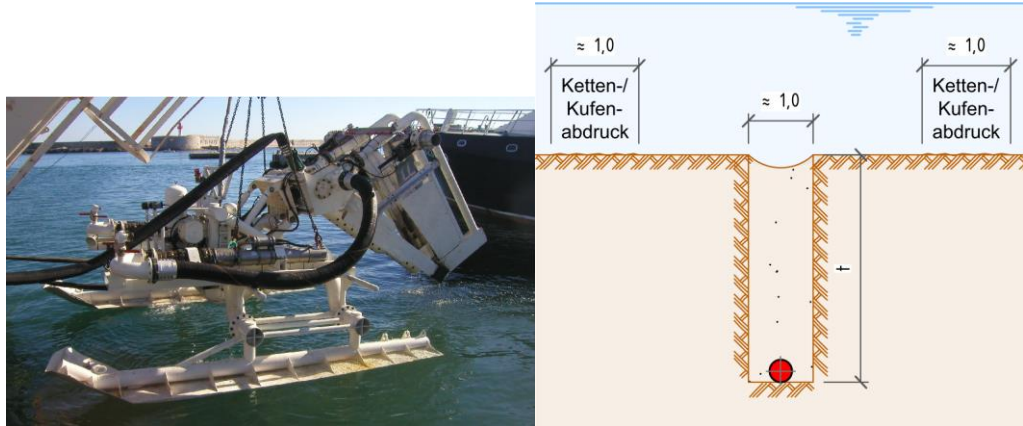
Beim Spülverfahren wird der Boden mittels Druckwasser- und Druckluftdüsen, die an einem schwertartigen Spülgerät montiert sind, in einem schmalen Schlitz fluidisiert, in welchem das Rohr durch Eigengewicht absinkt. Bei der Verlegung von flexiblen Rohren, oder Kabeln werden diese durch einen rückwärtig an dem Spülschwert montiertem Schacht bis auf die Legetiefe geführt und dort abgelegt.

Hierfür können folgende Geräte zum Einsatz kommen:

- Spülschlitten, wird durch das Installationsschiff gezogen (siehe Abbildung 6-3)
- ROV, selbstfahrende oder schwimmende Einheit
- Stehendes Spülschwert an Versorgungsschiff (siehe Kapitel 6.2.6 bzw. Abbildung 6-7)

Abbildung 6-3

Beispiel
Spülschlitten (TJV
06) Quelle: Louis
Dreyfus /
zu erwartende
Eingriffsbreiten



6.2.2 Pflügen (Ploughing)

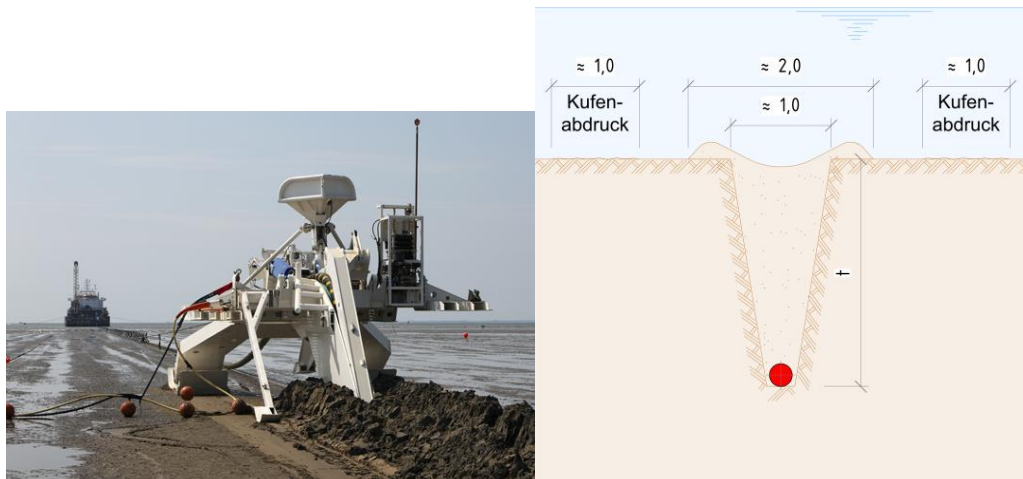
Beim Pflugverfahren wird der Boden durch einen Pflug aufgebrochen und seitlich der Pflugrinne auf die Gewässersohle ausgeworfen. Im Schutz des Pflugs wird gleichzeitig das Rohr auf Legetiefe gebracht. Je nach Standfestigkeit des Bodens fällt der entstandene Schlitz hinter dem Pflug wieder in sich zusammen und überdeckt das Rohr weitestgehend.

Hierfür kann folgendes Gerät zum Einsatz kommen:

- Pflug, wird durch das Installationsschiff gezogen

Abbildung 6-4

Beispiel Pflug /
zu erwartende
Eingriffsbreiten



6.2.3 Fräsen (Cutting)

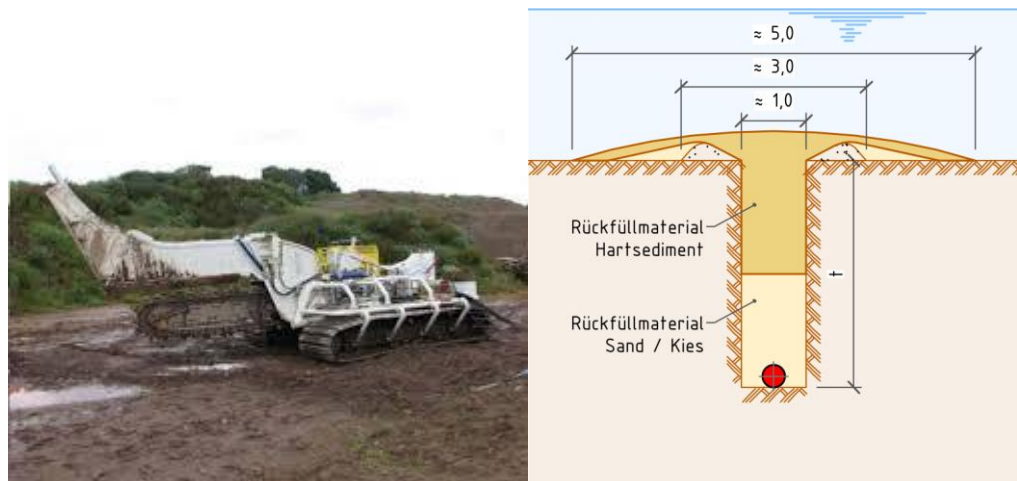
Beim Fräsverfahren wird der Boden mittels einer Fräse aufgebrochen und üblicherweise nach oben zur Gewässersohle transportiert. In den so entstandenen Schlitz wird das Rohr eingebracht. Bei der Verlegung von flexiblen Rohren, oder Kabeln werden diese durch einen rückwärtig an der Fräse montiertem Schacht bis auf die Legetiefe geführt und dort abgelegt. Je nach Bodenbeschaffenheit muss der Schlitz nachträglich verfüllt werden.

Hierfür können folgende Geräte zum Einsatz kommen:

- ROV, selbstfahrende oder schwimmende Einheit
- Selbstfahrende Fräse (Flache Gewässer)
- Stehende Fräse am Versorgungsschiff

Abbildung 6-5

Beispiel Fräse /
zu erwartende
Eingriffsbreiten



6.2.4 Offene Bauweise (open trench / dredging)

Bei der offenen Bauweise wird ein Graben hergestellt, auf dessen Sohle das Kabel gelegt und durch Verklappung überdeckt wird.

Hierfür können übliche Nassbaggergeräte zum Einsatz kommen, wie z.B.:

- Baggerschiff/Saugbagger (Dredging Barge)
- Eimerkettenbagger
- Bagger auf Arbeitsponton (Flache Gewässer)

Die offene Bauweise stellt in der Regel eine Lösung für kurze Bereiche dar, in denen ansonsten ein Wechsel des Legeverfahrens erforderlich wäre. Vorrangig wenn sich in einer Trasse mit eher weichen Böden kurze Abschnitte mit sehr festen Böden befinden.

Für längere Abschnitte kommt dieses Verfahren auf Grund des großen Eingriffes in der Regel nicht zum Einsatz.

Abbildung 6-6

Beispiel Offshore-
Bagger



6.2.5 Anwendungsbereich der Legeverfahren

Die Anwendungsbereiche der Legeverfahren hängen unter anderem von der Beschaffenheit des Untergrundes ab. Mit zunehmender Dichte oder Festigkeit des Untergrundes verschieben sich in der Regel die Anwendungsbereiche vom Spülverfahren (eher weich) über Pflugverfahren (mittlere Festigkeit) bis hin zum Fräsverfahren (eher fest), wobei sich die Anwendungsbereiche untereinander überschneiden und es bereits eine Vielzahl von Geräten gibt, die Spülen und Pflügen kombinieren.

sehr weich / sehr locker		sehr steif / sehr dicht gelagert	
Spülverfahren	Pflugverfahren	Fräsverfahren	

6.2.6 Projektbezogene Anwendung

In der Regel kommen die unter Kapitel 6.2 beschriebenen Methoden vorwiegend bei der Installation von Kabelleitungen auf langen Trassen zum Einsatz und bestehen aus der Legeinheit (Schlitten oder ROV), die von einem großen Kabelleger gezogen, oder von einem Versorgungsschiff versorgt wird. Anlandungsbereiche, bzw. flache Wattbereiche stellen hierbei üblicherweise nur einen kleinen Teil der Trasse dar. Das vorliegende Projekt führt jedoch überwiegend durch einen Wechsel von flachen Wattbereichen und Prielen. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass das zu verlegende Rohr aufschwimmt, bzw. einen sehr geringen Abtrieb aufweist und leicht durch die Ebb- und Flutströmung verdriften kann. Daher wird empfohlen, das Rohr direkt von der Transporteinheit zu verlegen und nicht erst auszulegen und dann in einem zweiten Arbeitsgang auf die vorgesehene Tiefe im Boden zu bringen. Hierfür bietet sich das stehende Spül-/Vibrationsschwert für die Legearbeiten an.

Das Stehende Spül-/Vibrationsschwert (Vertical Injektor), stellt eine Kombination von Spülen und Vibrationsspflügen dar. Der Regelbetrieb wäre als Vibrationsschwert vorgesehen, wobei je nach Bodenbeschaffenheit und Legetiefe die Arbeiten durch Spüldüsen (Wasser und Luft) unterstützt werden können. Im Schutz des Schwertes wird das Rohr in einem Kanal bis zur Legetiefe geführt. Hierbei reicht das Schwert von der Installationseinheit bis zur vorgesehenen Legetiefe und wird in der Regel durch einen Ponton (siehe Abbildung 6-7) mit Hilfe von Zugankern oder mit Hilfe einer selbstfahrenden Einheit bewegt (siehe Abbildung 6-8).

Abbildung 6-7

Beispiel eines Stehenden Spülschwerts an Land und am Ponton montiert

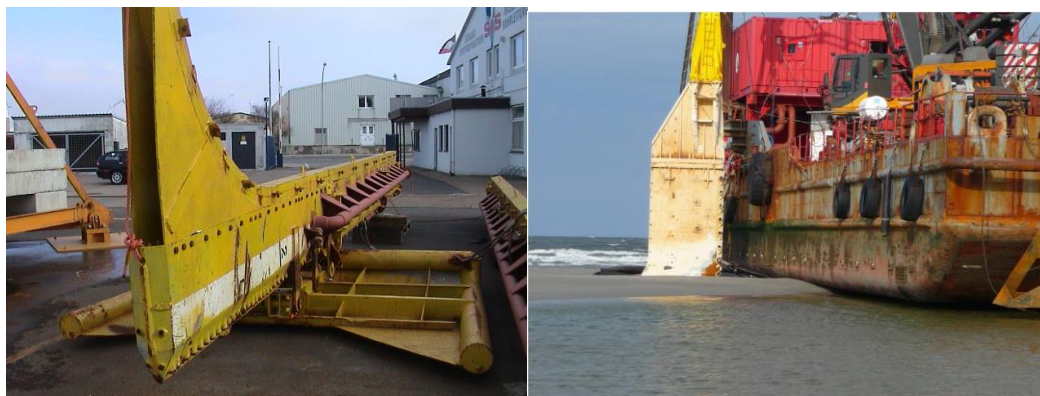


Abbildung 6-8

Beispiel: Spülschwert an selbstfahrendem Fahrzeug der Fa. Christoffers



Die von den Baufirmen angegebenen erreichbaren Legetiefen für das Vibrationsschwert reichen bis 3,0 m. Größere Legetiefen sind, je nach anstehendem Boden, mit dem stehenden Spülschwert oder eines Frässchwertes denkbar. Legetiefen größer 6 m wurden bereits bei schwerem Untergrund realisiert. Solche Legetiefen erfordern dann jedoch den Bau eines, für dieses Projekt ausgelegten Spülschwertes mit besonderem Einsatz der Spüldüsen (Wasser und Luft) bzw. von Fräswerkzeugen. Auf Grund der voraussichtlich besseren Verfügbarkeit am Markt, sowie des geringeren zu erwartenden Eingriffs, wird für dieses Projekt ein Vibrationsschwert (ggf. mi Spülunterstützung) vorgeschlagen.

Da auf großen Teilen der Trassen, geringe Wassertiefen anstehen, ist die Lege- bzw. Transporteinheit voraussichtlich ein Ponton, ohne eigenen Antrieb. Um den Ponton über der Trasse zu halten, werden hierbei i.d.R. vier Positionsanker benötigt, die von den vier Ecken des Pontons ausgehend ausgebracht werden. Die exakte Positionierung des Pontons wird dann mit Hilfe von Winden gesteuert.

Der Einsatz von schwimmenden Geräten erfordert jedoch immer eine gewisse Schwimmtiefe, die mit 1,5 m bei MThw angenommen wird. Da im Projektgebiet mit einem MThw von 1,5 m üNN zu rechnen ist (siehe Kapitel 2.2) folgt hieraus ein maximales Seebodenniveau von 0,0 m üNN. Höhere Geländehöhen sind ggf. auch möglich, erfordern allerdings entsprechende Arbeitsgeräte mit geringerem Tiefgang. Dies schränkt unter Umständen den möglichen Bieterkreis stark ein. Zudem wird mit höheren Geländehöhen die Wetterabhängigkeit und damit das Ausführungsrisiko erhöht (z.B. geringere Wasserstände als 1,5 m üNN bei MThw infolge Ostwindlagen).

Bei der Kombination Transportponton und Arbeitsponton mit Spülschwert erfolgt die eigentliche Fortbewegung über einen Hauptanker, der in Legerichtung ausgebracht wird. Die Winde für den Hauptanker ist mittig zur Längsachse der Installationseinheit montiert und erzeugt die notwendige Zugkraft für die Vorwärtsbewegung.

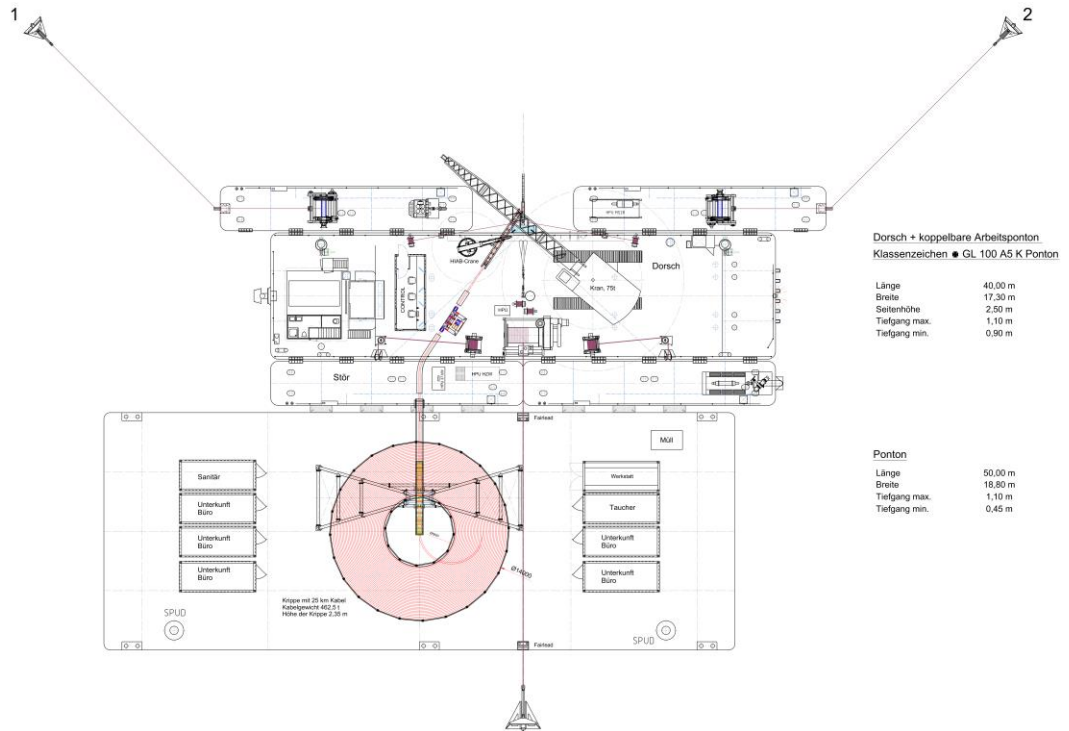
Ein beispielhaftes Decks-Layout eines Transportpontons mit angekoppeltem Arbeitsponton kann der Abbildung 6-9 entnommen werden. Auf den Wattbereichen werden die Pontons regelmäßig trockenfallen. Unter Berücksichtigung des beispielhaften Decks-Layouts in Abbildung 6-9 kann hierbei von folgenden Flächen ausgegangen werden:

- Arbeitsponton mit Koppelpontons ca. 700 m²
- Transportponton ca. 940 m²

Abbildung 6-9

Beispiel eines
Decks-Layout einer
Installationseinheit

Quelle: Bohlen &
Doyen
(EWE-Borkum)



Bei der Kombination eines Transportpontons mit einer selbstfahrenden Legeeinheit würde der Einsatz eines Hauptzugankers voraussichtlich entfallen. Die Fortbewegung des Transportpontons erfolgt in diesem Fall über die Positionsanker. Bei der Legeeinheit werden die erforderlichen Vortriebskräfte über das Raupenfahrwerk aufgebracht. Unter Berücksichtigung des in Abbildung 6-8 gezeigten Gerätes der Firma Christoffers kann von folgender Breite bzw. Flächenbeanspruchung der Raupenfahrwerke ausgegangen werden:

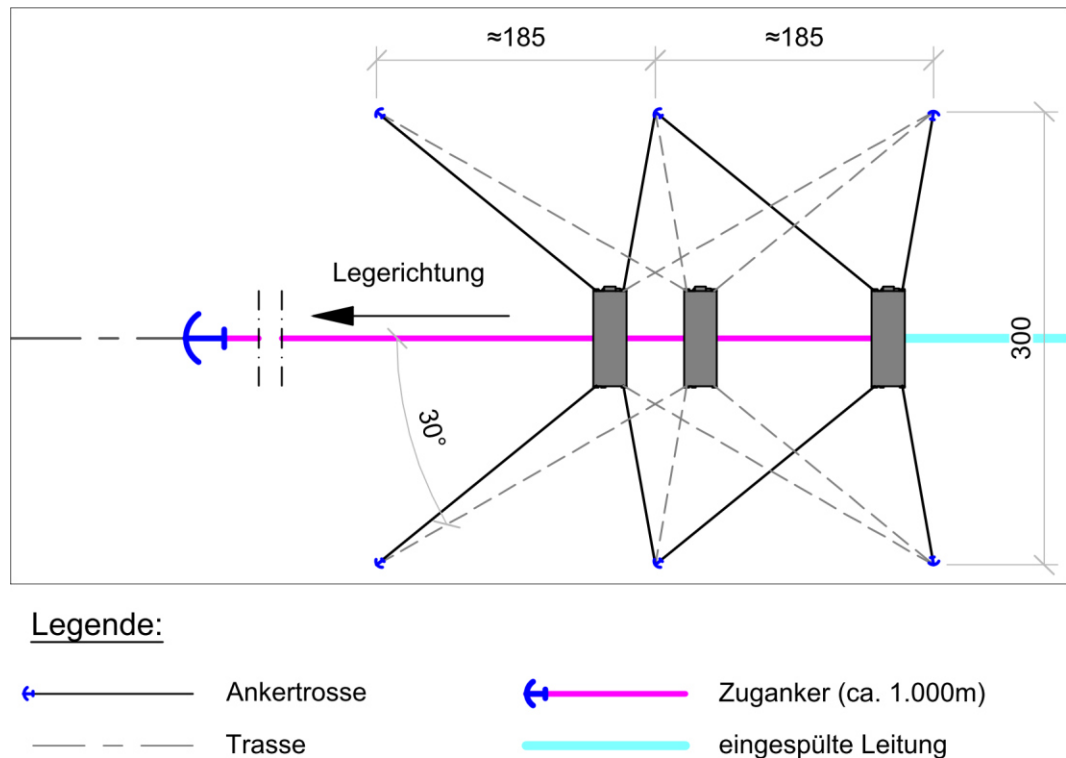
- Breite Raupenfahrwerke ca. 3,2 m (je 1,6 m pro Fahrwerk)
- Flächenbeanspruchung Raupenfahrwerke ca. 3.200 m²/km

Bei beiden Kombinationen hängen die tatsächliche Position und Anzahl der erforderlichen Ankerpunkte maßgeblich von dem Konzept des ausführenden Unternehmens ab. Für einen Vergleich der Trassen kann jedoch vorläufig das in Abbildung 6-10 aufgeführte Schema herangezogen werden. Demnach ist mit folgender Anzahl an Ankerpunkten entlang eines Trassenkilometers zu rechnen:

- Ankerpunkte ca. 12 Stück/km (6 links und 6 rechts der Trasse)

Abbildung 6-10

Beispiel eines
Ankerplans



Hinsichtlich der Arbeitsgeschwindigkeit ist davon auszugehen, dass diese durch das Umsetzen des Transportpontons limitiert wird. In den Wattbereichen bis zu einer Geländehöhe von ca. -3,2 m üNN ist zusätzlich davon auszugehen, dass der Transportponton bei Ebbe trockenfällt und die Arbeiten unterbrochen werden müssen. Konservativ können für die Rohrlegung folgende durchschnittliche Legegeschwindigkeiten angesetzt werden:

- Eulitoral bis -3,2 m üNN 1 km/d
- Sublitoral ab -3,2 m üNN 2,5 km/d

Demnach ist davon auszugehen, dass der Transportponton im Eulitoral (bis - 3,2 m üNN) innerhalb einer Flut pro Arbeitstag bewegt wird und entsprechend zweimal an gleicher Stelle trockenfällt.

7. ROHRMATERIAL

Auf Grund der Örtlichkeit mit starken Strömungsverhältnissen und Tideeinfluss wird empfohlen die Rohrleitung in einem Zug auszulegen und auf die vorgesehene Tiefenlage zu bringen (siehe auch Kapitel 6.2.6). Als entsprechendes Legewerkzeug wird hierfür das Stehende Spül- /Vibrationsschwert angesehen. Hierbei wird das einzubettende Rohr im Schutze des Schwertes auf Legetiefe geführt. Hinter dem Schwert fällt der Boden wieder zusammen und bedeckt das zu verlegende Rohr. Diese Legemethode erfordert die Verwendung eines flexiblen Rohres. Rohrvarianten aus Stahl oder Guss können auf Grund Ihrer geringen Flexibilität nicht durch das Legewerkzeug geführt werden.

Die entsprechenden Anforderungen erfüllen Leitungen aus PE. Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten und Variationen wie z.B.:

- Standard PE-Rohre
- PE-Xa-Rohre
- Armierte PE-Rohre

Standard PE-Rohre

Bei den PE Rohre hängen die möglichen Lieferlängen maßgeblich von dem Produktionsstandort sowie den Transportmöglichkeiten des Unternehmers ab. So können diese Rohre als Stangenware, Ringbundware oder auf Jumbo-Trommeln geliefert werden. Die einzelnen Rohrsegmente können über Stumpfschweißnähte miteinander verbunden werden. Als Sonderlösung bietet z.B. die Firma PipeLife in Norwegen die Produktion von Längen bis 2,5 km (ggf. Projektabhängig auch länger) an. Diese werden direkt in einen Fjord extrudiert, schwimmend gelagert und transportiert.

PE-Xa-Rohre

PE-Xa-Rohre bieten gegenüber den „normalen“ PE-Rohren verbesserte Materialeigenschaften. Ebenso wie die PE-Rohre hängt die mögliche Lieferlänge vom Produzenten und den Transportmöglichkeiten ab. Entgegen den PE-Rohren können die PE-Xa-Rohre nicht über Stumpfschweißnähte sondern müssen über Schweißmuffen miteinander verbunden werden (Angabe Rehau). Dies wird als deutlicher Nachteil gesehen, da die Schweißmuffen gegenüber dem eigentlichen Rohr deutlich auftragen. Da die Muffen mit durch die Rohrführungen des Legewerkzeuges geführt werden müssen, ist das Legewerkzeug entsprechend größer zu dimensionieren. Zusätzlich können sich die Schweißmuffen ggf. störend beim Legeprozess auswirken.

Armierte PE-Rohre

Flexible PE-Rohre mit Stahlarmierung werden z.B. durch die Firma NOV in Dänemark produziert. Hier werden die Rohre entsprechend den Kundenanforderungen ausgelegt und hergestellt. Die vorgesehene Dimension der Wasserleitung ($d_i = 184 \text{ mm}$) kann hierbei auf Rohrtrommeln in Längen bis ca. 3,5 km oder als Turntable-Ware in Längen bis ca. 10 km gefertigt werden. Gegenüber den Standard PE-Rohren können die flexiblen PE-Rohre durch die Stahlarmierung so ausgelegt werden, dass sie in luftgefülltem Zustand nur noch einen geringen oder keinen Auftrieb aufweisen. Im Betriebszustand (Wassergefüllt) hätten Sie dann einen deutlichen Abtrieb, was die Lagesicherheit auch bei abnehmender Überdeckung deutlich erhöht. Normale PE-Rohre weisen selbst in wassergefülltem Zustand noch einen geringen Auftrieb auf. Zusätzlich können durch die Stahlarmierung bei den flexiblen PE-Rohren deutlich größere Kraftreserven erzielt werden. Sowohl die Auftriebseigenschaften als auch die Kraftreserven durch die Stahlarmierung erhöhen die Versorgungssicherheit, wie in der jetzigen Betriebssituation deutlich zu sehen ist. Allerdings lässt sich dieser Vorteil nicht quantifizieren, da die Eigenschaften des Rohres nur beim Verlust der Überdeckung durch morphologische Veränderungen, also in einer auserplanmäßigen Situation, zum Tragen kommen. Ob und wann eine entsprechende Situation eintritt kann insbesondere unter Berücksichtigung des dynamischen Milieus, durch das die Trasse verläuft, weder ausgeschlossen noch bestimmt werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll eine entsprechende Sicherheitsreserve in Form der stahlarmierten PE-Rohre zu berücksichtigen. Die Anschaffungskosten liegen ca. bei dem 5-fachen gegenüber einem Standard PE-Rohr. Ob sich die höheren Anschaffungskosten jedoch rechtfertigen lassen, kann an dieser Stelle nicht festgelegt werden.

Bezogen auf das HDD-Verfahren sind für Bohrstrecken bis ca. die 1.000 m Standard PE-Rohre bereits vielfach angewendet worden. Bei Bohrstrecken, wie in der Variante Süd 1, von über 2 km Länge, ist davon auszugehen, dass die zu erwartenden Zugkräfte nichtmehr durch das PE-Material aufgenommen werden können. Hier ist dann auf die oben beschriebenen flexiblen PE-Rohre auszuweichen. Stahlrohre wären zwar ebenfalls denkbar, sind jedoch durch die Schweißverbindungen und die geringe Biegsamkeit deutlich schwieriger im Wattbereich zu handhaben. Hinzu kommen dann noch der erforderliche Korrosionsschutz sowie die Innenauskleidung der Rohre.

8. AUSWAHL TRASSENVERLAUF NORD

Die grundsätzliche Trassenführung der Trasse Nord, von der Hamburger Hallig zur Insel Pellworm, ist in Kapitel 3.1 beschrieben. Im Bereich der Hamburger Hallig werden drei Varianten (HH1, HH2 und HH3) betrachtet. Im Bereich Pellworm werden zwei Varianten betrachtet (P1 und P2). In einem ersten Schritt werden diese Varianten für sich mit einander verglichen, um eine Gesamttrasse Nord zu erhalten. Die so ausgewählte Gesamttrasse Nord wird anschließend unter Kapitel 9 zusammen mit den südlichen Trassenvarianten verglichen und bewertet.

8.1 Variante HH1 / HH2 / HH3

8.1.1 Anschluss Landanbindung

Aus betrieblicher Sicht ist bei den Varianten HH1 und HH2 zu berücksichtigen, dass diese einen neuen Anbindepunkt an die von Land kommende Transportleitung mit Übergabeschacht benötigen. Die Variante HH3 würde den bestehenden Übergabeschacht als Anbindepunkt nutzen. Ob es vorteilhafter ist, die alte Bausubstanz zu nutzen oder einen neuen Übergabeschacht zu errichten, spielt jedoch für die übergeordnete Trassenfindung eine untergeordnete Rolle.

8.1.2 Anlandung

Wie eingangs unter Kapitel 3 beschrieben, wird für die Anlandungsbereiche generell das HDD-Verfahren vorgesehen. Die Bedingungen für die Anlandungen der drei Varianten auf der Hamburger Hallig sind mit den vorliegenden Informationen aus technischer Sicht vergleichbar einzustufen.

Der größte Unterschied der Varianten ist in der Bohrlänge zu sehen, welche jedoch bei keiner der Varianten besondere Anforderungen an die Bohrtechnik und das Rohrmaterial stellt. Hinsichtlich des Rohrmaterials kann von einem herkömmlichen PE-Rohr, SDR 11 als Minimalanforderung ausgegangen werden. Die Varianten weisen folgende Bohrstrecken auf:

- Anlandung - HH1 ~ 580 m
- Anlandung – HH2 ~ 570 m
- Anlandung – HH3 ~ 320 m

8.1.3 Rohrlegung / morphologische Entwicklung

Die Betrachtungen der morphologischen Entwicklung im Bereich der tiefen Rinne Strand (siehe Kapitel 4.3) haben gezeigt, dass in den letzten Jahren eine deutliche Vertiefung der östlichen Rinnenstruktur erfolgt ist. Diese Vertiefung scheint von Süden nach Norden voranzuschreiten. Gleichzeitig bildet sich von Norden kommend das Strandley weiter nach Süden aus und verlagert sich hierbei ebenfalls nach Osten. Die Vertiefung der östlichen Rinnenstruktur hat sich rückblickend in der Variante HH3 am stärksten dargestellt.

Es wird davon ausgegangen, dass diese Entwicklung auch in Zukunft weiter voranschreitet, womit im Bereich der Trassenvarianten mit deutlichen Materialverlusten zu rechnen ist. Eine Prognose der zukünftigen Tiefenentwicklung ist nur schwer möglich. Unter der Annahme, dass sich in Zukunft der östliche Rinnenbereich der Tiefenlage des westlichen anpasst, ist mit einer weiteren Vertiefung zwischen 3 und 4 m zu rechnen.

Betrachtet man die Situation etwa 1,5 km weiter südlich der Trassenvariante HH3, ist zu erkennen, dass hier die östliche Rinnenstruktur mit Tiefen bis ca. -16,5 müNN gegenüber der westlichen, mit Tiefen um -4 müNN, bereits deutlich dominiert. Sollten sich in Zukunft die Tiefenverhältnisse in ähnlicher Art auch weiter nördlich im Bereich der Trassenvarianten einstellen, wäre in der östlichen Rinnenstruktur langfristig mit Vertiefungen zwischen 10 m und 12 m zum heutigen Niveau zurechnen.

Vor diesem Hintergrund ist es fraglich eine für die Zukunft ausreichende Überdeckung der Rohrleitung mit einem Spül-/Vibrationsschwert erzielen zu können. Um die Querung des Rinnensystems Strand in entsprechender Tiefe realisieren zu können wird, wie bei den Anlandungen, das HDD-Verfahren vorgesehen. Eine Entsprechende Querung ist exemplarisch für die Variante HH1 in der Planunterlage 220210-DRG-M303 dargestellt. Die Länge der Querung beträgt hierbei ca. 1.250 m. Die Anforderungen an das Rohrmaterial sind durch die relativ große Bohrlänge erhöht. So ist zum einen davon auszugehen, dass das Rohr während des Einzuges in das Bohrloch mit Wasser ballastiert werden muss um die erforderlichen Einzugskräfte zu minimieren. Zum anderen ist davon auszugehen, dass die Mindestanforderung an das Rohrmaterial ein PE-Rohr mit einem Wanddickenverhältniss SDR 7,4 ist.

Die übrigen Abschnitte der Rohrlegung verlaufen über hohes Watt, das tendenziell eher zu einem Höhenzuwachs neigt. Mit einer Legetiefe von 1,5 m im Wattbereich und 3 m in Bereichen kleinerer Priele kann das Rohr wie unter Kapitel 6.2.6 beschrieben mit dem Spül-/Vibrationsschwert installiert werden. Die einzelnen Abschnittslängen können wie folgt angenommen werden:

- Querung Strand (HDD) ~ 1.250 m
- Spül-/Vibrationsschwert - HH1 ~ 2.470 m
- Spül-/Vibrationsschwert – HH2 ~ 2.420 m
- Spül-/Vibrationsschwert – HH3 ~ 2.625 m

8.1.4 Flächenbedarf

Der Flächenbedarf der einzelnen Varianten kann unter Berücksichtigung der Angaben in Kapitel 6.1.2 und 6.2.6 wie folgt abgeschätzt werden:

		HH1	HH2	HH3
Anlandung	Seeseitig	~ 2.300 m ²		
	Landseitig	~ 500 m ² zzgl. Montage- und Ablaufbahn		
Querung Strand	Rig Site	~ 2.300 m ²		
	Pipe Site	~ 1.000 m ² (Arbeitsponton) zzgl. Ablaufbahn		
Rohrlegung	Legeschlitz	~ 2.470 m ²	~ 2.420 m ²	~ 2.625 m
	Raupenspuren	~ 7.900 m ²	~ 7.750 m ²	~ 8.400 m ²
	trockenfallender Transportponton (6 x 940 m ²)	~ 5.640 m ²	~ 5.640 m ²	~ 5.640 m ²

8.1.5 Ausführungsrisiken

Anlandungen (HDD-Verfahren)

Das größte Risiko beim HDD-Verfahren ist in Baugrundhindernissen oder ungeeigneten Baugrundsichten zu sehen. Eine besondere Anforderung an die Bohrtechnik ist in Torfschichten zu erwarten. Allerdings lassen die vorliegenden Baugrundinformationen keine Unterscheidung der Anlandungstrassen untereinander zu.

Querung Strand (HDD-Verfahren)

Wie bei den Anlandungen ist ein großes Risiko beim HDD-Verfahren in Baugrundhindernissen oder ungeeigneten Baugrundsichten zu sehen. Allerdings lassen die vorliegenden Baugrundinformationen keine Unterscheidung der Trassenvarianten untereinander zu.

Bei der Querung des Strand ist, zusätzlich zum Baugrund, durch die Bohrlänge und längere Ausführungszeit, verbunden mit der exponierten Lage sowohl des Start- als auch des Zielbereiches, mit einem erhöhten Risiko durch Wettereinflüsse zu rechnen. Aber auch diesbezüglich kann keine Präferenz für eine der drei Varianten gesehen werden.

Rohrlegung

Hinsichtlich des Baugrundes kann anhand der vorliegenden Informationen kein Ausführungsrisiko und auch keine Unterscheidung der Trassenvarianten festgestellt werden. Allerdings führen die beiden Varianten HH2 und HH3 über einen hohen Wattrücken westlich des Strand. Folgende Geländehöhen wären zu queren:

- | | | |
|--|---|------------------|
| • HH1 $\leq 0,0$ m üNNH | → | neutrales Risiko |
| • HH2 $> 0,0$ m üNNH über ~500 m (max. + 0,2 m üNNH) | → | erhöhtes Risiko |
| • HH3 $> 0,0$ m üNNH über ~600 m (max. + 0,3 m üNNH) | → | erhöhtes Risiko |

8.1.6 Zusammenfassung der Varianten HH1, HH2 und HH3

Die gewählten bautechnischen Lösungen sind für alle drei Varianten vergleichbar. Durch folgende Punkte wird jedoch die Variante HH1 weiter favorisiert und im Rahmen der Gesamttrassenbetrachtung weiter berücksichtigt:

- etwas geringere Trassenlänge gegenüber der Variante HH3
- reduziertes Ausführungsrisiko durch größere Wassertiefe
- Vermeidung von eulitoralen Muschelbänken (/3/)

8.2 Variante P1 und P2

8.2.1 Anschluss Landanbindung

Die Variante P1 landet im Bereich des bestehenden Übergabeschachtes an. Allerdings ist aus Sicht des Küstenschutzes ein Anlandungspunkt binnenseitig des Deichentlastungsgrabens erforderlich. Da der bestehende Übergabeschacht im Bereich des Deichverteidigungsweges zwischen Entlastungsgraben und Deichkörper liegt, ist mit dem Küstenschutz zu klären, ob eine Anbindung vom Bohraustrittspunkt an den bestehenden Übergabeschacht erfolgen kann.

Neben der Betrachtung des Küstenschutzes ist zu berücksichtigen, dass an dem bestehenden Übergabeschacht derzeit alle Wasserversorgungsleitungen, die vom Festland nach Pellworm führen, zusammenlaufen. Bei einem Schaden im Bereich des Schachtes wären somit sämtliche Versorgungsleitungen betroffen.

Da die weiterführenden Transportleitungen auf Pellworm entlang des Entlastungsgrabens führen, ist für einen neuen Anschlusspunkt hier ebenfalls mit dem Küstenschutz Rücksprache zu halten. Eine Transportleitung knickt erst etwa 400 m weiter südlich am Betriebshof des LKN Richtung Osten und führt vom Deich weg.

Die Variante P2 landet direkt in diesem Bereich an. Hierfür ist das Betriebsgelände des LKN angedacht. Ob dieses entsprechend zur Verfügung steht, ist mit der Behörde abzustimmen. Von hier könnte direkt ein Anschluss an die nach Osten führende Bestandsleitung erfolgen ohne den Bereich des Hochwasserschutzbauwerkes zu tangieren. Bei der Variante P2 ist zudem davon auszugehen, dass wesentlich weniger private Grundstücksflächen in Anspruch genommen werden.

Demnach ist die Variante P2, vorbehaltlich weiterer Abstimmungen mit dem LKN, auf Grund der geringeren Inanspruchnahme von Privatgelände, sowie der Entzerrung des Knotenpunktes am bestehenden Übergabeschacht, für den Landanschluss als vorteilhafter anzusehen.

8.2.2 Anlandung

Wie eingangs unter Kapitel 3 beschrieben, wird für die Anlandungsbereiche generell das HDD-Verfahren vorgesehen. Die Bedingungen für die Anlandungen der beiden Varianten P1 und P2 sind mit den vorliegenden Informationen aus technischer Sicht vergleichbar einzustufen.

Der größte Unterschied der Varianten ist in der Bohrlänge zu sehen, welche jedoch bei keiner der Varianten besondere Anforderungen an die Bohrtechnik und das Rohrmaterial stellt. Hinsichtlich des Rohrmaterials kann von einem herkömmlichen PE-Rohr, SDR 11 als Minimalanforderung ausgegangen werden. Es kann von folgenden Bohrstrecken ausgegangen werden:

- Anlandung - P1 ~ 650 m
- Anlandung – P2 ~ 550 m (Bezogen auf den HDD-Abschnitt in P2)

8.2.3 Rohrlegung / morphologische Entwicklung

Die Variante P1 zweigt direkt mit der Anlandung von dem Mittelteil der Trasse Nord ab. Eine weitere Rohrlegung ist nicht erforderlich.

Die Variante P2 hingegen führt etwa 800 m weiter Richtung Süden parallel zum Ufer um dann auf Höhe des LKN Betriebsgeländes mit dem HDD-Verfahren den Deich zu queren. Hierbei verläuft die Trasse bis zur Anlandung über hohes Watt, das im nördlichen Bereich zu einer Höhenabnahme und im südlichen Bereich eher zu einem Höhenzuwachs neigt. Mit einer Legetiefe von 1,5 m kann das Rohr wie unter Kapitel 6.2.6 beschriebene mit dem Spül-/Vibrationsschwert installiert werden.

8.2.4 Flächenbedarf

Der Flächenbedarf der einzelnen Varianten kann unter Berücksichtigung der Angaben in Kapitel 6.1.2 und 6.2.6 wie folgt abgeschätzt werden:

		P1	P2
Anlandung	Seeseitig	~ 2.300 m ²	
	Landseitig	~ 500 m ² zzgl. Montage- und Ablaufbahn	
zusätzliche Landleitung		75 – 400 m (Überwiegend Privatgelände)	ca. 100 m (Überwiegend öffentlich)
Rohrlegung	Legeschlitz	-/-	~ 800 m ²
	Raupenspuren	-/-	~ 2.560 m ²
	trockenfallender Transportponton (2 x 940 m ²)	-/-	~ 1.880 m ²

8.2.5 Ausführungsrisiken

Anlandungen (HDD-Verfahren)

Das größte Risiko beim HDD-Verfahren ist in Baugrundhindernissen oder ungeeigneten Baugrundsichten zu sehen. Allerdings lassen die vorliegenden Baugrundinformationen keine Unterscheidung der Anlandungstrassen untereinander zu.

Rohrlegung

Hinsichtlich des Baugrundes kann anhand der vorliegenden Informationen kein Ausführungsrisiko für die Variante P2 festgestellt werden.

Allerdings führt P2 über hohes Watt folgender Höhen:

- P1 entfällt → neutrales Risiko
- P2 > 0,0 m üNNH über ~800 m (max. + 0,3 m üNNH) → erhöhtes Risiko

Zudem sind bei der Variante P2 die in Betrieb befindlichen Leitungen der bestehenden Wasserversorgung zu queren. Da aktuell die Tiefenlage der Bestandsleitungen nicht vorliegt, kann nicht abgeschätzt werden, ob die Leitungen problemlos überquert werden können, weitere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, oder die Bestandsleitungen unterquert werden müssen. Dies stellt momentan ein weiteres Ausführungsrisiko für die Variante P2 dar.

8.2.6 Zusammenfassung der Varianten P1, und P2

Eine abschließende Präferenz für die Variante P1 oder P2 lässt sich nicht festlegen. Die Variante P1 benötigt gegenüber der Variante P2 keine zusätzlich Rohrlegung im Watt und kommt ohne Querung von Bestandstrassen aus. Dafür ist jedoch unklar ob die Leitung aus Sicht des Küstenschutzes an den bestehenden Übergabeschacht anschließen kann, oder etwa 400 m weiter nach Süden über die landwirtschaftlich genutzte Fläche geführt werden muss.

Auch aus umweltfachlicher Sicht können keine wesentlichen Vor- oder Nachteile zwischen den Varianten P1 und P2 erkannt werden (/3/).

Für den Vergleich der Gesamttrassen wird für die Trasse Nord die Variante P1 zunächst weiter betrachtet.

9. VERGLEICH UND BEWERTUNG DER TRASSENVARIANTEN

Nach den Betrachtungen in den vorangegangenen Kapiteln, werden folgende Trassenvarianten als möglich angesehen:

- Trasse Nord (HH1 → Mittelteil Trasse Nord → P1)
- Trasse Süd 1 (Querung Norderhever im HDD-Verfahren)
- Trasse Süd 2 (Querung Norderhever mit dem Spül- / Vibrationsschwert)

Die Trassen Nord, Süd 1 und Süd 2 werden im Folgenden auf Basis der Grundlagen und Festlegungen aus den vorangegangenen Kapiteln beschrieben und bewertet. Hierbei werden die folgenden Kriterien betrachtet:

- Anschluss Landanbindung Festland
- Anschluss Landanbindung Pellworm
- Anlandung
- Morphologische Entwicklung
- Rohrlegung
- Bauzeit (Installationszeiten vor Ort ohne Bauvorbereitung)
- Flächenbedarf
- Ausführungsrisiken
- Umweltfachliche Einschätzung
- Baukostenschätzung
- Abschätzung der Kompensationskosten
- Abschätzung der Verfügbarkeit am Markt

Die Kriterien werden für die jeweilige Variante in einem ersten Schritt nach folgendem Punktesystem eingestuft:

1 Punkt sehr unvorteilhaft

2 Punkte unvorteilhaft

3 Punkte vorteilhaft

4 Punkte sehr vorteilhaft

In einem zweiten Schritt werden die Kriterien je nach ihrer Relevanz gewichtet.

Zu jedem Kriterium werden die Trassenvarianten folgend kurz erläutert und beschrieben, welche Eigenschaften bzw. Merkmale aus Sicht des Verfassers zu einer positiven oder negativen Bewertung führen.

9.1 Gesamtbetrachtung der Trassen

9.1.1 Anschluss Landanbindung Festland

Wie unter Kapitel 8.1 beschrieben, landet die nördliche Trasse (HH1) auf der Hamburger Hallig auf dem Parkplatz östlich des Hallig Krogs an. Von hier ist noch eine Stichleitung zur bestehenden Versorgungsleitung zu legen und ein neuer Übergabeschacht zu errichten.

Die Anlandung der Trassen Süd 1 und 2 nutzen den gleichen Anlandepunkt auf Nordstrandischmoor. Dieser ist südöstlich des bestehenden Übergabeschachtes gewählt, um einen Knotenpunkt zu vermeiden und damit die Versorgungssicherheit zu erhöhen. Wie auf der Hamburger Hallig ist auch hier ein neuer Übergabeschacht zu setzen.

Es können keine Vor- oder Nachteile in den jeweiligen Anschlussmöglichkeiten erkannt werden. Daher werden alle Varianten gleichermaßen als vorteilhaft eingestuft.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	vorteilhaft 3 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte

9.1.2 Anschluss Landanbindung Pellworm

Wie unter Kapitel 8.2 beschrieben, landet die nördliche Trasse (P1) auf Pellworm im Bereich des bestehenden Übergabeschachtes auf einer privaten Ackerfläche an. Jedoch ist aktuell unklar, ob aus Sicht des Küstenschutzes der Anschluss an den bestehenden Übergabeschacht erfolgen kann. Im Zweifel ist noch eine etwa 400 m lange Trasse zum Großteil über privates Gelände zu führen, um nicht im unmittelbaren Deichbereich an die bestehenden Versorgungsleitungen anschließen zu müssen.

Die Anlandung der Trassen Süd 1 und 2 nutzen den gleichen Anlandepunkt auf Pellworm, der Aktuell auf dem Betriebsgelände des LKN vorgesehen ist. Die Verfügbarkeit des Geländes ist noch mit dem LKN abzustimmen. Von hier aus ist die Anbindemöglichkeit an eine bestehende Transportleitung möglich.

Die Anbindungsmöglichkeiten der südlichen Trassen werden auf Grund des voraussichtlich deutlich geringeren Aufwands sowie der weitestgehenden Vermeidung von privatem Grund als vorteilhaft angesehen. Die Trasse Nord dem entsprechend als unvorteilhaft.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	unvorteilhaft 2 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte

9.1.3 Anlandung

Wie eingangs unter Kapitel 3 beschrieben, wird für die Anlandungsbereiche generell das HDD-Verfahren vorgesehen. Die Bedingungen für die Anlandungen sind mit den vorliegenden Informationen aus technischer Sicht vergleichbar einzustufen.

Der größte Unterschied der Varianten ist in der Bohrlänge zu sehen, welche jedoch bei keiner der Varianten besondere Anforderungen an die Bohrtechnik und das Rohrmaterial stellt. Hinsichtlich des Rohrmaterials kann von einem herkömmlichen PE-Rohr, SDR 11 als Minimalanforderung ausgegangen werden. Die Varianten weisen folgende Bohrstrecken auf:

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Festlandseitig	ca. 580 m		ca. 730 m
Pellworm	ca. 650 m		ca. 550 m

Es kann keine eindeutige Tendenz zur einen oder andern Trassenvariante festgelegt werden. Daher werden die Varianten gleichmäßig als vorteilhaft eingeschätzt.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	vorteilhaft 3 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte

9.1.4 Morphologische Entwicklung

Auf Grund der zu erwartenden morphologischen Entwicklung im Rinnensystem Strand ist für diesen Bereich der Trasse Nord das HDD-Verfahren ausgewählt worden (siehe Kapitel 8.1). Weiterführend Richtung Pellworm Quert die Trasse Nord die Prielwurzeln des Beensleys und führt dann über hohes Watt Richtung Rummelloch Ost. Die hierbei zu Querenden kleineren Priele können sich in Zukunft weiter verlagern. Jedoch kann diesen Verlagerungen mit einer vorsorglichen Legetiefe von 3 m begegnet werden. Die übrigen Wattbereiche tendieren eher zum Höhengewinn. Auf Basis der unter Kapitel 4.3 angestellten Betrachtungen wird eine Legetiefe von 1,5 m als ausreichend erachtet.

Auf Basis der Betrachtungen in Kapitel 4.3 erscheinen, neben dem Strand die Bereiche Rummelloch Ost sowie die angrenzende Pellwormplate die morphologisch kritischen Bereiche der Trasse Nord zu sein. Eine vorsorgliche Legetiefe von 3 m erscheint zwar zunächst ausreichend, jedoch bergen diese Bereiche die größte Unsicherheit bezogen auf eine langfristige Lagestabilität der Leitung.

Die Trasse Süd 1 verläuft östlich und westlich der Norderhever über einen morphologisch wenig aktiven Wattbereich in denen eine Überdeckung von 1,5 m ausreichend erscheint. Die Querung der Norderhever ist dann mit einer langen HDD-Maßnahme vorgesehen. Eventuelle morphologische Entwicklungen in der Norderhever, nahe dem Aufspaltungsbereich Richtung Rummelloch-Ost und Strand, haben somit mit großer Wahrscheinlichkeit keinen Einfluss auf die Trasse.

Die Trasse Süd 2 entspricht im Wattbereich der Trasse Süd 1. Lediglich der Bereich östlich der Norderhever zwischen tiefer Rinne und Watt tendiert zum Höhenverlust (siehe Kapitel 4.3.8), auf den mit einer erhöhten Legetiefe (3 m) reagiert werden kann. Unter Berücksichtigung des Profils Längs zur Norderhever in diesem Bereich (siehe Kapitel 4.3.9), können die festgestellten Höhenänderungen auch durch sich bewegende Rippel bzw. Megarippel (Unterwasserdünen) hervorgerufen worden sein.

Im Bereich der Norderhever liegt die Trasse Süd 2 deutlich südlicher als die Trasse Süd 1 bzw. die Bestandstrassen. Damit liegt sie auch deutlich weiter entfernt vom morphologisch aktiveren Aufspaltungsbereich der Norderhever Richtung Rummelloch Ost und Strand. Die in Kapitel 4.3.7 beschriebenen Entwicklungen lassen bei einer Legetiefe von 3 m eine sichere Lage der Leitung erwarten. Bei einer weiteren Betrachtung dieser Trasse sollte überprüft werden, ob sich auf dem Grund der Norderhever tatsächlich Rippelstrukturen bewegen, die bei der Rohrlegung zu berücksichtigen wären. Die Bezugshöhe der Legetiefe sollte sich in diesem Fall auf die Höhen der Täler zwischen den Megarippeln beziehen.

Auf Grund der relativ ungewissen morphologischen Entwicklung im Rummelloch Ost wird die Trasse Nord eher als sehr unvorteilhaft bewertet.

Die Trasse Süd 1 ist auf Grund der Wahl der Bauverfahren als morphologisch unbedenklich und damit als sehr vorteilhaft zu werten.

Die Trasse Süd 2 wird zwar bei einer erhöhten Überdeckung von 3 m in der Norderhever als sicher angesehen, dennoch bleibt, insbesondere im Vergleich zur Trasse Süd 1, eine gewisse Unsicherheit in der zukünftigen Entwicklung. Damit wird die Trasse Süd 2 als unvorteilhaft bewertet.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	sehr unvorteilhaft 1 Punkte	sehr vorteilhaft 4 Punkte	unvorteilhaft 2 Punkte

9.1.5 Rohrlegung

Wie in Kapitel 9.1.4 beschrieben, ist es beabsichtigt in der Trasse Süd 1 die Norderhever im HDD-Verfahren zu queren. Bei der vorgesehenen Länge von ca. 2.365 m muss davon ausgegangen werden, dass die Pilot-Bohrung von beiden Seiten gleichzeitig angesetzt wird. Die beiden Bohrlinien treffen sich dann in der Mitte wobei Bohrstrang A wieder zurückgezogen und Bohrstrang B im Bohrkanal von Bohrstrang A weitergeschoben wird. Dieses Sonderverfahren wird „Meet in the middle“ genannt. Der weitere Bohrablauf (Aufweitbohrungen, Rohreinzug) erfolgt dann im Standardverfahren, wie unter Kapitel 6.1.1. erläutert. Ein Längsschnitt der Querung ist in der Planunterlage 220210-DRG-M301 dargestellt. Die Anforderungen an das Rohrmaterial sind durch die große Bohrlänge deutlich erhöht. So ist davon auszugehen, dass die zu erwartenden Zugkräfte nicht mehr von einem Standard PE-Rohr aufgenommen werden können. Wie in Kapitel 7 beschrieben, wird aus diesem Grund für diese Querung ein stahlarmiertes PE-Rohr vorgesehen.

Die Querung des Rinnensystems „Strand“ in der Trasse Nord ist, wie unter Kapitel 8.1 beschrieben, ebenfalls im HDD-Verfahren vorgesehen. Auf Grund der geringeren Bohrlänge sind die Anforderungen an die Bohrung und das Rohrmaterial nicht so hoch wie bei der Querung der Norderhever in Trasse Süd 1.

Für die übrigen Bereiche der Trassen ist die Rohrlegung mit dem unter Kapitel 6.2.6 beschriebenen Spül-/Vibrationsschwert vorgesehen. Die sich aus den unterschiedlichen morphologischen Bereichen der Trassen ergebenden Legetiefen zwischen 1,5 m und 3 m stellen, bei geeignetem Baugrund, keine weiteren besonderen Anforderungen an das Legegerät.

Da bei den jeweiligen Trassen die gleichen Bauverfahren zum Ansatz kommen, ist diesbezüglich kein Vor- oder Nachteil auszuweisen. Jedoch sind bei den Trassen Nord und Süd 1 ein zusätzlicher Verfahrenswechsel bei der Unterquerung des Strand bzw. der Norderhever zu sehen, der als unvorteilhaft eingestuft werden kann.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	unvorteilhaft 2 Punkte	unvorteilhaft 2 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte

9.1.6 Trassenlängen / Flächenbedarf

Trassenlängen

Nachfolgend werden die Trassenlängen der einzelnen Varianten für die jeweiligen Trassenabschnitte aufgeführt, sowie eine Gesamtrassenlänge aufsummiert. Die einzelnen Längen fließen bereits in die übrigen Kriterien wie z.B. Bauzeit und Baukosten sowie, über die von den Längen abgeleiteten Flächen, in die umweltfachlichen Betrachtungen in /3/ ein. Daher werden die Trassenlängen an dieser Stelle nicht bewertet.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Anlandung Festlandseitig	~ 580 m	~ 730 m	~ 730 m
Anlandung Pellworm	~ 650 m	~ 550 m	~ 550 m
Vibrations-/ Spülschwert	~ 8.080 m	~ 3.435 m	~ 5.875 m
Querung Strand	~ 1.250 m	-/-	-/-
Querung Norderhever	-/-	~ 2.365 m	-/-
Gesamtrassenlänge	~ 10.560 m	~ 7.080 m	~ 7.155 m

Flächenbedarf

Nachfolgend wird der Flächenbedarf der einzelnen Varianten für die jeweiligen Trassenabschnitte abgeschätzt:

- Anlandung Festlandseitig
- Anlandung Pellworm
- Rohrlegung
- Prielquerung (im HDD-Verfahren)

Die Flächenabschätzungen wurden unter Berücksichtigung der Angaben in Kapitel 6.1.2 und 6.2.6 sowie der Trassenlängen getroffen. Hierbei handelt es sich um überschlägige Abschätzungen, die im Rahmen einer weiteren Planung detailliert werden müssen. Im Rahmen dieser Studie dienen die Angaben an dieser Stelle als Grundlage für die umweltfachlichen Betrachtungen in /3/.

Anlandung Festlandseitig	Trasse Nord (HH1)	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Seeseitig	~ 2.300 m ²		
Landseitig	~ 500 m ² zzgl. Montage- und Ablaufbahn		
zusätzliche Landleitung	ca. 50 m (Salzwiese)	ca. 10 m (Salzwiese)	

Bei den Anlandungen ist zusätzlich eine Transportmöglichkeit, z.B. über oberirdisch ausgelegte, temporäre Leitung, zu berücksichtigen.

Anlandung Pellworm	Trasse Nord (P1)	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Seeseitig	~ 2.300 m ²		
Landseitig	~ 500 m ² zzgl. Montage- und Ablaufbahn		
zusätzliche Landleitung	75 – 400 m (Überwiegend Privatgelände)	ca. 100 m (Überwiegend öffentlich)	

Bei den Anlandungen ist zusätzlich eine Transportmöglichkeit, z.B. über oberirdisch ausgelegte, temporäre Leitung, zu berücksichtigen.

Rohrlegung	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Legeschlitz	~ 8.100 m ²	~ 3.450 m ²	~ 5.900 m ²
Raupenspuren	~ 25.900 m ²	~ 11.000 m ²	-/-
trockenfallender Transportponton (2 x 940 m ²)	~ 32.000 m ²	~ 13.200 m ²	~ 23.000 m ²

Prielquerung (HDD-Verfahren)	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Querung Strand	~ 3.300 m ² zzgl. Montage- und Ablaufbahn	-/-	-/-
Querung Norderhever	-/-	~ 4.600 m ² zzgl. Montage- und Ablaufbahn	-/-

Bei der Querung Strand im HDD-Verfahren ist ein Arbeitsponton mit Anlegebereich 2.300 m² auf der Startseite und ein Arbeitsponton mit 1.000 m² auf der Zielseite berücksichtigt.

Bei der Querung der Norderhever sind auf beiden Seiten der Bohrung ein Arbeitsponton mit Anlegebereich (2.300 m²) berücksichtigt.

9.1.7 Bauzeit

Die Bauzeiten der jeweiligen Trassen werden, bezogen auf die Zeiten vor Ort, ohne Bauvorbereitung und Pufferzeiten wie folgt abgeschätzt:

Trasse Nord

Anlandung Hamburger Hallig	ca. 7 Wochen
Anlandung Pellworm	ca. 7 Wochen
Querung Strand	ca. 9 Wochen
<u>Rohrlegung</u>	<u>ca. 2 Wochen</u>
Summe Trasse Nord	ca. 25 Wochen

Trasse Süd 1

Anlandung Nordstrandischmoor	ca. 8 Wochen
Anlandung Pellworm	ca. 7 Wochen
Querung Norderhever	ca. 11 Wochen
<u>Rohrlegung</u>	<u>ca. 1 Wochen</u>
Summe Trasse Süd 1	ca. 27 Wochen

Trasse Süd 2

Anlandung Nordstrandischmoor	ca. 8 Wochen
Anlandung Pellworm	ca. 7 Wochen
<u>Rohrlegung</u>	<u>ca. 1,5 Wochen</u>
Summe Trasse Süd 2	ca. 16,5 Wochen

Es ist sinnvoll die HDD-Abschnitte als Sonderbauwerke zeitlich vorzuziehen, so dass dann die Rohrlegung an die fertigen Bauwerke anschließen kann. Hierbei sollten die HDD-Abschnitte jedoch gebündelt nacheinander durchgeführt werden um ein mehrfaches Einrichten der schwimmenden Geräte zu vermeiden. Alleine dadurch, dass bei der Trasse Süd 2, neben den Anlandungsbereichen, keine zusätzlichen Unterquerungen im HDD-Verfahren erforderlich werden, ist die erforderliche Bauzeit deutlich geringer und somit als vorteilhafter gegenüber der Trasse Nord und Süd 1 zu bewerten.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	unvorteilhaft 2 Punkte	unvorteilhaft 2 Punkte	sehr vorteilhaft 4 Punkte

9.1.8 Ausführungsrisiken

Aufgrund der Örtlichkeit hat die zum Zeitpunkt der Arbeiten vorherrschende Wetterlage einen großen Einfluss auf die Arbeiten. So wirken sich insbesondere die Windverhältnisse in Kombination mit den Gezeiten direkten auf die Wasserstände sowie Strömungs- und Seegangsverhältnisse aus. So erhöht sich das Risiko ungünstige Witterungsverhältnisse während der Ausführung anzutreffen mit der Dauer der Bauzeit. Ungünstige Witterungsverhältnisse können das temporäre Einstellen, oder sogar den Abbruch der Arbeiten erfordern.

Aus diesem Gesichtspunkt ist die Trasse Süd 2 gegenüber der Trasse Nord und Süd 1 als vorteilhaft zu werten.

Ein weiterer Gesichtspunkt, der das Ausführungsrisiko betrifft, ist der Baugrund. Ungünstige Baugrundverhältnisse können erheblichen Einfluss auf die Bauausführung haben. Dies gilt insbesondere für die HDD-Arbeiten, bei denen auch nach einer detaillierten Baugrunduntersuchung, unvorhergesehenen Formationen oder Hindernisse die Arbeiten stark beeinträchtigen oder sogar zum Abbruch führen können.

Bei den Rohrlegearbeiten hingegen können Baugrundrisiken durch eine detaillierte Baugrunduntersuchung, sowie im Zweifel durch einen sogenannten Pre-Lay-Run zur Trassenaufbereitung (Probelauf der Legearbeiten ohne zu verlegendes Rohr), deutlich reduziert werden.

Da die Trasse Süd 2 gegenüber der Trasse Nord und Süd 1 nur die Anlandungen im HDD-Verfahren vorsieht, ist diese als vorteilhaft zu werten.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	unvorteilhaft 2 Punkte	unvorteilhaft 2 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte

Ergänzend zum Ausführungsrisiko wird an dieser Stelle noch der Unterschied zwischen einem Standard PE-Rohr und einem flexiblen, stahlarmierten PE-Rohr erwähnt. Dadurch, dass das Standard PE-Rohr im luftgefüllten Zustand unter deutlichem Auftrieb steht (ca. 30 kg/m), besteht das Risiko bei der Installation, dass das Rohr im Legeschlitz auftreibt und so nicht auf der vorgesehenen Legetiefe zum Liegen kommt. Dieses Risiko hängt stark von den anstehenden Bodenformationen und dem gewählten Arbeitsmodus des Legegerätes ab. So ist bei einem weichen, breiigen oder locker gelagerten Boden anzunehmen, dass der Legeschlitz unmittelbar hinter dem Legegerät in sich zusammenfällt und das Rohr mit Boden bedeckt und ballastiert. Bei einem standfesten Boden hingegen besteht das Risiko, dass der Legeschlitz hinter dem Legegerät ggf. nicht direkt von alleine zusammenfällt und das Rohr innerhalb des Legeschlitzes auftreiben kann. Von daher ist bei der Rohrlegung entsprechende Aufmerksamkeit auf die Einhaltung der Tiefenlage zu legen. Mögliche Konzepte um dieses Risiko zu minimieren könnten darin gesehen werden, dass durch geeignete Vorrichtungen eine gesicherte Überdeckung / Ballastierung der Rohrleitung hinter dem Legegerät erfolgt, und/oder die Leitung mit dem Legefortschritt mit Wasser gefüllt und so der Auftrieb reduziert wird.

Neben dem Risiko einer Minderdeckung während der Installation, steht ein Standard PE-Rohr auch im Betriebszustand unter leichtem Auftrieb (ca. 2 kg/m). Sollte die Leitung im Laufe der Zeit durch die morphologischen Veränderungen lokal freigelegt werden, wird sie zum Auftreiben bzw. Verdriften tendieren.

Bei einem entsprechend ballastiertem, stahlarmierten PE-Rohr sind diese Risiken deutlich geringer einzuschätzen.

9.1.9 Umweltfachliche Einschätzung

Wie eingangs erwähnt, wurden parallel zu dieser Ausarbeitung die umweltfachlichen Aspekte der betrachteten Trassenvarianten in einer separaten Studie durch das Büro GFN betrachtet. Im Rahmen dieser Bewertung wird lediglich das Gesamtergebnis der umweltfachlichen Betrachtungen an dieser Stelle aus der Ausarbeitung des Büros GFN übernommen. Für die detaillierten Betrachtungen wird auf die entsprechende Studie /3/ verwiesen.

Zusammenfassend wird angeführt, dass die Trassen Süd 1 und 2 gegenüber der Trasse Nord aus naturschutzfachlicher Sicht zu bevorzugen sind. Die etwas positivere Bewertung der Trassen Süd 1 und 2 ist hauptsächlich durch die kürze Trassenlänge und der damit verbundenen geringeren temporären Flächeninanspruchnahme zusehen.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	unvorteilhaft 2 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte

9.1.10 Baukostenschätzung

Die Kostenschätzung erfolgt auf der Basis von uns vorliegenden, vergleichbaren Projekten großer Netzbetreiber. Die Vergleichsprojekte wurden ebenfalls im deutschen Wattenmeer unter hohen Anforderungen und strengen Auflagen an die Bauausführung durchgeführt.

Die Baukosten wurden für den Leitungsbereich zwischen den jeweiligen landseitigen Anlandepunkt betrachtet. Der Anschluss an die bestehenden Transportleitungen wurde nicht berücksichtigt.

Bezüglich der Baubegleitung/Bauüberwachung in der Ausführungsphase wird von folgenden Personaleinsätzen ausgegangen:

- Vorlauf der Baubegleitung/Bauüberwachung
- Bauoberleitung inkl. Assistenz
- örtliche Bauüberwachung
- SiGeKo

Der tatsächliche Umfang der Baubegleitung/Bauüberwachung ist im Rahmen der weiteren Planung zu präzisieren.

Die Kostenschätzung wurde auf Basis von zwei unterschiedlicher Rohrmaterialien durchgeführt, wobei die Rohrmaterialien der HDD-Abschnitte bereits in den entsprechenden Kostenstellen eingerechnet sind.

- PE-Rohr da 225, SDR 11
HDD Querung Strand berücksichtigt ein PE-Rohr da 250, SDR 7,4
HDD Querung Norderhever berücksichtigt ein flexibles PE-Rohr stahlarmiert
- flexibles PE-Rohr Stahlarmiert
Alle HDD's werden ebenfalls mit flexiblen PE-Rohren (Stahlarmiert) berechnet

Kostenschätzung mit PE-Rohren da 225, SDR 11				
	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2	
Trassenlänge gesamt	10.560 m	7.080 m	7.155 m	
Nr. Beschreibung der Leistung				
1 Rohrlegung	4.550.000 €	3.330.000 €	3.970.000 €	
2 HDD				
2,1 Übergeordnete Mobilisation	500.000 €	500.000 €	500.000 €	
2,2 Anlandung Festlandseitig	860.000 €	1.030.000 €	1.030.000 €	
2,3 Anlandung Pellworm	930.000 €	850.000 €	850.000 €	
2,4 Querung "Strand"	1.830.000 €	/	/	
2,5 Querung Norderhever *(/	3.600.000 €	/	
3 Rohrmaterial PE-Rohr da 225, SDR 11	490.000 €	210.000 €	360.000 €	
Zwischensumme Baukosten (aufgerundet)	9.200.000 €	9.600.000 €	6.800.000 €	
4 Trassensurvey's / Baugrunduntersuchungen	670.000 €	770.000 €	420.000 €	
5 Planung (5% der Baukosten)	460.000 €	480.000 €	340.000 €	
6 Baubegleitung/Bauüberwachung	300.000 €	400.000 €	200.000 €	
Gesamt netto (gerundet)	10.700.000 €	11.300.000 €	7.800.000 €	
gemittelte Kosten pro Meter Trasse	1.013 €/m	1.596 €/m	1.090 €/m	

*(Bei den Kosten der Querung Norderhever ist ein stahlarmiertes PE-Rohr berücksichtigt

Kostenschätzung mit flexiblen PE-Rohren (Stahlarmiert)			
	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Trassenlänge gesamt	10.560 m	7.080 m	7.155 m
Nr. Beschreibung der Leistung			
1 Rohrlegung	4.550.000 €	3.330.000 €	3.970.000 €
2 HDD			
2.1 Übergeordnete Mobilisation	500.000 €	500.000 €	500.000 €
2.2 Anlandung Festlandseitig	990.000 €	1.180.000 €	1.180.000 €
2.3 Anlandung Pellworm	1.070.000 €	960.000 €	960.000 €
2.4 Querung "Strand"	2.040.000 €	/	/
2.5 Querung Norderhever	/	3.600.000 €	/
3 Rohrmaterial flexibles PE-Rohr (Stahlarmiert)	2.390.000 €	1.130.000 €	1.790.000 €
Zwischensumme Baukosten (aufgerundet)	11.600.000 €	10.700.000 €	8.400.000 €
4 Trassensurvey's / Baugrunduntersuchungen	670.000 €	770.000 €	420.000 €
5 Planung (5% der Baukosten)	580.000 €	535.000 €	420.000 €
6 Baubegleitung/Bauüberwachung	300.000 €	400.000 €	200.000 €
Gesamt netto (gerundet)	13.200.000 €	12.500.000 €	9.500.000 €
gemittelte Kosten pro Meter Trasse	1.250 €/m	1.766 €/m	1.328 €/m

Bei beiden Rohrvarianten weist die Trasse Süd 2, mit ca. 3 Mio. € Abstand zur nächst teureren Variante, die geringsten Kosten auf. Die Trasse Nord und die Trasse Süd 1 hingegen liegen mit 600 – 700 T € (ca. 5 % unterschied) eher dicht bei einander, wobei bei PE-Rohren die Trasse Nord und bei den stahlarmierten PE-Rohren die Trasse Süd 1 weiter vorn liegt.

PE-Rohr, da 225, SDR 11

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	hohe Kosten 2 Punkte	sehr hohe Kosten 1 Punkte	sehr geringe Kosten 4 Punkte

flexibles PE-Rohr (Stahlarmiert)

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	sehr hohe Kosten 1 Punkte	hohe Kosten 2 Punkte	sehr geringe Kosten 4 Punkte

9.1.11 Abschätzung der Kompensationskosten

Durch das Büro GFN wurden für diese Studie Aussagen zur den zu erwartenden Kompensationskosten zugearbeitet. Diese Zuarbeit wird im Folgenden aufgeführt.

Die Abschätzung der anfallenden Kompensationskosten wurde auf Basis von Kabelprojekten innerhalb des Wattenmeers durchgeführt, die hinsichtlich der Bauverfahren keine großen Unterschiede zu Wasserleitungsverlegearbeiten haben.

Die Berechnung der Kompensationskosten wird in der Regel erst für die Genehmigungsplanung durchgeführt, sobald die Bauausführung so gut wie möglich feststeht und alle technischen Daten vorliegen. So können die vom Typ der Bauausführung abhängigen Informationen, wie das Verlegeverfahren (Breite des Arbeitsstreifens), eingesetzte Verlegemaschinen und die daraus entstehende angenommene Störzone, die Dauer der Baustelle (Anzahl des Aufliegens der Pontons), die Anzahl der notwendigen Vergrabepunkte für Seitenanker, die Anzahl notwendiger Wattbaggerfahrten und anderer Baufahrzeuge sowie die Bodenzusammensetzung (Mischwatt/ Sandwatt) zum jetzigen Zeitpunkt nur angenommen werden, weshalb es sich bei folgender Berechnung der Kompensationskosten nur um eine ungefähre Abschätzung handelt (Tabelle 9-1).

Für die Verlegung mit einem selbstfahrenden Fahrzeug der Fa. Christoffers (siehe Kapitel 6.2.6) ist erfahrungsgemäß eine Kompensationserfordernis von rund 2 ha pro Kilometer Wattleitung anzunehmen. Da für meeresbezogene Eingriffe in aller Regel keine Ökokonten vorhanden sind, wird der Ausgleich meist über eine Ersatzgeldzahlung geleistet. Bei Annahme eines Flächenpreises von 30.730 €/ha (Flächenpreis für Marscheninseln 2018/19 inkl. 15% NK) ist man somit bei einer ungefähren Summe von 60.000 € pro km Wattleitung. Im Falle der Trasse Nord und Süd 1 wäre zu beachten, dass ggf. ein anderes Legeverfahren zu wählen ist, und ein Teil der Strecke unterbohrt wird.

Für die Verlegung mit Hilfe einer Verlegebarge in Kombination mit Installationseinheit und Zugankern oder einer fahrenden Einheit fallen meistens deutlich höhere Ausgleichskosten an. So betrug in einem anderen Vorhaben der Kompensationsbedarf etwa 47 ha pro Kilometer Wattleitung, was bei dem oben genannten Flächenpreis zu einer Ausgleichszahlung von ca. 146.000 € pro Kilometer Leitung verpflichten würde. Allerdings ist davon auszugehen, dass dieses Verfahren für die nördliche Trasse eher als ungünstig zu bewerten ist, da die Verlegebarge bzw. Schiffe einen gewissen Tiefgang haben und in Teilbereichen schwer einsetzbar sind.

Für die Anlandungen und die Eingriffe auf den Halligen und auf der Insel Pellworm ist mit weiteren Kosten zu rechnen. Auf Nordstrandischmoor ist abhängig von der Breite des

Leitungsgrabens (in diesem Beispiel 40 cm Leitungsgraben) ein Kompensationsbedarf von ca. 3.500 m² pro km Leitung vorzusehen. Aufgrund einer ähnlichen Habitatausstattung ist auf der Hamburger Hallig mit ähnlichen Kosten zu rechnen. Diese Flächen sind über Ökokonten auszugleichen, hier schwankt der Preis je nach Ökokonto zwischen 2,50 € und 4 € pro Ökopunkt. Vorsorglich gerechnet kommt man hier auf eine Summe von 14.000 € pro Kilometer Leitungstrasse. Im Vergleich zum Festland ist für die Anlandung auf Pellworm mit deutlich geringeren Kosten zu rechnen. Die Kompensationskosten differieren hier je nach Wertigkeit der betroffenen Biotoptypen. Überschlägig werden hier Kosten von 7.000 € pro Kilometer Leitung gewählt.

Für die Anfertigung der naturschutzfachlichen Genehmigungsunterlagen muss bei Annahme eines Korridors von 100 m in Anlehnung an die HOAI und auf Grundlage einer Vorausschätzung mit einer Summe von 60.000 bis 80.000 € gerechnet werden. Die naturschutzfachlichen Genehmigungsunterlagen beinhalten folgende Dokumente:

- *Umweltverträglichkeitsstudie (UVS)*
- *Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP)*
- *Artenschutzfachbeitrag (AFB)*
- *Natura 2000-Prüfung*
- *Wasserrechtliche Prüfung (WRRL, MSRL)*

Gegebenenfalls kommen weitere Kosten für zeitintensive Kartierungen hinzu, die mit ca. 10.000 € veranschlagt werden sollten. Der tatsächliche Kartierungsumfang ist vorab mit den verantwortlichen Behörden abzustimmen.

Des Weiteren wird in aller Regel in der Genehmigung eine relativ durchgehende Anwesenheit einer Umweltbaubegleitung bei Vorhaben innerhalb des Nationalparks festgesetzt. Dementsprechend sollte im Rahmen der Umweltbaubegleitung mit ca. 5.000 € Kosten pro Kilometer ausgegangen werden. Der tatsächliche Umfang der Baubegleitung ist im Rahmen der weiteren Planung zu präzisieren.

Tabelle 9-1

*Abschätzung der
Kompensationskosten
(Trinkwasserleitungen
Nord, Süd 1 und
Süd 2)
(GFN)*

		Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
	Trassenlänge gesamt (km)	10,560	7,080	7,155
	Trassenlänge Anlandung Festland (km)	0,580	0,730	0,730
	Trassenlänge Anlandung Pellworm (km)	0,650	0,550	0,550
	Querung Strand (km)	1,250		
	Querung Norderhever (km)		2,365	
	Trassenlänge Wattbereich (km)	8,080	3,435	5,875
Nr.	Beschreibung der Leistung			
1	Verlegung im Wattbereich			
1.1.	Selbstfahrendes Fahrzeug (ca. 60.000 €/km)	484.800 €	206.100 €	352.500 €
1.2	Verlegebarge (ca. 146.000 €/km)	1.179.680 €	501.510 €	857.750 €
2	Anlandung			
2.1	Festland (ca. 14.000 €/km)	8.120 €	10.220 €	10.220 €
2.2	Insel Pellworm (ca. 7.000 €/km)	4.550 €	3.850 €	3.850 €
	Zwischensumme (selbstfahrendes Fahrzeug)	497.470 €	220.170 €	366.570 €
	Zwischensumme (Verlegebarge)	1.192.350 €	515.580 €	871.820 €
3	Genehmigungsunterlagen	80.000 €	80.000 €	80.000 €
4	Umweltbaubegleitung (ca. 5.000 €/km)	52.800 €	35.400 €	35.775 €
5	Kartierung	10.000 €	10.000 €	10.000 €
	Gesamt netto (selbstfahrendes Fahrzeug)	640.270 €	345.570 €	492.345 €
	Gesamt netto (Verlegebarge)	1.335.150 €	640.980 €	997.595 €

Die vorläufig abgeschätzten zu erwartenden Kompensationskosten fallen für die Trasse Nord am höchsten und die Trassen Süd 1 am niedrigsten. Die Trasse Süd 2 liegt mittig zwischen den beiden anderen Trassen. Da die Kostendifferenz von ca. 700 T€ zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert im Vergleich zu den Baukostenunterschieden nicht signifikant groß ist, werden folgende Bewertungen für die Trassenvarianten berücksichtigt.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	sehr hohe Kosten 1 Punkte	geringe Kosten 3 Punkte	hohe Kosten 2 Punkte

9.1.12 Abschätzung der Verfügbarkeit am Markt

Hinsichtlich der Anlandungsbohrungen sind deutschlandweit sowie im benachbarten Ausland ca. 5-6 Firmen bekannt, die Bohrungen dieser Art ausführen können und auch ähnliche Projekte bereits durchgeführt haben. Hierbei ist kein Unterschied in den Trassen zu sehen.

Die Sonderquerungen „Strand“ (Trasse Nord) und „Norderhever“ (Trasse Süd 1) im HDD-Verfahren erfordern auf Grund der erforderlichen Längen in Kombination mit den Lokationen HDD-Großbohrtechnik mit entsprechender Expertise. Insbesondere bei der Querung der Norderhever sind, durch die gleichzeitige Bohrung von beiden Seiten, zwei Großbohrgeräte mit entsprechender personeller Besetzung erforderlich. Die Verfügbarkeit reduziert sich dem entsprechend auf ca. 3 – 4 Firmen. Hier ist dann eine Abstufung zwischen den Trassen von Trasse Süd 2 (günstig) über Trasse Nord (ungünstig) zur Trasse Süd 1 (sehr ungünstig) zu sehen.

Bezüglich der Rohrlegung ist davon auszugehen, dass in Deutschland und dem benachbarten Ausland ca. 3 – 4 Firmen über entsprechendes Equipment und Erfahrung verfügen. Da die Trasse Nord über sehr hohes Watt führt sind die Anforderungen an das Equipment der ausführenden Unternehmen stark erhöht. Dadurch verringert sich die Verfügbarkeit hier auf schätzungsweise ca. 2 – 3 Firmen.

Insgesamt stellt sich somit die Trasse Süd 2 hinsichtlich der Verfügbarkeit am Markt als günstig und die anderen beiden Trassen als ungünstig dar. Diese Einschätzung ist jedoch extrem von der zum Zeitpunkt der Ausschreibung der Bauleistung vorliegenden Marktsituation und Auslastung der Firmen abhängig.

	Trasse Nord	Trasse Süd 1	Trasse Süd 2
Bewertung	unvorteilhaft 2 Punkte	unvorteilhaft 2 Punkte	vorteilhaft 3 Punkte

9.2 Bewertungsmatrix

Anhand der unter Kapitel 9.1 aufgeführten Kriterien wurden die Trassen bewertet und einander gegenübergestellt.

Die einzelnen Bewertungskriterien werden in einem zweiten Schritt im Rahmen einer Nutzwertanalyse gewichtet.

Zur Veranschaulichung der gewählten Wichtungsfaktoren werden die Bewertungskriterien in drei übergeordneten Gruppen „**Technik**“, „**Umwelt**“ und „**Kommerziell**“ aufgeteilt. Hierbei wurden die Gruppen wie folgt gewichtet:

Technik	50 %
Umwelt	30 %
Kommerziell	20 %

Diese Wichtung wurde so gewählt, da zunächst die technische Umsetzbarkeit und dauerhafte Lagestabilität der Trasse im Vordergrund steht. Zudem sind die Unterschiede der Trassen aus umweltfachlicher Sicht nicht so gravierend, dass diese einen signifikanten Einfluss auf die Trassenwahl haben.

Die entsprechende Wichtung einer übergeordneten Gruppe wird auf die zugehörigen Kriterien verteilt.

Durch die Summe der gewichteten Bewertungen kann abgeschätzt werden, welche Trassen die vorteilhafteste darstellt.

Bewertungskriterium	Wichtung	Varianten									
		Trasse Nord			Trasse Süd 1			Trasse Süd 2			
		Kommentar	Wertung	gewichtete Wertung	Kommentar	Wertung	gewichtete Wertung	Kommentar	Wertung	gewichtete Wertung	
Anschluss Festland	50%	Technik	vorteilhaft	3	0,18	vorteilhaft	3	0,18	vorteilhaft	3	0,18
Anschluss Pellworm			unvorteilhaft	2	0,12	vorteilhaft	3	0,18	vorteilhaft	3	0,18
Anlandung			vorteilhaft	3	0,18	vorteilhaft	3	0,18	vorteilhaft	3	0,18
Morphologische Entwicklung	15%	50%	sehr unvorteilhaft	1	0,15	sehr vorteilhaft	4	0,60	unvorteilhaft	2	0,30
Rohrlegung			unvorteilhaft	2	0,10	unvorteilhaft	2	0,10	vorteilhaft	3	0,15
Bauzeit			unvorteilhaft	2	0,04	unvorteilhaft	2	0,04	sehr vorteilhaft	4	0,08
Ausführungsrisiken	10%	30%	vorteilhaft	3	0,30	sehr unvorteilhaft	1	0,10	unvorteilhaft	2	0,20
umweltfachliche Einschätzung	30%		unvorteilhaft	2	0,60	vorteilhaft	3	0,90	vorteilhaft	3	0,90
Baukosten	20%		sehr hoch	1	0,13	gering	2	0,26	sehr gering	4	0,52
Kompensationskosten		sehr hoch	1	0,02	gering	3	0,06	hoch	2	0,04	
Verfügbarkeit		unvorteilhaft	2	0,10	unvorteilhaft	2	0,10	vorteilhaft	3	0,15	
Summe	100%	100%	1,92			2,70			2,88		

Mit der gewählten Wichtung der jeweiligen Kriterien ergibt sich folgende Rangfolge der betrachteten Varianten.

Platzierung	Bauverfahren	Bewertung
1	Trasse Süd 2	2,88
2	Trasse Süd 1	2,70
3	Trasse Nord	1,92

Einen großen Einfluss auf die Ergebnisse der Bewertungsmatrix haben die Eingriffe in die Umwelt, die Ausführungsrisiken sowie die morphologische Entwicklung. Bei einer noch stärkeren Wichtung der morphologischen Entwicklung würde sich zunehmend die Trasse Süd 1 als vorteilhafteste Trasse darstellen.

10. GENEHMIGUNGSVERFAHREN

Zusammen mit dem Wasserverband Nord und dem Büro GFN wurden im Rahmen der Projektbearbeitung Gespräche mit dem Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN-SH) und dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (MELUND) aufgenommen, um einerseits die Behörden über die Planung des Wasserverbandes Nord zu informieren und gleichzeitig die Zuständigkeiten und das zu erwartende Genehmigungsverfahren zu diskutieren. Aus diesen Gesprächen können folgende Informationen zusammengefasst werden:

- es kann davon ausgegangen werden, dass das Vorhaben eine standortbezogene Vorprüfung nach § 7 Abs. 2 UVPG erfordert
- Vorgehend zur standortbezogenen Vorprüfung kann auf Grundlage der jetzigen Planung bereits jetzt stark davon ausgegangen werden, dass eine UVP-Pflicht besteht
- Aus Kostengründen und Gründen der Verfahrensbeschleunigung empfiehlt das MELUND daher, auf die standortbezogene Vorprüfung zu verzichten und gemäß § 7 Abs. 3 UVPG direkt die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu beantragen
- Zuständig für die Verfahrensführung ist voraussichtlich das MELUND Abt. 4 (Wasserwirtschaft; Meeres- und Küstenschutz, Bundesbeauftragter für den Wasserbau)

Zu Beginn des Planfeststellungsverfahrens wäre ggf. im sogenannten Scoping der Untersuchungsrahmen abzustimmen (vgl. § 15 UVPG). Dabei sollten die möglicherweise betroffenen Akteure (z.B. TÖB, anerkannte Naturschutzvereinigungen) bereits einbezogen werden. Als Grundlage für die Abstimmung sollte der Vorhabenträger bzw. das beauftragte Planungsbüro eine Scoping-Unterlage mit grundlegenden Angaben zu den Merkmalen des Vorhabens, des Standorts sowie den möglichen Umweltauswirkungen vorlegen. In dieser Unterlage sollte auch erläutert werden, in welchem Umfang und mit welchen Methoden die Schutzgüter im Sinne von § 2 Abs. 1 UVPG untersucht werden sollen. Es sollte dargelegt werden, welche Quellen und Daten für die Prüfung vorliegen und ob diese nach gutachterlicher Einschätzung ausreichend sind – zusätzlicher Erhebungsbedarf sollte ggf. benannt werden.

11. FAZIT UND EMPFEHLUNGEN

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wird eine neue Trasse einer Trinkwasserleitung vom Festland nach Pellworm betrachtet. Auf Grund der Anschlussmöglichkeiten haben sich 3 Trassenvarianten als denkbar herausgestellt:

- Trasse Nord von der Hamburger Hallig
- Trasse Süd 1 von Nordstrandischmoor (Querung Norderhever im HDD-Verfahren)
- Trasse Süd 2 von Nordstrandischmoor (Querung Norderhever mit dem Spül- / Vibrationsschwert)

Diese Trassen wurden im Weiteren bezüglich der morphologischen Entwicklung, der zu erwartenden Baugrundverhältnisse, den Bauverfahren und Rohrmaterialien betrachtet und anschließend einander gegenübergestellt und bewertet.

Die Gegenüberstellung und Bewertung münden in einer Nutzwertanalyse, in der die Bewertungskriterien einer Wichtung unterzogen werden. Mit den gewählten Wichtungsfaktoren hat sich die Trasse Süd 2 als vorteilhafteste Variante herausgestellt. Erst bei einer deutlichen Verlagerung der Wichtung hin zur morphologischen Lagestabilität würden die Trasse Süd 1 an Relevanz gewinnen.

Bei der Trasse 2 ist zu berücksichtigen, dass die Strom-Bestandsleitungen der SH-Netz im Wattbereich vor Pellworm zu queren ist. Die Tiefenlage dieser Leitung liegt aktuell nicht vor. Daher kann nicht abgeschätzt werden, ob die Leitung problemlos überquert werden kann, weitere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, oder die Leitung unterquert werden muss. Zudem muss berücksichtigt werden, dass der Fremdleitungsbetreiber der Querung zustimmen und in die Entwicklung der bautechnischen Lösung eingebunden werden muss. Mit der SH-Netz muss frühzeitig geklärt werden, ob diese generell und unter welchen Auflagen einer Querung zustimmen. Im Weiteren ist dann in Abstimmung mit der SH-Netz die technischen Lösung auszuarbeiten.

Wie im Kapitel 7 beschrieben, werden für das Rohrmaterial grundsätzlich zwei in Frage kommende Varianten gesehen:

- PE-Rohre
- flexible PE-Rohre mit Stahllarmierung

Die stahllarmierten Rohre weisen durch ihre Auftriebseigenschaften, die höheren Kraftreserven und die voraussichtlich längeren möglichen Lieferlängen einen Vorteil auf, der in der Bauphase eine Vereinfachung des Bauablaufs erwarten lässt. Im Betriebszustand kommt der Materialvorteil jedoch nur bei dem Verlust der Überdeckung zum tragen. Da nicht prognostiziert werden kann, ob und wann so ein Zustand eintritt, kann an dieser Stelle nicht festgelegt werden, ob sich die höheren Anschaffungskosten, die ca. bei dem 5-Fachen gegenüber einem Standard PE-Rohr liegen, rechtfertigen lassen.

Für die weitere Planung wird folgender Ablauf empfohlen:

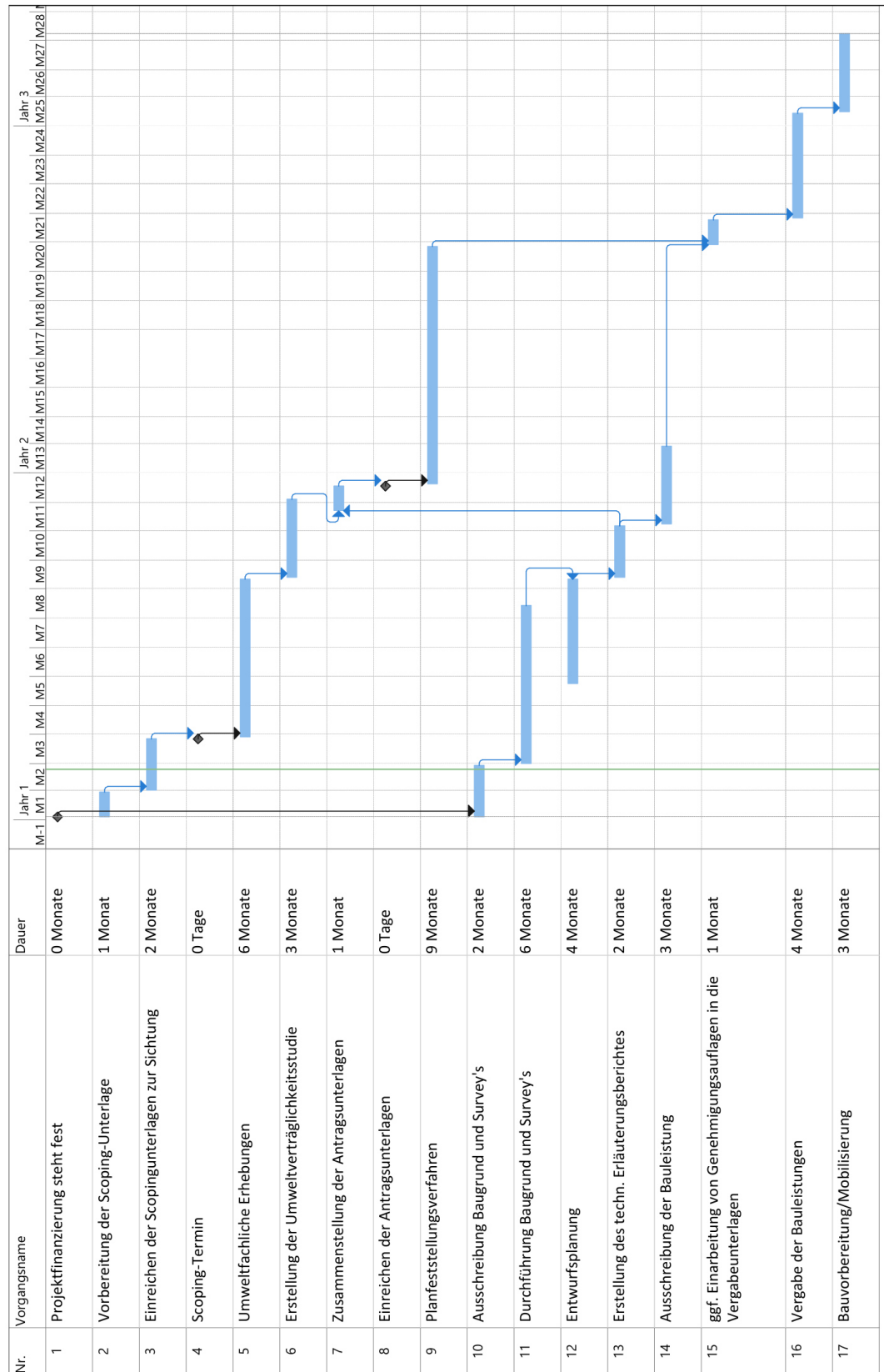
- Erste Abstimmungen mit SH-Netz zur Kabelquerung und bautechnischen Lösung
- Festlegung des Rohrmaterials und der Trasse
- Klärung der Projektfinanzierung
- Abstimmung des Anlandebereiches auf Pellworm mit dem LKN (Verfügbarkeit Betriebsgelände LKN)
- Vorbereiten der Scoping-Unterlage zur Einleitung des Genehmigungsverfahrens
- Durchführen des Scoping-Termins in dem der erforderliche Untersuchungsumfang aus umweltfachlicher Sicht festgelegt wird
- Erhebung der ggf. fehlenden umweltfachlichen Grundlagen (Felduntersuchungen und Kartierungen)
- Ausschreibung und Durchführung detaillierter Baugrunduntersuchungen und Survey's auf der festgelegten Trasse
- Erstellung einer fundierten Entwurfsplanung inkl. Planunterlagen und Kostenberechnung
- Ausarbeitung der erforderlichen Genehmigungsanträge
- Durchführen des Planfeststellungsverfahrens
- Erstellung der Vergabeunterlagen für die Bauleistung unter Berücksichtigung der Auflagen aus dem Genehmigungsverfahren
- Vergabe der Bauleistung

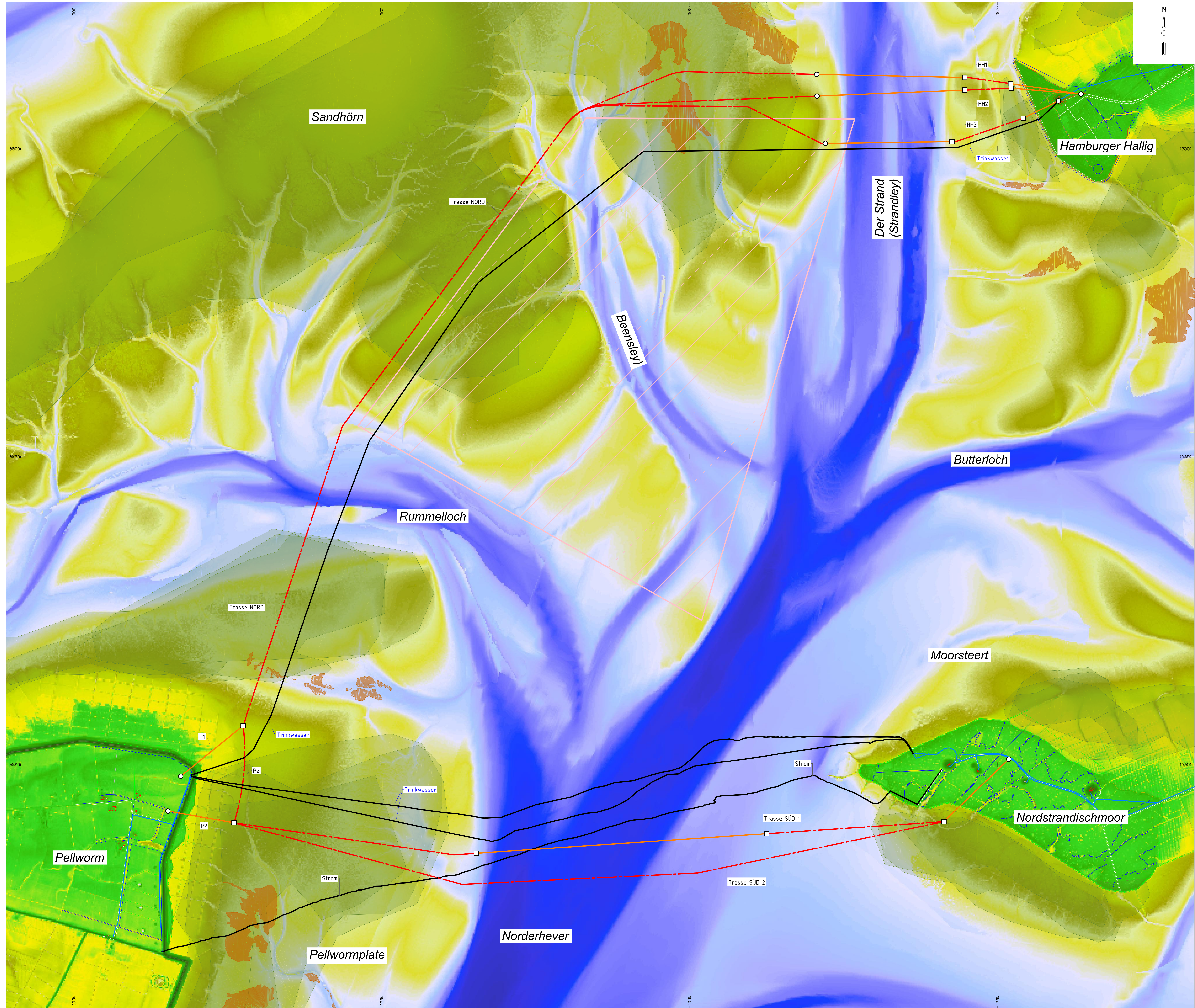
In dem vorläufigen Projektablaufplan (Abbildung 11-1) ist skizziert, wie sich der Projektablauf ab der Klärung der Projektfinanzierung bis hin zur Vergabe der Bauleistung bzw. der Bauvorbereitung und Mobilisierung darstellen könnte. Als Kritische Vorgänge sind die umweltfachlichen Erhebungen und die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens zu sehen, die an dieser Stelle nur abgeschätzt werden können.

Die umweltfachlichen Erhebungen müssen je nach Art und Umfang zwischen den Monaten März und August durchgeführt werden. Wurde ein relevanter Zeitraum für bestimmte Kartierungsarbeiten verpasst, könnte es passieren, dass diese erst im darauffolgenden Jahr durchgeführt werden können und sich so der Projektzeitplan entsprechend verschiebt. Ebenso sind die Baugrund- und Trassensurvey's kritisch zu sehen, da für diese voraussichtlich auch nur bestimmte Zeitfenster im Jahr zur Verfügung stehen. Vor diesem Hintergrund ist der Ablaufplan als Orientierungshilfe zu verstehen.

Abbildung 11-1

Vorläufiger
Projektablaufplan





Seegras

Muscheln

Robbenschutzgebiet

Leitung Bestand (Strom, Wasser)

Leitung Bestand (Wasser Landbereich)

Wasserleitung Planung

Wasserleitung Planung, HDD

HDD Rigste

HDD Pipeste

HH1
HH2
HH3

P1
P2

Trassenvarianten für die Querung "Der Strand" und die Anlandung Hamburger Hallig

Trassenvarianten für die Anlandung Pellworm

Koordinatensystem: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)

Höhen: DHHN92

Quellenvermerk:
Bathymetrie: EasyGSH-DB
Seegras und Muscheln: LKN
Robbenschutzgebiet: OpenSeaMap
Bestand Strom: SH Netz
Bestand Wasser: WV-Nord

Bathymetrie:

-20 m

-15 m

-10 m

-8 m

-6 m

-4 m

-3 m

-2 m

-1 m

-0.5 m

0 m

0.25 m

0.6 m

0.9 m

1.3 m

1.75 m

2.5 m

5 m

7.5 m

9 m

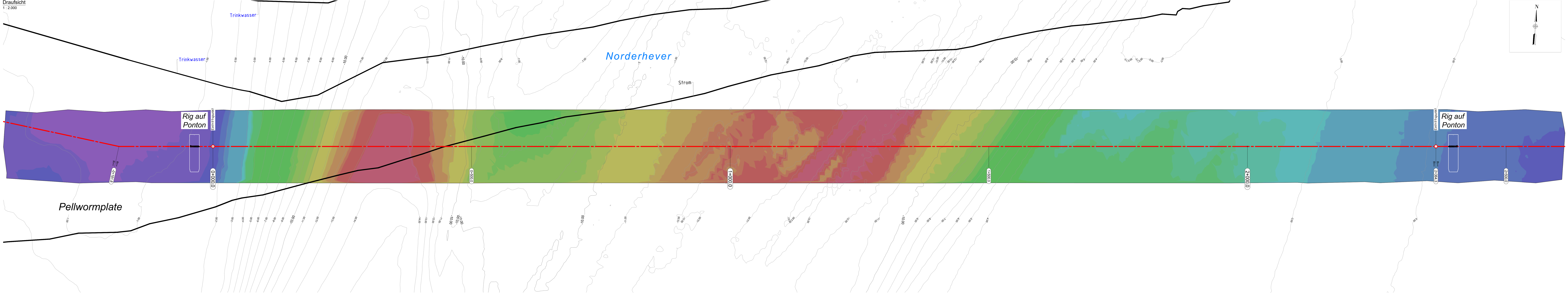
10 m

Machbarkeitsstudie

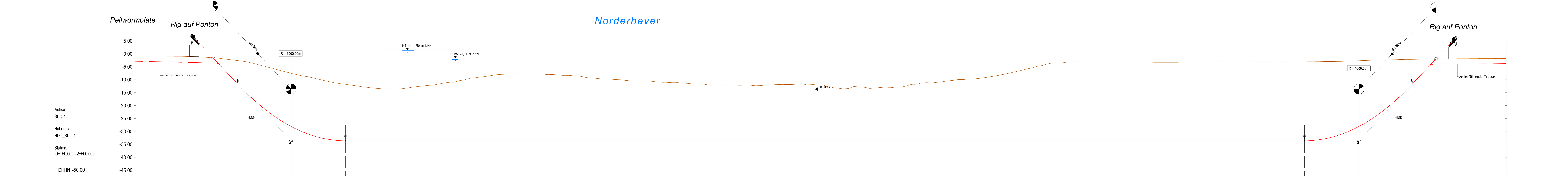
Auftraggeber:		Projekt:		Datum:		Name:	
WASSERVERBAND NORD		Neubau einer Trinkwasserleitung nach Pellworm					
Wanderupfer Weg 23 24860 Osterode www.wv-nord.de							
Planverfasser:		2020	Datum:	Name:	Planwerk:	Übersichtsplan	
DE LA MOTTE & PARTNER GMBH Consulting Engineers		entw.	18.09.	Blühma:			
Blühma: 1 : 10.000		geogr.				220210-DRG-M101	
Blühma: 1 : 10.000		geogr.					
Blühma: 1 : 10.000		geogr.					

Für diese Planunterlagen behalten wir uns alle Rechte vor. Ohne unsere Zustimmung darf sie weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht oder durch den Empfänger oder Dritte für weitere Projektarbeiten in anderer Weise inhaltlich verändert werden.

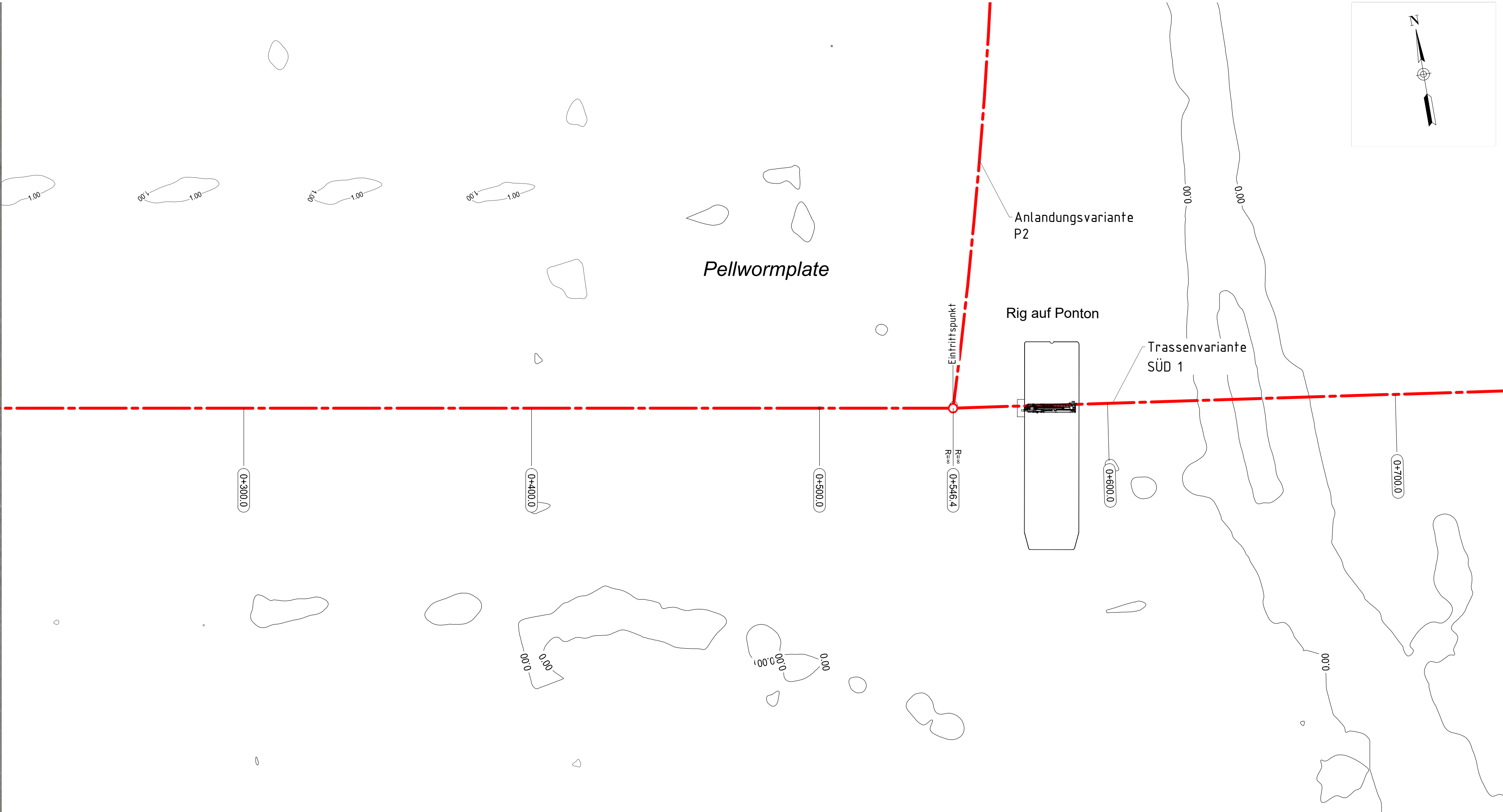
Draufsicht
1 : 2.000



Längsschnitt
horizontal 1 : 2.000
vertikal 1 : 400



Stationierung (m)	0+000.00	0+010.00	0+020.00	0+030.00	0+040.00	0+050.00	0+060.00	0+070.00	0+080.00	0+090.00	0+100.00	0+110.00	0+120.00	0+130.00	0+140.00	0+150.00	0+160.00	0+170.00	0+180.00	0+190.00	0+200.00	0+210.00	0+220.00	0+230.00	0+240.00	0+250.00	0+260.00	0+270.00	0+280.00	0+290.00	0+300.00	0+310.00	0+320.00	0+330.00	0+340.00	0+350.00	0+360.00	0+370.00	0+380.00	0+390.00	0+400.00	0+410.00	0+420.00	0+430.00	0+440.00	0+450.00	0+460.00	0+470.00	0+480.00	0+490.00	0+500.00	0+510.00	0+520.00	0+530.00	0+540.00	0+550.00	0+560.00	0+570.00	0+580.00	0+590.00	0+600.00	0+610.00	0+620.00	0+630.00	0+640.00	0+650.00	0+660.00	0+670.00	0+680.00	0+690.00	0+700.00	0+710.00	0+720.00	0+730.00	0+740.00	0+750.00	0+760.00	0+770.00	0+780.00	0+790.00	0+800.00	0+810.00	0+820.00	0+830.00	0+840.00	0+850.00	0+860.00	0+870.00	0+880.00	0+890.00	0+900.00	0+910.00	0+920.00	0+930.00	0+940.00	0+950.00	0+960.00	0+970.00	0+980.00	0+990.00	1+000.00	1+010.00	1+020.00	1+030.00	1+040.00	1+050.00	1+060.00	1+070.00	1+080.00	1+090.00	1+100.00	1+110.00	1+120.00	1+130.00	1+140.00	1+150.00	1+160.00	1+170.00	1+180.00	1+190.00	1+200.00	1+210.00	1+220.00	1+230.00	1+240.00	1+250.00	1+260.00	1+270.00	1+280.00	1+290.00	1+300.00	1+310.00	1+320.00	1+330.00	1+340.00	1+350.00	1+360.00	1+370.00	1+380.00	1+390.00	1+400.00	1+410.00	1+420.00	1+430.00	1+440.00	1+450.00	1+460.00	1+470.00	1+480.00	1+490.00	1+500.00	1+510.00	1+520.00	1+530.00	1+540.00	1+550.00	1+560.00	1+570.00	1+580.00	1+590.00	1+600.00	1+610.00	1+620.00	1+630.00	1+640.00	1+650.00	1+660.00	1+670.00	1+680.00	1+690.00	1+700.00	1+710.00	1+720.00	1+730.00	1+740.00	1+750.00	1+760.00	1+770.00	1+780.00	1+790.00	1+800.00	1+810.00	1+820.00	1+830.00	1+840.00	1+850.00	1+860.00	1+870.00	1+880.00	1+890.00	1+900.00	1+910.00	1+920.00	1+930.00	1+940.00	1+950.00	1+960.00	1+970.00	1+980.00	1+990.00	2+000.00	2+010.00	2+020.00	2+030.00	2+040.00	2+050.00	2+060.00	2+070.00	2+080.00	2+090.00	2+100.00	2+110.00	2+120.00	2+130.00	2+140.00	2+150.00	2+160.00	2+170.00	2+180.00	2+190.00	2+200.00	2+210.00	2+220.00	2+230.00	2+240.00	2+250.00	2+260.00	2+270.00	2+280.00	2+290.00	2+300.00	2+310.00	2+320.00	2+330.00	2+340.00	2+350.00	2+360.00	2+370.00	2+380.00	2+390.00	2+400.00	2+410.00	2+420.00	2+430.00	2+440.00	2+450.00	2+460.00	2+470.00	2+480.00	2+490.00	2+500.00	2+510.00	2+520.00	2+530.00	2+540.00	2+550.00	2+560.00	2+570.00	2+580.00	2+590.00	2+600.00	2+610.00	2+620.00	2+630.00	2+640.00	2+650.00	2+660.00	2+670.00	2+680.00	2+690.00	2+700.00	2+710.00	2+720.00	2+730.00	2+740.00	2+750.00	2+760.00	2+770.00	2+780.00	2+790.00	2+800.00	2+810.00	2+820.00	2+830.00	2+840.00	2+850.00	2+860.00	2+870.00	2+880.00	2+890.00	2+900.00	2+910.00	2+920.00	2+930.00	2+940.00	2+950.00	2+960.00	2+970.00	2+980.00	2+990.00	3+000.00	3+010.00	3+020.00	3+030.00	3+040.00	3+050.00	3+060.00	3+070.00	3+080.00	3+090.00	3+100.00	3+110.00	3+120.00	3+130.00	3+140.00	3+150.00	3+160.00	3+170.00	3+180.00	3+190.00	3+200.00	3+210.00	3+220.00	3+230.00	3+240.00	3+250.00	3+260.00	3+270.00	3+280.00	3+290.00	3+300.00	3+310.00	3+320.00	3+330.00	3+340.00	3+350.00	3+360.00	3+370.00	3+380.00	3+390.00	3+400.00	3+410.00	3+420.00	3+430.00	3+440.00	3+450.00	3+460.00	3+470.00	3+480.00	3+490.00	3+500.00	3+510.00	3+520.00	3+530.00	3+540.00	3+550.00	3+560.00	3+570.00	3+580.00	3+590.00	3+600.00	3+610.00	3+620.00	3+630.00	3+640.00	3+650.00	3+660.00	3+670.00	3+680.00	3+690.00	3+700.00	3+710.00	3+720.00	3+730.00	3+740.00	3+750.00	3+760.00	3+770.00	3+780.00	3+790.00	3+800.00	3+810.00	3+820.00	3+830.00	3+840.00	3+850.00	3+860.00	3+870.00	3+880.00	3+890.00	3+900.00	3+910.00	3+920.00	3+930.00	3+940.00	3+950.00	3+960.00	3+970.00	3+980.00	3+990.00	4+000.00	4+010.00	4+020.00	4+030.00	4+040.00	4+050.00	4+060.00	4+070.00	4+080.00	4+090.00	4+100.00	4+110.00	4+120.00	4+130.00	4+140.00	4+150.00	4+160.00	4+170.00	4+180.00	4+190.00	4+200.00	4+210.00	4+220.00	4+230.00	4+240.00	4+250.00	4+260.00	4+270.00	4+280.00	4+290.00	4+300.00	4+310.00	4+320.00	4+330.00	4+340.00	4+350.00	4+360.00	4+370.00	4+380.00	4+390.00	4+400.00	4+410.00	4+420.00	4+430.00	4+440.00	4+450.00	4+460.00	4+470.00	4+480.00	4+490.00	4+500.00	4+510.00	4+520.00	4+530.00	4+540.00	4+550.00	4+560.00	4+570.00	4+580.00	4+590.00	4+600.00	4+610.00	4+620.00	4+630.00	4+640.00	4+650.00	4+660.00	4+670.00	4+680.00	4+690.00	4+700.00	4+710.00	4+720.00	4+730.00	4+740.00	4+750.00	4+760.00	4+770.00	4+780.00	4+790.00	4+800.00	4+810.00	4+820.00	4+830.00	4+840.00	4+850.00	4+860.00	4+870.00	4+880.00	4+890.00	4+900.00	4+910.00	4+920.00	4+930.00	4+940.00	4+950.00	4+960.00	4+970.00	4+980.00	4+990.00	5+000.00	5+010.00	5+020.00	5+030.00	5+040.00	5+050.00	5+060.00	5+070.00	5+080.00	5+090.00	5+100.00	5+110.00	5+120.00	5+130.00	5+140.00	5+150.00	5+160.00	5+170.00	5+180.00	5+190.00	5+200.00	5+210.00	5+220.00	5+230.00	5+240.00	5+250.00	5+260.00	5+270.00	5+280.00	5+290.00	5+300.00	5+310.00	5+320.00	5+330.00	5+340.00	5+350.00	5+360.00	5+370.00	5+380.00	5+390.00	5+400.00	5+410.00	5+420.00	5+430.00	5+440.00	5+450.00	5+460.00	5+470.00	5+480.00	5+490.00	5+500.00	5+510.00	5+520.00	5+530.00	5+540.00	5+550.00	5+560.00	5+570.00	5+580.00	5+590.00	5+600.00	5+610.00	5+620.00	5+630.00	5+640.00	5+650.00	5+660.00	5+670.00	5+680.00	5+690.00	5+700.00	5+710.00	5+720.00	5+730.00	5+740.00	5+750.00	5+760.00	5+770.00	5+780.00	5+790.00	5+800.00	5+810.00	5+820.00	5+830.00	5+840.00	5+850.00	5+860.00	5+870.00	5+880.00	5+890.00	5+900.00	5+910.00	5+920.00	5+930.00	5+940.00	5+950.00	5+960.00	5+970.00	5+980.00	5+990.00	6+000.00	6+010.00	6+020.00	6+030.00	6+040.00	6+050.00	6+060.00	6+070.00	6+080.00	6+090.00	6+100.00	6+110.00	6+120.00	6+130.00	6+140.00	6+150.00	6+160.00	6+170.00	6+180.00	6+190.00	6+200.00	6+210.00	6+220.00	6+230.00	6+240.00	6+250.00	6+260.00	6+270.00	6+280.00	6+290.00	6+300.00	6+310.00	6+320.00	6+330.00	6+340.00	6+350.00	6+360.00	6+370.00	6+380.00	6+390.00	6+400.00	6+410.00	6+420.00	6+430.00	6+440.00	6+450.00	6+460.00	6+470.00	6+480.00	6+490.00	6+500.00	6+510.00	6+520.00	6+530.00	6+540.00	6+550.00	6+560.00	6+570.00	6+580.00	6+590.00	6+600.00	6+610.00	6+620.00	6+630.00	6+640.00	6+650.00	6+660.00	6+670.00	6+680.00	6+690.00	6+700.00	6+710.00	6+720.00	6+730.00	6+740.00	6+750.00	6+760.00	6+770.00	6+780.00	6+790.00	6+800.00	6+810.00	6+820.00	6+830.00	6+840.00	6+850.00	6+860.00	6+870.00	6+880.00	6+890.00	6+900.00	6+910.00	6+920.00	6+930.00	6+940.00	6+950.00	6+960.00	6+970.00	6+980.00	6+990.00	7+000.00	7+010.00	7+020.00	7+030.00	7+040.00	7+050.00	7+060.00	7+070.00	7+080.00	7+090.00	7+100.00	7+110.00	7+120.00	7+130.00	7+140.00	7+150.00	7+160.00	7+170.00	7+180.00	7+190.00	7+200.00	7+210.00	7+220.00	7+230.00	7+240.00	7+250.00	7+260.00	7+270.00	7+280.00	7+290.00	7+300.00	7+310.00	7+320.00	7+330.00	7+340.00	7+350.00	7+360.00	7+370.00	7+380.00	7+390.00	7+400.00	7+410.00	7+420.00	7+430.00	7+440.00	7+450.00	7+460.00	7+470.00	7+480.00	7+490.00	7+500.00	7+510.00	7+520.00	7+530.00	7+540.00	7+550.00	7+560.00	7+570.00	7+580.00	7+590.00	7+600.00	7+610.00	7+620.00	7+630.00	7+640.00	7+650.00	7+660.00	7+670.00	7+680.00	7+690.00	7+700.00	7+710.00	7+720.00	7+730.00	7+740.00	7+750.00	7+760.00	7+770.00	7+780.00	7+790.00	7+800.00	7+810.00	7+820.00	7+830.00	7+840.00	7+850.00	7+860.00	7+870.00	7+880.00	7+890.00	7+900.00	7+910.00	7+920.00	7+930.00	7+940.00	7+950.00	7+960.00	7+970.00	7+980.00	7+990.00	8+000.00	8+010.00	8+020.00	8+030.00	8+040.00	8+050.00	8+060.00	8+070.00	8+080.00	8+090.00	8+100.00	8+110.00	8+120.00	8+130.00	8+140.00	8+150.00	8+160.00	8+170.00	8+180.00	8+190.00	8+200.00	8+210.00	8+220.00	8+230.00	8+240.00	8+250.00	8+260.00	8+270.00	8+280.00	8+290.00	8+300.00	8+310.00	8+320.00	8+330.00	8+340.00	8+350.00	8+360.00	8+370.00	8+380.00	8+390.00	8+400.00	8+410.00	8+420.00	8+430.00	8+440.00	8+450.00	8+460.00	8+470.00	8+480.00	8+490.00	8+500.00	8+510.00	8+520.00	8+530.00	8+540.00	8+550.00	8+560.00	8+570.00	8+580.00	8+590.00	8+600.00	8+610.00	8+620.00	8+630.00	8+640.00	8+650.00	8+660.00	8+670.00	8+680.00	8+690.00	8+700.00	8+710.00	8+720.00	8+730.00	8+740.00	8+750.00	8+760.00	8+770.00	8+780.00	8+790.00	8+800.00	8+810.00	8+820.00	8+830.00	8+840.00	8+850.00	8+860.00	8+870.00	8+880.00	8+890.00	8+900.00	8+910.00	8+920.00	8+930.00	8+940.00	8+950.00	8+960.00	8+970.00	8+980.00	8+990.00	9+000.00	9+010.00	9+020.00	9+030.00	9+040.00	9+050.00	9+060.00
-------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------



Legende:

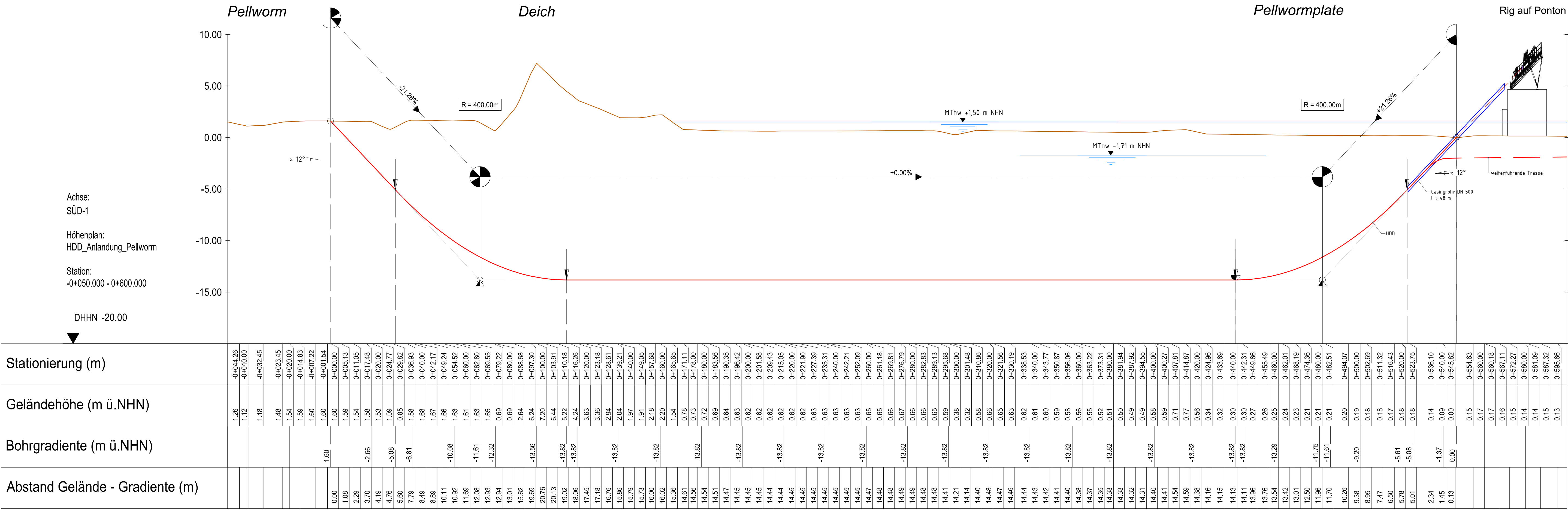
- Wasserleitung Planung
- Wasserleitung Bestand

Koordinatensystem: ETRS89 / UTM Zone 32N (EPSG: 25832)
Höhen: DHHN92



Quellenvermerk:

Bathymetrie: EasyGSH-DB

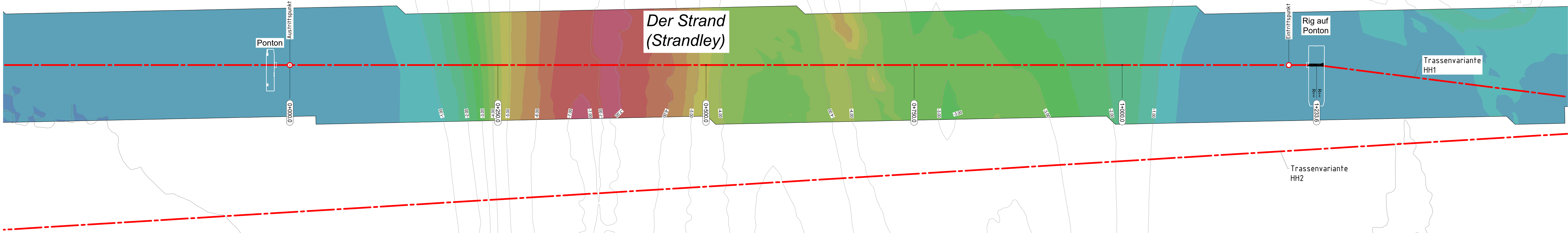
Längsschnitt
horizontal 1 : 1.000
vertikal 1 : 200



Machbarkeitsstudie

Rev.		Änderung		Datum		Name	
Auftraggeber:		Projekt:					
 WASSERVERBAND NORD		Neubau einer Trinkwasserleitung nach Pellworm					
Wanderup Weg 23 24989 Oversea www.wv-nord.de		HDD-Anlandung Pellworm, Trasse SÜD 1					
		gesteuerte Horizontalspülbohrung (HDD)					
Planer/Verfasser:		2020		Datum		Name	
 DE LA MOTTE & PARTNER GMBH Consulting Engineers		entwurf:		19.10.		Blüma	
		geprüft:					
		Insgesamt:					
Blatt: 19.10.1 24989 Oversea / Deutschland 0442 31111 020 www.debmte-oversea.de		Maßstab:		1 : 1.000		Dokument-Nr: 222010-DRG-M302	
Für diese Planunterlagen behalten wir uns alle Rechte vor. Ohne unsere Zustimmung darf sie weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht oder durch den Empfänger oder Dritte für weitere Projektzwecke in anderer Weise missbräuchlich verwendet werden.							

Draufsicht
1 : 2.000



Legende:

Wasserleitung Planung

Koordinatensystem: ETRS89 / UTM Zone 32N
(EPSG: 25832)
Höhen: DHHN92

Quellenvermerk:

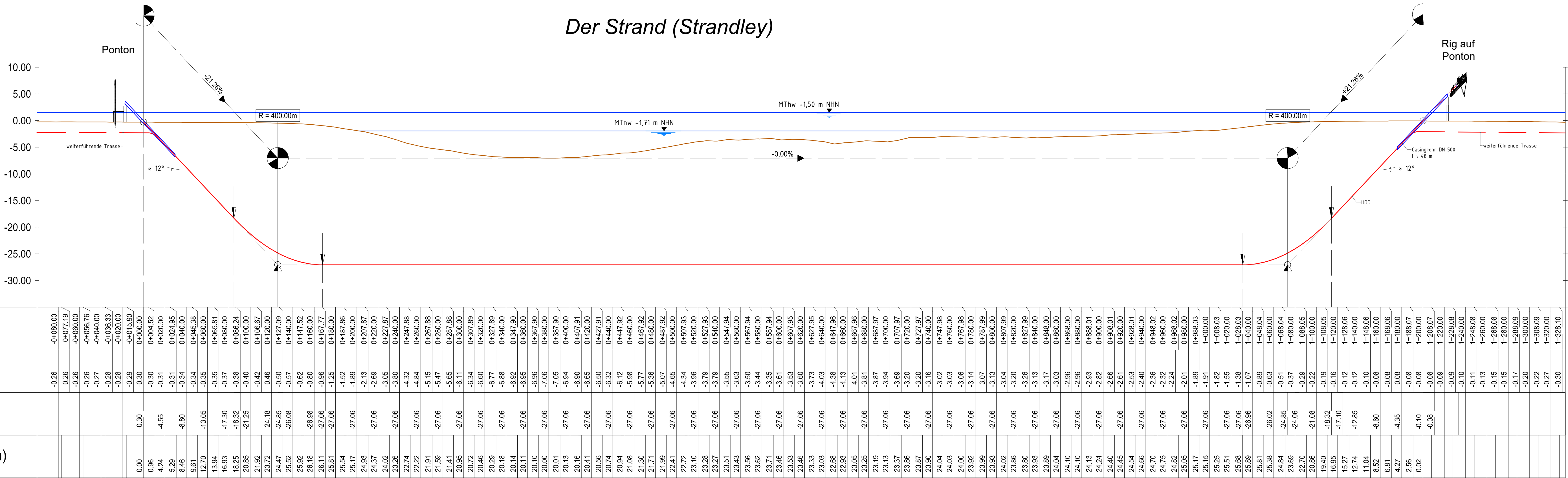
Bathymetrie: EasyGSH-DB

Bathymetrie:

Höhentabelle			
Nummer	Min. Höhenwert	Max. Höhenwert	Farbe
1	-7.500	-7.000	
2	-7.000	-6.500	
3	-6.500	-6.000	
4	-6.000	-5.500	
5	-5.500	-5.000	
6	-5.000	-4.500	
7	-4.500	-4.000	
8	-4.000	-3.500	
9	-3.500	-3.000	
10	-3.000	-2.500	
11	-2.500	-2.000	
12	-2.000	-1.500	
13	-1.500	-1.000	
14	-1.000	-0.500	
15	-0.500	0.000	
16	0.000	0.500	



Längsschnitt

horizontal 1 : 2.000
vertikal 1 : 400



Der Strand (Strandley)

Machbarkeitsstudie

Rev.		Änderung		Datum		Name	
 WASSERVERBAND NORD		Projekt: Neubau einer Trinkwasserleitung nach Pellworm HDD-Querung "Der Strand" (Strandley), Trasse HH1 gesteuerte Horizontalspülbohrung (HDD)					
Wanderweg Weg 23 24980 Osterwee www.wv-nord.de							
Planer/Verfasser:		2020		Datum		Name	
 DE LA MOTTE & PARTNER GMBH Consulting Engineers		erstellt: 29.10.				Bühma	
		geprüft:					
Birkenweg 11 21465 Rastbek / Deutschland				Planwerk:		Draufsicht / Längsschnitt	
				Maßstab:		Dokument-Nr.:	
				1 : 2.000		220210-DRG-M303	

Für diese Planunterlagen behalten wir uns alle Rechte vor. Ohne unsere Zustimmung darf sie weder vervielfältigt noch Dritten zugänglich gemacht oder durch den Empfänger oder Dritte für weitere Projektstufen in anderer Weise missbräuchlich verwendet werden.