

Ing. Büro Boden & Lipka KG, Eichhofstraße 38, 24116 Kiel

FLENSBURGER BRAUEREI  
Emil Petersen GmbH & Co. KG  
Munketoft 12

24937 Flensburg



Kiel den, 30.04.2019

**Erster geotechnischer Bericht**  
**zur Untersuchung einer Beplanungsfläche zwischen Westerallee, West-**  
**tangente und Wittenberger Weg in 24941 Flensburg**

Untersuchungsbericht zu  
den Bodenverhältnissen im Bereich der Beplanungsfläche

Bauvorhabenummer: 036019 1222

Boden & Lipka KG  
Eichhofstraße 38  
24116 Kiel Kiel

Gründungsgutachten  
Baugrunduntersuchungen  
Bodenmechanisches Labor

Telefon 0431 / 36 66 2  
Fax 0431 / 36 61 2  
Mobil 0160 / 90 55 71 81

## Inhaltsverzeichnis

|   |   |
|---|---|
| 1. VERANLASSUNG .....   | 1 |
| 2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN .....                             | 1 |
| 3. BAUGRUNDAUFBAU BIS 10 M UNTER GEÄNDE.....                      | 2 |
| 3.1. Auffüllung / Oberboden.....                                  | 2 |
| 3.2. Torf / Mudde .....   | 3 |
| 3.3. Holozäner Flugdecksand .....                                 | 3 |
| 3.4. Geschiebelehm .....  | 4 |
| 3.5. Geschiebemergel .....  | 5 |
| 3.6. Pleistozäner Beckenschluff / Beckenton (bereichsweise) ..... | 5 |
| 3.7. Geschiebesand / Schmelzwassersand .....                      | 5 |
| 4. WASSERFÜHRUNG.....   | 6 |
| 4.1. Versickerungsmöglichkeiten .....                             | 8 |
| 5. BODENGRUPPEN (DIN 18196) UND HOMOGENBEREICHE (DIN 183000)..... | 8 |
| 6. ERSTE GEOTECHNISCHE BEURTEILUNG .....                          | 9 |

## Anlagen:

1. Übersichtsdarstellung der Sondierungen / Lageplan
2. Einzelprofile der Kleinbohrungen KB 1 bis KB 12
3. Körnungslinien und Protokolle
4. Wassergehaltsbestimmungen

## 1. Veranlassung

Im Zuge einer geplanten Erweiterung der Flensburger Brauerei wurden auf einer möglichen Beplanungsfläche zwischen Westerallee, Westtangente und Wittenberger Weg die generellen Baugrundverhältnisse im Rahmen einer Ersterkundung durch das Ingenieur-Geologische Büro Boden & Lipka aus Kiel erkundet.

## 2. Durchgeführte Untersuchungen

Im März 2019 erfolgte über unser Büro im Beplanungsbereich eine geotechnische Untersuchung des Baugrundes über 12 Kleinbohrungen (KB 1-KB 12) bis in eine Erkundungstiefe von 6 und 10 Metern unter GOK (Geländeoberkante).

Die erbohrten Bodenproben wurden vor Ort vom unterzeichnenden Geologen kornanalytisch und bodenphysikalisch untersucht.

An bindigen Böden wurde zur Konsistenzbestimmung die einaxiale Druckfestigkeit (Q<sub>up</sub>) nach DIN 18 136/T2 bestimmt (siehe Anlage 2).

Des Weiteren wurde in unserem bodenmechanischen Labor an 42 repräsentativen Bodenproben der Wassergehalt nach DIN 18 121 ermittelt (siehe Anlage 4).

Von nicht bindigen Böden wurden 10 Nass- und Trockensiebungen nach DIN 18196 durchgeführt (siehe Anlage 3).

Bei den erbohrten rolligen Böden erfolgt die Benennung nach der Korngrößenverteilung. Bei den Siebanalysen wurde anstelle der Kurzzeichen nach DIN EN ISO 14688-1 die Kurzform nach DIN 4023 angegeben (G, S, U, T). Die Beschreibung der Bodenschichten in den Schichtenprofilen erfolgt im Langtext.

Alle Kleinbohrungen wurden mittels Galileo Satellitennavigation auf ihre jeweilige Lage und Höhe eingemessen. Die georeferenzierte Lage der 11 Kleinbohrungen ist der Gesamtdarstellung (siehe Anlage 1) zu entnehmen.

### **3. Baugrundaufbau bis 10 m unter Gelände**

Der Beplanungsbereich liegt westlich der Stadt Flensburg zwischen der Westerallee, Westtangente und Wittenberger Weg.

Das Gelände fällt von Ost nach West im Zentralbereich um bis zu ca. 3 m ein (siehe höhengerechte Profildarstellung, Anlage 1).

Die durchgeführte erste Erkundungsuntersuchung erfolgte über 11 Kleinbohrungen mit entsprechender Bodenbeprobung bis in Erkundungstiefen zwischen 6 und 10 m unter Gelände. Hierbei wurde folgender generalisierten Schichtenaufbau festgestellt:

- A. Auffüllung / Oberboden
- B. Torf / Mudde (bereichsweise)
- C. Holozäner Flugdecksand (bereichsweise)
- D. Pleistozäner Geschiebelehm / Geschiebemergel
- E. Pleistozäner Beckenschluff (bereichsweise)
- F. Pleistozäner Geschiebesand / Schmelzwassersand

#### **3.1. Auffüllung / Oberboden**

Auffüllung ist im Beplanungsbereich nur in geringen Mengen zu erwarten. Die im Rahmen der Vorerkundung erbohrte Auffüllung wurde innerhalb der Kleingartenkolonien im Wegebau aufgebracht.

Oberboden wurde in einer Schichtmächtigkeit zwischen 0.30 und 1.20 m (Mittelwert = 0.74 m) erbohrt. In vorhandenen Senken ist die Schichtmächtigkeit des Oberbodens am stärksten ausgeprägt. In Teilbereichen geht der Oberboden in eine Mudde bzw. in einen Torf über (KB 08).

### 3.2. Torf / Mudde

Im Rahmen der Erstuntersuchung wurde nur im Bereich der KB 08 Torf bzw. Torfmudde in einer Schichtmächtigkeit von 0.70 m erbohrt. Der Wassergehalt des organischen Bodens lag bei 152 % (siehe Anlage 4).

Generell ist auf Grund der gesamten Baugrundkonstellation auf unterschiedlichen Höhenlagen, gebunden an abflusslose Senken, mit organischen Ablagerungen zu rechnen.

### 3.3. Holozäner Flugdecksand

Nach dem Rückzug der Inlandsvereisung auf den skandinavischen Schild gelangte der eisfreie Untersuchungsbereich unter Permafrostbedingungen. Die hierbei vorherrschende Starkwindrichtung von Ost nach West führte zur Ausblasung von Sand und deren Ablagerung in zum Teil ausgeprägten Dünenfeldern im Bereich westlich von Flensburg und Harrislee.

Im Untersuchungsbereich wurden Kuppen aus bindigem Material äolisch erodiert und in flachen Mulden als Flugdecksand abgelagert. Die Schichtmächtigkeit der, in Teilbereichen aufgefüllten, Flugdecksande erreicht Schichtstärken bis zu 1.40 m. Da die Sande zumeist in Mulden mit bindigen, unterlagernden Böden akkumuliert wurden, zeigen die Flugdecksande im Beplanungsbereich zumeist eine Wasserführung bzw. eine zeitweilige Stauwasserführung.

Der erbohrte Sand zeigt zumeist eine geringe Ungleichförmigkeit und liegt in einer lockeren bis mitteldichten Lagerung vor.

Von 10 repräsentativen Sandproben wurden Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 ermittelt. Hiervon stammen zwei Proben aus dem Bereich der erbohrten Flugdecksande (P3/2 und P4/2 siehe Anlage 3). Die aus den Siebkurven berechneten Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Wert) lagen bei 1.4 und  $2.0^{-4}$  m/sec.

### 3.4. Geschiebelehm

Der Geschiebelehm stellt ein kalkfreies Sand-, Schluff-, Ton-, Kiesgemisch mit eingelagerten Stein- und Geröllbeimengungen dar. Er zeigt zumeist keine Schichtung. Bereichsweise können eingelagerte Sande, anbindige Geschiebesande und Tone in Linsen- und Bankform vorhanden sein.

Aufgrund von Verwitterungsprozessen zeigt der Geschiebelehm im Untersuchungsgebiet keinen Kalkanteil und liegt oberflächennah zumeist in einer weichen Konsistenz vor. Die ermittelte Schichtmächtigkeit des weichplastischen Bereiches schwankt stark. Die zur Konsistenzabschätzung durchgeführten Messungen der einaxialen Druckfestigkeit ( $Q_{up}$ ) liegen zwischen 25 und 100 kN/m<sup>2</sup> (siehe Anlage 2). Der ermittelte Wassergehalt des weichplastischen Boden schwankt zwischen 19.1 und 33.1 % (Mittelwert aus 9 Messung = 22,3 %). Der relativ hohe Mittelwert bezogen auf die Ergebnisse der QUP-Messungen deutet auf einen erhöhten Tonanteil hin.

Die durchgeführten Wassergehaltsermittlungen sind der Anlage 4 zu entnehmen.

Erbohrter steifplastischer Geschiebelehm im Beplanungsbereich zeigt  $Q_{up}$ -Messwerte zwischen 100 und 200 kN/m<sup>2</sup>. Der Wassergehalt schwankt zwischen 17.6 und 27.2 % (Mittelwert aus 5 Messungen = 20.9 %) Auch hier ist der hohe Mittelwert bezogen auf die Konsistenzmessungen auf einen hohen Tonanteil zurückzuführen.

### 3.5. Geschiebemergel

Der Geschiebemergel ist analog zum Geschiebelehm ein eiszeitliches Lockersediment annähernd ohne erkennbare Schichtung. Allerdings weist der Geschiebemergel im Gegensatz zum Geschiebelehm einen Kalkgehalt auf (ca. 5 bis 12 %), der auf Grund von Verwitterungsprozessen im Geschiebelehm fehlt.

Der Geschiebemergel im Beplanungsbereich wurde mindestens in einer steifen Konsistenz erbohrt. Die ermittelten Wassergehalte liegen zwischen 19.1 und 14.1 % (Mittelwert aus 6 Einzelmessungen = 15.3 %). Auch hier hebt ein erhöhter Tonanteil den mittleren Wassergehalt um ca. 2 % an.

Mit zunehmender Tiefe wechselt der Geschiebemergel in allen Aufschlusspunkten in einen halbfesten Konsistenzbereich mit Q<sub>up</sub>-Werten deutlich über 200 kN/m<sup>2</sup>. Der Wassergehalt liegt zwischen 17.3 und 10.9 % (Mittelwert aus 11 Einzelmessungen = 14.2 %).

### 3.6. Pleistozäner Beckenschluff / Beckenton (bereichsweise)

Unterhalb des Geschiebemergels wurden an den Untersuchungspunkten KB 3, 4, 7, 9a und 12 geringmächtige Beckenschluff / Beckentonablagerungen erbohrt. Die erbohrte Schichtmächtigkeit schwankt zwischen 0.30 und 1.10 m. Der tonige Boden liegt sowohl in steifer als auch in weicher Konsistenz in einer Tiefenlage zwischen 2 und 7 m unter Geländeoberkante vor.

### 3.7. Geschiebesand / Schmelzwassersand

Unterhalb des Geschiebemergels bzw. der vereinzelt vorhandenen Beckenablagerungen folgen Schmelzwassersande, die im Übergangsbereich zum Teil als anbindiger Geschiebesand ausgeprägt ist.

Der Schmelzwassersand zeigt einen hohen Kies- und Steinanteil mit zumeist hoher Lagerungsdichte. Die sandigen bis kiesigen Ablagerungen zeigen bis mindestens in eine Tiefe von 10 m unter Gelände keine Wasserführung. Oberflächennah angebohrtes Schichtenwasser versickerte in den tieferen Untergrund.

Die an repräsentativen Bodenproben durchgeführten Korngrößenanalysen zeigen bei dem Schmelzwassersand Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ ) nach BEYER zwischen 1.0 und  $6.0 \times 10^{-4}$  m/s (Mittelwert aus 6 Einzelanalysen =  $2.1 \times 10^{-4}$  m/s). Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind der Anlage 3 zu entnehmen.

#### 4. Wasserführung

Die nacheiszeitliche Morphologie zeigte eine flache, bindige, kuppige Endmoränenlandschaft mit zum Teil vorhandenen abflusslosen Senken. Unter Permafrostbedingungen kam es zur Ablagerung von Flugdecksanden innerhalb von Mulden bzw. zur Ablagerung von dünnen Flugsanddecken.

Mit zunehmender Klimaerwärmung bildeten sich in abflusslosen Muldenlagen bei hoher Wasserführung organische Ablagerungen (z.B. im Bereich der KB 08).

Überwiegend ist im Beplanungsbereich ein kaskadenartiger, oberflächlicher Wasserabfluss von Ost nach West zu verzeichnen.

In Zeiten erhöhter Niederschlagsdarreichung kann ein kurzfristiger, zügiger Anstieg der Wasserführung erfolgen. Hydrologisch ist die Wasserführung im Beplanungsbereich als Stauwasserhorizont mit hohem Schwankungspotential zu bezeichnen. In trockenen Jahren und im Spätsommer kann durchaus nur noch ein geringmächtiger Stauwasserhorizont im Grenzbereich zu dem unterlagernden bindigen Boden vorhanden sein bzw. eine Wasserführung fehlen. Dies gilt allerdings nicht für sandgefüllte Senken!

- Wird der oberflächennahe Stauhorizont aus bindigem Geschiebeeböden durchstoßen, so versickert das Wasser in dem ersten abgedeckten, kiesig sandigen Wasserleiter.

Dieser zeigt allerdings erst jenseits einer Tiefe von 10 m unter Geländeoberkante eine Wasserführung, welche in keiner der 12 Aufschlüsse angebohrt wurde.

- Der unter den Geschiebeeböden anstehende Sand scheint damit für eine Versicherung von vorgereinigtem Niederschlagswasser geeignet zu sein.

Zur Erkundung des tieferen Untergrundes sind in einem zweiten Untersuchungsschritt CPT-Sondierungen geplant.

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt die Tageswasserstände im März 2019 wieder.

| Bohrpunkte | Wasserführung       |                     |   |
|------------|---------------------|---------------------|---|
|            | bezogen auf GOK [m] | bezogen auf NHN [m] | nach Beendigung der Aufschlussbohrung bis erreichte Aufschlusstiefe |
| KB 01      | 3,43                | 39,76               | kein Wasser   |
| KB 02      | 1,90                | 41,73               | kein Wasser   |
| KB 03      | 0,42                | 41,86               | kein Wasser   |
| KB 04      | kein Wasser         | kein Wasser         | kein Wasser   |
| KB 05      | kein Wasser         | kein Wasser         | kein Wasser   |
| KB 06      | 0,80                | 43,78               | kein Wasser   |
| KB 07      | 2,86                | 38,79               | kein Wasser   |
| KB 08      | 0,70                | 42,56               | kein Wasser   |
| KB 09a     | 5,75                | 37,53               | kein Wasser   |
| KB 10      | 1,70                | 42,21               | kein Wasser   |
| KB 11      | kein Wasser-        | kein Wasser         | kein Wasser   |
| KB 12      | 0,32                | 40,63               | kein Wasser   |

Tabelle 1: Grundwasserführung in der Untersuchungsfläche

#### 4.1. Versickerungsmöglichkeiten

Im Bepfanungsbereich ist nach dem Regelwerk der ATV A 138 eine Versickerung von Niederschlagswasser zum Teil im tieferen Untergrund, mit Sondermaßnahmen möglich. Aus den 6 Einzelanalysen des tieferen Sandhorizontes wurde ein gemittelter Durchlässigkeitsbeiwert von  $2.1 \times 10^{-4}$  m/s über Korngrößenanalysen nach BEYER ermittelt. Dieser Mittelwert ist nach ATV A138 mit einem Sicherheitszuschlag von 0.2 zu belegen.

In den oberflächennahen Flugdecksanden ist keine Versickerung von Niederschlagswasser möglich.

#### 5. Bodengruppen (DIN 18196) und Homogenbereiche im Teil C der VOB DIN 183000

| Kennwert/<br>Eigenschaft                               | A              | B             | C                 | D                         | E                       | F                      |
|--|----------------|---------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| Ortsübliche<br>Bezeichnung                             | Ober-<br>boden | Torf<br>Mudde | Flugdeck-<br>sand | Geschiebe-<br>lehm/mergel | Becken-<br>schluff/-ton | Schmelz-<br>wassersand |
| Anteil Steine %  | 1-2            | 0             | 0                 | bis 25%                   | <1%                     | bis 15%                |
| Anteil Blöcke %  | 0              | 0             | 0                 | bis 5%                    | <1%                     | bis 3%                 |
| Anteile große<br>Blöcke %                              | 0              | 0             | 0                 | bis 1%                    | <1%                     | bis 1%                 |
| Lagerungsdichte<br>$I_D$                               | <0,15          |               | 0,15-0,5          |                           |                         | 0,5-0,75               |
| $\gamma$ Wichte [kN/m <sup>3</sup> ]                   | 19             | 11-14         | 19                | 21-22                     | 22                      | 19                     |
| UndrÄnierte<br>Scherfestigkeit<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |                |               |                   | 10-200                    | 5-100                   |                        |
| Wassergehalt %   | 12-16          | 65-200        |                   | 14-22                     | 19-31                   |                        |
| Konsistenzzahl<br>$I_c$                                |                |               |                   |                           |                         |                        |
| Plastizitätszahl $I_p$                                 |                |               |                   |                           |                         |                        |
| Organischer<br>Anteil %                                | 2-5%           |               | <0,5              | 0                         | 0                       | 0                      |
| Bodengruppe  | OH             | HZ-F          | SE                | TL – ST*                  | TL, TM, UM              | SE-SW                  |

Tabelle 2: Kennwerte nach der neuen DIN 18300 für Homogenbereiche

## 6. Erste geotechnische Beurteilung

Auf Basis von 12 direkten Aufschlüssen wurde der generelle Baugrundaufbau im Beplanungsbereich bis in einer Erkundungstiefe von bis 10 m unter Gelände erkundet. Die 12 Aufschlüsse zeigen eine maximale Höhendifferenz von 3,63 m. Das untersuchte Gelände fällt hierbei von 44,58 m NN im Osten auf 40,95 m NN im Westen ein. Der tiefste Punkt liegt hierbei im Bereich einer flachen, vernässten Rinnenstruktur im Westen der Beplanungsfläche.

Oberflächennah stehen Dünendecksande geringer Mächtigkeit an, die von bindigen wasserstauenden Geschiebeböden in unterschiedlicher Konsistenz unterlagert werden. Kleine abflusslose Senken zeigen hierbei flachgründige Vertorfungen.

Die Geschiebeböden zeigen wechselnde Schichtmächtigkeiten und gehen in unterschiedlichen Tiefenbereichen in anbindige Geschiebesande und kiesige Sande über. Die dicht gelagerten Sande zeigen bis in eine Erkundungstiefe von 31.65 m NN keine Wasserführung.

Hinsichtlich einer Bebauung ist die vorhandene Höhendifferenz zu berücksichtigen. Generell eignen sich die Hochflächen besser für eine Bebauung als die Niederungen.

Geringe Lasteinbringungen können über Flachgründungen erfolgen. Organische Ablagerungen und oberflächennahe Bereiche mit einer weichen Konsistenz sind im Rahmen von Bodenaustauschmaßnahmen in ihrer Tragfähigkeit zu erhöhen.

Hohe Lasten mit einer geringen, punktuellen Lasteinbringung können über Pfahlgründungen in die unteren Sande abgetragen werden. Hierbei zeigen die Schmelzwassersande unter der bindigen Decklage eine sehr hohe Tragfähigkeit, was auf Grund der relativen Oberflächennähe zu relativ geringen Pfahllängen führen wird.

Eine Versickerung von nicht schadhaft belastetem Niederschlagswasser kann in den Bereichen, in denen der untere trockene Sand oberflächennah ansteht, über zu schaffende Versickerungsfenster in den tieferen Untergrund überführt werden. Dieses Verfahren wird in der Gemeinde Harrislee im Bereich eines großen Versickerungsbeckens seit nunmehr ca. 13 Jahren angewandt.

Zur Absicherung der Tragfähigkeitseinschätzung der unteren Sande werden Spitzendrucksondierungen empfohlen.



K. Lipka Dipl. Geologe

**Verteiler:**

1-fach, FLENSBURGER BRAUEREI Emil Petersen GmbH & Co. KG