

Gutachterliche Stellungnahme

Nr. 11272 - ülb

**Geotechnische Untersuchung der Stauanlage
„Teutoburger Waldsee“, Am Höhneberg in 49170 Hagen a. t. W.
- Baugrunduntersuchung „Hochwasserentlastung Überlaufbauwerk“ -**

Auftraggeber: Frau Maria Anna Meyer zu Mecklendorf
Am Höhneberg 12
49170 Hagen a. T. W.

Planer: IPW Ingenieurplanung GmbH & Co. KG
Marie-Curie-Str. 4a
49134 Wallenhorst

Auftragnehmer: Prüftechnik ZDL GmbH
Umwelt und Baugrund
Mühlenschweg 5
49090 Osnabrück

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Ludger Lünne

Datum: 08. März 2010

Die Stellungnahme umfasst 10 Seiten und 2 Anlagen.

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung und Untersuchungsumfang	Seite	3
2 Baugrundverhältnisse	Seite	4
2.1 Bodenschichtung und Bodeneigenschaften	Seite	4
2.2 Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte	Seite	5
2.3 See- und Grundwasserspiegel	Seite	6
3 Bautechnische Folgerungen	Seite	7
3.1 Belastbarkeit und Setzungsverhalten	Seite	7
3.2 Baudurchführung	Seite	8
4 Schlusswort	Seite	10

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Lageplan der Untersuchungsstellen
- Anlage 2 Bohrprofile der Rammkernsondierungen RKS-ÜLB 1 und RKS-ÜLB 2 und Rammdiag-
gramm der Rammsondierungen (DPL-ÜLB 1)

Bearbeitungsgrundlagen

- /1/ Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen und Berechnungen
- /2/ Ortstermine und Besprechungen
- /3/ Lageplan vom 06.11.2009
- /4/ Bauwerkszeichnungen „Hochwasserentlastung Überlaufbecken“, Unterlage 8 vom 06-11-2009
- /5/ Gutachterliche Stellungnahme Nr. 11272 - 1 der Prüftechnik ZDL GmbH vom 05. Januar 2010

1 Aufgabenstellung und Untersuchungsumfang

Die Prüftechnik ZDL GmbH, Osnabrück, führte im Auftrag von Frau Maria Anna Meyer zu Mecklendorf, eine geotechnische Untersuchung des Erddammes der Stauanlage „Teutoburger Waldsee“ durch. Ziel der Untersuchung war, den Verlauf der Sickerlinie durch den Erddamm und die Standsicherheit des Erddammes zum Untersuchungszeitpunkt sowie bei maximalem Stau- (See) und Einleiteziel (Teiche) exemplarisch zu bestimmen. Ergänzend wurde unsere Gesellschaft im Zuge der Untersuchung, deren Ergebnisse unserer Gutachterlichen Stellungnahme Nr. 11272 - 1 vom 05. Januar 2010 (/5/) zu entnehmen sind, über das zuständige Planungsbüro beauftragt, eine Baugrunduntersuchung für die Errichtung eines zur Hochwasserentlastung geplanten Überlaufbauwerks vorzunehmen.

Zur Bestimmung der Baugrundverhältnisse und der Baumöglichkeiten für das geplante Überlaufbauwerk wurden am 28. September 2010 auftragsgemäß zwei Rammkernsondierungen (RKS) zur Bestimmung der Bodenschichtung und Grundwasserstände sowie eine Leichte Rammsondierungen (DPL-10) zur Ableitung der Lagerungsdichten bis jeweils 5 m unter GOK niedergebracht. Die Aufschlüsse erfolgten im Bereich der Seeböschungen unmittelbar neben der Wasserlinie. Die RKS-ÜLB 2 liegt dabei ca. 17 m vom Bauwerk entfernt, da dieses zum Untersuchungszeitpunkt noch mit ca. 30 m Länge, statt, wie nunmehr, mit ca. 14,5 m Länge geplant war.

Die Untersuchungspunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen und sind im Lageplan der Anlage 1 verzeichnet.

Ergänzend zur vor Ort durchgeführten Benennung und Beschreibung der erbohrten Bodenarten erfolgte im Erdbaulabor der Prüftechnik ZDL GmbH eine bodenmechanische Beurteilung der schichtenweise entnommenen Bodenproben.

In der Anlage 2 sind die erbohrten Bodenschichten als Bohrprofile und die Schlagzahlen der leichten Rammsondierungen als Widerstandsdiagramme höhengerecht dargestellt. Wie diesen im Detail zu entnehmen ist, wurden mit den punktuellen Baugrundaufschlüssen die nachfolgend zusammengefasst beschriebenen Baugrundverhältnisse angetroffen.

2 Baugrundverhältnisse

2.1 Bodenschichtung und Bodeneigenschaften

An den Untersuchungspunkten beginnt die Bodenschichtung mit

Auffüllungen

denen sich die

gewachsene Bodenschichtung

zunächst mit

nichtbindigen Sanden

und

nichtbindigen, sandigen Kiesablagerungen

anschließt, ehe

bindige Sande, Schluffe und Ton-Schluff-Gemische

bis zu den Endteufen der Sondierungen ausgebildet sind.

Auffüllungen

Die an den Untersuchungspunkten erbohrten Auffüllungen setzen sich überwiegend aus schwach schluffigen bis stellenweise schluffigen, humos beeinflussten Sanden und untergeordnet aus Schluffen zusammen. Aufgrund der lockeren Lagerung sind die Auffüllungen noch zusammendrückbar.

Gewachsene Bodenfolge

Nichtbindige Sande

Die ab ca. 1,5/1,8 m Tiefe unter dem Seewasserspiegel einsetzenden nichtbindigen Sande sind mitteldicht gelagert und somit im ungestörten Zustand mittelgut tragfähig. Im erdfeuchten bzw. entwässerten Zustand sind sie gut verdichtbar und bei einer Freilegung unter einem Böschungswinkel von max. 45° kurzzeitig standfest. Unter Wasser fließen die Sande bei einem Anschnitt gemeinsam mit dem Grundwasser aus den Böschungen aus und lockern in den Ausschachtungssohlen stark auf. Die Durchlässigkeit dieser Böden schwankt in Abhängigkeit von der jeweiligen Kornverteilung zwischen ca. $k_f = 1 \times 10^{-5}$ und 5×10^{-4} m/s und liegt gemäß DIN 18300 im Grenzbereich zwischen durchlässig und stark durchlässig.

Nichtbindige, sandige Kiesablagerungen

Bei den erbohrten schwach schluffigen, sandigen Kiesen handelt es sich um Hangschutt, der aufgrund seiner mitteldichten-dichten Lagerung eine gute Tragfähigkeit besitzt. Bei einer Freilegung unter Wasser lockert dieser Boden auf. Im erdfeuchten, ent-

wässerten Zustand ist er gut verdichtbar. Die Durchlässigkeit dieses grobkörnigen Bodens ist gut ($k_f = \text{ca. } 5 \times 10^{-4}$ bis 5×10^{-3} m/s). Aufgrund der Genese sind größere Gesteinsstücke und -körper innerhalb dieser Ablagerung nicht auszuschließen.

Bindige Sande, Schluffe und Ton-Schluff-Gemische

Die, die Bohrprofile abschließenden bindigen Böden sind im ungestörten Zustand mäßig tragfähig. Bei einer Freilegung bzw. einer Ausschachtung unter Wasser und bei Wasserzutritt sind diese kaum wirksam entwässerbaren Böden stark aufweichungs- bis fließgefährdet. Eine Verdichtung kann nur im erdfeuchten (steifen) Zustand erfolgen. In Verbindung mit einem - wie vorhanden - höheren Wassergehalt führt eine unsachgemäße Verdichtung zu Aufweichungen und somit zu einem Verlust der Tragfähigkeit. Die bindigen Böden sind gering (bindiger Sand, $k_f = \text{ca. } 1 \times 10^{-7}$ m/s) bis sehr gering (Ton-Schluff-Gemisch, $k_f \leq 1 \times 10^{-8}$) wasserdurchlässig.

2.2 Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte

Die Zuordnung der erbohrten Bodenarten in die Bodengruppen nach DIN 18 196, die Bodenklassen nach DIN 18 300, die Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB und die Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB ist in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt. Die schichtenbezogene Darstellung ist den Bohrprofilen der Anlage 2 zu entnehmen. Unter Wasser und bei Wasserzutritt können sämtliche Böden der Bodenklasse 4 (vgl. Tabelle 1) in den fließfähigen Zustand und somit in die Bodenklasse 2 übergehen.

Tabelle 1: Bodengruppen und -klassen der erbohrten Bodenarten

Bodenart	Bodengruppe	Bodenklasse	Frostempfindlichkeitsklasse	Verdichtbarkeitsklasse
Auffüllungen				
<u>Sand</u> , nichtbindig	[SE, SW, SU]	3	F1	V1
schwach bindig	[SU*]	4 (2)	F3	V2
<u>Schluff</u>	[UL]	4 (2)	F3	V3
Sand , nichtbindig	SE, SU	3	F1	V1
Kies , nichtbindig	GU	3	F1-F2	V1
Sand , bindig (schluffig)	SU*	4 (2)	F3	V2
Schluff , leichtplastisch	UL	4 (2)	F3	V3
Ton-Schluff-Gemisch , mittelplastisch	TM	4 (2)	F3	V3

Die mittleren bodenmechanischen Kennwerte der angetroffenen Bodenarten sind im ungestörten Zustand für erdstatische Berechnungen, wie in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgeführt, anzusetzen.

Tabelle 2: Bodenmechanische Kennwerte der erbohrten Bodenarten

Bodenart	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kN/m ²)	E_s (MN/m ²)
Auffüllungen , locker gelagert					
<u>Sand</u> , nichtbindig	18	10	30	0	15
schwach bindig	18,5	8,5	27,5	0	10
<u>Schluff</u>	19	9	27,5	2	5
Sand , nichtbindig, mitteldicht	19	11	32,5	0	40
Kies , nichtbindig	20	12	35	0	60
Sand , bindig (schluffig), mitteldicht	19,5	9,5	30	2	30
Schluff , leichtplastisch, steif	19,5	9,5	27,5	5	15
Ton-Schluff-Gemisch , mittelplastisch	19	19	25	10	10

γ = Wichte ü. Wasser / γ' = Wichte u. Wasser / φ = Reibungswinkel / c' = Kohäsion / E_s = Steifeziffer

2.3 Seewasserstand und Grundwasser

Zum Untersuchungszeitpunkt am 28. September 2009 wurde der Seewasserspiegel mit 93,88 mNN gemessen. Der Grundwasserspiegel wurde nach Abschluss der Bohrarbeiten mit einem Kabellichtlot in den Bohrlöchern mit 93,82 mNN (RKS-ÜLB 1) bzw. 93,85 mNN gemessen.

Bei einem max. Seewasserstand von 94,30 mNN und einer Höhe der Seesohle im geplanten Baubereich von ca. 93,0 mNN beträgt die maximale Seewassersäule 1,3 m. Zum Untersuchungszeitpunkt war die Wassersäule 0,88 m stark. Gemäß den Ergebnissen der exemplarischen Untersuchung der Sickerlinien und der Standsicherheit der Stauanlage ist davon auszugehen, dass der Grundwasserstand bereits in wenigen Metern Abstand zur Böschungslinie tiefer als das Niveau der ufernahen Seesohle liegt.

3 Bautechnische Folgerungen

Das Überlaufbauwerk wird im Bereich des Westufers des Teutoburger Waldsees errichtet und liegt dort in einer Ausbuchtung des Sees unmittelbar vor dem Böschungsfuß (vgl. Anlage 1). Das rechteckige „Stahlbeton-Kastenbauwerk“ wird nach den vorliegenden Planunterlagen eine Außenabmessung von ca. 14,5 x 1,5 m aufweisen. Die Bauwerkssohle wird bei ca. 91,80 mNN liegen und sich somit 2,05 unterhalb des Seewasserspiegels bei Normalabfluss (93,85 mNN) bzw. 2,5 m unterhalb des maximalen Seewasserspiegels (94,30 mNN) befinden. Die Seesohle liegt am Bauwerksstandort derzeit bei ca. 93,0 mNN. Das fertig gestellte Bauwerk wird mit einer Steinschüttung eingefasst, die gegen das Ufer auf einer Höhe von 94,00 mNN ausläuft. Seeseitig liegt die Oberkante der Steinschüttung bei 93,50 mNN und läuft ab einem Abstand von 2 m zum Bauwerk mit einer Neigung von 1: 4 gegen die Seesohle aus.

3.1 Belastbarkeit und Setzungsverhalten

Das Bauwerk wird mit einem überstehenden Stahlbetonbalken gegründet. Die Dimensionierung (Abmessung, Stärke und Bewehrung) des Gründungsbalkens wird unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit des Baugrundes und der erforderlichen Auftriebsicherheit erfolgen. Die Unterkante der Bauwerkssohle liegt bei 91,80 mNN und befindet sich damit nach den Untersuchungsergebnissen im Niveau der nichtbindiger Sande und Kiese. Diese reichen bis ca. 1,2 m unter Bauwerkssohle und sind im ungestörten Zustand mittelgut-gut tragfähig. Die unterlagernden bindigen Böden sind hingegen nur mäßig tragfähig und bedingen, da die Gründungssohle ihnen sehr nahe kommt, einen insgesamt nur mäßig tragfähigen Baugrund.

Auf dem ungestört profilierten Baugrund kann bei einer rechnerischen Gesamtsetzung des geplanten Bauwerks von 2 cm eine mittlere Bodenpressung von $\sigma_m = 100 \text{ kN/m}^2$ zugelassen werden. Zur statischen Bemessung der Bodenplatte kann ein einheitlicher Bettungsmodul

$$k_s = 5 \text{ MN/m}^3$$

angesetzt werden.

3.2 Baudurchführung

Projektbezogene Hinweise und Verfahrensvorschläge zur Baudurchführung sind den nachfolgenden Erläuterungen zu entnehmen. Für die Bauausführung sind neben den speziellen technischen Normen insbesondere die zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB) und die Sicherheitsvorschriften der Tiefbau-Berufsgenossenschaft zu beachten.

Der Baubereich soll während der Bauzeit von einem Absperrdamm, der an die Seeböschungen anbindet, eingeschlossen werden, um den Seewasserzufluss zu unterbinden. Nach der Trockenlegung des Sees im Baubereich des Überlaufbauwerks muss das unterhalb der Seesohle ausgebildete Grundwasserstockwerk hier während der Bauphase abgesenkt werden.

Zur Entwässerung und Stabilisierung der Baugrube innerhalb des trockengelegten Seeabschnittes ist eine geschlossene Wasserhaltung mittels tiefsaugender, mit Gaze ummantelter Vakuumpülfiler (sogenannte OTO-Filter) einzusetzen. Da diese wahrscheinlich nur bis zur Oberkante der Kiesablagerungen eingebracht werden können, ist ergänzend eine offene Wasserhaltung vorzuhalten und bei Bedarf einzusetzen. Die Pumpensümpfe sind dabei außerhalb der Gründungsflächen anzulegen. Der Grundwasserstand muss bis mindestens 0,5 m unter der Ausschachtungssohle der Baugrube abgesenkt werden. Die Wasserhaltung darf erst nach Erreichen einer ausreichenden Auftriebssicherheit jeglicher Bauteile außer Betrieb genommen werden.

Baugrubenböschungen sind oberhalb des Grundwassers bzw. in den entwässerten Böden bei einem Böschungswinkel von max. 45° noch vorübergehend standsicher. In vernässten Böden sind die Böschungen ggf. weiter abzuflachen. Zum Witterungsschutz ist bei Bedarf eine Abdeckung der Böschungen mit Baufolie vorzunehmen. Bei nicht ausreichenden Platzverhältnissen ist die Baugrubensicherung z. B. mittels ausgesteiftem Kanaldielenverbau zu gewährleisten.

ANMERKUNG: In Verbindung mit einem mindestens 1m tief in die sehr gering durchlässigen bindigen Böden einbindenden, dicht schließenden Spundwandverbau kann ggf. auf die Errichtung eines Absperrdammes verzichtet werden. Das innerhalb des Verbaus eingeschlossene See- und Grundwasser kann dann in der o. g. Weise aufgenommen und abgeführt werden kann. Im Bereich lokaler Aussparungen im Verbau (z. B. Rohrdurchlässe) sind dann ergänzende Vakuumpülfiler zu setzen.

Die Baugrubenausschachtung ist mit einer Glattrandschaufel durchzuführen. Das freigelegte Erdplanum darf nicht unmittelbar befahren werden.

Die Baugrubensohle ist vom Gutachter abzunehmen. In Abhängigkeit von der erforderlichen Stärke des Gründungsbalkens liegt die Gründungssohle ggf. nahe der bindigen oder bereits in den bindigen Böden, so dass durch den Gutachter über die Notwendigkeit und Art einer Planumsstabilisierung (z. B. Einbau einer Schottertragschicht der Körnung 0/32 bzw. 0/45 mm) zu entscheiden ist.

Zur Baugrubenverfüllung sind ausschließlich die nichtbindigen (aufgefüllten und geogenen) Sande ohne organische Beeinflussung im erdfeuchten Zustand geeignet. Können keine ausreichenden Massen dieser Böden separiert und witterungsgeschützt

zwischengelagert werden, ist ein raum- und kornstabiler, nichtbindiger Füllsand der Bodengruppen SE, SW oder SU (max. 10 M.-% Feinkornanteil) nach DIN 18196 zu liefern. Der Einbau des Füllsandes ist lagenweise mit jeweils ca. 30 cm Schüttstärke vorzunehmen.

Die Einbaumaterialien (Natursand, Schotter) dürfen keine Störstoffe (z. B. Lehmklumpen, Holz, Wurzeln, etc.), Verunreinigungen und organische Beimengungen aufweisen und sind sorgsam vor Vernässungen zu schützen. Vernässte Böden dürfen nicht eingebaut werden bzw. sind wieder abzutragen und gegen geeignete erdfeuchte Bodenmassen auszutauschen.

Die Verdichtung ist so durchzuführen, dass keine unverträglichen Gefügestörungen der noch unterlagernden Schluffe hervorgerufen werden. Die einzelnen Lagen sind mit einer leichten Rüttelplatte kreuzweise auf $D_{Pr} \geq 100\%$ der einfachen Proctordichte zu verdichten. Der erreichte Verdichtungsgrad ist baubegleitend mittels Ausstechzylindern oder abschließend mittels Leichter Rammsondierungen zu belegen.

4 Schlusswort

Im Rahmen der Baudurchführung ist eine Abnahme der Abtrags-/Gründungssohle(n) sowie eine Material- und Verdichtungsprüfung der eingebauten Boden durch den Gutachter vorzunehmen.

Sollten sich aus planerischen oder anderen Gründen hinsichtlich der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen und Annahmen Änderungen ergeben oder bei der Bauausführung abweichende Boden- und Grundwasserverhältnisse angetroffen werden bzw. die Verhältnisse nicht eindeutig zugeordnet werden können, ist der Baugrundsachverständige umgehend zu informieren.

Prüftechnik ZDL GmbH



Dipl.-Geol. Ludger Lünne



Dipl.-Geol. Detlev Driemeier