

# **Wasserrechtlicher Planfeststellungsantrag für die Errichtung eines FSRU-Schiffsanlegers mit Liegewanne und Zufahrtbereich**

## **LNG Voslapper Groden Nord 2**

**Teil B - Antragsunterlagen  
10 Geotechnischer Bericht und Bemessung  
FSRU Wilhelmshaven GmbH**

22. März 2024

## Kontakt

**KERSTIN ZÜLCH**  
Senior Consultant  
Genehmigungsverfahren

M +49 173 4102391  
E [kerstin.zuelch@arcadis.com](mailto:kerstin.zuelch@arcadis.com)

Arcadis Germany GmbH  
EUREF-Campus 10  
10829 Berlin  
Deutschland

---

### WEITERE BETEILIGTE

Georg Fank (extern)  
Lena de Koning

## Inhalt

<b>10</b>	<b>Geotechnischer Bericht und Bemessung</b>	<b>5</b>
10.1	Einleitung	5
10.2	Geologische Gegebenheiten	5
10.3	Erste Untersuchungen an der ursprünglich geplanten Position	6
10.3.1	Umfang der Untersuchungen	6
10.3.2	Baugrundbeschreibung	7
10.3.3	Geotechnische Beurteilung	8
10.3.4	Analysen nach GÜBAK	10
10.4	Baugrunduntersuchungen Anleger (Jetty) an der eigentlich beantragten Position	10
10.4.1	Umfang der Untersuchungen	10
10.4.2	Meeresbodenhöhe bzw. Wasserstände	11
10.4.3	Baugrundbeschreibung	11
10.4.4	Fazit	12
10.5	Designbodenprofil für die statischen Berechnungen der Dalben	12
10.6	Baugrunduntersuchungen Ponton-Anlage	13
10.6.1	Umfang der Untersuchungen	13
10.6.2	Baugrundbeschreibung	13
10.6.3	Fazit	14
10.7	Übersicht der Dokumente	14

## Abbildungen

Abbildung 1: Standorte der ersten Untersuchungen an der ursprünglich geplanten Position der Anleger	6
Abbildung 2: Auszug aus Bohrkernanalyse für BD1	8
Abbildung 3: Übersichtskarte der Wassertiefen und Standorte der geotechnischen Untersuchungen innerhalb des Projektgebiets	11

## Tabellen

Tabelle 1: Zusammenfassung der primären geologischen Schichten	7
Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte	9
Tabelle 3: Homogenbereiche nach VOB/C Teil 1	9
Tabelle 4: Homogenbereiche nach VOB/C Teil 2	9
Tabelle 5: Standorte, Koordinaten und geplante Tiefe der Baugrundaufschlüsse	10
Tabelle 6: Relevante Drucksondierungen am Standort der Ponton-Anlage	13

## 10 Geotechnischer Bericht und Bemessung

### 10.1 Einleitung

Für die Bemessung der Bauwerke, die Auswahl und die Planung geeigneter Bauverfahren, einschließlich der gesetzeskonformen Verklappung des Baggergutes, sind verschiedene Untersuchungen erforderlich.

Für das geplante FSRU-Terminal in Wilhelmshaven ist eine geotechnische Untersuchung durchgeführt worden, um die Baugrundbeschaffenheit des Offshore-Teils des Terminals zu ermitteln, der aus dem Anleger (mit Anlegedalben BD und Ankerdalben MD), der Ponton-Anlage (mit 12 Pontonpfählen), den Pipelines (auch als TCP bezeichnet), den Pipelineendverteiltern (PLEM), sowie den damit verbundenen Baggararbeiten besteht. Auf der Grundlage dieser Felduntersuchungen und der nachfolgenden Bewertung soll die Eignung der vordimensionierten Gründungsstrukturen ermittelt werden.

Die ersten geotechnischen Untersuchungen im Plangebiet wurden von der Fugro Germany Land GmbH an der ursprünglich geplanten Position des Anlegers durchgeführt. Der Bericht von 06.04.2023 bestätigt die grundsätzliche Durchführbarkeit des Vorhabens, siehe „10.01\_Geotechnischer Bericht FUGRO 362-22-006-03“ und „10.02\_Appendix J9 Sedimentanalysen GÜBAK“ in Kapitel „10 Geotechnischer Bericht und Bemessung“ der Antragsunterlagen. Durch die Vorgaben des WSA zur Vergrößerung des Abstandes zum Fahrwasser hat sich, wie in Kap. 04 Erläuterungsbericht beschrieben, die Position des Anlegers um ca. 150 m\* Richtung Land verschoben

Wegen dieser Verschiebung wurde vom TdV eine weitere Untersuchung des Baugrundes an der eigentlich beantragten Position der Dalben beauftragt. Dieser Bericht von 09.10.2023 wurde als "10.03\_Geotechnischer Bericht\_ACP Geotechnik\_Anlegestelle (Jetty)" den Antragsunterlagen hinzugefügt. Gegenstand des vorliegenden geotechnischen Berichtes ist das Teilprojekt der Anleger, bestehend aus insgesamt 10 Dalben (6 Ankerdalben MD1 bis MD 6 und 4 Anlegedalben BD1 bis BD4).

Der geotechnische Bericht vom 12.12.2023 für das Teilprojekt der Ponton-Anlage ist den Antragsunterlagen als "10.04\_Geotechnischer Bericht\_ACP Geotechnik\_Bootsanleger (Ponton)\_geprüft" hinzugefügt worden. Gegenstand des vorliegenden geotechnischen Berichtes ist das Teilprojekt des Bootsanlegers (Ponton), bestehend aus einem schwimmenden Bootsanleger, der durch insgesamt 12 Pontonpfähle in seiner Lage verankert wird, und im südöstlichen Bereich des FSRU-Terminals angeordnet wird, etwa auf Höhe der Jetty-Ankerdalben MD4, MD5 und MD 6.

Das Teilprojekt Pipeline und PLEM ist Gegenstand eines weiteren geotechnischen Berichts und wird im parallelen immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren behandelt.

### 10.2 Geologische Gegebenheiten

Das Untersuchungsgebiet befindet sich vollumfänglich im niedersächsischen Flachland. Das niedersächsische Flachland gehört zum nord- und mitteldeutschen Lockergesteinsgebiet und nimmt flächenmäßig den größeren Bereich ein. Das Projektgebiet im Bereich des geplanten Schiffsanlegers ist durch Sedimente der Weichsel-Kaltzeit und Elster-Kaltzeit geprägt. Bei den Ablagerungen der Weichsel-Kaltzeit handelt es sich um fein- bis grobkörnige Talsande. Landseitig werden die Talsande der Weichsel-Kaltzeit vom Lauenburger Ton der späten Elster-Kaltzeit unterlagert. Seeseitig keilt der Lauenburger Ton aus und wurde somit im Bereich des geplanten Schiffsanlegers nicht angetroffen. Die überwiegend feine- bis grobkörnige Sedimente der Weichselkaltzeit gehen direkt in die überwiegend mittel- bis grobkörnige Sedimente der Elster-Kaltzeit über.

---

\* Bezogen auf die Richtung Fahrrinne liegende Außenkante des LNG-Tankschiffes beim Entladen

Erdbeben, Massenbewegungen/Rutschungen, Erdfälle, Dolinen und Senkungen sind infolge Auswaschungen, welche allgemein als natürliche Georisiken subsummiert werden, im betrachteten Gebiet der Innenjade nicht zu erwarten.

Die geplante Baumaßnahme ist nach Eurocode 7-1, bzw. den Entscheidungshilfen in DIN 4020, der geotechnischen Kategorie GK 2 zuzuordnen. Unter GK2 fallen Bauwerke mit normalem Schwierigkeitsgrad, z.B. bei relevanten Setzungen von Pfählen und aktive Horizontalbelastung von Pfählen.

## 10.3 Erste Untersuchungen an der ursprünglich geplanten Position

Siehe „10.01\_Geotechnischer Bericht FUGRO 362-22-006-03“

### 10.3.1 Umfang der Untersuchungen

Die Baugrunderkundungen wurden mithilfe der Fugro Jack-Up-Plattform Aran 250 ausgeführt, welche speziell für küstennahe geotechnische Erkundungen und Bauaktivitäten konstruiert wurde. Die Plattform besitzt vier Hubstempel, welche die Plattform aufrichten und damit Arbeiten in bis zu 30 Meter Wassertiefe erlauben, sowie einen Büro-, einen Labor- und diverse Ausrüstungscontainer.

Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet folgende Maßnahmen ausgeführt und geodätisch eingemessen:

- 8 x Drucksondierungen (CPT Cone Penetration Test) nach DIN EN ISO 22476-1 mit Sondiertiefen zwischen 10,60 m und 46,80 m unter dem Meeresboden.
- 4 x Vibrationsbohren nach DIN EN ISO 22475-1:2022 Tab. 1 Zeile 7 in Verbindung mit Rotationskernbohrung nach DIN EN ISO 22475-1:2022 Tab. 1 Zeile 2c und 3 mit Erkundungstiefen zwischen 10,5 m bis 60,0 m unter dem Meeresboden.
- Bohrungen im Bereich von geplanten Anlegedalben (Berthing-Dalben) sind mit „BD-BH“ und Bohrungen im Bereich von geplanten Festmachdalben (Mooring-Dalben) sind mit „MD-BH“ gekennzeichnet.

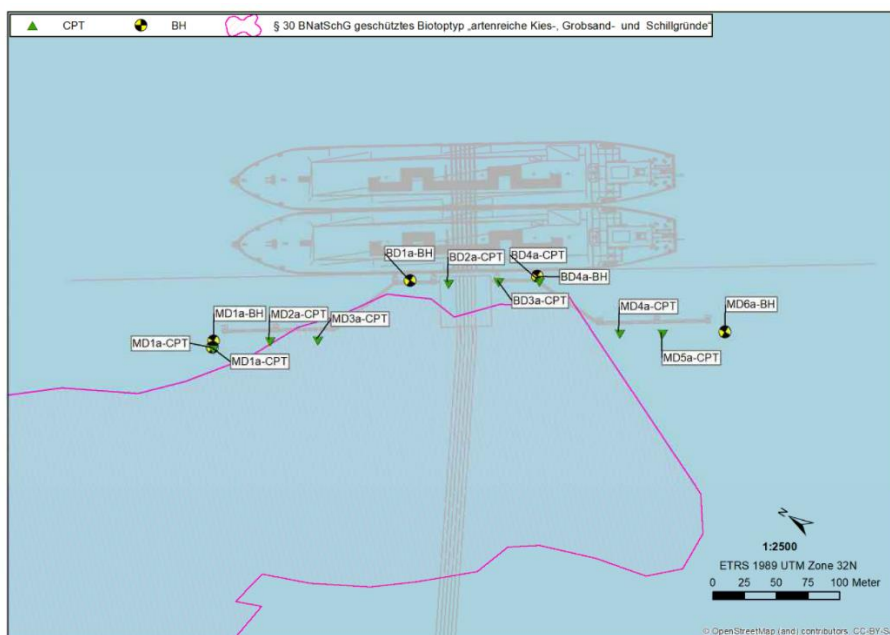


Abbildung 1: Standorte der ersten Untersuchungen an der ursprünglich geplanten Position der Anleger

Zu den Laboruntersuchungen der Proben gehörten, je nach Eigenschaften des angetroffenen Bodens, Siebanalysen bzw. kombinierte Sieb-/Schlamm-Analysen zur Bestimmung der Kornverteilung und weitere Klassifikationstests zur Bestimmung von Glühverlust, Kalkgehalt und der Konsistenzgrenzen. Weiterhin wurden an ausgesuchten Proben isotrop konsolidierte, dränierte Triaxialversuche (TxCID) durchgeführt, um die effektiven Scherparameter  $c'$  und  $\varphi'$  sowie die Spannungs-Dehnungs-Beziehungen am Sand zu bestimmen.

### 10.3.2 Baugrundbeschreibung

Die angetroffenen Schichten sind auf Grundlage der Feldansprachen und durchgeführten bodenmechanischen Laborversuchen geotechnisch und bautechnisch klassifiziert und eingeordnet. Auf Grundlage der 4 durchgeführten Bohrungen wurden im Bereich des geplanten Schiffsanlegers 5 geologische Schichten identifiziert, wobei 3 Schichten in vorrangig rollige Böden und 2 Schichten in vorrangig bindigen Böden eingeordnet werden.

Tabelle 1: Zusammenfassung der primären geologischen Schichten

Schicht	Tiefe von -bis [m u. MB] <sup>1</sup>	Schichtbeschreibung	Genese
0	0,0 – 3,0	Tonseitiger Sand (ST) bis Ton (TI, TM)	Holozän – marine Ablagerung
2	-	Ton (TA)	Lauenburger Ton wurde nur landseitig erkundet und keilt wasserseitig, nordöstlich des Deiches aus; wasserseitig wurde kein Lauenburger ton erkundet
3A	15,0 – 60,0	Sand (SU – SU*) (Feinsand bis Grobsand)	Elster-Kaltzeit – glazifluviatile Ablagerungen
3B	15,0 – 60,0	Sand (SU – SU*) (Feinsand bis Grobsand)	Elster-Kaltzeit – glazifluviatile Ablagerungen
3C	3,0 – 15,0	Toniger Sand (ST)	Elster-Kaltzeit/Weichsel – Kaltzeit-Geschiebesand

1) MB = Meeresboden

<b>Aufschluss: BD1a-BH</b>			
<b>Projekt: Tree Energy Solutions Germany NGE 2050 - preliminary nearshore SI</b>			
Auftraggeber:	Tree Energy Solutions GmbH	Rechtswert: 442442	Bohrbeginn: 23.11.2022
Bohrfirma:	Fugro	Hochwert: 5942903	Bohrende: 25.11.2022
Erfassungsdatum im Gelände:	25.11.2022	Ansatzhöhe: -14,40 m	Endteufe: 51,00 m

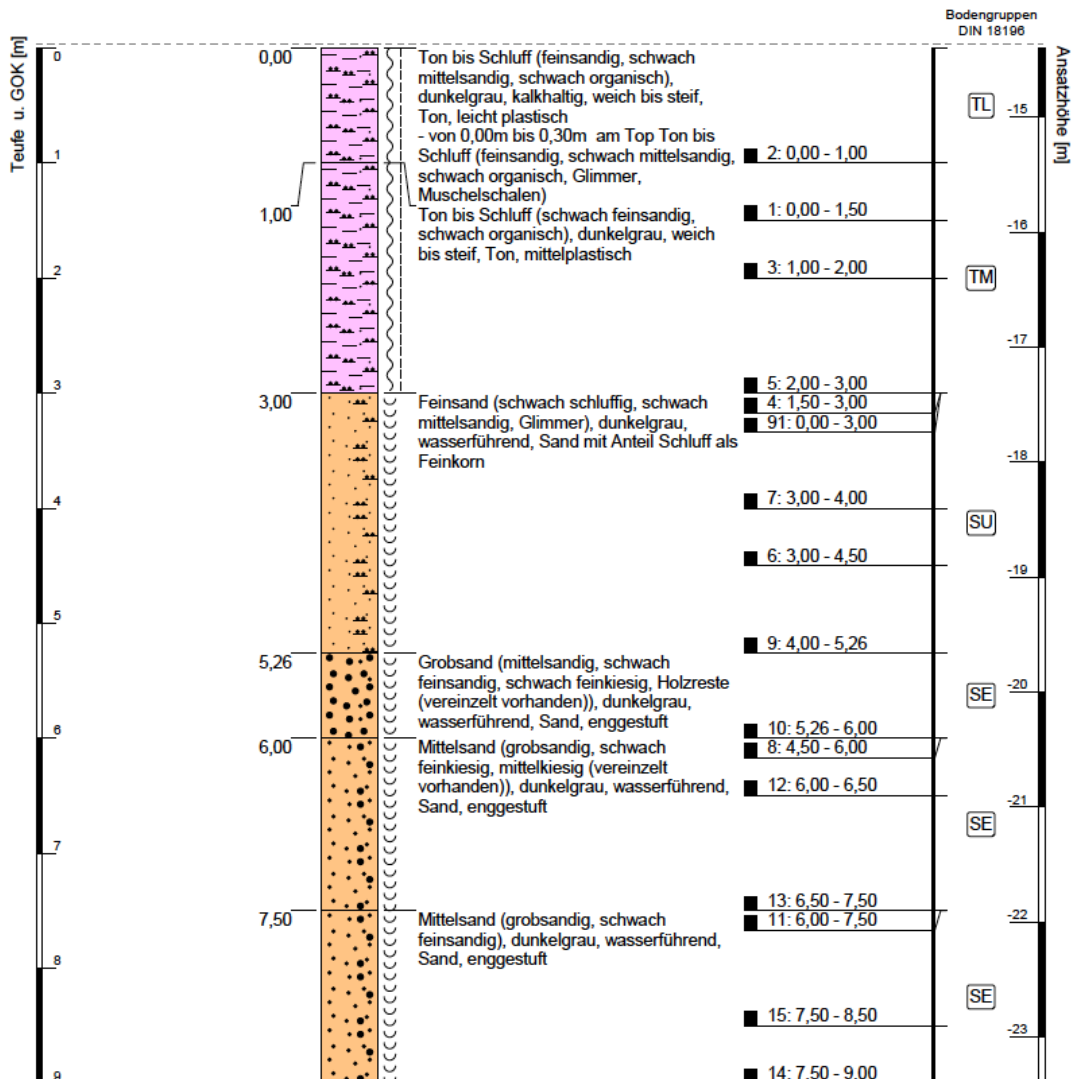


Abbildung 2: Auszug aus Bohrkernanalyse für BD1

### 10.3.3 Geotechnische Beurteilung

Die charakteristischen Kennwerte der angetroffenen Schichten sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Bodenwichten und Scherfestigkeiten gehen größtenteils aus Erfahrungswerten aus geologisch vergleichbaren Böden hervor. Derartige Erfahrungswerte sind in der DIN 1055-2 /N14/ bzw. in der EAU 2020 /N19/ enthalten. Weiterhin wurden auch bodenmechanische Laborversuche herangezogen.



Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte

Schicht	Wichte $\gamma_k / \gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungs- winkel $\varphi'_k$ [°]	Kohäsion / UndrÄnierte Scherfestigkeit $c' / c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Durchlässig- keitsbeiwert $k$ [m/s]
0	20,0/10,0	25,0	5/70	1 - 3	$1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-9}$
3A	18,0 / 10,0	32,5	-/-	40 - 100	$2 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-7}$
3B	18,0/10,35	37,5 <sup>1</sup> /35,0 <sup>2</sup>	-/-	40 140	$1 \times 10^{-4}$ - $1 \times 10^{-5}$
3C	18,0/10,0	32,5	-/-	-	$2 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-6}$

<sup>1</sup>effektiver Reibungswinkel bei max. Deviatorspannung bis 3,0% Dehnung  $\varepsilon_1 \leq 3$

<sup>2</sup>effektiver Reibungswinkel bei > 3,0% bis 10% Dehnung ( $3\% < \varepsilon_1 \leq 3$ )

Tabelle 3: Homogenbereiche nach VOB/C Teil 1

Schicht	DIN 18301 Bohrarbeiten	DIN 18304 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten
0 – marine Ablagerung	Bohr -1	Ramm – 1
3A – Sand mit 5% Feinbestandteile	Bohr -2 / Bohr -3	Ramm – 2 / Ramm – 3
3B – Reinsan	Bohr -2 / Bohr -3	Ramm – 2 / Ramm – 3
3C – Geschiebesand	Bohr -2 / Bohr -3	Ramm – 2 / Ramm - 3

1) Bohr-2 = Bereiche mit  $q_c < 25$  MPa; Bohr-3 = Bereiche mit  $q_c > 25$  MPa

Tabelle 4: Homogenbereiche nach VOB/C Teil 2

Schicht	DIN 18304 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten	Rammpbarkeit <sup>1</sup> Ramm- 2 / Ramm-3	Rüttelbarkeit <sup>2</sup> Ramm-2 / Ramm-3
0 - marine Ablagerung	Ramm-1	-	-
3A - Sand mit > 5% Feinbestandteile	Ramm-2 / Ramm-3	schwer / sehr schwer	sehr schwierig / nicht geeignet
3B - Reinsand	Ramm-2 / Ramm-3	schwer / sehr schwer	sehr schwierig / nicht geeignet
3C - Geschiebesand	Ramm-2 / Ramm-3	mittelschwer/sehr schwer	geeignet / sehr schwierig

<sup>1</sup>Ramm-2 = Bereiche mit  $q_c < 25$  MPa; Ramm-3 = Bereiche mit  $q_c > 25$  MPa

<sup>2</sup>Ramm-2 = Bereiche mit  $q_c < 20$  MPa; Ramm-3 = Bereiche mit  $q_c > 20$  MPa

### 10.3.4 Analysen nach GÜBAK

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde hat die „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut im Küstenbereich“ (GÜBAK) erlassen. Diese Vorschrift ist im Rahmen des Vorhabens zu beachten. Die Analyseergebnisse gemäß GÜBAK für die Proben aus der geotechnischen Untersuchung finden sich in Anhang J9 zum Bericht (10.02\_Appendix J9 Sedimentanalysen GÜBAK). Die Richtwerte gemäß GÜBAK werden bei den analysierten Proben eingehalten (unterschritten). Bei einer Probe gab es eine Überschreitung. Bei der Probe MD1a-BH-B3 ist der Kohlenwasserstoffindex mit 260 mg/kg erhöht und liegt zwischen den Richtwerten R1 (200 mg/kg) und R2 (600 mg/kg). Zudem liegt die Summe der 16 PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe) mit 5,68 mg/kg leicht über dem Richtwert R2 von 5,5 mg/kg.

Es wurden darüber hinaus weitere Sedimentanalysen im Plangebiet durchgeführt. Die Analysenanzahl entspricht den Vorgaben der GÜBAK. Die Ergebnisse bestätigen die Einhaltung der Grenzwerte gemäß GÜBAK, es wurden keine Überschreitungen festgestellt. Hierauf wird ausführlich in Kapitel 27 Erlaubnis Einbringen von Baggergut §8\_§10 eingegangen.

## 10.4 Baugrunduntersuchungen Anleger (Jetty) an der eigentlich beantragten Position

Siehe "10.03\_Geotechnischer Bericht\_ACP Geotechnik\_Anlegestelle (Jetty)".

### 10.4.1 Umfang der Untersuchungen

In Tabelle 5 sind die im Kontext der Anlegestelle durch die Firma Lankelma in Zeitraum von Juli/August 2023 durchgeführten Felduntersuchungen aufgelistet, bestehend aus einem direkten Baugrundaufschluss durch eine Bohrung mit durchgehender Probengewinnung und 10 indirekten Baugrundaufschlüssen durch Drucksondierungen PCPT.

Tabelle 5: Standorte, Koordinaten und geplante Tiefe der Baugrundaufschlüsse

Exec. num.	Part	Location	Type	To-depth	X-co (m)	Y-co (m)	Label
23	Part-A2	Mooring-Dolphin-2	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442158	5942843	T-23_MD-2_dCPT-2
24	Part-A2	Mooring-Dolphin-2	Borehole	-85.0-m-SKN	442158	5942843	T-24_MD-2_BH-1
25	Part-A2	Berthing-Dolphin-1	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442261	5942783	T-25_BD-1_dCPT-4
27	Part-A2	Berthing-Dolphin-4	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442323	5942704	T-27_BD-4_dCPT-7
29	Part-A2	Mooring-Dolphin-5	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442350	5942600	T-29_MD-5_dCPT-9
31	Part-A2	Mooring-Dolphin-1	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442130	5942879	T-31_MD-1_dCPT-1
32	Part-A2	Mooring-Dolphin-3	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442180	5942816	T-32_MD-3_dCPT-3
33	Part-A2	Berthing-Dolphin-2	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442285	5942753	T-33_BD-2_dCPT-5
34	Part-A2	Berthing-Dolphin-3	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442299	5942734	T-34_BD-3_dCPT-6
35	Part-A2	Mooring-Dolphin-4	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442328	5942627	T-35_MD-4_dCPT-8
36	Part-A2	Mooring-Dolphin-6	Deep-CPT	-85.0-m-SKN	442378	5942564	T-36_MD-6_dCPT-10

Die Standorte dieser geotechnischen Untersuchungen innerhalb des Projektgebiets sind in Abbildung 3 dargestellt.

Es wurde im Projekt zwischen den eingebundenen Geotechnikern RI+P und ACP einvernehmlich festgelegt, dass unter den hier angetroffenen Baugrundverhältnissen, bestehend aus monotonen Sanden, keine Laboruntersuchungen an den gewonnenen gestörten Sanden erforderlich sind. Es besteht hinreichend Erfahrung der Projektbeteiligten aus diversen Projekten in der Jade, aus Wilhelmshaven und der südlichen Nordsee, um die bautechnischen Eigenschaften der angetroffenen glazialen Fein- und Mittelsande zutreffend zu erfassen und anzugeben.

### 10.4.2 Meeresbodenhöhe bzw. Wasserstände

Die Wassertiefen im Projektgebiet (im Bereich Anlegestelle) reichen an den insgesamt 11 Erkundungspunkten von 10,9 m (MD-5) bis 12,7 m (BD-4), im Mittel bis 11,9 m unter SKN/LAT. Die etwas vorgelagerten, weiter NO in Richtung Fahrrinne orientierten 4 BD weisen darunter Wassertiefen von 12,0 bis 12,7 m, im Mittel von 12,4 m auf, stellen also bereits vor den vorgesehenen Vertiefungsarbeiten die tendenziell tiefer gelegenen Standorte dar.

Eine Übersichtskarte zur Wassertiefe ist in Abbildung 3 dargestellt, wobei die Höhenlinien gleicher Tiefen unabhängig von der Küstenlinie sind. Die Karte enthält ebenfalls die Positionen der geotechnischen Untersuchungen innerhalb des Projektgebietes.

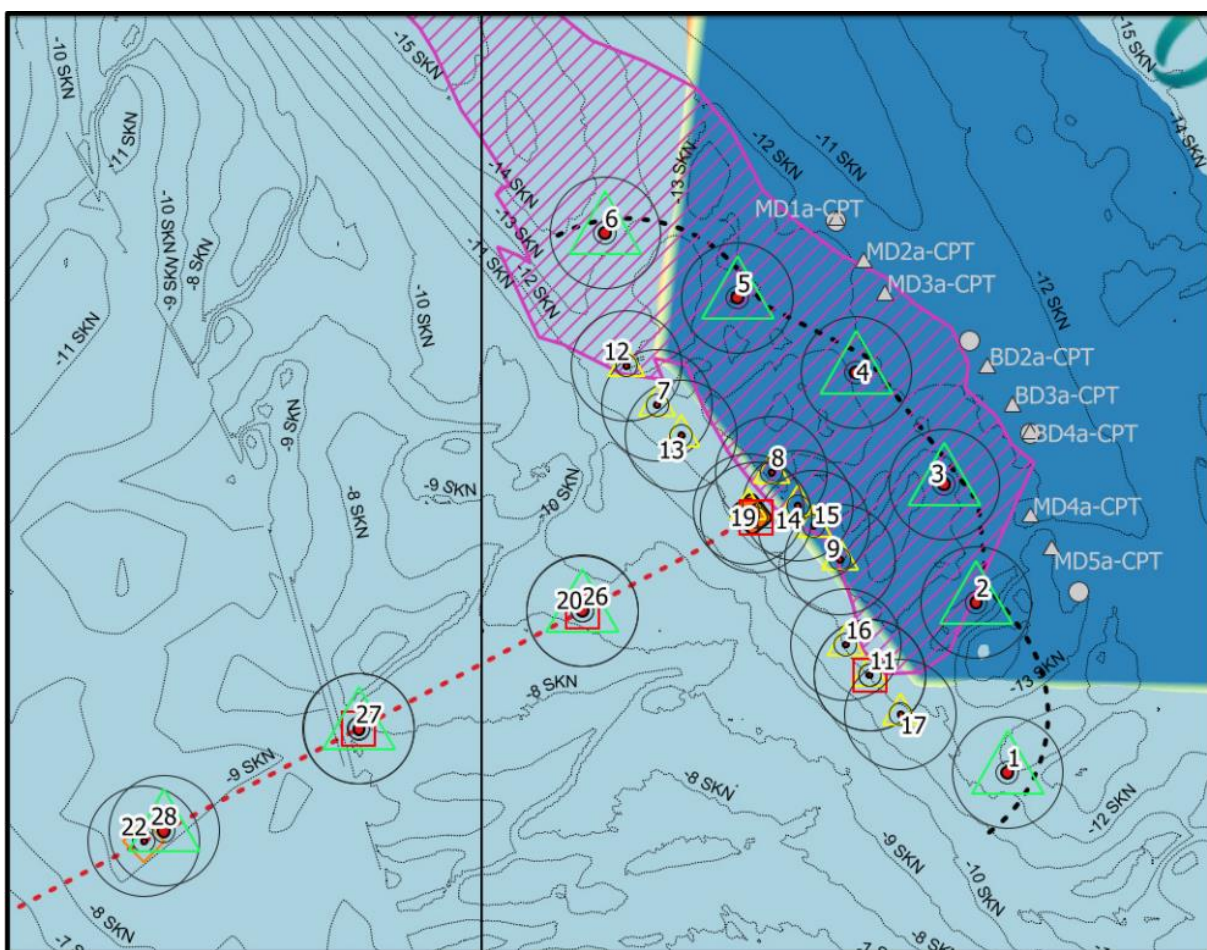


Abbildung 3: Übersichtskarte der Wassertiefen und Standorte der geotechnischen Untersuchungen innerhalb des Projektgebietes

### 10.4.3 Baugrundbeschreibung

Die Ergebnisse der geotechnischen Erkundungen lassen erkennen, dass die Untergrundverhältnisse im Hinblick auf Hauptbodenarten, Schichtung, Mächtigkeiten und Lagerungsverhältnisse an den Standorten aus gründungstechnischer Sicht vergleichsweise ähnlich sind. Der Baugrundaufbau an den Einzelstandorten ist hauptsächlich durch einen mächtigen Sandkörpern gekennzeichnet und entspricht damit den im Großraum örtlich bekannten Baugrundverhältnissen.

Die Auswertung der abgeteufte Bodenaufschlüsse führt zu der nachfolgenden prinzipiellen Schichtenabfolge bzw. Stratigraphie der Hauptbodenarten im direkten Gründungsbereich der Anlegestelle:

#### Schluff /Sand: SE / SU / SU\* / UL

Am Meeresboden findet sich im gesamten Untersuchungsgebiet zunächst eine Deckschicht aus marinem Sand und Schluff. Sie kommt im gesamten Untersuchungsgebiet vor und ist zwischen 1,8 m und 4,6 m mächtig. Sie weist tendenziell eine lockere bis allenfalls mitteldichte Lagerung auf, ist vermutlich holozänen Ursprungs und das Ergebnis von strömungsbedingten Umlagerungen der unterlagernden Sande.

#### Sande: SE / SU

Unter der marinen Deckschicht wurden in allen Aufschlüssen Sande bzw. schwach schluffige Sande angetroffen, die hauptsächlich aus Fein- und Mittelsanden, teils aus Grobsand bestehen. Diese Schicht erstreckt sich über das gesamte Untersuchungsgebiet bis zur Erkundungsendtiefe. Sie weisen teils kiesige und schwache tonige Anteile auf. Im Einzelfall, bei BH1 ist in 65,5 mTuM ein geringmächtiger Ton (d=50 cm) eingeschaltet. Die Sande weisen eine hauptsächlich eine dichte bis sehr dichte Lagerung auf, sind sicher pleistozänen Ursprungs und als Ergebnis einer eiszeitlichen Überprägung anzusprechen.

### 10.4.4 Fazit

Unter Würdigung aller vorliegenden Erkenntnisse aus der geotechnischen Baugrunderkundung und der erfolgreichen Errichtung der benachbarten Umschlaganlagen ist abschließend festzustellen, dass sich die festgestellten Baugrundverhältnisse für die Errichtung der Anlegestelle und den Abtrag der auftretenden Gründungslasten durch Pfähle aus geotechnischer Sicht eignen. Das Verformungsverhalten der im Bereich der vorgesehenen Kraffteinleitungsstrecken mobilisierten Bodenschichten ist an der Anlegestelle insgesamt als sehr günstig zu bewerten.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung sind keine Baugrundverhältnisse zu erwarten, die hinsichtlich der Tragfähigkeit einer Tiefgründung sowie der Rammpbarkeit von Gründungspfählen als problematisch anzusprechen wären, etwa ausgeprägte organische Bodenschichten, Lockerzonen, aufgeweichte Böden sowie Hindernisse aus Blöcken. Erfahrungsbasiert wird eine Pfahleinbringung mittels Schlag- oder Vibrationsrammung als möglich und technisch beherrschbar bewertet.

## 10.5 Designbodenprofil für die statischen Berechnungen der Dalben

Auf Basis der Ergebnisse der geotechnischen Untersuchung wurde für die statischen Berechnungen der Pfähle der Dalben ein Designbodenprofil sowie eine Rammpbarkeit-Analyse erstellt, vgl. hierzu Anhang „08.01\_Statische Berechnung Pfahlfundamente\_geprüft\_2003.10“ in Kapitel 08 der Antragsunterlagen.

## 10.6 Baugrunduntersuchungen Ponton-Anlage

Siehe "10.04\_Geotechnischer Bericht\_ACP Geotechnik\_Bootsanleger (Ponton)\_geprüft"

### 10.6.1 Umfang der Untersuchungen

Im Jahr 2023 hat die Firma Lankelma am Standort der Ponton-Anlage eine Baugrunduntersuchung durchgeführt. Relevant sind die drei tiefe Drucksondierungen (dCPT) an den Monopile-Standorten MD-4, MD-5 und MD-6. Die oberflächennahen Bodenschichten wurden vorgebohrt. Die Bohrschichtdicke variiert je nach Drucksondierung zwischen 1,2 und 3,0 m. In Tabelle 6 sind die relevanten Informationen aus den Drucksondierungen angegeben.

Tabelle 6: Relevante Drucksondierungen am Standort der Ponton-Anlage

Aufschluss Art & Bezeichnung	Standort	Wassertiefe [m SKN]	Tiefe [m SKN]	Datum
T-35_MD-4_dCPT-8	MD-4	-11,78	--44,40	28.08.2023
T-29_MD-5_dCPT-9	MD-5	-10,97	-65,68	23.08.2023
T-36_MD-6_dCPT-10	MD-6	-11,53	-47,60	01.09.2023
Bohrung BH-1	MD-5	-11,23	-86,20	01.09.2023

Es wurde im Projekt zwischen den eingebundenen Geotechnikern RI+P und ACP einvernehmlich festgelegt, dass unter den hier angetroffenen Baugrundverhältnissen, bestehend aus monotonen Sanden, keine Laboruntersuchungen an den gewonnenen gestörten Sanden erforderlich sind. Es besteht hinreichend Erfahrung der Projektbeteiligten aus diversen Projekten in der Jade, aus Wilhelmshaven und der südlichen Nordsee, um die bautechnischen Eigenschaften der angetroffenen glazialen Fein- und Mittelsande zutreffend zu erfassen und anzugeben.

### 10.6.2 Baugrundbeschreibung

Die Auswertung der abgeteufte Bodenaufschlüsse führt zu der nachfolgenden prinzipiellen Schichtenabfolge bzw. Stratigraphie der Hauptbodenarten im direkten Gründungsbereich der Anlegestelle:

#### Schluff / Sand: SE / SU / SU\* / UL

Am Meeresboden findet sich im gesamten Untersuchungsgebiet zunächst eine Deckschicht aus marinem Sand und Schluff. Sie kommt im gesamten Untersuchungsgebiet und auch Ponton-Areal vor und ist zwischen 4 und 5 m mächtig. Sie weist tendenziell eine lockere bis allenfalls mitteldichte Lagerung auf, ist vermutlich holozänen Ursprungs und das Ergebnis von strömungsbedingten Umlagerungen der unterlagernden Sande.

#### Sande: SE / SU

Unter der marinen Deckschicht wurden in allen Aufschlüssen Sande bzw. schwach schluffige Sande angetroffen, die hauptsächlich aus Fein- und Mittelsanden, teils aus Grobsand bestehen. Diese Schicht erstreckt sich über das gesamte Untersuchungsgebiet bis zur Erkundungsendteufe. Sie weisen teils kiesige und schwache tonige Anteile auf. Im Einzelfall, bei BH1 ist in 65,5 mTuM ein geringmächtiger Ton (Mächtigkeit d=0,5 m) eingeschaltet. Die Sande weisen hauptsächlich eine dichte bis sehr dichte Lagerung auf, sind sicher pleistozänen Ursprungs und als Ergebnis einer eiszeitlichen Überprägung bzw. Auflast anzusprechen.

### 10.6.3 Fazit

Unter Würdigung aller vorliegenden Erkenntnisse aus der geotechnischen Baugrunderkundung und der erfolgreichen Errichtung der benachbarten Umschlaganlagen ist abschließend festzustellen, dass sich die festgestellten Baugrundverhältnisse für die Errichtung der Bootsanlegestelle und den Abtrag der auftretenden Lasten durch die Verankerungspfähle aus geotechnischer Sicht eignen. Das Verformungsverhalten der im Bereich der vorgesehenen Krafeinleitungsstrecken mobilisierten Bodenschichten ist an der Anlegestelle insgesamt als sehr günstig zu bewerten.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung sind keine Baugrundverhältnisse zu erwarten, die hinsichtlich der Tragfähigkeit einer Tiefgründung sowie der Rammpbarkeit von Gründungspfählen als problematisch anzusprechen wären, etwa ausgeprägte organische Bodenschichten, Lockerzonen, aufgeweichte Böden sowie Hindernisse aus Blöcken. Erfahrungsbasiert wird eine Pfahleinbringung mittels Schlag- oder Vibrationsrammung als möglich und technisch beherrschbar bewertet.

## 10.7 Übersicht der Dokumente

Kap.	Pos	Bezeichnung	Seiten
10	00	10.00_Geotechnischer Bericht und Bemessung	11
	01	10.01_Geotechnischer Bericht FUGRO 362-22-006-03	311
	02	10.02_Appendix J9 Sedimentanalysen GÜBAK	12
	03	10.03_Geotechnischer Bericht_ACP Geotechnik_Anlegestelle (Jetty)	88
	04	10.04_Geotechnischer Bericht_ACP Geotechnik_Bootsanleger (Ponton)_geprüft	42

## Impressum

WASSERRECHTLICHER PLANFESTSTELLUNGSANTRAG  
FÜR DIE ERRICHTUNG EINES FSRU-SCHIFFSANLEGERS  
MIT LIEGEWANNE UND ZUFAHRTBEREICH  
LNG VOSLAPPER GRODEN NORD 2  
TEIL B - ANTRAGSUNTERLAGEN  
10 GEOTECHNISCHER BERICHT UND BEMESSUNG

**AUFTRAGGEBER**  
FSRU Wilhelmshaven GmbH

**AUTOR**  
Georg Fank (extern)  
Lena de Koning

**DATUM**  
22. März 2024

## Über Arcadis

Arcadis ist das führende globale Planungs- und Beratungsunternehmen für die natürliche und die vom Menschen gestaltete Umwelt. Durch die weltweite Bündelung von lokalem Wissen und die Kombination unserer Expertise mit neusten digitalen Errungenschaften erzielen wir herausragende und nachhaltige Ergebnisse für unsere Kunden und deren Abnehmer. Wir sind 36.000 Menschen, die in mehr als 70 Ländern tätig sind und einen Umsatz von 4,2 Milliarden Euro erwirtschaften (basierend auf Pro-forma-Zahlen für das gesamte Jahr 2021). Wir unterstützen UN-Habitat mit Wissen und Expertise, um die Lebensqualität in schnell wachsenden Städten auf der ganzen Welt zu verbessern.

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)

### **Arcadis Germany GmbH**

EUREF-Campus 10  
10829 Berlin  
Deutschland

T 030 767585900