

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**

19. September 2023

Kontakt

KERSTIN ZÜLCH
Senior Consultant
Genehmigungsverfahren

M +49 173 4102391
E kerstin.zuelch@arcadis.com

Arcadis Germany GmbH
EUREF-Campus 10
10829 Berlin
Deutschland

WEITERE BETEILIGTE
Georg Fank (extern)

Inhalt

10 Geotechnischer Bericht und Bemessung	4
10.1 Einleitung	4
10.2 Hinweis zur weiteren geotechnischen Untersuchung	4
10.3 Geologische Gegebenheiten	4
10.4 Umfang der Untersuchungen	4
10.5 Baugrundbeschreibung	6
10.6 Geotechnische Beurteilung	7
10.7 Designbodenprofil für die statischen Berechnungen	9
10.8 Analysen nach GÜBAK	9
10.9 Übersicht der Dokumente	9

Abbildungen

Abbildung 1: Lage der Bohrkerne (ursprünglich geplante Position)	5
Abbildung 2: Auszug aus Bohrkernanalyse für BD1	7

Tabellen

Tabelle 1: Zusammenfassung der primären geologischen Schichten	6
Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte	8
Tabelle 3: Homogenbereiche nach VOB/C Teil 1	8
Tabelle 4: Homogenbereiche nach VOB/C Teil 2	8

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. Die TdV hat die Fugro Germany Land GmbH mit der Durchführung geotechnischer Untersuchungen im Plangebiet beauftragt. Die Untersuchungen sind abgeschlossen. Der Bericht bestätigt die grundsätzliche Durchführbarkeit des Vorhabens.

10.2 Hinweis zur weiteren geotechnischen Untersuchung

Die Untersuchungen wurden an der ursprünglich geplanten Position des Anlegers durchgeführt. 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. Es ist aufgrund der Erfahrungswerte davon auszugehen, dass die Bodenbeschaffenheit homogen ist und die Verschiebung keinen Einfluss auf die in der Antragsunterlagen beschrieben, Annahmen insbesondere der Dimensionierung der Bauwerke hat. Zur Absicherung der Ergebnisse ist zwischenzeitlich eine weitere Untersuchung des Baugrundes an der beantragten Position der Dalben von der TdV beauftragt. Nach Vorlage der neuen Untersuchungsergebnisse wird die Statik zu den Pfählen in Zusammenarbeit mit den Prüfstatikern überprüft. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden, sobald sie vorliegen, eingereicht.

10.3 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.

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.

10.4 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.

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

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.

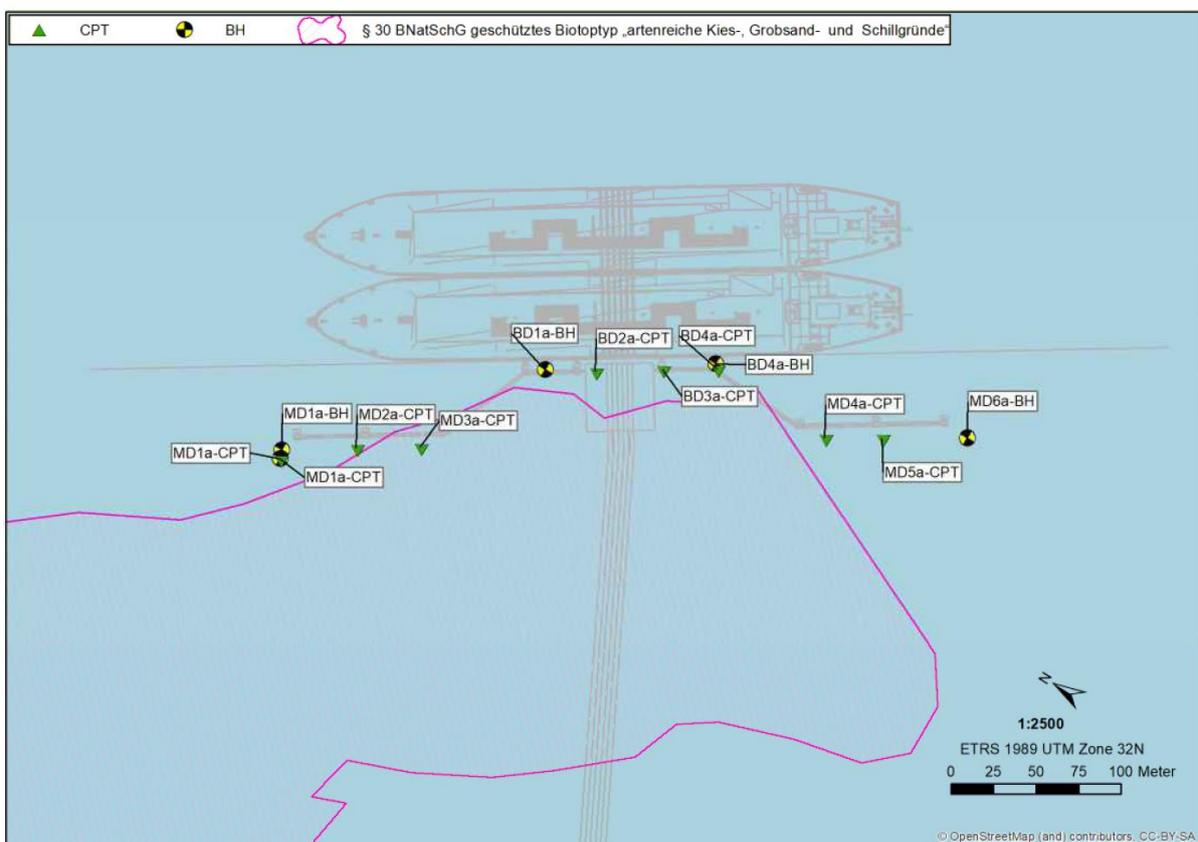


Abbildung 1: Lage der Bohrkerne (ursprünglich geplante Position)

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

10.5 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] ¹	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 – glazifluviale Ablagerungen
3B	15,0 – 60,0	Sand (SU – SU*) (Feinsand bis Grobsand)	Elster-Kaltzeit – glazifluviale Ablagerungen
3C	3,0 – 15,0	Toniger Sand (ST)	Elster-Kaltzeit/Weichsel – Kaltzeit-Geschiebesand

1) MB = Meeresboden

Aufschluss: BD1a-BH			
Projekt: Tree Energy Solutions Germany NGE 2050 - preliminary nearshore SI			
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

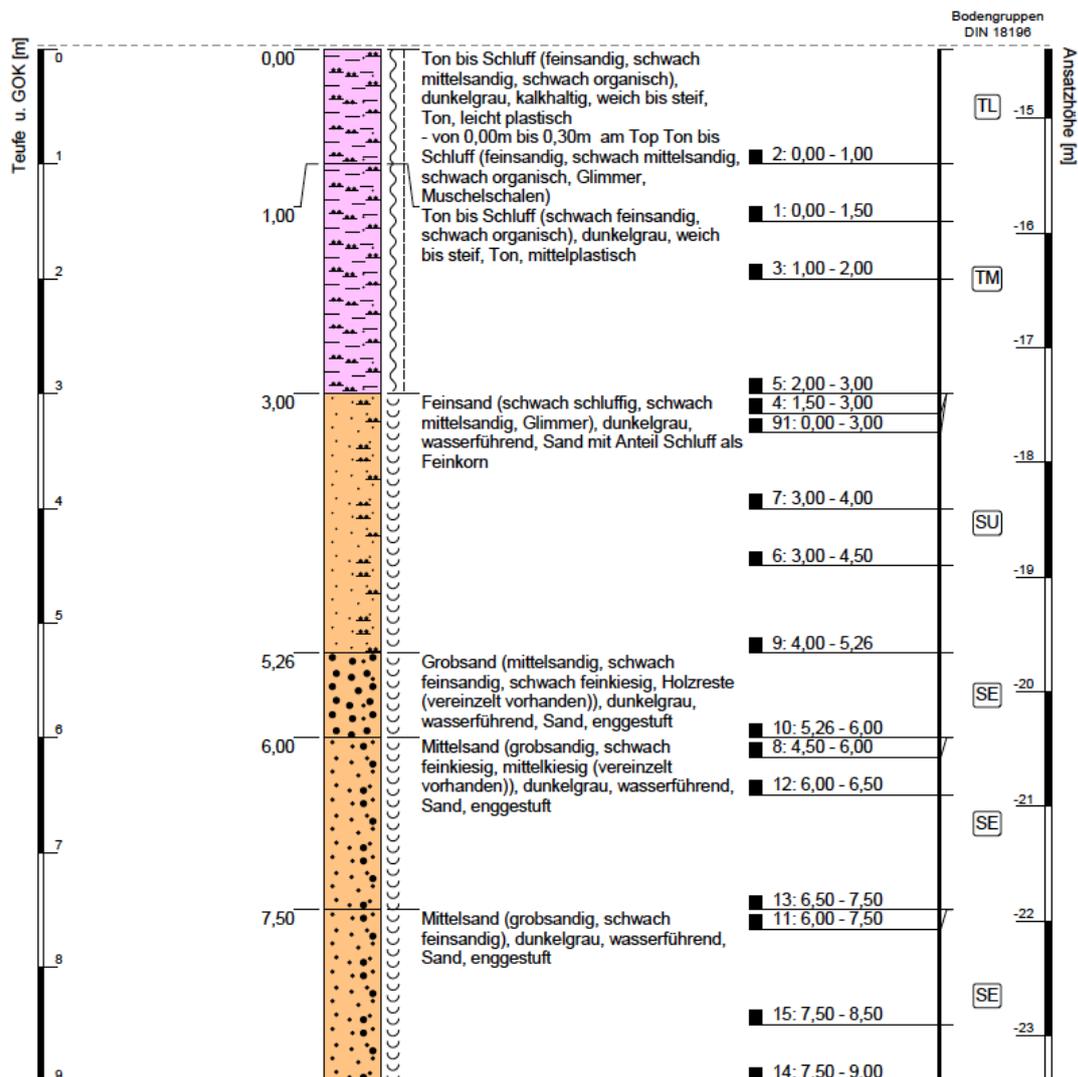


Abbildung 2: Auszug aus Bohrkernanalyse für BD1

10.6 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 γ_k / γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ'_k [°]	Kohäsion / UndrÄnirte Scherfestigkeit $c' / c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	Durchlässig- keitsbeiwert k [m/s]
0	20,0/10,0	25,0	5/70	1 - 3	1×10^{-5} - 1×10^{-9}
3A	18,0 / 10,0	32,5	-/-	40 - 100	2×10^{-5} - 1×10^{-7}
3B	18,0/10,35	37,5 ¹ /35,0 ²	-/-	40 140	1×10^{-4} - 1×10^{-5}
3C	18,0/10,0	32,5	-/-	-	2×10^{-5} - 1×10^{-6}

¹)effektiver Reibungswinkel bei max. Deviatorspannung bis 3,0% Dehnung $\varepsilon_1 \leq 3$

²)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	Rammbarkeit ¹ Ramm- 2 / Ramm-3	Rüttelbarkeit ² 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

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

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

10.7 Designbodenprofil für die statischen Berechnungen

Auf Basis der Ergebnisse der geotechnischen Untersuchung wurde für die statischen Berechnungen der Pfähle ein Designbodenprofil sowie eine Rammbarkeit-Analyse erstellt, vgl. hierzu Anhang „08.01_Statische Berechnung Pfahlfundamente_2003.08“ in Kapitel 08 der Antragsunterlagen.

10.8 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.

10.9 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

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)

DATUM
19. September 2023

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

Arcadis Germany GmbH

EUREF-Campus 10
10829 Berlin
Deutschland

T 030 767585900