

GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
KLEINER ORT 2
28357 BREMEN
TELEFON (0421) 20770-0
TELEFAX (0421) 27 42 55
GLB@GRUNDBAULABOR.DE

Objekt-Nr: 15 11100
Datum: 12.07.2016
Zeichen: Gre/Re
Datei: O:\15\11100\gtb3.docx

Hochwasserschutz, Abschnitt 9-13 Werderland, Bremen-Lesum

Geotechnischer Bericht Nr. 3

Setzungsberechnungen

Bauherr: Bremischer Deichverband am rechten Weserufer
Am Lehester Deich 149
28357 Bremen

INHALTSVERZEICHNIS

1	Anlass der geotechnischen Untersuchungen	3
2	Bauvorhaben (Anlage 1)	3
2.1	Planunterlagen.....	3
2.2	Baugelände (Anlage 1)	4
3	Baugrund- und Baugrundverhältnisse	4
4	Setzungsrechnung (SLS).....	5
4.1	Allgemeines	5
4.1.1	Sofortsetzung.....	6
4.1.2	Primärsetzungen.....	6
4.1.3	Sekundär- bzw. Kriechsetzungen.....	9
4.2	Ermittlung der Sofort- und Primärsetzungen	11
4.2.1	Allgemein	11
4.2.2	Einwirkungen und Geometrie	12
4.2.3	Bodenkennwerte.....	13
4.2.4	Ergebnis.....	14
4.3	Erdarbeiten	15
4.4	Besondere Maßnahmen aus Geotechnischer Sicht	15
4.5	Qualitätssicherung	16
5	Zusammenfassung.....	17
6	Anlagenverzeichnis.....	18

1 Anlass der geotechnischen Untersuchungen

Der Deichverband am rechten Weserufer plant die Ertüchtigung der Deichabschnitte Bremen-Werderland im Rahmen des Generalplans Küstenschutz. Das Grundbaulabor Bremen wurde vom Bauherrn beauftragt, für das Bauvorhaben eine Setzungsberechnung zur Abschätzung der erforderlichen Überhöhung durchzuführen.

Dieser Geotechnische Bericht 3 enthält die Ergebnisse der Setzungsberechnung zur Abschätzung der erforderlichen Überhöhung auf Basis des Planungsstandes vom 01.07.2016.

2 Bauvorhaben (Anlage 1)

2.1 Planunterlagen

Für die Erstellung dieses Gutachten standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

Grundbaulabor Bremen

- [1] Hochwasserschutz, Abschnitt 9-13 Werderland, Bremen-Lesum, Geotechnischer Bericht Nr.1, Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen und Angaben von Bodenkennziffern, Geotechnischer Bericht Nr.1, vom 25.11.2015.
- [2] Hochwasserschutz, Abschnitt 9-13 Werderland, Bremen-Lesum, Geotechnischer Bericht Nr.1, Stationäre Durchsickerungsberechnungen und Kurzbericht instationäre Durchsickerungsberechnungen, Geotechnischer Bericht Nr. 2, vom 06.04.2016.

planungsgruppe grün GmbH

Generalplan Küstenschutz Deicherhöhung Bremen-Werderland

Vorabzug vom 29.06.2016, erhalten per Mail am 01.07.2016:

- [3] Plan, Querprofile P1, P2646
- [4] Plan, Querprofile P1, P2646
- [5] Plan, Querprofile P4, P2646
- [6] Plan, Querprofile P7, P2646
- [7] Plan, Querprofile P10, P2646
- [8] Plan, Querprofile P13, P2646
- [9] Plan, Querprofile P16, P2646
- [10] Plan, Querprofile P19, P2646
- [11] Plan, Querprofile P22, P2646

2.2 Baugelände (Anlage 1)

Das zu untersuchende Gebiet (Abschnitt 9 bis 13) liegt zwischen dem Lesumsperrwerk (Deich-km 50+135) und endet kurz vor der Straßenkreuzung der „Niederbürener Landstraße“ und „Der Landweg“ (Deich-km 47+600).

Einen Lageplan des Untersuchungsgebietes im Maßstab 1 : 20.000 zeigt die Anlage 1.

3 Baugrund- und Baugrundverhältnisse

Der Baugrund und die Baugrundverhältnisse sind in U[1] und ergänzend in U[2] beschrieben.

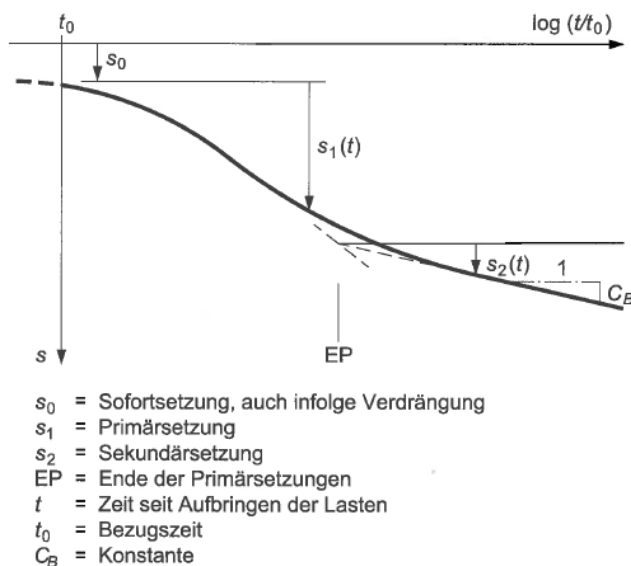
4 Setzungsberechnung (SLS)

4.1 Allgemeines

Unter einem Damm auf wenig tragfähigem Untergrund treten erhebliche und zum Teil über lange Zeit andauernde Setzungen ein. Die Gesamtsetzungen bestehen aus drei Anteilen, die teils gleichzeitig und teils nacheinander ablaufen.

- Sofortsetzungen s_0
- Primärsetzungen s_1
- Sekundärsetzungen s_2 (auch Kriechsetzungen genannt)

Die Vorausberechnung von Setzungen auf der Grundlage von Kompressionsversuchen ist mit Unwägbarkeiten behaftet. Daher empfiehlt es sich, bei der Abschätzung von Setzungen die Ergebnisse von Setzungsmessungen bei ähnlichen Baugrundverhältnissen und Dammabmessungen zu berücksichtigen.



4.1.1 Sofortsetzung

Die Sofortsetzungen, die schon während des Schüttvorganges eintreten, resultieren aus zwei Vorgängen:

- Kompression und Auspressen der Porenluft
- Volumenkonstante Verformung der wenig tragfähigen Bodens unter dem Damm

Der gesamte Anteil s_0 kann bis etwa 20% der Primärsetzung s_1 betragen.

4.1.2 Primärsetzungen

Dieser Setzungsanteil beruht auf dem allmählichen Auspressen von Porenwasser infolge der Erhöhung der totalen Spannung im wenig tragfähigen Untergrund durch die Belastung aus der Dammschüttung oder durch Einwirkungen aus Wasserhaltungsmaßnahmen. Der Porenwasserdruck nimmt bei Aufbringung der Belastung zunächst etwa um den Betrag der Belastung zu. Er nimmt anschließend durch Auspressen von Porenwasser mit der Zeit wieder auf den zum Grundwasserstand gehörigen hydrostatischen Druck ab. Im gleichen Maße nehmen die effektiven Spannungen zu. Entsprechend der Abgabe von Porenwasser nimmt die Porenzahl ab, woraus die Setzungen resultieren. Dieser Vorgang heißt Konsolidierung. Die Primärsetzung ist beendet, wenn das Porenwasser keinen Überdruck mehr aufweist.

Der zeitliche Verlauf und die Größe der Primärsetzungen lassen sich mit den in DIN 18135 beschriebenen Grundlagen berechnen. Die benötigten Bodenkennwerte

- Steifemodul E_s für die vorkommenden Spannungsbereiche und
- Konsolidierungsbeiwert c_v

können durch einen dimensional Kompressionsversuch nach DIN 18135 bestimmt werden.

Bei Belastung in mehreren Stufen mit Wartezeiten wächst E_s durch die Konsolidierung jeweils etwa um den Faktor

$$\left[1 + \frac{\Delta \sigma'}{\sigma'} \right]$$

Darin ist σ' die effektive Spannung vor Aufbringen der Belastungsstufe und $\Delta \sigma'$ die Spannungserhöhung infolge einer Schüttstufe.

Hinweise zur Berechnung der Spannungen im Baugrund unter dem Damm für die Setzungsberechnung können der DIN 4019 und den Empfehlungen der DGGT „Verformungen des Baugrundes bei baulichen Anlagen“ (EVB) entnommen werden.

Der zeitliche Verlauf der Primärsetzungen lässt sich mit der Konsolidierungstheorie wie folgt abschätzen. Man berechnet den Zeitfaktor T_v nach DIN 18135

$$T_v = \frac{c_v \cdot t}{l_d^2}$$

Darin sind:

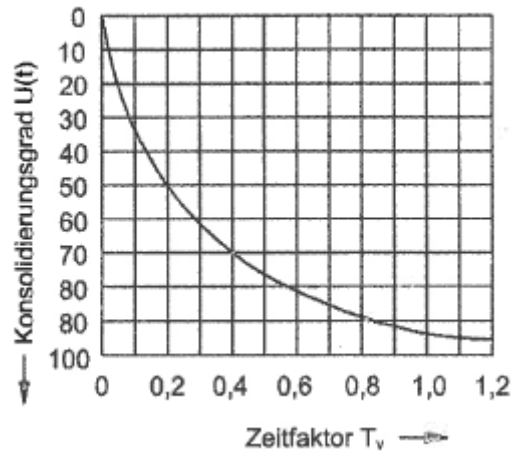
- c_v der Konsolidierungsbeiwert nach DIN 18135
- t die für die Berechnung gewählte Zeit
- l_d der vertikale Entwässerungsweg bei der Konsolidierung. Liegt die wenig tragfähige Schicht der Dicke d zwischen zwei durchlässigen Schichten, ist $l_d = d/2$ zu setzen. Liegt sie auf oder unter einer undurchlässigen Schicht, etwa einer Tonschicht, ist $l_d = d$

Zu T_v bestimmt man mit dem Diagramm den Konsolidierungsgrad $U(t)$.

Mit diesem Wert erhält man die nach der Zeit t nach der Lastaufbringung eingetretenen Primärsetzungen.

$$\Delta s(t) = \Delta s_1 \cdot U(t)$$

Darin ist Δs_1 die rechnerische gesamte Primärsetzung in einer Laststufe bzw. für eine aufgebrauchte Belastung.



Umgekehrt lässt sich auch die erforderliche Wartezeit bis zum Aufbringen der nächsten Schüttstufe abschätzen: Es sei U_1 der geforderte Konsolidierungsgrad vor Aufbringen der nächsten Schüttstufe. Zu U_1 bestimmt man mit dem Diagramm den Wert T_{v1} des Zeitfaktors. Durch Einsetzen in Gleichung und Auflösen nach t erhält man die erforderliche Wartezeit.

$$t_1 = \frac{l_d^2 \cdot T_{v1}}{c_v}$$

Zuverlässiger als mit im Labor ermittelten Werten für E_s und c_v ist die Berechnung aufgrund von Setzungs- und Porenwasserdruckmessungen. Dies gilt vor allem für den zeitlichen Verlauf der Primärsetzungen. Die Dauer der Primärsetzungen wird auf der Grundlage von Kompressionsversuchen oft erheblich länger erhalten, als es der Realität entspricht. Die Ursache sind bei der Erkundung nicht erkannte eingebettete dünne Sand- oder Torfbänder, durch die die Sickerwege für die Konsolidierung verkürzt werden.

4.1.3 Sekundär- bzw. Kriechsetzungen

Bei wenig tragfähigen Böden schließen sich an die Primärsetzungen Sekundär- bzw. Kriechsetzungen an. Sie sind vor allem bei tonigen und organischen Böden wie Beckenton, Klei, Mudde und Torf von Bedeutung. Die Bezeichnung Sekundärsetzung gilt für den Sonderfall der eindimensionalen Verformung, wie sie annähernd und ausschließlich unter der Damm-Mitte stattfindet. Kriechsetzungen allgemein können auch seitliche Verformungen wie unter den Dammschultern enthalten. Anders als die Primärsetzungen kommen die Kriechsetzungen bei unveränderlicher Belastung nie zur Ruhe, aber ihre Geschwindigkeit nimmt mit der Zeit ab. Durch entsprechende hohe Überschüttung und Liegezeit kann dieser Setzungsanteil jedoch weitgehend vorweggenommen werden.

Die Größe und zeitliche Entwicklung der Sekundär- bzw. Kriechsetzungen bei unveränderter Belastung werden mit der Formel beschrieben.

$$s_2 = \alpha \cdot d_2 \cdot C_B \cdot \log \frac{1}{t_1}$$

Darin sind

- α ein teilweise empirischer Faktor, mit dem der Anteil der seitlichen Verformungen und anderer Abweichungen bei Berechnung mit einem C_B -Wert aus eindimensionalen Kompressionsversuchen berücksichtigt werden; bei Straßendämmen auf wenig tragfähigen Untergrund sollte mit $\alpha = 4$ gerechnet werden.
- d_2 die Dicke der unvorbelasteten, wenig tragfähigen Bodenschicht, die zuvor Primärsetzungen erfahren hat
- C_B eine Materialkonstante, bestimmt aus der Phase der Sekundärsetzung bei einem eindimensionalen Kompression nach DIN 18135.
 C_B hängt mit dem Kriechbeiwert C_α nach DIN 18135 zusammen nach der Beziehung

$$C_B = \frac{1}{1 + e_0} \cdot C_\alpha$$

- t die Zeit im betrachteten Zustand seit Aufbringen der Belastung, d. h. ab Beginn der Primärkonsolidierung
- t_1 ein Zeitpunkt nach dem Ende der Primärkonsolidierung, wie t gezählt ab dem Aufbringen der Belastung

Sowohl die Größe der Kriechsetzung als auch deren Geschwindigkeit sind im Gegensatz zur Primärsetzung von der Größe der Spannung und somit der Belastung unabhängig. Sie hängen allein vom Spannungsverhältnis ab, was durch den Faktor α berücksichtigt wird.

Wird die Spannung in einer in Kriechsetzung befindlichen wenig tragfähigen Schicht durch Verminderung der Belastung wie beim Überschüttverfahren oder beim Einsatz von Leichtbaustoffen reduziert, reagiert der Boden zuerst durch Hebung, die wie eine Primärsetzung, jedoch wesentlich rascher als bei Belastungserhöhung, zur Ruhe kommt. Danach gehen die Kriechsetzungen je nach der Größe der Entlastung mit erheblich verminderter oder kaum noch wahrnehmbarer Geschwindigkeit weiter.

Durch Sekundärsetzungen kann Es für kleine Spannungserhöhungen und mit der Zeit auf etwa das Zwei- bis Dreifache des Ausgangswertes anwachsen.

Ebenso wie die Primärsetzungen lassen sich die Kriechsetzungen genauer anhand von begleitenden Setzungsmessungen (Geotechnisches Messprogramm) bestimmen.

4.2 Ermittlung der Sofort- und Primärsetzungen

4.2.1 Allgemein

Der Baugrund setzt sich durch die Belastung aus dem Bauwerk entsprechend seiner Kompressibilität. Die Setzungen wurden gemäß DIN 4019 nach folgender Formel ermittelt:

$$s = \frac{\sigma \cdot h}{E}$$

Darin bedeuten:

- s = Setzung der Bodenschicht (cm)
- σ = Bodenpressung aus der Bauwerkslast in der Bodenschicht (kN/m²)
- h = Mächtigkeit der Bodenschicht (cm)
- E_s bzw. E_{s,w} = tiefenabhängiger Steifemodul der Bodenschicht (kN/m²) bzw.
Wiederbelastungssteifemodul

Zur Berechnung der Setzung unterhalb eines Punktes hervorgerufen durch die Bauwerksbelastung ist zunächst eine Berechnung der vertikalen Spannung σ_z von jedem Fundament bzw. Aushub in dem betrachteten Punkt notwendig. Die dabei zu verwendenden mathematischen Beziehungen sind von der Geometrie der Fundamentfläche abhängig. Es sind folgende Arbeiten herangezogen worden:

Fundamenttyp	Arbeit
Rechteck	Tölke [1969], aus Schulze / Horn, 1.7 Spannungsberechnungen, s. 215 f.
Kreis	Lorenz und Neumeuer, Bautechnik 5 / 1953 Schulze / Horn, 1.7 Spannungsberechnungen, s. 216 f.
Dreieck	Schulz, Dissertation, 12 / 1969

4.2.2 Einwirkungen und Geometrie

Die Einwirkungen aus den geplanten Auffüllungen wurden abschnittsweise vereinfacht auf einem mittleren Höhen Niveau eingegeben. Die Spannungen wurden mit einer mittleren charakteristischen Wichte des Auffüllungsmaterials von 18 kN/m³ und der mittleren Auffüllungshöhe ermittelt.

Bezeichnung	Breite [m]	charakteristische Auffüllungs- mächtigkeit [m]	mittleres Höhenniveau [m NN]	charakteristische Einwirkung [kN/m ²]
P1: Achse1 47+645.91	ca. 18,0 (WS)	ca.1,5 (WS)	+ 4,05 (WS)	27 (WS)
P2: Achse1 +47+809.74	ca. 19,0 (WS)	ca.1,5 (WS)	+ 3,96 (WS)	27 (WS)
P3: Achse1 +47+819.6	ca. 20,0 (WS)	ca.1,5 (WS)	+ 3,64 (WS)	27 (WS)
P4: Achse1 +47+974.46	ca. 10,5 (WS)	ca.1,5 (WS)	+ 3,63 (WS)	27 (WS)
P5: Achse 1 +48+026.91	ca. 15,5 (WS)	ca.1,5 (WS)	+ 3,48 (WS)	27 (WS)
P6: Achse 1 48+188.12	ca. 18,5 (WS) ca. 3,0 (KR)	ca. 2,0 (WS) ca. 2,5 (KR)	+ 3,72 (WS) + 5,30 (KR)	36 (WS) 45 (KR)
P7: Achse 1 +48+279.91	ca. 17,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 4,0 (BS)	ca. 2,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,0 (BS)	+ 3,83 (WS) + 5,01 (KR) + 5,50 (BS)	36 (WS) 54 (KR) 36 (BS)
P8: Achse 1 +48+383.75 (Soleleitung !)	ca. 17,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 3,5 (BS)	ca. 3,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,5 (BS)	+ 3,83 (WS) + 4,63 (KR) + 5,27 (BS)	54 (WS) 54 (KR) 45 (BS)
P9: Achse 1 +48+426.20	ca. 18,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 3,5 (BS)	ca. 3,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,0 (BS)	+ 3,85 (WS) + 4,64 (KR) + 5,29 (BS)	54 (WS) 54 (KR) 36 (BS)
P10: Achse 1 +48+663.87	ca. 24,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,5 (BS)	ca. 3,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,5 (BS)	+ 2,68 (WS) + 4,73 (KR) + 5,43 (BS)	54 (WS) 54 (KR) 45 (BS)
P11: Achse 1 +48+707.78	ca. 26,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,5 (BS)	ca. 3,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,5 (BS)	+ 3,11 (WS) + 4,69 (KR) + 5,39 (BS)	54 (WS) 54 (KR) 45 (BS)
P12: Achse 1 +48+802.75	ca. 24,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,0 (BS)	ca. 2,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,5 (BS)	+ 3,07 (WS) + 4,79 (KR) + 5,47 (BS)	45 (WS) 54 (KR) 45 (BS)
P13: Achse 1 +48+887.70	ca. 28,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 6,0 (BS)	ca. 3,0 (WS) ca. 3,5 (KR) ca. 3,0 (BS)	+ 2,54 (WS) + 4,54 (KR) + 5,35 (BS)	54 (WS) 63 (KR) 54 (BS)
P14: Achse 1 +49+008.78	ca. 22,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 5,0 (BS)	ca. 3,5 (WS) ca. 4,0 (KR) ca. 3,0 (BS)	+ 3,06 (WS) + 4,49 (KR) + 5,01 (BS)	63 (WS) 72 (KR) 54 (BS)

WS - Weserseite

KR - Krone

BS - Binnenseite

Bezeichnung	Breite [m]	charakteristische Auffüllungs- mächtigkeit [m]	mittleres Höhenniveau [m NN]	charakteristische Einwirkung [kN/m²]
P15: Achse 1 +49+134.79	ca. 21,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 4,0 (BS)	ca. 3,0 (WS) ca. 4,0 (KR) ca. 3,0 (BS)	+ 3,34 (WS) + 4,11 (KR) + 4,90 (BS)	54 (WS) 72 (KR) 54 (BS)
P16: Achse 1 +49+148.31	ca. 21,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 5,0 (BS)	ca. 4,0 m (WS) ca. 4,0 (KR) ca. 3,0 (BS)	+ 3,24 (WS) + 4,11 (KR) + 4,90 (BS)	72 (WS) 72 (KR) 54 (BS)
P17: Achse 1 +49+311.48	ca. 21,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 5,0 (BS)	ca. 3,0 (WS) ca. 4,0 (KR) ca. 3,0 (BS)	+ 3,50 (WS) + 4,07 (KR) + 4,83 (BS)	54 (WS) 72 (KR) 54 (BS)
P18: Achse 1 +49+362.21	ca. 20,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 4,5 (BS)	ca. 3,0 (WS) ca. 4,0 (KR) ca. 3,0 (BS)	+ 3,75 (WS) + 4,03 (KR) + 4,89 (BS)	54 (WS) 72 (KR) 54 (BS)
P19: Achse 1 +49+572.20	ca. 19,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 4,5 (BS)	ca. 2,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 2,5 (BS)	+ 3,89 (WS) + 4,88 (KR) + 5,19 (BS)	45 (WS) 54 (KR) 45 (BS)
P20: Achse 1 +49+606.68	ca. 19,0 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 4,5 (BS)	ca. 4,0 (WS) ca. 4,0 (KR) ca. 3,0 (BS)	+ 3,75 (WS) + 4,08 (KR) + 4,56 (BS)	72 (WS) 72 (KR) 54 (BS)
P21: Achse 1 +49+703.86	ca. 20,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 4,5 (BS)	ca. 3,5 (WS) ca. 3,5 (KR) ca. 3,0 (BS)	+ 3,43 (WS) + 4,60 (KR) + 5,35 (BS)	63 (WS) 63 (KR) 54 (BS)
P22: Achse 1 +49+820.42	ca. 19,5 (WS) ca. 3,0 (KR) ca. 1,5 (BS)	ca. 1,5 (WS) ca. 1,5 (KR) ca. 1,5 (BS)	+ 4,07 (WS) + 6,53 (KR) + 7,03 (BS)	27 (WS) 27 (KR) 27 (BS)

WS - Weserseite

KR - Krone

BS - Binnenseite

4.2.3 Bodenkennwerte

Aufgrund der bodenmechanischen Untersuchungen wurden die nachstehend aufgeführten Steifemoduln in Rechnung gestellt:

Bodenart	Steifemodul (MN/m²)
Sand	E= 25 bis 100
Schluff, teilweise humos	E= 0,7 bis 3,1
Torf	E = 0,5 bis 0,7

4.2.4 Ergebnis

Das Ergebnis der Setzungsberechnung zeigen die Anlagen 4.1.1 bis 4.1.3.

Es wurden Setzungen im Bereich zwischen 3,4 cm bis 42,6 cm ermittelt.

Dabei handelt es sich um die Primärsetzungen unter Vernachlässigung der Eigensetzungen und Zusammendrückung der Auffüllboden. Diese lassen sich durch einen ordnungsgemäßen verdichteten Einbau mit Qualitätskontrollen minimieren. Bei nichtbindigem Lastboden treten die Setzungen unmittelbar nach der Lastaufbringung als Sofortsetzungen auf. Bei bindigem und humosem Baugrund erstrecken sich die Setzungen je nach Mächtigkeit und Entwässerungsmöglichkeit über einen längeren Zeitraum (s. Hinweise in Abschn. 4.1.2).

Bei allen Setzungsberechnungen ist zu berücksichtigen, dass nach DIN 4019 "Setzungsberechnung" wegen der vereinfachenden Annahmen und der oft notwendigen Mittelbildungen derartige Berechnungen nur zu Schätzungen der Setzungen führen können, die nicht selten bis zu 50 % unterschritten, in Ausnahmefällen auch überschritten werden. Die Überschreitung ist vor allen Dingen bei geologisch jungen, nicht vorbelasteten Böden möglich.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass zwischen den aus den Baugrunderkundungen bekannten Bodenprofilen auch noch ungünstigere Baugrundverhältnisse vorhanden sein können, die in der Setzungsberechnung nicht erfasst sind.

4.3 Erdarbeiten

Bei der Ausschreibung und Durchführung der Erdarbeiten sind die ATV "Erdarbeiten" - DIN 18300 - und die DIN 19702 zu beachten

Schütthöhe und Anzahl der Arbeitsgänge beim Verdichten sind nach Art und Größe des Verdichtungsgerätes und des Schüttmaterials so festzulegen, dass der mindestens geforderte Verdichtungsgrad erreicht wird. Die Schütthöhen der Einbaulagen sollten 0,5 m bei nichtbindigen und 0,3 m bei bindigen Böden nicht überschreiten.

Bei Sicherstellung einer ausreichenden Verzahnung jeder Schüttlage kann eine direkte Verdichtung in Falllinie des Sollprofils mit hierfür geeigneten Verdichtungsgeräten und Einbauverfahren erfolgen. Ansonsten ist eine Auffüllung und Verdichtung über das Sollprofil hieraus mit anschließender Profilierung vorzunehmen.

Im Deichkörper ist der Boden unmittelbar nach Schüttung zu verdichten. Der Erdbau ist den Witterungsverhältnissen anzupassen und einzustellen, wenn eine ausreichende Verdichtung nicht mehr gewährleistet ist. Aufgeweichte oder gefrorene Böden dürfen nicht überschüttet werden.

Der empfohlene Verdichtungswert der jeweiligen Bodengruppe ist unter Berücksichtigung besonderer Unterlagen (z.B. NLWKN Merkblatt Kleieinbau) sowie der Vorgaben in Abschn. 4.5 vertraglich festzulegen.

4.4 Besondere Maßnahmen aus Geotechnischer Sicht

Bei Auffüllungshöhen bis maximal ca. 4 m empfehlen wir die Standsicherheit im Bauzustand rechnerisch nachzuweisen. Alternativ kann die Auffüllung in mehreren Schritten erfolgen oder unter Berücksichtigung der Beobachtungsmethode erfolgen. Besonders kritisch sind Querschnitte mit hohen Auffüllungsmächtigkeiten in Kombination mit Torfschichten.

Im Bereich von Anlagen (z. B. P8 48+383,75 (Soleleitung) sind kritische Verformungsanforderungen festzulegen und messtechnisch zu überwachen. Bei Ausnutzungsgraden von Böschungsstandsicherheiten von über $\mu > 0,66$ können gem. DIN 4084: 2009-01 bereits bei weichem, bindigen Untergrund größere Verformungen eintreten, ohne dass es zu einem Bruch kommt.

4.5 Qualitätssicherung

Alle Baumaßnahmen im Zusammenhang mit Hochwasserschutz müssen einer kontinuierlichen Qualitätssicherung unterliegen und sind durch den Auftragnehmer (Eigenüberwachung) und Kontrollprüfungen (durch für Auftraggeber bzw. dessen Fremdüberwacher) auf Grundlage eines Qualitätssicherungsplanes (QSP) laufend zu überwachen.

Für Deiche der Klasse I und II sind die Kontrollprüfungen durch unabhängige Sachverständige für Geotechnik nach DIN EN 1997-2 und DIN 4020 durchzuführen oder zu begleiten.

Eigen- und Fremdüberwachung umfassen

- Nachweise der Tauglichkeit von Baustoffen und Materialien (Eignungs- bzw. Eingangsprüfungen)
- Nachweise der Einhaltung von Einbauanforderungen (Einbaukontrolle)

Nachweis- und Prüfkriterien richten sich nach den Querschnittselementen, Baustoffen und Bauverfahren. Sie sind den speziellen Einbaubedingungen entsprechend festzulegen.

Der Mindestumfang der Nachweise und der Prüfmethode dürfen in Anlehnung an ZTV-W 205 bzw. FGSV 599 festgelegt werden. Die Gleichwertigkeit alternativer Prüfmethode muss nachgewiesen werden

Die Ergebnisse der Eigen- und Fremdüberwachung sind zu dokumentieren.

Bei der Bauausführung wird empfohlen, eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten durchzuführen. Dabei ist besonders zu vergleichen, ob die angetroffenen Böden mit dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung übereinstimmen, da Abweichungen des Baugrundes von den Baugrundaufschlüssen nicht auszuschließen sind.

5 Zusammenfassung

Die geplante Baumaßnahme umfasst die Ertüchtigung des Deichabschnitts 9-13 Bremen-Lesum, Werderland.

Die Abschätzung der Setzungen in Form einer Setzungsberechnung zeigt räumlich sehr unterschiedliche Verformungen von 3,4 cm bis 42,6 cm aus dem Untergrund. Bei Auffüllungshöhen bis 4 m wird empfohlen, die Sicherheit für den Bauzustand rechnerisch nachzuweisen. (siehe Kap. 4.4 - Besondere Maßnahmen aus Geotechnischer Sicht).

Weitere Einzelheiten sowie die Ergebnisse Setzungsermittlungen sind im Bericht gegeben.

Bei einer wesentlichen Planungsänderung, insbesondere einer Änderung der Lage oder Höhenanordnung des Bauwerkes, bitten wir um eine Information, damit überprüft werden kann, ob und welche Auswirkungen sich für die Gründung ergeben.



Dr.-Ing. von Bloh
Geschäftsführer



i. A. Dipl.-Ing. Mark Gregull

Verteiler:

Bauherr: Bremischer Deichverband am rechten Weserufer
Am Lehester Deich 149
28357 Bremen

1 x

6 Anlagenverzeichnis

I N H A L T	Anlage Nr.	
	von	bis
1. Lageplan	1	
4. Gutachten		
4.1 Setzungen	4.1.1	4.1.3