
**BV Betriebshof Regiobus Mittelsachsen GmbH
in 09230 Hartmannsdorf, Mühlauer Straße/
Schönaicher Straße
Baugrunderkundung
und Gründungsempfehlungen**

Auftraggeber: Regiobus Mittelsachsen GmbH,
Altenburger str. 52, 09648 Mittweida

Auftragnehmer: BIUG GmbH
09599 Freiberg, Weisbachstraße 6

BIUG-Auftragsnummer: 15176-03-24

Bearbeiter: Dipl.-Ing. R. Dietze,
Dipl.-Geol. U. Hoffmann

Freiberg, 15.05.2024



Dipl.-Ing. J. Seiffert
Geschäftsführer
vom Sächsischen Oberbergamt
anerkannter Sachverständiger
für Geotechnik



Dipl.-Ing. R. Dietze
bei der Ingenieurkammer ö.b.u.v. Sachverständiger
für Erdbau, Grundbau, Felsbau

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Veranlassung	5
2. Arbeitsunterlagen	5
3. Lage des Baugeländes	6
4. Bauvorhaben	6
5. Beschreibung der Baugrundverhältnisse	7
5.1. Geologie	7
5.2. Aufschlüsse	7
5.3. Baugrundaufbau	9
5.4. Hydrogeologische Situation, Betonaggressivität	10
6. Bodenmechanische Kennwerte	10
6.1. Bodenmechanische Laborversuche	10
6.2. Bodenmechanische Feldversuche	11
6.3. Berechnungskennwerte	12
6.4. Einteilung in Homogenbereiche	13
7. Baugrundbeurteilung	13
7.1. Tragfähigkeit	13
7.2. Aufweichungsgefahr	14
7.3. Frostgefährdung	14
7.4. Durchlässigkeit des Untergrundes	14
8. Bewertung des Untergrundes im Hinblick auf mögliche Schadstoffbelastungen	14
8.1. Ziel der Untersuchungen	14
8.2. Entnahme und umweltgeotechnische Charakterisierung der Proben	15
8.3. Bewertung der Untersuchungsergebnisse	16
9. Gründungsempfehlungen, Tragschichtaufbau	17
9.1. Gebäude, Bauwerke	17
9.2. Verkehrsflächen	18
10. Hinweise zur Herstellung und Sicherung der Baugrube	19
11. Trockenhaltung, Abdichtung	19
12. Zusammenfassung	19

Anlagenverzeichnis

15176-03-24/01	Territoriale Einordnung M 1 : 10 000
15176-03-24/02.1	Lage- und Höhenplan mit Aufschlüssen M 1 : 500
15176-03-24/02.2	Lageplan Neubebauung mit Aufschlüssen ohne Maßstab
15176-03-24/03	Profile der Bohrungen, Rammkern- und Rammsondierungen Bl. 1 RKS 3, RKS 1, DPH 1, RKS 2, RKS 4 Bl. 2 RKS 5, DPH 3, RKS 9, RKS 6 Bl. 3 RKS 7, DPH 2, RKS 8
15176-03-24/04	Protokolle der Rammsondierungen (DPH)
15176-03-24/05	Schnittdarstellung A-A M L 1 : 500, H 1 : 100
15176-03-24/06	Bestimmung der Steifezahl E_s aus schweren Rammsondierungen (DPH)
15176-03-24/07	Körnungslinien, Konsistenzgrenzen
15176-03-24/08	Prüfbericht GBA Nr. 2024P42314 / 1 (Boden)
15176-03-24/09	Ergebnisse chemischer Untersuchungen an Bodenmischproben im Vergleich mit Bewertungskriterien
15176-03-24/10	Betonaggressivität von Grundwasser GBA Nr. 2024P42168 / 1

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild mit Umriss Baugelände (Quelle: google earth)	6
Abbildung 2: Blick nach Norden auf die Sondierpunkte RKS 1 und DPH 1	8
Abbildung 3: Blick nach Süden auf die Sondierpunkte RKS 2 und DPH 1	8
Abbildung 4: Blick von SW auf die Sondierpunkte RKS 7, DPH 2 und RKS 8	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	11
Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte	12
Tabelle 3: Kennwerte für die Homogenbereiche	13
Tabelle 4: Beschreibung der für die chemischen Analysen ausgewählten Einzelproben	15
Tabelle 5: Setzungen bei angenommenen Bodenpressungen	17

1. Veranlassung

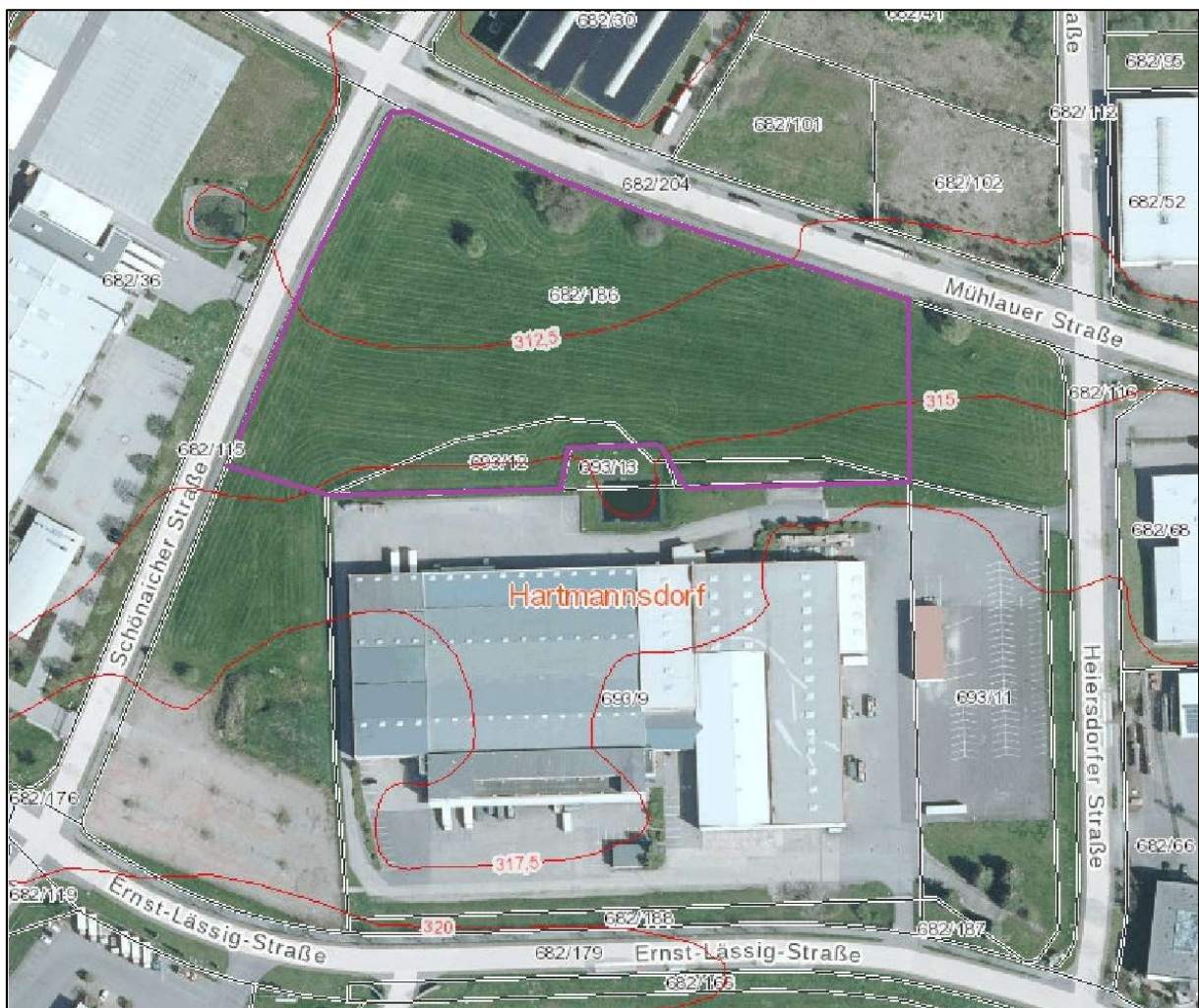
Mit dem Schreiben vom 21.03.2024 wurde die BIUG GmbH von der Regiobus Mittelsachsen GmbH gemäß Angebot vom 21.03.24 beauftragt, für den Neubau eines Betriebshofes in Hartmannsdorf ein Baugrundgutachten zu erstellen.

2. Arbeitsunterlagen

- [U1] Geologische Karte von Sachsen, Sektion Hohenstein Nr. 95 M 1 : 25 000 von 1877
- [U2] Topographische Karte M 1 : 10 000 Nr. 38-B-c-1 Burgstädt S, Ausgabe 1991, Stand 1989
- [U3] BV Erweiterung KOMSA AG in Hartmannsdorf, Niederfrohaer Weg 1, Hochregallager, Haus der Dienstleistungen und Verbinderbau, Ergänzende Baugrunderkundung und Gründungsempfehlungen Nr. 11544-09-14 vom 06.11.2014, BIUG GmbH
- [U4] BV Erweiterung KOMSA AG in Hartmannsdorf, Niederfrohaer Weg 2, Lagerhalle BigStorage Ergänzende Baugrunderkundung und Gründungsempfehlungen Nr. 13190-09-18 vom 02.11.2018, BIUG GmbH
- [U5] Leitungsauskünfte der Medienträger: Telekom AG, Mitnetz, RZV Glauchau, AZV Chemnitz/ Zwickauer Mulde, inetz, SAT-Kabel GmbH vom 22.-26.03.2024
- [U6] Entwurf Bebauungsplan Betriebshof Regiobus Mittelsachsen GmbH in Hartmannsdorf, Ingenieurbüro Kreuz, Mittweida
- [U7] BV Hartmannsdorf, Mühlauer Straße, Neubau Omnibusbetriebshof, Lage- und Höhenplan M 1 : 500 vom 10.04.2024, Vermessungsbüro Ingenieurbüro Wuttke, Chemnitz
- [U8] Schichtenverzeichnisse und 48 gestörte Bodenproben von 9 Rammkernsondierungen bis in Tiefen von 4,0 m und 6,0 m, Protokolle von 3 Rammsondierungen bis in 6,0 m Tiefe vom 23.04.2024, Planungsbüro H-E-Kirchner, Dresden
- [U9] 1 Körnungslinie und 3 Konsistenzgrenzen von Bodenproben, BIUG GmbH
- [U10] Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV) vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598), geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 186)

3. Lage des Baugeländes

Das vorgesehene Baugelände befindet sich innerhalb des Industrie- und Gewerbegebietes nordwestlich der Ortslage 09230 Hartmannsdorf, an der Mühlauer Straße/Schönaicher Straße, auf den Flurstücken 682/186 und 693/12 (siehe Abb. 1 und Anlagen 15176-03-24/01 und /02). Das Gelände besteht aus Rasenfläche mit einzelnen Gehölzen am nördlichen Rand. Die Rasenfläche fällt im Bereich des Baugeländes von 315 m NHN im Süden auf ca. 311,1 m NHN nach Norden ein.



- Gebäude „Sozialbau“ - zweigeschossig
- Gebäude „Werkstatt mit Wasch- und Pflegehalle“
- Fahrbahn- und Rangierflächen auf dem Betriebshof
- Tankstelle.

Die mögliche Lage der Grundflächen der Gebäude gemäß Vorplanung ist aus Anlage 15176-03-24/02.2 ersichtlich.

5. Beschreibung der Baugrundverhältnisse

5.1. Geologie

Das Untersuchungsgelände befindet sich im westlichen Teil des Granulitgebirges.

Im Bereich des Untersuchungsgebietes steht unter den pleistozänen Ablagerungen aus Lößlehm Geschiebelehm der Elsterkaltzeit an. Örtlich können im Löß- und Geschiebelehm auch Glazialsande eingelagert sein. Die eiszeitlichen Sedimente überdecken das Granulitgebirge. Der kompakte Granulitfels wird von einer Verwitterungsschicht aus Gesteinszersatz überdeckt.

5.2. Aufschlüsse

Am 23.04.2024 wurden nach Vorgabe von BIUG von der Fa. Planungsbüro H-E-Kirchner insgesamt 9 Rammkernsondierung bis in 4,0 m und 6,0 m Tiefe sowie 3 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) bis in 6 m Tiefe niedergebracht.

Die Bezeichnung und Lage der Aufschlüsse ist aus Anlage 15176-03-24/02 ersichtlich. Die Höhen der Ansatzpunkte wurden aus dem Lage- und Höhenplan [U7] entnommen.



Abbildung 2: Blick nach Norden auf die Sondierpunkte RKS 1 und DPH 1



Abbildung 3: Blick nach Süden auf die Sondierpunkte RKS 2 und DPH 1



Abbildung 4: Blick von SW auf die Sondierpunkte RKS 7, DPH 2 und RKS 8

5.3. Baugrundaufbau

Die Profile der Rammkernsondierungen und der Rammsondierungen sind in Anlage 15176-03-24/03 enthalten. Die Baugrundsituation wurde in Anlage 15176-03-24/05 in einem Schnitt dargestellt.

Im Baugelände wurde folgende Bodenschichtung angetroffen:

Schicht 1.1: Mutterboden bis in Tiefen zwischen 0,1 m und 0,5 m,

Schicht 1.2: Auffüllung aus Lößlehm mit Schlackeanteilen (in steifer Konsistenz bis in 2 m Tiefe, nur in RKS 9),

Schicht 1.3: Schluff, feinsandig (Lößlehm) bis in Tiefen zwischen 1,7 m und 4,0 m,

Schicht 2.1: Ton, schluffig, feinsandig in steifer Konsistenz bis in 3,25 m Tiefe (nur bei RKS 1),

Schicht 2.2: Schluff, feinsandig (Geschiebelehm) in steifer Konsistenz, bis in Tiefen zwischen 3,7 m und 6,0 m,

Schicht 3: Verwitterungslehm-Gesteinszersatz ab 3,0 m bis zur Endtiefe bzw. unterhalb 310 m NHN (Granulitzersatz, nur in RKS 3 und RKS 5).

Die Festgesteinsoberkante des Granulits ist ausgehend von umliegenden Bohrungen in Tiefen ab 13 m zu erwarten.

5.4. Hydrogeologische Situation, Betonaggressivität

In den Sondierungen wurde Grund- oder Schichtenwasser in Tiefen von 2,2 m (RKS 1) und 3,8 m (RKS 3) angebohrt. Nach Bohrende stieg der Wasserstand in RKS 3 dann bis auf -1,0 m unter Gelände an. Es handelt sich überwiegend um Schichtenwasser in Lehm mit sandigen Anteilen, in RKS 5 und RKS 6 wurde kein Wasser angetroffen.

Es wird von einer Grundwasserfließrichtung von S nach N ausgegangen. Der maximale Grundwasserstand wird demnach am Nordrand des Baugeländes bei ca. 1,0 m unter Gelände bzw. bei 310,7 m NHN angesetzt. Im nördlichen Bereich befinden sich auch 3 Schächte einer Dränageleitung (siehe Anlage 15176-03-24/02.1). Eine Wasserprobe aus RKS 1 und RKS 6 wurde im analytischen Labor im Hinblick auf betonangreifende Bestandteile untersucht. Der Prüfbericht ist in Anlage 15176-03-24/10 enthalten. Demnach ist das Wasser aufgrund des Gehaltes an kalklösender Kohlensäure (23 mg/l) leicht betonangreifend und nach DIN 4030-1 mit der Expositionsklasse XA1 zu klassifizieren.

6. Bodenmechanische Kennwerte

6.1. Bodenmechanische Laborversuche

Im Zuge des vorliegenden Gutachtens wurden von typischen Bodenproben aus dem Lößlehm, Geschiebelehm und Verwitterungslehm die Konsistenzgrenzen und Wassergehalte ermittelt. Außerdem wurde die Kornverteilung des Lößlehmes untersucht.

Tabelle 1: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Bodenprobe	RKS 1/ B2	RKS 1/ B5	RKS 3/ B5
Herkunft	Lößlehm	Geschiebelehm	Verwitterungs- lehm/Granulitzersatz
Tiefe [m]	0,2 – 1,7	4,0 – 5,5	2,9 – 4,0
Steine [%]	-	-	-
Kieskorn [%]	1	-	-
Sandkorn [%]	13	-	-
Feinkorn [%]	86	-	-
Wassergehalt w [%]	21,66	26,70	19,84
Fließgrenze w_L [%]	30,59	49,07	30,10
Ausrollgrenze w_p [%]	20,48	23,67	20,67
Plastizitätszahl I_p [%]	10,11	25,39	9,43
Konsistenzzahl I_c	0,88	0,88	1,09
Konsistenz	steif	steif	halbfest
Bodenansprache nach DIN 18196	Ton, leicht plastisch TL	Ton, mittel plastisch TM	Ton, leicht plastisch TL-SU*

6.2. Bodenmechanische Feldversuche

Mit den durchgeführten schweren Rammsondierungen (DPH) wurde die Lagerungsdichte des Lockergesteins bis in 6,0 m Tiefe erkundet.

Mit den in der Rammsondierung (DPH) ermittelten Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe können Lagerungsdichte und Tragfähigkeit des Untergrundes abgeschätzt bzw. beurteilt werden.

Nach DIN 4094 kann aus Rammsondierungen für bestimmte Bodenarten (enggestufter Sand und leicht- bis mittelplastischer Ton) in Abhängigkeit von der Auflast und der Tiefenlage die Steifezahl E_s als Ausdruck der Tragfähigkeit abgeleitet werden.

Der Lößlehm und der Geschiebelehm sind hierbei dem leicht- bis mittelplastischen Ton zuzuordnen (TL-TM) und der Gesteinszersatz in einem Zwischenbereich zwischen TL-TM und dem enggestuften Sand (SE).

Die Protokolle der Rammsondierungen sind in Anlage 15176-03-24/04 enthalten.

In Anlage 15176-03-24/06 sind die aus den Schlagzahlen der Rammsondierung abgeleiteten Steifezahlen E_s in Abhängigkeit von der Gründung dargestellt worden.

6.3. Berechnungskennwerte

Für die einzelnen angetroffenen Bodenschichten, lassen sich anhand von einschlägiger Fachliteratur, aus Ergebnissen der Labor- und Feldversuche und aus Erfahrungswerten die Bodenkennwerte abschätzen. In der nachfolgenden Tabelle 2 wurden für die jeweiligen Schichten die Kennwerte zusammengestellt.

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte

Boden- gruppe	Boden- klasse (DIN 18300)	Boden- klasse (DIN 18300- 2015)	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	k_f [m/s]
Schicht 1.2+1.3: Lößlehm (TL-TM) steif-halbfest	4	A	20	10	27,5	5..7	8...22	10 ^{-8...-9}
Schicht 2: Geschie- belem (TM)	4	A	20	10	27,5	5	10..30	10 ^{-8...-9}
Schicht 3: Verwitte- rungslehm/ Ge- steinszersatz Zv (TL-SU*)	4	B	21	11	28..32	10..15	20...40	10 ^{-7...-9}

E_s bedeuten:

- γ = Wichte
- γ' = Wichte unter Auftrieb
- ϕ' = wirksamer Winkel der inneren Reibung
- c' = wirksame Kohäsion
- E_s = Steifemodul
- k_f = Durchlässigkeitsbeiwert
- TL = Ton, leicht plastisch
- TM = Ton, mittelplastisch
- SU* = Sand, stark schluffig

6.4. Einteilung in Homogenbereiche

Nach der DIN 18300 (2015) werden die einzelnen Bodenklassen in Homogenbereiche untergliedert. In der nachfolgenden Tabelle 3 wurden den Homogenbereichen A und B die erforderlichen Kennwerte zugeordnet.

Tabelle 3: Kennwerte für die Homogenbereiche

		Einheit	Erdbau GK2	Erdbau GK2
Homogenbereich		-	A	B
Ortsübliche Bezeichnung		-	Lößlehm bis Geschiebelehm	Verwitterungslehm bis Gesteinszersatz
Korngrößenverteilung		-	Anl. 15176-03-24/07	n.b.
Korngrößenverteilung	$\leq 0,06 \text{ mm}$	%	60 bis 90	40 bis 60
	$> 0,06\text{-}2,0 \text{ mm}$	%	10..20	30..50
	$> 2,0 - 63 \text{ mm}$	%	0..5	5..10
Massenanteile an Steinen/ Blöcken	$> 63 - 200 \text{ mm}$	%	-	-
	$> 200 - 630 \text{ mm}$	%	-	-
	$> 630 \text{ mm}$	%	-	-
Dichte, feucht		g/cm ³	20	21
undrained Scherfestigkeit		kN/m ²	75 bis 200	150 bis 300
Wassergehalt		%	20 bis 28	18 bis 22
Plastizitätszahl		%	10 bis 25	8 bis 12
Konsistenzzahl		-	0,85 bis 0,95	0,9 bis 1,5
bezogene Lagerungsdichte I_D		%	-	-
Organischer Anteil		%	< 1	-
Bodengruppe nach DIN 18196		-	TL-TM	TL-TM, SU*

7. Baugrundbeurteilung

7.1. Tragfähigkeit

Der unter Grasnarbe anstehende Lößlehm ist bis in Tiefen von ca. 2,0 m nur gering tragfähig und deshalb für eine Flachgründung nur eingeschränkt geeignet.

Mit zunehmender Tiefe erhöht sich die Tragfähigkeit des anstehenden bindigen Bodens (Lößlehm). Im Übergang zum Geschiebelehm nimmt die Tragfähigkeit und Scherfestigkeit weiter zu. Der unter dem Geschiebelehm in Tiefen > 4 m anstehende

Gesteinszersatz (Granulitzersatz) ist im Vergleich zum Geschiebelehm noch höher tragfähig und schieferfester.

7.2. Aufweichungsgefahr

Der unter dem Rasen anstehende bindige Boden (Löß- und Geschiebelehm) ist aufweichungsgefährdet.

7.3. Frostgefährdung

Der als oberste Bodenschicht unter dem Rasen anstehende bindige Boden (Lößlehm) ist gemäß ZTVE-StB als sehr frostempfindlich mit der Frostempfindlichkeitsklasse F3 einzustufen. Ausgehend von der geographischen Lage ist mit einer Frosteindringtiefe von $t = 1,0$ m zu rechnen.

Gemäß RStO 01 befindet sich das Untersuchungsgebiet im Bereich der Frosteinwirkungszone III.

7.4. Durchlässigkeit des Untergrundes

Ausgehend von den Bohrprofilen der Rammkernsondierungen lässt sich die Durchlässigkeit der Bodenschichten ableiten.

Demnach sind der Löß-, Geschiebe- und Verwitterungslehm nicht für eine Versickerung von Oberflächenwasser geeignet.

8. Bewertung des Untergrundes im Hinblick auf mögliche Schadstoffbelastungen

8.1. Ziel der Untersuchungen

Der Standort befindet sich in einem Industrie- und Gewerbegebiet nordwestlich von Hartmannsdorf. Er war bislang nicht bebaut und wurde früher landwirtschaftlich genutzt. Es ist nicht auszuschließen, dass Auffüllungen, z. B. zur Geländeregulierung bei der Erschließung des Gebietes, vorhanden sind.

In Vorbereitung der Auswahl von Empfehlungen für die Verwertung oder ggf. Entsorgung der bei der Baumaßnahme voraussichtlich anfallenden Massen wurden

Bodenproben entnommen und bezüglich möglicher Schadstoffbelastungen untersucht und bewertet.

8.2. Entnahme und umweltgeotechnische Charakterisierung der Proben

Zur Erkundung des Baugrundes wurden u. a. 9 Rammkernsondierungen (RKS) durchgeführt. Die Lage dieser Aufschlusspunkte ist in der Anlage 15176-03-24/02 enthalten, die profile der Bohrungen sind in der Anlage 15176-03-24/03 beigelegt.

Die den Bohrungen entnommenen Einzelproben wurden zunächst im bodenmechanischen Labor der BIUG GmbH durch einen für die Bewertung zuständigen Mitarbeiter der Abteilung Boden/Geologie/Altlasten hinsichtlich ihrer erkennbaren Bestandteile sowie organoleptischen Eigenschaften untersucht. Die Eigenschaften der Einzelproben sind in der Tabelle 4 beschrieben.

Es wurde entschieden, Mischproben aus Teilbereichen bzw. aus abweichendem Material für die Untersuchung nach der aktuell gültigen Ersatzbaustoffverordnung (EBV, [U11]) zusammenzustellen. Die Mischprobe 15176 – MP 1 repräsentiert die Lehm Böden im östlichen Teilbereich, Mischprobe 15176 – MP 2 aus dem westlichen Teilbereich. Mit Mischprobe 15176 – MP 3 wird ein schluffiger Ton bis toniger Schluff mit grauer bis brauner Farbe untersucht, der wahrscheinlich einen Geschiebelehm darstellt und in beiden Teilbereichen auftreten kann. Alle Proben sollten nach dem Analytikumfang für BM-0* untersucht werden. Die Proben wurden am 03.05.2024 dem beauftragten akkreditierten Labor GBA mbH, Standort Freiberg, übergeben.

Tabelle 4: Beschreibung der für die chemischen Analysen ausgewählten Einzelproben

Aufschluss	Tiefe unt. GOK [m]	Material	organoleptische Auffälligkeiten
Probe 15176 – MP 1 (östlicher Teilbereich)			
RKS 1	0,20 ... 1,70	Schluff, sandig bis stark sandig, ockerbraun, kalkfrei	Geruch erdig
RKS 2	0,40 ... 2,00	Ton, schluffig, ockerbraun und hellgrau, kalkig	Geruch schwach erdig
RKS 3	0,30 ... 1,00	Schluff, schwach sandig, hellgrau, ockerfleckig, schwach kalkig, vereinzelt Wurzeln	Geruch erdig
RKS 3	1,00 ... 2,00	Schluff, tonig, schwach sandig, grau, stark ockerfleckig, kalkfrei	Geruch erdig
RKS 4	0,10 ... 1,00	Schluff, tonig, schwach sandig, braun, ockerfleckig, kalkfrei, vereinzelt Wurzeln	Geruch erdig
RKS 4	1,00 ... 2,00	Schluff, tonig, grau bis ockerbraun, kalkfrei	Geruch erdig

Aufschluss	Tiefe unt. GOK [m]	Material	organoleptische Auffälligkeiten
RKS 6	0,50 ... 2,00	Schluff, stark sandig, hellgrau, z. T. ockerbraun, kalkfrei	Geruch erdig
Probe 15176 – MP 2 (westlicher Teilbereich)			
RKS 5	0,40 ... 1,50	Schluff, schwach sandig, grau, stark ockerfleckig, kalkfrei, vereinzelt Wurzeln	Geruch erdig
RKS 7	0,30 ... 1,00	Schluff, schwach sandig, grau, stark ockerfleckig, kalkfrei	Geruch erdig
RKS 7	1,00 ... 2,00	Schluff, schwach tonig, schwach sandig, mittelgrau, ockerstreifig, kalkfrei	Geruch erdig
RKS 8	0,20 ... 1,00	Schluff, schwach sandig, braungrau bis braun, kalkfrei, vereinzelt Wurzeln	Geruch erdig
RKS 8	1,00 ... 2,00	Schluff, schwach tonig, schwach sandig, hellgrau und ockerbraun, kalkfrei	Geruch erdig
RKS 9	0,20 ... 0,45	Auffüllung: Schluff, stark sandig, schwach kiesig, vereinzelt Steine, stark durchwurzelt, enthält Braunkohlestücke, kalkfrei	Geruch muffig
RKS 9	0,45 ... 2,00	Schluff, tonig, sandig, vereinzelt Kies, braungrau, kalkfrei, enthält rotbraune Klumpen von Gesteinszersatz	Geruch erdig
Probe 15176 – MP 3 (Geschiebelehm)			
RKS 1	1,70 ... 3,25	Ton, schluffig, glimmerführend, dunkelgrau, kalkfrei	Geruch schwach erdig
RKS 2	4,00 ... 5,00	Ton, schluffig, vereinzelt Kies (Quarz), mittelgrau bis braun, kalkfrei	Geruch erdig
RKS 4	2,00 ... 3,60	Schluff, schwach tonig, sandig, schwach kiesig, braungrau bis braun, kalkfrei	Geruch erdig

8.3. Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Der Prüfbericht Nr. 2024P42314 / 1 (Anlage 15176-03-24/08) enthält die Ergebnisse der Untersuchungen nach Ersatzbaustoffverordnung (Bodenmaterial BM-0*) für die Lockergesteine unterhalb des Mutterbodens. Die für die Bewertung relevante Bodenart ist Lehm/Schluff (15176 – MP 1 und – MP 2) bzw. Ton (15176 – MP 3). In der Anlage 15176-03-24/09 sind die Untersuchungsergebnisse zusammen mit den Bewertungskriterien aus [U10] dargestellt.

Wie aus der Zusammenstellung hervorgeht, halten alle chemischen Parameter die Grenzwerte der Materialklasse BM-0 ein. In der Probe 15176 – MP 1 ist lediglich bei der elektrischen Leitfähigkeit der Wert von 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ überschritten. Die Leitfähigkeit ist allerdings kein Materialwert, sondern ein stoffspezifischer Orientierungswert, bei dessen Abweichung die Ursache zu prüfen ist. Im vorliegenden Fall unterscheidet sich die Probe 15176 – MP 1 von den beiden anderen Mischproben dadurch, dass einige Teilproben einen Kalkgehalt aufweisen. Eine erhöhte Leitfähigkeit könnte somit auf

das Vorhandensein von Kalziumhydroxid-Ionen zurückzuführen sein. Dies würde auch den etwas höheren, schwach alkalischen pH-Wert dieser Mischprobe erklären.

Somit gilt für alle drei untersuchten Mischproben, dass Aushub aus dem Bereich des Bauvorhabens uneingeschränkt eingebaut bzw. verwertet werden kann.

9. Gründungsempfehlungen, Tragschichtaufbau

9.1. Gebäude, Bauwerke

Der Lößlehm und der Geschiebelehm mit mindestens steifer Konsistenz sind nur eingeschränkt tragfähig. Die Tragfähigkeit und Steifigkeit erhöht sich mit zunehmender Gründungstiefe. In Tiefen ab 2,0 - 2,5 m unter Gelände ist ausgehend von den Rammsondierungen eine deutlich höhere Steifigkeit als darüber zu erwarten.

Aufgrund des frostempfindlichen, gering tragfähigen Untergrundes ist bei einer Gründung auf einer Bodenplatte eine umlaufende Frostschräge und die Anordnung eines Gründungspolsters erforderlich. Das Gründungspolster sollte bis in 1,0 m Tiefe unter GOK hergestellt werden. Es kann aus mit Kalk oder Mischbinder stabilisiertem Lehm oder aus Mineralgemisch bzw. Betonrecycling bestehen.

Streifen- und Einzelfundamente sollten in mindestens 1,5 m Tiefe abgesetzt werden. In der Gründungssohle vorhandener aufgeweichter Boden ist mit Magerbeton auszutauschen.

Der aufnehmbare Sohldruck (zul. Bodenpressung) ist keine bodenspezifische Kenngröße, sondern eine Funktion der Grundbruchsicherheit der Fundamente und des Verformungsverhaltens (Setzungen). In der folgenden Tabelle 5 wurden für verschiedene Fundamentabmessungen die nach DIN 4019, Teil 1, berechneten wahrscheinlichen Setzungen aufgeführt.

Tabelle 5: Setzungen bei angenommenen Bodenpressungen

Fundament	mittlere Bodenpressung [kN/m ²]	wahrscheinliche Setzung [cm]	Bettungszahl k_s [MN/m ³]
Streifen (S) b = 0,5 m und Einzelfundamente (E) b = 1,5 m UK Fundament 1,5 m u. GOK	150	1,0(S) – 1,9(E)	15 (S) – 7,9 (E)
Streifen (S) b = 0,5 m und Einzelfundamente (E) b = 1,5 m UK Fundament 1,5 m u. GOK	200	2,0 (S) – 2,5 (E)	10 (S) – 8 (E)

Fundament	mittlere Boden- pressung [kN/m ²]	wahrscheinliche Setzung [cm]	Bettungszahl k_s [MN/m ³]
Streifen (S) $b = 1,0$ m und Einzelfundamente (E) $b = 2,0$ m UK Fundament 1,5 m u. GOK	150	1,4(S) – 2,5(E)	10,7 (S) – 6,0 (E)
Streifen (S) $b = 1,0$ m und Einzelfundamente (E) $b = 2,0$ m UK Fundament 1,5 m u. GOK	200	2,7 (S) – 2,9 (E)	7,4 (S) – 6,9 (E)
Bodenplatte UK -0,5 m auf Gründungspolster bis -1,5 m	100	2,9	3,5

Bei der Bodenverbesserung wurde davon ausgegangen, dass die Steifezahl Lößlehms durch Einbringen von Mischbinder auf $E_s = 50$ MN/m² erhöht wird. Bei einem Gründungspolster aus Mineralgemisch ist unter der Tragschicht ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 auszulegen. Auf dem Gründungspolster ist mittels Plattendruckversuch ein Wert von $E_{v2} \geq 75$ MN/m² nachzuweisen.

Die vorgegebenen Setzungsdifferenzen von benachbarten Fundamenten mit $\Delta s \leq 10$ mm sollten dabei eingehalten werden.

Für die Gründung auf einer Bodenplatte auf einem Gründungspolster kann somit eine zulässige Sohlpressung von $\sigma_{zul} = 100$ kN/m² (nach DIN 1054: 2005) bzw. ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 140$ kN/m² (nach DIN 1054:2010) angesetzt werden. Für die Gründung eines wenig setzungsempfindlichen Gebäudes auf Streifen- und Einzelfundamenten mit einer Gründungssohle in 1,5 m Tiefe kann eine zulässige Sohlpressung von $\sigma_{zul} = 200$ kN/m² (nach DIN 1054: 2005) bzw. ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 280$ kN/m² (nach DIN 1054:2010) angesetzt werden.

Ein Ansatz von höheren Bodenpressungen ist in Abhängigkeit von Gründungstiefe und Fundamentgeometrie bzw. von der Art der Bodenverbesserung oder des Gründungspolsters u.U. möglich, dazu ist jedoch vom Baugrundgutachter eine Prüfung der Setzungen durchzuführen.

9.2. Verkehrsflächen

Nach längeren Niederschlägen ist zu erwarten, dass auf dem durchfeuchteten Untergrund (Lößlehm) ein Verformungsmodul von $E_{v2} < 45$ MN/m² festgestellt wird. In

diesem Fall wäre entweder ein erhöhter Tragschichtaufbau (evtl. mit Einlage eines Geogitters) oder eine Bodenverbesserung mit Bindemittel erforderlich. Nach Abtrag des Mutterbodens und Regulierung/ Modellierung der Geländeoberfläche empfiehlt sich eine zumindest einlagige Bodenverbesserung mit Kalk oder Mischbinder.

10. Hinweise zur Herstellung und Sicherung der Baugrube

Bei Herstellung von Baugruben ist DIN 4124 zu beachten. Die Böschungsneigung in der Bauphase richtet sich nach den bodenmechanischen Eigenschaften der Lockergesteine unter Berücksichtigung der Offenhaltungszeit der Baugrube und der äußeren Einflüsse. Gräben dürfen in mindestens steifem bindigem Boden bis zu einer Tiefe von 1,75 m senkrecht abgeschachtet werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich unter einem Winkel von $\beta \leq 45^\circ$ geböscht wird und die Geländeoberfläche nicht steiler als 1 : 10 ansteigt.

Bei größeren Aushubtiefen ist im Lößlehm ein Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ anzusetzen.

11. Trockenhaltung, Abdichtung

Die feinkörnigen Böden Lößlehm und Geschiebelehm haben nur eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit.

Generell sollte unter dem Fußboden eine kapillarbrechende Schicht aus verdichtbarem Mineralgemisch mit einer Dicke von etwa 20 cm angeordnet werden.

Bei Anordnung einer Unterkellerung ist eine Abdichtung nach DIN 18195 erforderlich. In diesem Fall (Unterkellerung) wird zur Verhinderung des Aufstauens von Sickerwasser in den seitlichen Baugrubenverfüllungen die Anordnung einer Ringdränage empfohlen.

12. Zusammenfassung

Am 23.04.2024 wurde das Baugelände mit insgesamt 9 Rammkernsondierung bis in 4,0 m und 6,0 m Tiefe sowie mit 3 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) bis in 6 m Tiefe erkundet.

Im Baugelände wurde folgende Bodenschichtung angetroffen:

Schicht 1.1: Mutterboden bis in Tiefen zwischen 0,1 m und 0,5 m,

Schicht 1.2: Auffüllung aus Lößlehm mit Schlackeanteilen (in steifer Konsistenz bis in 2 m Tiefe, nur in RKS 9),

Schicht 1.3: Schluff, feinsandig (Lößlehm) bis in Tiefen zwischen 1,7 m und 4,0 m,

Schicht 2.1: Ton, schluffig, feinsandig in steifer Konsistenz bis in 3,25 m Tiefe (nur bei RKS 1),

Schicht 2.2: Schluff, feinsandig (Geschiebelehm) in steifer Konsistenz, bis in Tiefen zwischen 3,7 m und 6,0 m,

Schicht 3: Verwitterungslehm-Gesteinszersatz ab 3,0 m bis zur Endtiefe bzw. unterhalb 310 m NHN (Granulitzersatz, nur in RKS 3 und RKS 5).

Die Festgesteinsoberkante des Granulits ist ausgehend von umliegenden Bohrungen in Tiefen ab 13 m zu erwarten.

In den Sondierungen wurde Grund- oder Schichtenwasser in Tiefen von 2,2 m (RKS 1) und 3,8 m (RKS 3) angebohrt. Nach Bohrende stieg der Wasserstand in RKS 3 dann bis auf -1,0 m unter Gelände an. Es handelt sich überwiegend um Schichtenwasser in Lehm mit sandigen Anteilen, in RKS 5 und RKS 6 wurde kein Wasser angetroffen.

Es wird von einer Grundwasserfließrichtung von S nach N ausgegangen. Der maximale Grundwasserstand wird demnach am Nordrand des Baugeländes bei ca. 1,0 m unter Gelände bzw. bei 310,7 m NHN angesetzt. Im nördlichen Bereich befinden sich auch 3 Schächte einer Drainageleitung (siehe Anlage 15176-03-24/02.1). Eine Wasserprobe aus RKS 1 und RKS 6 wurde im analytischen Labor im Hinblick auf betonangreifende Bestandteile untersucht. Demnach ist das Wasser aufgrund des Gehaltes an kalklösender Kohlensäure (23 mg/l) leicht betonangreifend und nach DIN 4030-1 mit der Expositionsklasse XA1 zu klassifizieren.

Der unter Grasnarbe anstehende Lößlehm ist bis in Tiefen von ca. 2,0 m nur gering tragfähig und deshalb für eine Flachgründung nur eingeschränkt geeignet.

Mit zunehmender Tiefe erhöht sich die Tragfähigkeit des anstehenden bindigen Bodens (Lößlehm). Im Übergang zum Geschiebelehm nimmt die Tragfähigkeit und Scherfestigkeit weiter zu. Der unter dem Geschiebelehm in Tiefen > 4 m anstehende Gesteinszersatz (Granulitzersatz) ist im Vergleich zum Geschiebelehm noch höher tragfähig und schiefer.

In Vorbereitung der Auswahl von Empfehlungen für die Verwertung oder ggf. Entsorgung der bei der Baumaßnahme voraussichtlich anfallenden Massen wurden Bodenproben entnommen und bezüglich möglicher Schadstoffbelastungen untersucht und bewertet. Wie aus den Analysenergebnissen hervorgeht, halten alle chemischen Parameter die Grenzwerte der Materialklasse BM-0 ein. In der Probe 15176 – MP 1 (Lößlehm) ist lediglich bei der elektrischen Leitfähigkeit der Wert von 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ überschritten. Die Leitfähigkeit ist allerdings kein Materialwert, sondern ein stoffspezifischer Orientierungswert, bei dessen Abweichung die Ursache zu prüfen ist. Im vorliegenden Fall unterscheidet sich die Probe 15176 – MP 1 von den beiden anderen Mischproben dadurch, dass einige Teilproben einen Kalkgehalt aufweisen. Eine erhöhte Leitfähigkeit könnte somit auf das Vorhandensein von Kalziumhydroxid-Ionen zurückzuführen

sein. Dies würde auch den etwas höheren, schwach alkalischen pH-Wert dieser Mischprobe erklären.

Somit gilt für alle drei untersuchten Mischproben, dass Aushub aus dem Bereich des Bauvorhabens uneingeschränkt eingebaut bzw. verwertet werden kann.

Aufgrund des frostempfindlichen, gering tragfähigen Untergrundes ist bei einer Gründung auf einer Bodenplatte eine umlaufende Frostschräge und die Anordnung eines Gründungspolsters erforderlich. Das Gründungspolster sollte bis in 1,0 m Tiefe unter GOK hergestellt werden. Es kann aus mit Kalk oder Mischbinder stabilisiertem Lehm oder aus Mineralgemisch bzw. Betonrecycling bestehen.

Streifen- und Einzelfundamente sollten in mindestens 1,5 m Tiefe abgesetzt werden. In der Gründungssohle vorhandener aufgeweichter Boden ist mit Magerbeton auszutauschen.

Im Bereich der Verkehrsflächen ist nach längeren Niederschlägen zu erwarten, dass auf dem durchfeuchteten Untergrund (Lößlehm) ein Verformungsmodul von $E_{v2} < 45 \text{ MN/m}^2$ festgestellt wird. In diesem Fall wäre entweder ein erhöhter Tragschichtaufbau (evtl. mit Einlage eines Geogitters) oder eine Bodenverbesserung mit Bindemittel erforderlich. Nach Abtrag des Mutterbodens und Regulierung/ Modellierung der Geländeoberfläche empfiehlt sich eine zumindest einlagige Bodenverbesserung mit Kalk oder Mischbinder.