

# **Neubau Technisches Zentrum LVB Betriebswerkstatt und Sandstrahlanlage**

**Aktualisierung Baugrundgutachten  
(Geotechnischer Bericht nach DIN 4020)**

Projekt-Nr.: **123224**

Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag von:  
**Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH**  
**Teslastr 2**  
**04347 Leipzig**

Dipl.-Ing. Thomas Merker, M.Sc. Susann Torfstecher

2020-11-11

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG ..... 6</b>
<b>2</b>	<b>UNTERSUCHUNGSGEBIET UND BAUAUFGABE..... 7</b>
2.1	Örtliche Situation, Morphologie..... 7
2.2	Anthropogene Beeinflussungen..... 7
2.3	Baufaufgabe..... 7
<b>3</b>	<b>DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN..... 8</b>
3.1	Felduntersuchungen..... 8
3.2	Bodenphysikalische Laboruntersuchungen ..... 8
<b>4</b>	<b>BAUGRUNDMODELL ..... 9</b>
4.1	Geologische Situation..... 9
4.2	Baugrundsichtung..... 9
4.3	Eigenschaften der Baugrundsichten ..... 10
4.4	Hydrogeologische Situation..... 12
4.4.1	Erkundete Grundwasseranschnitte..... 12
4.4.2	Recherche aus Langzeitmessstellen ..... 13
4.4.3	Hydrogeologische Verhältnisse und Bemessungswasserstände ..... 14
<b>5</b>	<b>GEOTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN..... 16</b>
5.1	Baugrundeignung ..... 16
5.2	Gründungsempfehlungen ..... 16
5.2.1	Betriebswerkstatt..... 16
5.2.2	Sandstrahlanlage ..... 17
5.3	Empfehlungen zur Auftriebssicherung ..... 18
5.4	Berechnungsgrundlagen ..... 19
<b>6</b>	<b>HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN ZUR BAUSAUSFÜHRUNG ..... 22</b>
6.1	Baugrube und Wasserhaltung ..... 22
6.2	Schutz- und Sicherungsmaßnahmen..... 23
6.3	Erdbeben..... 24
<b>7</b>	<b>HOMOGENBEREICHE ..... 25</b>
<b>8</b>	<b>WEITERE HINWEISE ..... 26</b>

## TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 4.1	Geotechnisches Normalprofil ..... 10
Tabelle 4.2	Zuordnung von Klassifikations- und Zustandskennzahlen zu den einzelnen Schichten 2020 ..... 11
Tabelle 4.3	Wasseranschnitte 2020..... 13
Tabelle 4.4	Grundwasserstände bis 2010, GWM 4640 1338 ..... 14
Tabelle 4.5	Bemessungswasserstände ..... 15
Tabelle 5.1	Berechnungskennwerte ..... 19
Tabelle 5.2	Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente ..... 20
Tabelle 5.3	Charakteristische Bruchwerte der Mantelreibung, verpresste Mikropfähle .... 21
Tabelle 7.1	Zuordnung Baugrundsichten zu Homogenbereichen ..... 25

## UNTERLAGEN

- [U1] Lageplan Technisches Zentrum Heiterblick, Schulz & Schulz Architekten GmbH, M 1:500, Datenübergabe am 25.08.2020
- [U2] Lageplan mit Eintrag verschiedener Medienleitungen, digitale Planübergabe LVB GmbH, 01.09.2019
- [U3] Entwurfsplanung der Betriebswerkstatt, Schnitt, Schulz und Schulz Architekten GmbH, 14.08.2020
- [U4] Baugrundgutachten Neubau Technisches Zentrum der LVB in Leipzig- Heiterblick, CDM Jessberger Leipzig GmbH, 22.01.2004
- [U5] Geotechnische Stellungnahme Nr. 076 086 von BAUGEO Ingenieurbüro für Baugrund und Geotechnik GmbH, 27.05.2008
- [U6] Geotechnische Stellungnahme von BAUGEO Baugrund Geotechnik GmbH, Auftriebs-sicherung unterkellelter Gebäudeteile - Randbedingungen für die Ausführung, 26.08.2011
- [U7] Interaktive Geologische Übersichtskarten des Freistaates Sachsen, LfULG
- [U8] Grundwasserstichtagsmessungen Mai 2017 Großraum Leipzig; Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz, 2017

## **ANLAGENVERZEICHNIS**

### **Anlage 1      Lagepläne**

Anlage 1.1      Übersichtslageplan, M 1 : 25.000

Anlage 1.2      Lage- und Aufschlusspläne, M 1 : 1.000

### **Anlage 2      Darstellung der Aufschlussergebnisse**

Anlage 2.1      Legende der Kurzzeichen

Anlage 2.2      Profildarstellungen der Rammkernsondierungen 2020

Anlage 2.3      Schichtenverzeichnisse

Anlage 2.4      Aufschlussergebnisse 2003

### **Anlage 3      Ergebnisse der bodenphysikalischen Untersuchungen**

### **Anlage 4      Homogenbereiche**

## **1        VERANLASSUNG**

Das Ingenieurbüro CDM Smith Consult GmbH erhielt von der LVB GmbH den Auftrag, das vorhandene Baugrundgutachten für das Technische Zentrum Heiterblick auf der Grundlage zusätzlicher Erkundungen und der gültigen Normungen zu aktualisieren. Es sind Gründungsempfehlungen für die Betriebswerkstatt und Sandstrahlanlage sowie Hinweise zur Auftriebssicherung zu geben.

## **2            UNTERSUCHUNGSGEBIET UND BAUAUFGABE**

### **2.1            Örtliche Situation, Morphologie**

Das Untersuchungsgebiet liegt im Nordosten von Leipzig. Das Gelände ist teilweise befestigt und mit Sträuchern, kleinen Bäumen und Gras bewachsen. Die genaue Lage des Untersuchungsgebietes ist den Anlagen 1.1 und 1.2 zu entnehmen.

Das Gelände ist relativ eben, die Geländehöhen liegen zwischen ca. 128 und 129 m ü NN.

### **2.2            Anthropogene Beeinflussungen**

Das Gelände des Technischen Zentrums Heiterblick wurde bis in die 40er Jahre des letzten Jahrhunderts als Flugzeugwerk genutzt und im zweiten Weltkrieg sehr stark bombardiert bzw. weitgehend zerstört. Im Untersuchungsgebiet sind daher lokal verfüllte Bombentrichter zu erwarten. Insbesondere im östlichen Randbereich des Untersuchungsgebietes und an den östlich angrenzenden Flächen sind nach [U4] noch mehrere Blindgänger zu erwarten.

Nach dem Kenntnisstand aus 2004 [U4] sind Bunkeranlagen im direkten Untersuchungsgebiet nicht zu erwarten.

Aufgrund der Nutzung des Geländes ist davon auszugehen, dass die Auffüllungen (S 1) lokal bis in größere Tiefen anzutreffen sind und diese lokal verunreinigt sein können.

### **2.3            Bauaufgabe**

Nach uns vorliegenden Projektangaben [U1] ist die Errichtung einer 120 m x 50 m großen Betriebswerkstatt geplant. Die Gründungssohlen der Baugruben der Betriebswerkstatt werden sich bei ca. 3,00 m u GOK (125,70 m NN) bzw. ca. 4,00 m u GOK (124,70 m NN) befinden. Die Streifenfundamente werden auf ca. 3,90 m u GOK (124,8 m NN) bzw. ca. 5,40 m u GOK (123,30 m NN) gegründet [U3].

Die Abmaße der zu errichtenden Sandstrahlanlage betragen ca. 22,80 m x 31,30 m. Die Gründungssohle der Fundamente liegt in einer Tiefe von ca. 1,90 m u GOK (126,80 m NN) [U3].

### **3 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN**

#### **3.1 Felduntersuchungen**

Im September 2020 wurden durch den büroeigenen Sondiertrupp vier Rammkernsodierungen mit Tiefen von 8 m niedergebracht. Ein Aufschluss wurde zu einer Grundwassermessstelle ausgebaut.

Die Anordnung der Rammkernsodierungen erfolgte auf der Grundlage der übergebenen Lagepläne [U1] und der Aufgabenstellung. Alle Aufschlüsse wurden vor Beginn der Sondierarbeiten durch einen Kampfmittelsuchdienst freigemessen

Die Sondierpunkte sind lage- und höhenmäßig eingemessen und im Lage- und Aufschlussplan Anlage 1.2 wiedergegeben. Als Bezugspunkt für die Höhen dienten Kanaldeckel im Untersuchungsgebiet [U2]. Die zeichnerische Darstellung der Sondierprofile nach DIN 4023 erfolgt in der Anlage 2.2.

Die Aufnahme der Ergebnisse der Rammkernsodierungen erfolgte vor Ort. Die Ansprache und Klassifikation des Bohrgutes entspricht DIN 4022, Teil I. Die Lockergesteinsproben wurden vor Ort in ordnungsgemäß beschriftete Probenbehältnisse verpackt und in das bodenphysikalische Labor bzw. in das Probenlager des AN geliefert.

#### **3.2 Bodenphysikalische Laboruntersuchungen**

Ergänzend zu den im Jahr 2003 durchgeführten Laboruntersuchungen wurden im September und Oktober 2020 in unserem Labor an ausgewählten Lockergesteinsproben entsprechend den gültigen Vorschriften folgende erdstoffphysikalische Kennwerte ermittelt:

- 3x Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1
- 2x kombinierte Sieb- und Schlämmanalysen nach DIN EN ISO 17892-4
- 1x Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung DIN EN ISO 17892-4
- 1x Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122



## **4 BAUGRUNDMODELL**

### **4.1 Geologische Situation**

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Leipziger Tieflandsbucht und ist regionalgeologisch einer saalekaltzeitlichen Grundmoränenplatte zuzuordnen. Dieser Bereich weist eiszeitliche Stauchungserscheinungen auf.

Entsprechend der Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 2003 sind im Untersuchungsgebiet unterhalb des Mutterbodens bzw. der Auffüllungen Ablagerungen des 2. saalekaltzeitlichen Grundmoränenvorstoßes zu erwarten. Dabei handelt es sich um Geschiebelehm/-mergel (S 2), welche Sandschichten bzw. sandige Partien (Schmelzwassersande) einschließen.

Unterhalb dieser Geschiebelehm/-mergelkomplexe folgen lokal glazifluviatile Sande und Kiese mit geringer Mächtigkeit. Diese Sande/Kiese werden wiederum von dem Geschiebelehm/-mergelkomplex des 1. saalekaltzeitlichen Grundmoränenvorstoßes unterlagert, welcher aufgrund seiner Tiefenlage nicht erbohrt wurde.

Unterhalb dieser Geschiebelehm/-mergel stehen ab einer Tiefe von ca. 12 m unter Gelände in einem Niveau von ca. 116,0 m NN glazifluviatile Vorschüttbildungen an, die ca. 12 m mächtig sind. Ab einer Teufe von ca. 99 m NN folgen den quartären Schichten die tertiären Sedimente.

### **4.2 Baugrundsichtung**

Die 2003 erkundete geologische Schichtung konnte durch die aktuell ausgeführten Aufschlüsse bestätigt werden.

Unter geringmächtigen Mutterboden (S 0) und Auffüllungen mit wechselnden Mächtigkeiten (S 1) stehen Geschiebelehm/-mergel an (S 2) mit überwiegend steifer und steifer bis halbfester Konsistenz an. Geschiebelehm/-mergel mit weicher Konsistenz wurden im Rahmen der Aufschlüsse 2020 nicht erkundet. Innerhalb der Schicht 2 sind erwartungsgemäß regellos Schmelzwassersande (S 3) verbreitet.

Unterlagert wird der Geschiebelehm/-mergel der Schicht S 2 von Vorschüttbildungen, bestehend aus Sanden und Kiesen des 1. Saalekaltzeitvorstoßes (Schicht S 4), die aufgrund ihrer Tiefenlage nicht erkundet wurden.

Nachfolgend werden in Tabelle 4.1 die Schichtmächtigkeiten, die das geotechnische Profil für das Untersuchungsgebiet bilden, dargestellt.

Tabelle 4.1 Geotechnisches Normalprofil

Schicht- mächtigkeit [m]	Klassifikation  DIN EN ISO 14688-1:2018-05	Schicht- Nr.
0 bis 0,1	<b>Mutterboden</b> (Schluff, sandig; Sand, schluffig, humos)	<b>S 0</b>
0 bis 0,3	<b>Auffüllung</b> Betonabbruch, Recyclingmaterial, lokal Straßenaufbau	<b>S 1.1</b>
0 bis 2,7	<b>Feinkörnige Auffüllung</b> (Schluff, feinsandig, schwach tonig, Wurzelreste, Metallreste, Ziegel, Glasreste, Mörtelreste)	<b>S 1.2</b>
0 bis 0,65	<b>Gemischtkörnige Auffüllung</b> (Schotter, sandig / Feinsand, stark schluffig)	<b>S 1.3</b>
0 bis 3,45	<b>Geschiebelehm/Geschiebemergel: weich, weich bis steif</b> (Schluff, sandig, tonig, feinkiesig, örtl. Sandlagen)	<b>S 2.1</b>
0 bis > 7,45	<b>Geschiebelehm/Geschiebemergel: steif, steif bis halbfest</b> (Schluff, sandig, tonig, feinkiesig, örtl. Sandlagen)	<b>S 2.2</b>
0 bis 2,0	<b>Schmelzwassersande</b> Fein-Mittelsande, schwach kiesig mit wechselnden Schluffanteilen, regellos innerhalb Schicht 2 verbreitet	<b>S 3</b>
0 bis 0,5	<b>Glazifluviale Vorschüttbildungen</b> (Mittel-Grobsande, kiesig, lokal schwach schluffig)	<b>S 4</b>

### 4.3 Eigenschaften der Baugrundsichten

Anhand der Laborversuche, Erfahrungswerten und unter Nutzung anerkannter Korrelationen werden nachfolgend in Tabelle 4.2 die Zustandskennzahlen der anstehenden Baugrundsichten angegeben.

Tabelle 4.2 Zuordnung von Klassifikations- und Zustandskennzahlen zu den einzelnen Schichten 2020

Schicht-Nr.	Kornverteilung	w	w <sub>L</sub> , w <sub>P</sub> , I <sub>p</sub>	I <sub>c</sub>
S 0 / S 1	-	-	-	0,5 bis 0,8
S 2.2	Anl. 4.1	0,125* bis 0,132* MW 0,128	0,278* 0,143* 0,135*	1,04* (steif-halbfest)
S 3	Anl. 4.1	-	-	-

Legende der Kurzzeichen:

nat. Wassergehalt	- w	Porenzahl	- e
Wassergehalt an Fließgrenze	- w <sub>L</sub>	Konsistenzzahl	- I <sub>c</sub>
Wassergehalt an der Plastizitätsgrenze	- w <sub>P</sub>	Laborwert	- *
Mittelwert	- MW	Handspezifizierung	- 1
Plastizitätsindex	- I <sub>p</sub>		

Die Ergebnisse der bodephysikalischen Laborversuche aus dem Jahr 2003 und damit die Klassifikations- und Zustandskennzahlen werden durch die aktuellen Aufschlussergebnisse vom September 2020 bestätigt.

**Verbale Kurzbeschreibung der einzelnen Schichten:**

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| S 0 - Mutterboden                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schluff, stark sandig bis Sand stark schluffig, mit einzelnen Kiesen, stellenweise humos</li> <li>- lockere Lagerung/steife Konsistenz</li> </ul>  |
| S 1 – Auffüllung<br>(S1.1 bis S 1.3) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schluff, stark sandig bis Sand stark schluffig vereinzelt Ziegelreste und Betonreste, lokal Straßenaufbau</li> <li>- Inhomogen zusammengesetzt mit wechselnden Mächtigkeiten lokal z.B. im Bereich verfüllter Bombentrichter größere Mächtigkeiten möglich</li> <li>- Vorhandensein von Gründungsresten und Fundamenten möglich</li> <li>- lokal stark aufweichungsgefährdet</li> <li>- lockere Lagerung/weiche-steife Konsistenz</li> <li>- Bodenklassifikation DIN18196: A+[SE/SU*, ST*/TL]</li> </ul> |

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| S 2 - Geschiebelehm-/mergel | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schluff, sandig, schwach kiesig, tonig</li> <li>- Angetroffene Konsistenz: steif, steif-halbfest (S 2.2)</li> <li>- stark aufweichgefährdet</li> <li>- schwach durchlässig (<math>k_f \approx 10^{-8}</math> m/s)</li> <li>- Bodenklassifikation nach DIN 18196: ST*/TL</li> <li>- Frostepfindlichkeitsklasse: F 3</li> </ul>   |
| S 3 - Schmelzwassersande    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mittel- und Feinsande, schwach kiesig, wechselnde Schluffanteile</li> <li>- lokale Verbreitung, unregelmäßig ausgebildet</li> <li>- teilweise schichtwasserführend</li> <li>- durchlässig bis schwach durchlässig (<math>k_f \approx 5 \cdot 10^{-5}</math> bis <math>10^{-7}</math>)</li> <li>- Bodenklassifikation nach DIN 18196: SE, SU bis SU*</li> <li>- Frostepfindlichkeitsklasse: F 1 bis F 3</li> </ul> |
| S 4 - Vorschüttbildungen    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mittel- und Grobsande, kiesig, örtlich schwach schluffig</li> <li>- nur lokal im Basisbereich der Bohrungen erkundet</li> <li>- durchlässig (<math>k_f \approx 10^{-4}</math> m/s bis <math>5 \cdot 10^{-5}</math> m/s)</li> <li>- Bodenklassifikation nach DIN 18196: SE/GE, SU/GU</li> <li>- Frostepfindlichkeitsklasse: F 1 bis F 2</li> </ul>   |

## 4.4 Hydrogeologische Situation

### 4.4.1 Erkundete Grundwasseranschnitte

In der nachfolgenden Tabelle 4.3 sind die Wasserstände der im Jahr 2020 sowie der im Jahr 2003 niedergebrachten Aufschlüsse im Bereich der Betriebswerkstatt aufgeführt.

Tabelle 4.3 Wasseranschnitte 2020

Aufschluss	Ansatzpunkt [m ü NN]	Wasseranschnitt [m u GOK]	Wasseranschnitt [m NN]	Bemerkungen
Ergebnisse 2020				
GWM RKS 1/20	128,49	4,90	123,59	GWL 1.3/1.4
	POK: 128,71	5,00	123,49	
RKS 2/20	128,48	5,45	123,03	GWL 1.3/1.4
RKS 3/20	128,58	k.A.	k.A.	-
RKS 3A/20	128,58	k.A.	k.A.	-
RKS 3B/20	128,58	5,50	123,08	GWL 1.3/1.4
RKS 4/20	128,98	5,50	123,48	GWL 1.3/1.4
Ergebnisse 2003				
RKS 19/03	128,33	4,55	123,78	GWL 1.3/1.4
RKS 20/03	128,85	4,75	124,10	GWL 1.3/1.4
RKS 21/03	128,50	4,43	124,07	GWL 1.3/1.4
RKS 22/03	128,99	4,88	124,11	GWL 1.3/1.4
RKS 23/03	128,74	0,50	128,24	Schichtenwasser
RKS 24/03	128,84	4,07	124,77	GWL 1.3/1.4
RKS 25/03	129,22	4,97	124,25	GWL 1.3/1.4

**Anmerkungen:** k.A. - kein Wasseranschnitt

Der für den Zeitpunkt der im Jahr 2020 ausgeführten Aufschlussarbeiten relevante, in einer Grundwassermessstelle ermittelte Wasserstand liegt bei 123,49 m NN und damit ca. 0,60 m unter den im Jahr 2003 gemessenen Wasserständen.

#### 4.4.2 Recherche aus Langzeitmessstellen

Zur Abschätzung des Grundwasserschwankungsbereiches wird auf eine Grundwassermessstelle des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie [U7] zurückgegriffen. Diese befindet sich an der Wodanstraße, 550 m nordöstlich des Untersuchungsgebietes. Die geologischen und morphologischen Randbedingungen sind mit denen im Bereich der Baumaßnahme vergleichbar. Da die angegebene Grundwassermessstelle jedoch seit 2012 seitens des LfULG nicht mehr beprobt wird, sind in der nachfolgenden Tabelle die Grundwasserstände bis 2012 aufgeführt.

Tabelle 4.4 Grundwasserstände bis 2010, GWM 4640 1338

Messstelle (GWM)	Messzeitraum	NW [m NN]	MW [m NN]	HW [m NN]	MHW [m NN]
4640 1338	1935 - 2012	122,83	125,24	127,52	125,68

Als Ersatzgrundwassermessstelle wurde die GWM RKS 1/20 errichtet, für die aufgrund des kurzen Beobachtungszeitraums keine Extremwerte angegeben werden können. In Bezug zu den ermittelten Werten der Grundwassermessstelle 4640 1338 kann der aktuell in der GWM RKS 1/20 ermittelte Grundwasserstand von 123,49 m NN als niedriger Mittelwasserstand eingeordnet werden.

#### 4.4.3 Hydrogeologische Verhältnisse und Bemessungswasserstände

Die Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet sind sehr komplex. Entsprechend der hydrogeologischen Recherche [U8], den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen und den Erfahrungen aus Baugrunduntersuchungen im näheren Umfeld sind die Schmelzwasser-sande bzw. sandigen Bereiche in dem Geschiebelehm-/mergelkomplex (S 3) meist wasserführend und bilden den oberen Grundwasserleiter 1.3/1.4. Die Ergiebigkeit insbesondere in den oberflächennahen Bereichen ist starken saisonalen Schwankungen unterworfen. Der Wasseran-drang ist abhängig von der Niederschlagsmenge und den jahreszeitlichen Verdunstungsgrößen und Einzugsgebietsgröße.

Im Liegenden der saalekaltzeitlichen Grundmoräne (S 2) ist mit den Kiesen und Sanden der Vorschüttbildungen (S 4) ein weiterer Grundwasserleiter 1.5 vorhanden. Dieser steht im Unter-suchungsgebiet nicht mit dem oberen Grundwasserleiter in hydraulischer Verbindung. Die Grundwasseroberfläche ist bei ca. 114 m NN und damit ca. 14 m unter Gelände zu erwarten und für die geplanten Baumaßnahmen nicht relevant.

Neben dem Grundwasser kann es aufgrund von versickernden Niederschlägen insbesondere innerhalb der Auffüllung S 1 sowie innerhalb der Geschiebelehme S 2 zur temporären Bildung von Stauwasser kommen. Infolge der unregelmäßigen Schichtung und des Wechsels durchlässiger und undurchlässiger Partien, können sich diese Wässer aus versickernden Niederschlägen bereits wenige Dezimeter unter der Geländeoberfläche bilden. Der Anfall und die Ergiebigkeit von Schichtwasser ist unmittelbar abhängig von der Niederschlagsmenge, der Verdunstungs-größe, der Oberflächenbefestigung, der Vegetation und der Einzugsgebietsgröße. Erfahrungsgemäß ist in der vegetationsarmen Jahreszeit (März/April), besonders nach der Schnee-schmelze verstärkter Schichtenwasseranfall zu erwarten.

Auf Grundlage der im Untersuchungsgebiet ermittelten Wasserstände sowie den Ergebnissen der Recherchen zu Langzeitmessstellen und den Grundwasserverhältnissen im Untersuchungsgebiet können im Analogieschluss die nachfolgenden Bemessungswasserstände abgeschätzt werden.

Tabelle 4.5 Bemessungswasserstände

Wasserstand	Wasserstand
<b>Grundwasserleiter 1.3/1.4 (Schicht S 3)</b>	
Höchstgrundwasserstand, $HGW_{(1935 - 2012)} + \text{Sicherheitszuschlag } 0,18\text{m}$	127,70 m NN
Hochgrundwasserstand, $HW_{(1935 - 2012)}$	127,52 m NN
Mittlerer Hochgrundwasserstand $MW_{(1935 - 2012)}$	125,68 m NN
Mittelgrundwasserstand, $MW_{(1935 - 2012)}$	125,24 m NN
Bauwasserstand $BW_{(01.07.2020)} + \text{Sicherheitszuschlag } 0,5\text{m}$	123,99 m NN
Aktueller Grundwasserstand $GW_{(01.07.2020)}$	123,49 m NN
Niedriggrundwasserstand, $NGW_{(1935 - 2012)}$	122,83 m NN
<b>Oberes Grundwasser, Stauwasser</b>	
Höchstgrundwasserstand, $HWG_{\text{Stauwasser}}$	128,5 m NN (geländegleich)

Für Maßnahmen zur Auftriebssicherung sind die Wasserstände des Grundwasserleiter 1.3/1.4 relevant. Der angegebene Höchstgrundwasserstand von 127,7 m NN basiert auf Beobachtungen des Grundwasserstandes seit dem Jahr 1963 zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von 0,18 m.

Für Maßnahmen des Bauwerksschutzes ist das Schichtenwasser, welches sich geländegleich bilden kann, zu berücksichtigen.

Aufgrund der Schwankungsbreiten des Grundwassers wird eine kontinuierliche Messung der Wasserstände im Vorfeld bzw. während der Baumaßnahme in dem vorhandenem Grundwasserspiegel empfohlen.

## **5 GEOTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN**

### **5.1 Baugrundeignung**

Der Mutterboden S 0 ist als Gründungsschicht für die geplante Baumaßnahme nicht geeignet. Bei der Gewinnung und Ablagerung dieser Schicht sind die Festlegungen der DIN 18 300 zu beachten.

Die Auffüllungen (S 1) sind im Untersuchungsgebiet in wechselnden Mächtigkeiten angetroffen worden. Diese sind als Gründungsschicht nicht geeignet und auszutauschen.

Die unterhalb der Schichten S 0 und S 1 überwiegend anstehenden gewachsenen bindigen Böden der Schicht S 2.2 mit steifer und steifer bis halbfester sowie die nichtbindigen Böden der Schicht S 3 sind als Gründungshorizont für die geplante Baumaßnahme geeignet. Die lokal anstehenden Geschiebelehme und -mergel der Schicht S 2.1 weicher bis steifer Konsistenz sind als Gründungshorizont für die geplante Baumaßnahme bedingt geeignet

Aufgeweichte und breiige Lockergesteinsbereiche in der Gründungszone sind generell zur Überbauung ungeeignet und vor Beginn der Gründungsmaßnahme zu entfernen

Der Aushub der Schichten S 2 und S 3 ist zur Rückverfüllung bedingt geeignet. Nach Entfernen weicher Partien können die Aushubmassen lagenweise verdichtet unterhalb gering belasteter Bereiche eingebaut werden. Dies setzt die Einhaltung optimaler Wassergehalte und ggf. die Bodenverbesserung durch Kalk oder andere stabilisierende Maßnahmen voraus.

Die Aushubmassen sind wasserempfindlich und vor Wasserzutritt geschützt zwischenzulagern.

### **5.2 Gründungsempfehlungen**

#### **5.2.1 Betriebswerkstatt**

Mit den aktuell durchgeführten Untersuchungen können die Gründungsempfehlungen aus dem Jahr 2004 [U4] bestätigt werden. Die Gründungen können grundsätzlich in der technologisch bedingten Gründungstiefe sowohl als Flachgründung auf Einzel- und Streifenfundamenten bzw. Gründungsplatten und -polstern als auch als Tiefgründung erfolgen. Für alle Bauwerksteile ist eine Mindestgründungstiefe von 1,0 m einzuhalten.



Im Horizont der Gründungssohle und im lastabtragenden Baugrundbereich stehen überwiegend die tragfähigen Geschiebelehme/-mergel der Schicht S 2.2 und Schmelzwassersande der Schicht S 3 Böden an.

Es wird generell empfohlen die Fundamente durch Grundbruch- und Setzungsberechnungen zu dimensionieren. Insbesondere in Bereichen erhöhter punktförmiger Lasteintragung (z.B. Hubvorrichtungen für Straßenbahnen, Maschinenfundamente) können sich größere Setzungsdifferenzen einstellen. In derartigen hochbelasteten Bereichen können zusätzliche Gründungsmaßnahmen (z.B. Bodenaustausch, Kurzpfähle, Tiefgründungen) erforderlich werden. Bei flachgegründeten Einzelfundamenten ist eine vertiefende Bewertung der Verformungsproblematik erforderlich.

Für die Gründung der Hallenfußböden können in Abhängigkeit von deren Nutzung und Belastung gründungstechnische Zusatzmaßnahmen (Bodenaustausch/Gründungspolster, Bodenstabilisierung durch Bindemittel) erforderlich werden, diese sind unter Punkt 5.4 beschrieben.

### **5.2.2 Sandstrahlanlage**

In dem Bereich der Sandstrahlanlage wurden durch die Aufschlussarbeiten im September 2020 feinkörnige sowie gemischtkörnige Auffüllungen (S 1.1, S 1.2 und S 1.3) mit Schichtmächtigkeiten von insgesamt 0,9 m bis 3,7 m erkundet. Im Horizont der Gründungssohle und im lastabtragenden Baugrundbereich stehen somit Auffüllungen an. Eine Gründung innerhalb der Auffüllungen ist nicht möglich. Für eine Flachgründung auf Einzel- und Streifenfundamenten bzw. die Gründung mittels Gründungsplatten wird daher ein Bodenaustausch der anstehenden Auffüllungen mit einem geeigneten tragfähigen Material bis auf den Geschiebelehm-/mergelhorizont erforderlich. Generell ist für alle Bauwerksteile ist eine Mindestgründungstiefe von 1,0 m einzuhalten.

Für die Bodenaustauschmaßnahme ist ein gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material (z.B. Kiessand) zu verwenden. Der Einbau hat lagenweise zu erfolgen. Die Lagenstärke ist abhängig vom verwendeten Mineralstoffgemisch und einzusetzendem Verdichtungsgerät und sollte ca.  $d \leq 0,30$  m betragen. Die Verdichtungsgeräte müssen auf die eingebauten Materialien/Dicken abgestimmt werden. Es ist ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100$  % nachzuweisen.

### 5.3 Empfehlungen zur Auftriebssicherung

Mit der geplanten Gründungstiefe binden Bauwerke bzw. Bauwerksteile in das Grundwasser ein. Maßnahmen zur Auftriebssicherung werden erforderlich. Für den Nachweis der Auftriebssicherheit ist der Bemessungswasserstand des Grundwasserleiters 1.3/1.4 bei 127,7 m NN relevant.

Zur Herstellung der Auftriebssicherheit von Bauwerksbereichen sind prinzipiell folgende Maßnahmen ausführbar:

- statisch konstruktive Anbindung auftriebgefährdeter Bereiche an die vorhandene Baukonstruktion
- Erhöhung des Eigengewichtes der Bauwerkssohle
- Vorsehen von Flutungsöffnungen in der Bauwerkssohle
- Herstellung einer Sicherheitsdränge
- Rückverankerung der Bauwerkssohle

Ist eine Anbindung auftriebgefährdeter Bereiche an die vorhandene Baukonstruktion bzw. die Erhöhung des Eigengewichtes nicht möglich bzw. ausreichend, werden zur Auftriebssicherung die Herstellung einer Sicherheitsdränage oder die Rückverankerung der Bauwerkssohle empfohlen.

#### Sicherheitsdränage

Der Abbau eines Wasserdrucks kann durch die Herstellung einer Sicherheitsdränage erfolgen. Die Dränagen sind unterhalb des Sohlniveaus der Bodenplatte herzustellen und eine umlaufende Ringdränage anzuschließen. Es sind spülbare Kontroll- und Pumpschächte anzulegen.

#### Auftriebssicherung durch Mikropfähle

Die Auftriebssicherheit kann auch durch Rückverankerung der Bauwerkssohle mittels Mikropfählen erfolgen. Bei Mikropfählen handelt es sich um Pfähle mit vergleichsweise geringem Durchmesser von ca. 0,30 m. Zur Herstellung von Mikropfählen wird zunächst eine Bohrung abgeteuft. In diese wird ein durchgängiges Tragglied eingebracht, welches dem Mikropfahl als Bewehrung dient. Nach dem Einbringen des Traggliedes wird das Bohrloch mit Zementmörtel verfüllt bzw. verpresst. Hierdurch wird die Kraftübertragung zum umgebenden Baugrund hergestellt. Der Lastabtrag erfolgt über die Mantelreibung. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit kann der Pfahl im Bereich der Krafteinleitungslänge nachverpresst werden.

## 5.4 Berechnungsgrundlagen

### Charakteristische Rechenwerte

Erdstatischen Berechnungen können auf Grundlage der Laborergebnisse und von Erfahrungswerten die nachfolgenden Berechnungskennwerte zu Grunde gelegt werden.

Tabelle 5.1 Berechnungskennwerte

Parameter	Geschiebelehm/ -mergel weich, weich - steif S 2.1	Geschiebelehm/ -mergel steif, steif - hal- bfest S 2.2	Schmelzwas- sersande S 3	Glazifluviatile Bildungen, nichtbindig S 4
Feuchtwichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20,5	21	19	19
Wichte unter Auftrieb $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	10,5	11	11	11
Innerer Reibu- ngswinkel $\phi$ [°]	28	29	33	35
Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10	15	0	0
Steifemodul ES [kN/m <sup>2</sup> ]	15	30	30	50

### Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für Flachgründungen in S 2 und S 3

Grundsätzlich werden für die Gründungskörper Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019 auf der Grundlage des Baugrundmodells mit den tatsächlichen Fundamentabmessungen und den vorhandenen Lasten empfohlen, da dies zu wirtschaftlicheren Fundamentabmessungen führt. Grundbruchnachweise sind mit den unteren charakteristischen Werten durchzuführen. Setzungsberechnungen sollten, um einen Überblick über die Schwankungsbreite der wahrscheinlichen Setzungen und über mögliche Setzungen zu erlangen, mit beiden Grenzwerten durchgeführt und anschließend bewertet werden.

Für die Vorbemessung der Gründung wird in der nachfolgenden Tabelle 5.2 der Bemessungswert des Sohlwiderstandes in Anlehnung an die DIN 1054: 2010-12 für die Gründung auf dem Geschiebelehm/-mergel (S 2) dargestellt.

Tabelle 5.2 Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
	steif bis halbfest
0,5	200
1,0	245
1,5	280
2,0	320

mit b bzw. b' von 0,50 bis 2,00 m

Diese Werte gelten für eine Gründung innerhalb der Schicht S 2 sowie für das Gründungspolster, welches bis auf den Horizont der Schicht S 2 reichen.

Die Sohldruckbeanspruchung darf senkrecht oder geneigt angreifen, jedoch muss die Neigung der resultierenden Beanspruchung die Bedingung  $\tan \delta = H/V < 0,2$  einhalten.

Die Anwendung der in Tabelle 5.2 aufgeführten Werte kann bei mittig belasteten Fundamenten zu Setzungen von 2,0 bis 4,0 cm führen.

Bei Fundamentenbreiten von  $2,0 \text{ m} < b_B \leq 5,0 \text{ m}$  ist eine Verminderung um 10 % je Meter der zusätzlichen Fundamentbreite vorzunehmen.

### Bettungsmodul

Der Bettungsmodul ist kein baugrundspezifischer Parameter, da neben den Steifemoduli der Einzelschichten auch geometrische Abhängigkeiten von den Bauwerksgrundrissen und den Bodenpressungen als maßgebliche Größen bestehen.

Für Vorbemessungen kann der vertikale Bettungsmodul mit Hilfe einer Setzungsberechnung und einer charakteristischen Bauwerksabmessung und Bodenpressung nach DIN 4018 abgeschätzt werden.

Im Interesse einer optimalen Konstruktion wird empfohlen, die Angaben zu den anzusetzenden Bettungsmoduli nach Vorliegen genauer Planungsvorstellungen in Zusammenarbeit Baugrundgutachter/Planer zu erarbeiten.

### Pfahlmantelreibung Mikropfähle

Für Vorbemessungen kann der charakteristische Pfahlwiderstand  $q_{s1,k}$  für verpresste Mikropfähle auf Grundlage von Erfahrungswerten entsprechend der EA-Pfähle entsprechend der nachfolgenden Tabelle 5.3 ermittelt werden.

Tabelle 5.3 Charakteristische Bruchwerte der Mantelreibung, verpresste Mikropfähle

Schicht	Bruchwert $q_{s1,k}$ der Pfahlmantelreibung [kN/m²]
Auffüllung, S 1	-
Geschiebelehm/Geschiebemergel, S 2	95
Schmelzwassersande, S 3	
Vorschüttbildungen, S 4	200

Die Herstellung der verpressten Mikropfähle hat entsprechend DIN EN 14199 zu erfolgen. Es wird die Ausführung von Probelbelastungen erforderlich, in deren Ergebnis ggf. auch höhere Werte nachweisbar sind. Auf Probelbelastungen kann nur verzichtet werden, wenn Ergebnisse aus vergleichbaren Probelbelastungen vorliegen und diese übertragbar sind. Dies ist durch einen Sachverständigen für Geotechnik zu prüfen. Probelbelastungen können an Versuchs-Mikropfählen oder Bauwerks-Mikropfähle ausgeführt werden. Für Zugpfähle sind 2 für die ersten 25 Mikropfähle und jeweils 1 für die nächsten 25 Mikropfähle zu prüfen.

Bei einer Einbindung der Zugpfähle bis in den Horizont der Vorschüttbildungen sind zwingend ergänzende Baugrunduntersuchungen bis in die Tiefenlage dieser Schicht erforderlich.

## 6 HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN ZUR BAUSAUSFÜHRUNG

### 6.1 Baugrube und Wasserhaltung

Bei der Herstellung von Baugruben ist die DIN 4124 zu beachten. Ohne rechnerischen Nachweis ist bei temporären kurzzeitigen Böschungen ohne Wasserandrang innerhalb der Auffüllung und den Böden der Schichten S 3 eine Böschungsneigung von  $\beta \leq 45^\circ$  und innerhalb der Geschiebemergel (S 2) bei mindestens steifer Konsistenz eine Böschungsneigung von  $\beta \leq 60^\circ$  zulässig. Bei Böschungshöhen  $> 5$  m ist entsprechend DIN 4124 die Standsicherheit nachzuweisen. Die Böschungen sind vor Witterungseinflüssen und Frost zu schützen.

Als Verbau ist eine Trägerbohlwand (Berliner Verbau) gemäß DIN 4124 Punkt 8.2 gut geeignet. Gleichfalls ist der Einsatz von Spundwänden möglich, die nach der Herstellung der Baumaßnahme wieder gezogen werden.

Die Baugruben können nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen teilweise wasserführende Schichtenwasserleiter erschließen. In die Baugrube fließende Niederschlags- oder Schichtenwässer sind nach gegenwärtigem Kenntnisstand mit einer offenen Wasserhaltung beherrschbar. Erst ab einem Horizont von ca. 124,0 m NN ist mit einem verstärktem Schichtenwasserandrang zu rechnen, so dass dann ggf. geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen in Form von Vakuumnadelfilterbrunnen erforderlich werden.

Es ist zu berücksichtigen, dass das Auftreten und die Wasserführung lokaler Schichtenwasserhorizonte in den pleistozänen Geschiebemergeln stark von Jahreszeit und Niederschlagslage abhängig ist. Bei Vorsehen einer offenen Wasserhaltung kann es insbesondere während der Herstellung der Baugrube zu Austritten von Bodenwässern aus den Böschungen kommen. Gegen Erosionserscheinungen sind dann Vorkehrungen, wie z. B. Filterkiesaufschüttungen auf Geotextilien, Abflachen der Böschungen zu treffen. Bei lokal stärkerem Schichtenwasserandrang können dann auch oberhalb 124,0 m NN geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen (Vakuumfilterbrunnen) erforderlich werden. Die Notwendigkeit dieser Maßnahme wird nach gegenwärtigem Kenntnisstand als gering eingeschätzt.

Über den Umfang der Maßnahmen ist auf Grundlage der örtlichen Verhältnisse bei Ausführung der Arbeiten zu entscheiden.

Aufgrund der angetroffenen Wasserstände ist bei Aushubtiefen tiefer 124,0 m NN der Einsatz von nahezu wasserundurchlässigen Spundwänden als Baugrubensicherung zu empfehlen.

## 6.2 Schutz- und Sicherungsmaßnahmen

### Bauwerksschutz

Bei der geplanten Gründungskonzeption werden Bauwerksteile in temporär wasserführende Schichten einbinden. Es sind Maßnahmen zum Schutz gegen drückendes Schichtenwasser erforderlich. Eine Ausführung der Wartungsgruben als „Weiße Wanne“ ist zu empfehlen.

### Nachbarbebauung

Bei Aushubarbeiten in der Nähe zu vorhandenen baulichen Anlagen ist die DIN 4123 zu beachten.

### Planumssicherung

Der Baugrund der Schicht S 2 ist stark aufweichgefährdet und geht bei Feuchtigkeitszutritt und mechanischer Beeinflussung in einen weich-breiigen Zustand über. Derartige Bereiche sind keinesfalls zu überbauen.

Es werden daher folgende Empfehlungen gegeben:

- Den Baugrubenaushub vorerst bis zum Horizont Rohplanum (ca. 30 cm über endgültiger Aushubsohle) auszuführen. Das Gründungsplanum erst unmittelbar vor der Baugrubenabnahme und Betonierbeginn freizulegen.
- Das Aushubplanum ist sofort nach dessen Herstellung mit einer Magerbetonschicht zu sichern.
- Die Aushub- und Gründungsarbeiten haben zügig hintereinander zu erfolgen.
- Es ist eine wirksame Wasserhaltung vorzusehen.
- Die Aushubarbeiten sind möglichst zu niederschlagsarmen Jahreszeiten und außerhalb von Frostperioden auszuführen.

Sollten dennoch weich-breiige Partien in Höhe oder unter der Gründung anstehen, sind diese auszukoffern und durch Magerbeton bzw. gut verdichtbaren Boden ( $D_{Pr} > 100\%$ ) zu ersetzen.

### **6.3 Erdbeben**

Entsprechend DIN 4149:2005-04 wird das Untersuchungsgebiet der Erdbebenzone 0 zugeordnet. In dieser Erdbebenzone ist die Belastung so gering, dass keine nennenswerten Schäden auftreten.

Ein rechnerischer Nachweis oder das Vorsehen konstruktiver Sicherungsmaßnahmen wird bzgl. des Lastfalls Erdbeben nicht erforderlich.



## 7 HOMOGENBEREICHE

Für die einzelnen Gewerke können die nachfolgenden Homogenbereiche angegeben werden.

Tabelle 7.1 Zuordnung Baugrundsichten zu Homogenbereichen

Baugrundsicht	Homogenbereich E, Erdbau DIN 18300	Homogenbereich B, Bohrarbeiten DIN 18301	Homogenbereich Ramm- Rüt- tel- und Pressarbeiten DIN 18304
S1.1, S 1.2, S 1.3	Homogenbereich E.I	Homogenbereich B.I	Homogenbereich R.I
S 2, S 3	Homogenbereich E.II	Homogenbereich B.II	Homogenbereich R.II

Die maßgebenden Eigenschaften und Kornbänder der Homogenbereiche sind in der Anlage 4 dargestellt.

**8 WEITERE HINWEISE**

Das vorliegende Gutachten ist projektbezogen und darf nicht als Bemessungsgrundlage für andere Baumaßnahmen verwendet werden.

Aufgrund der ehemaligen Geländenutzung und den daraus resultierenden Beeinflussungen sind baubegleitende Maßnahmen zur Kampfmittelsuche erforderlich. Weiterhin kann das Vorhandensein unterirdischer Schutzeinrichtungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Die gegebenen inhomogenen geo- und hydrogeologischen Verhältnisse erfordern eine kontinuierliche Überwachung der Aushub- und Gründungsarbeiten durch ein qualifiziertes geotechnisches Ingenieurbüro. Die Baugruben sind durch dieses vor Betonierbeginn der Fundamente abzunehmen. Im Bereich zu errichtender Verkehrsflächen ist der Nachweis einer ausreichenden Verdichtung bzw. Tragfähigkeit zu erbringen. Das Ingenieurbüro CDM Smith Consult GmbH bietet hierzu seine Unterstützung an.

CDM Smith Consult GmbH  
2020-11-11



i.V. Dipl.-Ing. Thomas Merker

erstellt:



i.A. M.Sc. Susann Torfstecher