

Geplante Geotechnische Untersuchungen im Rahmen der Vorarbeiten

zum Bauvorhaben

LNG-Terminal Brunsbüttel

**Gutachten
Beratung
Planung
Bauüberwachung**

Auftraggeber: German LNG Terminal GmbH
Elbehafen
25541 Brunsbüttel

Geschäftsführer und Prokuristen

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Bearbeiter:

[REDACTED]
[REDACTED]

Senior-Partner

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Berlin, den 22.11.2021

- ¹ Anerkannter Prüfsachverständiger für den Erd- und Grundbau.
² von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugruben, Injektionen und Bauwerksabdichtungen im Untergrund.
³ von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gründungen, Wasserhaltungen, Erschütterungen im Baugrund.
⁴ EBA-Gutachter für Geotechnik bei Bau-maßnahmen im Eisenbahnbau.

Revisionsblatt für Bericht G 143/20D

Revisio n	Datum	Bemerkung	erstellt	geprüft / freigegeben
00	24.06.2021	Ersterstellung	■	■
01	22.11.2021	Redaktionelles	■	■

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG / VERANLASSUNG	4
2	UNTERLAGEN	5
2.1	Projektspezifische Unterlagen	5
2.2	Normen und Richtlinien	5
3	FELDVERSUCHE	7
3.1	Allgemeines zum Untersuchungsprogramm	7
3.2	Anzahl der zusätzlichen Baugrundaufschlüsse	8
4	LABORVERSUCHE	10
4.1	Allgemeines zum Untersuchungsprogramm	10
4.2	Anzahl der zusätzlichen Laborversuche	10
5	ZUSAMMENSTELLUNG DER ZUSÄTZLICHEN UNTERSUCHUNGEN	12

1 AUFGABENSTELLUNG / VERANLASSUNG

Das Ingenieurbüro GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH (GuD) wurde beauftragt auf Grundlage des Ergebnisses der Unterlage [U 1] erforderliche Labor- und Feldversuche zur Optimierung der Gründungskonzepte für die Gesamtanlage des LNG-Terminals Brunsbüttel zu erarbeiten.

In diese hier vorliegende Ausarbeitung sind eingeschlossen neben den beiden LNG-Tanks sämtliche Nebengebäude, das Straßensystem und die Bahnanbindung.

In Anbetracht der oberflächennah anstehenden breiig bis weichen Kleischicht (geotechnische UNIT 1a) ab ca. 2m unter Gelände in einer Mächtigkeit von ca. 17,0 m wird ein wesentlicher Fokus bei den Bohr- und Feldversuchen auf die Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte eben dieser Schicht gelegt, um für die einfachen Baulichkeiten, die Straßen und sonstigen Fahrwege wirtschaftliche Gründungslösungen möglich zu machen.

Wichtig ist diese Schicht ferner für den Horizontallastabtrag, bewirkt durch Explosionslasten auf die beiden LNG-Tanks.

Ein zweiter Fokus wird gelegt auf eine sich in den Drucksondierungen in Tiefen von 19,0 m bis 23,0 m unter Gelände in unterschiedlicher Mächtigkeit darstellende Störung innerhalb der geotechnischen Unit 1b. In dieser Störung fallen, zumindest auf begrenzter Höhe, die Sondierspitzendrücke bis auf unter 1 MN/m^2 ab und über eine Höhen in Metergrößenordnung ist ein Abfall unter 5 MN/m^2 , d.h. entsprechend eine sehr lockere bis lockere bzw. breiig bis weiche Bodenlagerung erkundet worden.

2 UNTERLAGEN

2.1 Projektspezifische Unterlagen

- [U 1] Gutachterliche Beurteilung des Geotechnisches Berichts zum Bauvorhaben LNG-Terminal Brunsbüttel, GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH, Bericht Nr. G 143/20a vom 22.01.2021
- [U 2] Geotechnisches Baugrundgutachten - Bodenuntersuchung für Brunsbüttel LNG-Terminal, FUGRO Germany Land GmbH vom 25.02.2020
- [U 3] Lageplan – Tiefgründungen – Landbereich der German LNG-Terminal, GG-OC01-100-CIV-DWG-00377, 29.01.2021
- [U 4] Brunsbüttel, Neubau eines Vielzweckhafens an der Elbe, Geotechnisches Gutachten, Teilprojekt 2, Anbindung des Hinterlandes, IGB Ingenieurgesellschaft mbH, Projekt Nr.: 13-615 vom 11.12.2014
- [U 5] Konverterstation Brunsbüttel, Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung, Ingenieurbüro BGA, Projekt-Nr.: 4130.19-1 vom 04.12.2019

2.2 Normen und Richtlinien

- [S 1] EC 7-1 mit DIN 1054 – Eurocode 7 Handbuch, Geotechnische Bemessung Band 1 Allgemeine Regeln. Beuth Verlag, 1. Auflage 2011
- [S 2] Eurocode 7-2 Handbuch, geotechnische Bemessung Band 2 Erkundung und Untersuchung. Beuth Verlag, 1. Auflage
- [S 3] DIN-EN ISO 14688-2 mit nationalem Anhang vom Dezember 2013, Geotechnische Erkundung und Untersuchung -Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen
- [S 4] DIN-EN ISO 22475 – 1: Geotechnische Erkundung, Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessung – Teil 1, Technische Grundlagen der Ausführung
- [S 5] DIN-4021: 1990-10, Aufschluss durch Schürfung, Bohrung sowie Entnahme von Proben
- [S 6] DIN-EN ISO 22476-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Teil 1: Felduntersuchungen – Drucksondierungen mit elektrischen Meßwertaufnehmern und Messeinrichtungen für Porenwasserdruck

- [S 7] DIN- EN ISO 22476-3: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 3: Standard Penetration Test
- [S 8] DIN-EN ISO 22476-4: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 4: Pressiometerversuch nach Ménard
- [S 9] DIN-EN ISO 17892-5: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 5: Ödometerversuche mit stufenweiser Belastung
- [S 10] DIN-EN ISO 17892-7: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 7: Einaxialer Druckversuch
- [S 11] DIN-EN ISO 17892-12: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen
- [S 12] Empfehlung des Arbeitskreises „Baugrunddynamik“, DGGT Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 2019
- [S 13] DIN-EN-ISO 17892-4: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung

3 FELDVERSUCHE

3.1 Allgemeines zum Untersuchungsprogramm

Wie unter 1. beschrieben, ist der Hauptfokus der ergänzend durchzuführenden Feldversuche auf die Bestimmung der Festigkeitseigenschaften der geotechnischen Unit 1a (breiig bis weicher Ton – Klei) gerichtet; sowie der Untersuchung der arealen Ausdehnung der Schwächezone im Bereich der geotechnischen Unit 1b (lockerer Sand bzw. weicher, bindiger Boden) und deren lokal festzustellenden Mächtigkeiten.

Weiterhin wird das gesamte Baufeld in den Bebauungsbereichen mit Gebäuden, technischen Ausrüstungen, Straßen und Bahnfahrwegen engmaschiger als vorliegend in der Unterlage [U2] aufgeschlossen.

Im Einzelnen hierzu werden die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- Drucksondierungen – CPTs zur Eingrenzung des Schichtenaufbaus und der jeweiligen Bodenfestigkeiten
- Trockenbohrungen zur Gewinnung von qualifizierten Bodenproben der Güteklasse 1 für die Laboruntersuchungen
- Pressiometerversuche in unterschiedlichen Höhenlagen im Bereich der Unit 1a und der Störzone in 1b
- Crosshole-Messungen im Bereich der beiden Tankgründungen in Tiefen bis 25,0 m

Die im nachfolgenden Abschnitt definierte Anzahl der Untersuchungen wird; wobei diese noch nicht lokal festgelegt werden, da hierfür die letztendlich vorgesehene Lage der einzelnen Baulichkeit, deren Konstruktion und die Möglichkeit, im Baufeld diese Punkte zu erreichen, bekannt sein muß.

3.2 Anzahl der zusätzlichen Baugrundaufschlüsse

Drucksondierungen – CPTs

Im Bereich der bei den Tankgründungen wird in einem Abstandsrastraster von 20,0 m eine Gesamtzahl von je Tankgründung insgesamt 21 Drucksondierungen zur Eingrenzung der lageabhängigen Mächtigkeit der Schwächezone in der Geotechnischen Unit 1b bis in eine Tiefe von 40,0 m Untergelände abgeteuft. In diesem Bereich sind die Drucksondierungen vor den Trockenbohrungen auszuführen, um hier in Bereichen der größten Mächtigkeit der Schwächezone den Standort der Bohrungen zur optimalen Probengewinnung festlegen zu können.

In dem Bereich des Baufeldes mit den zusätzlichen Bauwerken und technischen Anlagen wie z.B. den LNG-Verdampfern werden zur Erkundung der Schichtenfolge und der Bodenfestigkeiten 27 Drucksondierungen – CPTs bis ebenfalls bis in 40,0 m Tiefe vorgesehen. Hierdurch können mögliche Tiefgründungsmaßnahme hinreichend sicher und wirtschaftlich bemessen werden.

Im Bereich der Fahrwege und der Bahnanbindung werden zusätzlich 22 Drucksondierungen – CPTs bis in Endtiefe der geotechnischen UNIT 1ad.h. lediglich bis in eine Tiefe von 20,0 m vorgesehen, da hier anstelle der Tiefgründungen Baugrundverbesserungsmaßnahmen z.B. in Form von Auflastschüttungen in Erwägung gezogen werden.

Trockenbohrungen

Zur Gewinnung von Probematerial für die Laborversuche aus den Böden der Unit 1a sowie aus der Schwächezone in der geotechnischen UNIT 1b werden jeweils im Bereich der Tanks 5 Trockenbohrungen bis in 30,0 m Tiefe ausgeführt.

Über das Baufeld verteilt werden dann weitere 9 Trockenbohrungen bis in gleiche Tiefe vorgesehen.

Die Trockenbohrungen werden mit durchgängiger Kerngewinnung ausgeführt und es werden für die nachfolgend beschriebenen Laborversuche Bodenproben der Güteklasse 1 gemäß [S2] gewonnen.

Pressiometermessungen

In den Böden der Unit 1a und der Schwächezone der Unit 1b werden zur Verifizierung der Ödometerversuche, d.h. zur Abschätzung des Einflusses möglicher Probenstörungen Pressiometerversuche z.B. System Menard vorgesehen.

Die Standorte dieser Pressiometersondierungen decken sich mit den ausgewählten Standorten der 5 Bohrungen im Bereich der LNG-Tanks, die zur Bewertung der Schwächezone in UNIT 1b angeordnet wurden.

Bis in eine Tiefe von 30,0 m soll hier je Meter ein Pressiometerversuch ausgeführt werden, beginnend mit der Oberkante der Weichschichten.

Crosshole-Messungen

Zur direkten Bestimmung der geodynamischen Bodenparameter im Feld, die für eine realistische und ökonomische Erfassung der dynamischen Einwirkung aus Explosionslasten auf das Gründungssystem der Tankgründungen erforderlich sind, werden je Tankgründung 2 Standorte für die Crosshole-Messungen ausgewählt. Je Tank werden die Sendebohrungen aus den 5 Trockenbohrungen (siehe oben) ausgewählt. In einem Abstand von in etwa 5,0 m werden dann zu diesen Sendebohrungen jeweils drei Empfängerbohrungen jeweils bis in Tiefen von 25,0 m sternförmig angeordnet.

4 LABORVERSUCHE

4.1 Allgemeines zum Untersuchungsprogramm

Es werden in Ergänzung zur Unterlage [U2] weitere Laborversuche zur Feststellung der Verformungseigenschaften und auch der Festigkeiten der geotechnischen Unit 1a und des Störbereiches der Unit 1b ausgeführt.

Im Einzelnen handelt es sich hierbei um:

- Ödometerversuche gemäß [S 9]
- Einaxiale Druckversuche gemäß [S 10]
- Taschenpenetrometer- bzw. Taschenflügelsondenversuche
- Standardbestimmungsversuche wie Konsistenzgrenzen, Wassergehalte, Körnungslinien und organische Anteile

Die genaue Anzahl und nähere Lage der für diese Versuche zu gewinnenden Proben der Güteklasse 1 gemäß [S2] ist in nachfolgendem Abschnitt beschrieben.

4.2 Anzahl der zusätzlichen Laborversuche

Aus jeder der 5 Zusatzbohrungen im Tankbereich werden aus folgenden Tiefen Proben der Güteklasse 1 entnommen:

- unter OK-Gelände: -2,0 m / -5,0m / -8,0 m / -11,0 m / -14,0 m/ -17,0 m

d.h. 6 Proben je Bohrung und damit 60 Proben für beide Tanks.

Standartlaborversuche

An allen Proben werden Versuche zur Bestimmung der undrainierten Scherfestigkeit (c_u) mittels Taschenpenetrometer bzw. Taschenflügelsonde, eine Körnungslinie, eine Wassergehaltsbestimmung und eine Bestimmung der organischen Anteile durchgeführt.

Aus diesen Proben wird eine Anzahl von 12 repräsentativen Proben für die Ödometerversuche ausgewählt. An diesen ausgesuchten Proben werden dann zusätzlich einaxiale Druckversuche gemäß [S10] sowie für die Konsistenzbestimmung Fließ- und Ausrollgrenze bestimmt..

Ödometerversuche

Im Hinblick auf Bodenverbesserungsmaßnahmen, wie z.B. die Aufbringung von Vorlastschüttungen, ist es wesentlich, dass Verformungsverhalten der betreffenden Böden sowohl in der Erstbelastung als auch in der Ent- und Wiederbelastung und in ihrer zeitlichen Entwicklung (Zeitsetzungsverhalten) beurteilen zu können. Es werden deshalb Mehrstufenversuche ausgeführt.

Das Belastungsregime ergibt sich für diese Versuche in 15 Schritten wie folgt:

- Auflasten: 50 – 25 – 50 – 100 – 50 – 100 – 200 – 150 – 100 – 150 – 200 – 300 – 400 – 300 – 200 kN/m²
- Für jeden dieser Lastschritte ist das Zeitsetzungsverhalten zu protokollieren.

5 ZUSAMMENSTELLUNG DER ZUSÄTZLICHEN UNTERSUCHUNGEN

Es sollen insgesamt die folgenden Untersuchungen durchgeführt werden:

FELDVERSUCHE

Drucksondierungen	69 CPTs. je 40m 22 CPTs je 20m
Trockenbohrungen	19 Stk. je 30m
Pressiometer	10 Stk. je 30m
Crosshole-Messungen	2*3 Stk je Tank= 12 Stk. Insgesamt.

LABORVERSUCHE

Standardlaborversuche	60 Proben
Ödometer	12 Stk.
Einaxialer Druckversuch	12 Stk.

gez.

gez.
