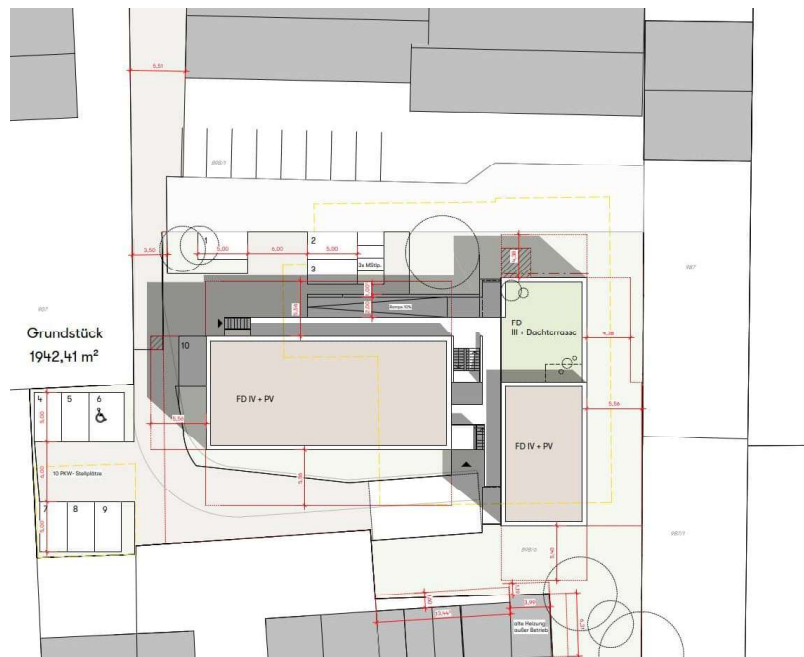


Neubau Mehrfamilienhaus, Würzburg-Heidingsfeld

Geotechnischer Bericht



Quelle: Architekturagentur Freudenberger Grünbau Hilt /1/

Ort: Würzburg- Heidingsfeld
Bauherr: Wohnen am Gewächshaus GbR
 Winterhäuserstraße 19a
 97084 Würzburg-Heidingsfeld
Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen
GMP-Projektnr.: 240969\g1 Jo/fr
Datum: 19.05.2025

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure und Geologen | Hedanstraße 17 | 97084 Würzburg
 Telefon: 0931 61 44-0 | Fax: 0931 61 44-200 | mail: mail@gmp-geo.de | web: www.gmp-geo.de

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG
 Beratende Ingenieure und Geologen
 Würzburg,
 Amtsgericht Würzburg, HRA 6477

Pers. haft. Gesellschafterin:
 GMP Ingenieurbeteiligungsgesellschaft mbH
 Würzburg,
 Amtsgericht Würzburg, HRB 10445 von 41

Geschäftsführer:
 Dr.-Ing. Hans-Jörg Franke
 Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Johannsen
 Dr. Verena Herrmann

Akkreditiertes Prüflabor
 nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
DAKS-Akkreditierungsnr.
D-PL-14479-01-00 öffentlich

Unterlagen: Architekturagentur Freudenberg – Grübau – Hilt

/1/ Lageplan, M = 1:200, 10.01.2025

/2/ Schnitte & Ansichten, M = 1:100, Stand 10.01.2025

Länderübergreifende Regelungen für die abfalltechnische

Bewertung:

/3/ „Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung)“ vom 09.07.2021

/4/ „Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV)“ vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 09.07.2021

Länderspezifische Regelungen für die abfalltechnische

Bewertung:

/5/ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Umgang mit Bodenmaterial“ vom Juli 2022

/6/ Bayerisches Landesamt für Umwelt: „FAQs zur Ersatzbaustoffverordnung“ vom 12.07.2024

/7/ Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (Verfüll-Leitfaden)“ (Fassung vom 15. Juli 2021) eingeführt mit dem Schreiben vom 01.09.2021, Nr. 57d-U4449.3-2021/1-36

- Anlagen:**
1. Übersichtslageplan, M = 1:25.000
 2. Legende
 3. Lageplan der Aufschlüsse, M = 1:200
 4. Schnitt mit Tiefenprofilen und Rammdiagrammen, M = 1:100
 5. Bilddokumentation Ansatzpunkte der Aufschlüsse
 6. Dokumentation Schwarzdeckenkerne
 7. Bodenprobentabelle
 8. Zusammenstellung der Ergebnisse der Laborversuche
 9. Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4
 10. Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
 11. Körnungsbänder Homogenbereiche
 12. Bemessungsdiagramm Fundament

- Anhang:**
- AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg vom 11.04.2025
- Prüfbericht 3679591 - 107305
 - Prüfbericht 3679591 - 107328
 - Prüfbericht 3679591 - 107329
 - Prüfbericht 3679591 - 107330
 - Prüfbericht 3679591 - 107332
 - Prüfbericht 3679591 - 107340
 - Prüfbericht 3679591 - 107341
 - Prüfbericht 3679591 - 107343
 - Prüfbericht 3679591 - 107344
 - Prüfbericht 3679591 - 107345

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang.....	6
2. Örtliche Verhältnisse.....	6
2.1 Geplante Baumaßnahme	6
2.2 Geotechnische Kategorie.....	9
2.3 Erdbebenzone	9
2.4 Frosteinwirkung	9
2.5 Radonbelastung	9
2.6 Schutzgebiet	9
3. Untergrunderkundung	11
3.1 Durchgeführte Aufschlüsse	11
3.2 Geotechnische Probenahme	12
3.3 Umwelttechnische Untersuchung.....	13
3.4 Einmessung der Aufschlusspunkte.....	13
4. Untergrundverhältnisse	14
4.1 Geologische Verhältnisse.....	14
4.2 Oberboden (Schicht 1)	14
4.3 Oberflächenbefestigung und Auffüllungen (Schicht 2)	15
4.4 Quartäre Schichten (Schicht 3)	16
5. Feldversuche	16
6. Hydrogeologische Verhältnisse	17
7. Geotechnische Laborversuche	18
8. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen.....	18
8.1 Bewertungsgrundlage.....	18
8.2 Durchgeführte Untersuchungen	19
8.3 Analysenergebnisse.....	20
8.3.1 Auffüllungen	20
8.3.2 Natürlicher Untergrund	21
9. Geotechnische Kenngrößen	23
10. Geotechnische Empfehlungen.....	24
10.1 Baugrube	24
10.2 Gründung.....	25
10.3 Unterbau unter der Bodenplatte	26
10.4 Maßnahmen gegen Radon.....	27
10.5 Arbeitsraumverfüllung	27

11.	Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen.....	29
11.1	Oberflächenversiegelung.....	29
11.2	Auffüllungen	29
11.3	Natürlicher Untergrund	31
12.	Homogenbereiche	32
12.1	Geotechnische Klassifizierung.....	32
12.2	Schichteinteilung.....	33
12.3	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320	34
12.4	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300	35
12.4.1	Boden.....	36
13.	Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen.....	37
13.1	Gründung.....	37
13.2	Empfehlungen zur weiteren Erkundung.....	37
13.3	Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen	37
13.4	Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung	39
13.5	Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung.....	40

1. Vorgang

Die „Wohnen am Gewächshaus GbR“ plant auf dem Areal der ehemaligen Gärtnerei Müller in Würzburg-Heidingsfeld ein Mehrfamilienhaus mit ca. 13 Wohneinheiten. Mit den Architektenleistungen wurde die Architekturagentur Freudenberger – Grünau – Hilt beauftragt.

Die GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG wurde durch die „Wohnen am Gewächshaus GbR“ mit Schreiben vom 11.12.2024 mit der Baugrunduntersuchung und der Ausarbeitung des Geotechnischen Berichts beauftragt. Auftragsgrundlage ist das GMP-Angebot vom 27.11.2024.

2. Örtliche Verhältnisse

2.1 Geplante Baumaßnahme

Die Baumaßnahme liegt auf dem Gelände der ehemaligen Gärtnerei Müller der Stadt im Würzburger Ortsteil Heidingsfeld.

Das Grundstück der geplanten Baumaßnahme befindet sich zwischen der Winterhäuserstraße und der Seilerstraße.



Abbildung 1: Untersuchungsgebiet

Quelle: BayernAtlas, abgerufen am 19.05.2025

Auf dem Grundstück befinden sich aktuell Gewächshäuser, die vor Baubeginn zurückgebaut werden.

2.2 Geotechnische Kategorie

Die geotechnische Kategorie gemäß DIN 4020 und DIN 1054 ist von der geplanten Bebauung abhängig. Bei „üblichen Hochbauten“ sind die Baumaßnahmen in die geotechnische Kategorie GK 2 einzustufen.

2.3 Erdbebenzone

Das Baugelände gehört gemäß DIN EN 1998-1 zu keiner Erdbebenzone.

2.4 Frosteinwirkung

Das Untersuchungsgebiet liegt gemäß der RStO in der Frosteinwirkungszone I. Damit ist ein Frostindex von $F_i \leq 250$ [$^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$] anzusetzen. Daraus lässt sich eine Frosteindringung von ca. 80 cm abschätzen.

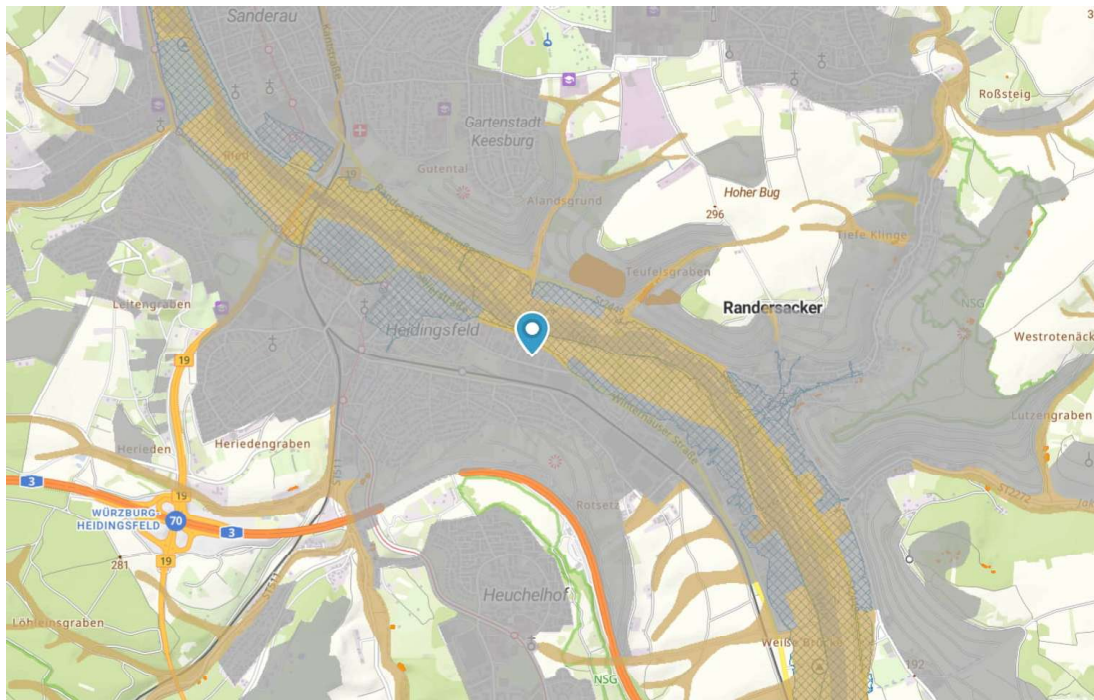
2.5 Radonbelastung

Aus dem Geoportal des Bundesamtes für Strahlenschutz wird im Baubereich eine Radon-222-Belastung in der Bodenluft von 80 bis 100 kBq/m³ prognostiziert.

2.6 Schutzgebiet

Die Maßnahme befindet sich außerhalb von Schutzgebieten.

Es wird darauf verwiesen, dass das Bearbeitungsgebiet gemäß BayernAtlas innerhalb wassersensibler Bereiche liegt. Diese Gebiete sind durch den Einfluss von Wasser geprägt.

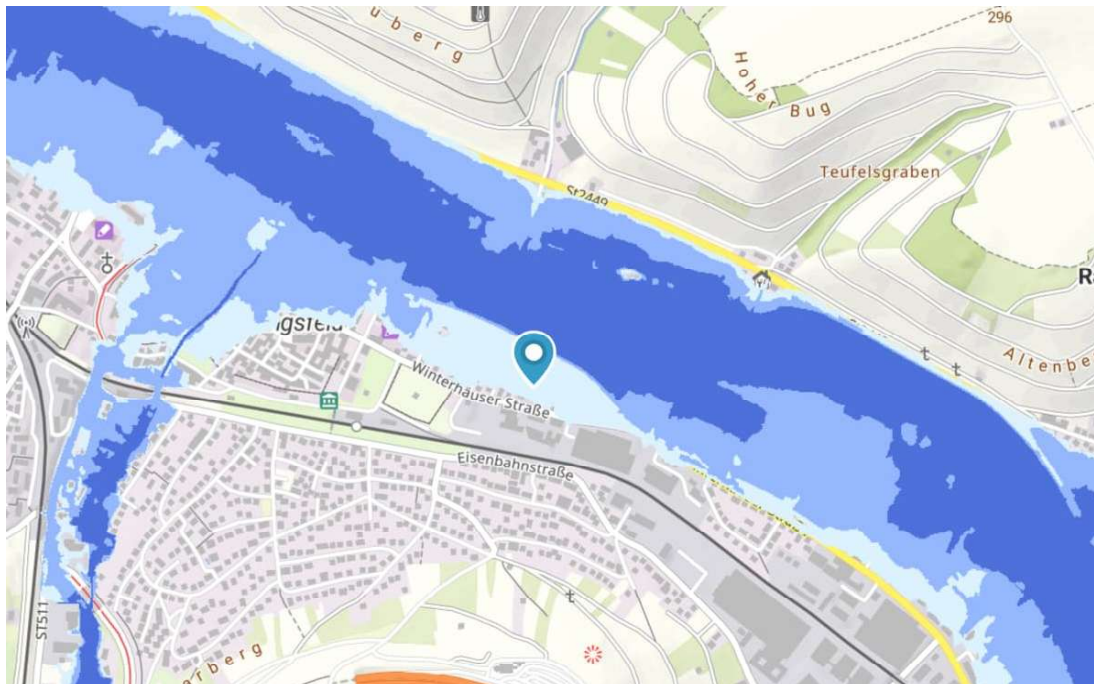


**Abbildung 4: Wassersensible Bereiche (grau, braun),
Bearbeitungsgebiet (Blaue Nadel)**

Quelle: BayernAtlas, abgerufen am 19.05.2025

Im Unterschied zu amtlich festgesetzten oder für die Festsetzung vorgesehenen Überschwemmungsgebieten kann bei diesen Flächen nicht angegeben werden, wie wahrscheinlich Überschwemmungen sind.

Der Untersuchungsbereich wird nach BayernAtlas nur bei extremen Hochwasserereignissen berührt.



**Abbildung 5: Hochwassergefährdete Flächen HQ_{häufig} (dunkelblau),
HQ₁₀₀ (blau) und HQ_{extrem} (hellblau).**

Quelle: BayernAtlas. Abgerufen am 19.05.2025

Angaben zu den Hochwasserkoten finden sich in Kapitel 6.

3. Untergrunderkundung

3.1 Durchgeführte Aufschlüsse

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Bereich der geplanten Bau-
maßnahme fünf Rammkernsondierungen (RKS 1 – RKS 5) abgeteuft.

Neben den Rammkernsondierungen wurde zur Beurteilung der relativen Tragfähig-
keit jeweils eine Sondierung mit der schweren Rammsonde niedergebracht.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind in den Lageplan der Anlage 3 im Maßstab
1:200 eingetragen. Eine Bilddokumentation der Aufschlusstellen ist in Anlage 5 bei-
gefügt.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in Form von höhenorientierten Tiefenprofilen in einen schematischen Gelände- und Bauwerksschnitt eingezeichnet (siehe Anlagen 4.1 und 4.2).

Rechts neben den Tiefenprofilen sind die angetroffenen Bodenarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023 beschrieben. Angegeben sind außerdem die Farben und die geologischen Kennzeichnungen.

Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind links neben den Tiefenprofilen angegeben.

Die Anzahl der Schläge, die erforderlich ist, um die schwere Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2:2012 (DPH) 10 cm in den Boden einzurammen, ist in der Anlage 4 in den Rammdiagrammen aufgetragen.

Die verwendeten Signaturen für die Bodenarten sind in den Legenden der Anlage 2 erläutert.

3.2 Geotechnische Probenahme

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Kennwerte wurden aus den Aufschlüssen Proben entnommen, die tabellarisch in der Anlage 7 zusammengestellt sind. Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind außerdem neben den Tiefenprofilen der Anlagen 4.1 und 4.2 angegeben.

Nach Sichtung und Beurteilung wurden an ausgewählten Proben Versuche im bodenmechanischen Labor von GMP durchgeführt (siehe Anlage 7). Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 8 zusammengestellt. Die übrigen Proben werden rückgestellt und bei GMP eingelagert. Die Rückstellproben werden bis drei Monate nach Abgabe des Gutachtens aufbewahrt und anschließend fachgerecht entsorgt soweit keine längere Aufbewahrung durch den Auftraggeber gefordert wird.

3.3 Umwelttechnische Untersuchung

Aus den Aufschlüssen wurden Boden-/Materialproben für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommen, im GMP-Labor gesichtet und abfalltechnisch beurteilt. Bodenfremde Bestandteile in Form von Ziegelresten wurden an den Aufschlüssen RKS 4 und 5 angetroffen. Zudem wurde am Aufschluss RKS 3 ein Betonkern entnommen.

In der Tabelle 2 der Anlage 7 sind die für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommenen Boden-/Materialproben mit der Angabe der Verwendung für die Mischprobenerstellung sowie der durchgeführten Analytik zusammengestellt.

3.4 Einmessung der Aufschlusspunkte

Alle Erkundungspunkte wurden satellitengestützt mit dem Korrektursystem SAPOS HEPS eingemessen. Die Lage der Messpunkte wird als ETRS89-Koordinaten X und Y bestimmt und die Höhen im Bezugssystem DHHN2016 (Deutsches Haupthöhennetz 2016) in m NHN (Höhen über Normalhöhen-Null) gemessen. Zum ursprünglichen Gauß-Krüger und DHHN12-System ergeben sich Abweichungen, die regional unterschiedlich in einer Größenordnung von wenigen Zentimetern liegen.

Bei der Darstellung der Erkundungsergebnisse wird auf eine Umrechnung in andere Höhensystem (z.B. mNN) verzichtet. Dies ist bei der Planung und Festlegungen zu berücksichtigen.

Zur Referenzierung wurden im Rahmen der Einmessung weitere Punkte eingemessen. Die ermittelten Höhen in m NHN sind in den Lageplan mit eingetragen. Mögliche Abweichungen von angegebenen Höhen können zum einen auf die oben beschriebene Differenz zwischen den Höhensystemen zurückzuführen sein sowie auf die Messgenauigkeit des verwendeten Systems (ca. ± 5 cm).

4. Untergrundverhältnisse

4.1 Geologische Verhältnisse

Nach der geologischen Karte von Bayern sind im tieferen Baugrund die Festgesteine des Mittleren Muschelkalk zu erwarten, die erfahrungsgemäß von einem Verwitterungshorizont überlagert werden. Diese Horizonte wurden bis zur Aufschlussentiefe von max. 8 m nicht angetroffen.

Erkundet wurden quartäre Ablagerungen, bestehend aus Wechselfolgen von Sanden, Kiesen, Schluffen und Tonen. Darüber lassen sich verschiedene Auffüllungen aus dem Straßenoberbau und der Arbeitsraumverfüllung der bestehenden Gärtnerei feststellen. Oberflächenbefestigungen oder Oberboden markieren die abschließende Schicht.

Aus geotechnischer Sicht kann der Untergrundaufbau vereinfacht mit drei Schichten dargestellt werden:

1. Oberboden
2. Oberflächenbefestigung und Auffüllungen
3. Quartäre Ablagerungen

Die genaue Schichtenfolge kann den Tiefenprofilen der Anlagen 4.1 und 4.2 entnommen werden.

4.2 Oberboden (Schicht 1)

Die Rammkernsondierungen RKS 1 und RKS 5 wurden im Bereich einer Grünfläche niedergebracht (siehe auch Bilddokumentation, Anlage 5).

Demensprechend wurde eine 0,00 m – 0,20 m mächtige aufgefüllte Oberbodenschicht angetroffen. Nach DIN 4023 wird Mutterboden mit dem Kurzzeichen Mu gekennzeichnet.

4.3 Oberflächenbefestigung und Auffüllungen (Schicht 2)

Der Bereich um Sondierung RKS 2 ist mit Pflaster befestigt. Die Pflastersteine ($d = 8$ cm) sind auf einem ca. 0,07 m dicken Splittbett verlegt. Darunter folgt eine ca. 0,75 m mächtige Schicht aus Mineralstoffgemisch. Der Splitt und der Schotter sind bodenmechanisch als Kies bzw. leicht sandig- schluffiger Kies zu bezeichnen (Kurzzeichen: G, s', u').

Im Bereich der RKS 3 ist die Oberfläche mit Stahlbeton mit einer Stärke von 0,11 m befestigt. Es folgt eine ca. 0,19 m mächtige Schicht aus Mineralstoffgemisch (G, s', u').

Der Bereich der Sondierung RKS 4 ist auf einer dünnen Grasnarbe eine ca. 0,20 m mächtige Splittschicht vorhanden.

Mit der schweren Rammsonde wurden im Bereich der Schichten überwiegend Schlagzahlen zwischen $1 \leq N_{10,DPH} \leq 10$ ermittelt, die Schichten sind damit überwiegend locker gelagert.

Unterhalb der Befestigung bzw. des Oberbodens wurden weitere Auffüllungen angetroffen. Diese bestehen aus Schluffen mit unterschiedlichen Nebenbestandteilen an grobkörnigem Boden (U, t, s, g). In den Auffüllungen sind zum Teil anthropogene Beimengungen vorhanden, deren Anteil auf bis zu ca. 10 % abgeschätzt wurde.

Die Konsistenz der bindigen Bestandteile wurde als steif, teils weich angesprochen, gekennzeichnet durch eine gestrichelte bzw. einfach gewellte Linie rechts neben dem Tiefenprofil.

Die Auffüllungen wurden bis in Tiefen zwischen 0,90 m – 1,00 m unter GOK festgestellt.

4.4 Quartäre Schichten (Schicht 3)

Unter den Auffüllungen folgen bis zur Aufschlussendtiefe von maximal 8,0 m unter GOK quartäre Schichten. Hierbei handelt es sich um Ablagerungen des Main. Entsprechend der Genese sind diese in der Zusammensetzung und der Genese sehr unterschiedlich ausgebildet. Die Böden werden wie folgt bezeichnet:

- G: Kiese
- S: Sande
- U: Schluffe
- T: Tone

Entsprechend den Vorgaben der DIN 4023 wird die Hauptbodenart, also die Korngruppe, die prozentual am stärksten vertreten ist, mit einem Großbuchstaben an erster Stelle genannt. Danach folgen entsprechend ihrem Anteil die Nebenbodenarten, gekennzeichnet durch einen kleinen Buchstaben. Da sowohl von der Zusammensetzung als auch von der Schichtenfolge auf eng begrenztem Raum größere Unterschiede vorhanden sein können, werden die quartären Schichten nachfolgend als ein Schichtpaket zusammengefasst.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen variieren von der Zusammensetzung des Bodens.

In den Lehmen wurden Schlagzahlen von $N_{10} = 1 - 5$ erzielt, was im Wesentlichen die steife bis halbfeste Konsistenz der Ansprache bestätigt.

In den Sanden und Kiesen sind die Schlagzahlen vor allem abhängig vom Anteil der kiesigen Beimengungen und liegen zwischen $N_{10} = 5$ bis $N_{10} > 30$. Damit ist teilweise eine lockere, überwiegend mitteldichte bis zum Teil dichte Lagerung gegeben.

5. Feldversuche

Zur Ermittlung der Durchlässigkeit sollten im Rahmen der Baugrunduntersuchung Versickerungsversuche ausgeführt werden. Da die Sondierlöcher immer wieder nachgebrochen sind, konnten jedoch keine entsprechenden Versuche durchgeführt werden.

Eine Abschätzung der Durchlässigkeit ist jedoch anhand der Kornzusammensetzung möglich. Demnach sind in den aufgeschlossenen Böden folgende Durchlässigkeiten zu erwarten:

- Lehme: $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s
- Sande: $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s bis 4×10^{-4} m/s
- Kiese: $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s bis 7×10^{-4} m/s

6. Hydrogeologische Verhältnisse

Am Tag der Baugrunderkundung wurde lediglich in dem Aufschluss der RKS 1 Wasser erkundet. Der Wasserstand wurde hier bei 169,84 m NHN (4,0 m u. GOK) erkundet. In den weiteren Aufschlüssen wurde kein Wasser angetroffen.

Aussagen zum höchsten und niedrigsten Grundwasserstand sind nicht möglich, da keine langjährigen Pegelbeobachtungen vorliegen.

Wegen der Nähe zum Main ist aber von einer direkten Korrespondenz mit dem Mainwasserspiegel auszugehen. Bei einem Hochwasser ist dementsprechend nur mit einem gering verzögerten Anstieg des Grundwassers zu rechnen. Von der Stadt Würzburg werden für den Main-km 257 folgende Wasserstände angegeben:

Tabelle 1: Hochwasserstände Main-km 257

Main-km	hydrostat. Stau [mNN]	HQ ₅₀ [mNN]	HQ ₁₀₀ [mNN]	HQ ₃₀₀ [mNN]
257,0	168,53	174,48	175,07	175,99

7. Geotechnische Laborversuche

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Eigenschaften wurden an repräsentativ ausgewählten Bodenproben im geotechnischen Labor Versuche entsprechend folgender Normen ausgeführt:

Tabelle 2: Normung Laborversuche

Art	Versuch	Norm	Ausgabe
Boden	Bestimmung des Wassergehalts	DIN EN ISO 17892 - 1	03-2015
	Bestimmung der Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892 - 4	04-2017
	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen	DIN EN ISO 17892 - 12	10-2018
	Klassifizierung	DIN 18196	05-2011

Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 8 zusammengestellt sowie in den Anlagen 9 und 10 aufgetragen.

8. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

8.1 Bewertungsgrundlage

Zur orientierenden umwelttechnischen Bewertung werden folgende Bewertungsgrundlagen herangezogen:

- „Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung)“ vom 09.07.2021 /3/
Nachfolgend: EBV
- „Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV)“ vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 09.07.2021 /4/
Nachfolgend: DepV
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Umgang mit Bodenmaterial“ vom Juli 2022 /5/

- Bayerisches Landesamt für Umwelt: „FAQs zur Ersatzbaustoffverordnung“ vom 12.07.2024 /6/
Nachfolgend: LfU-FAQ
- Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (Verfüll-Leitfaden)“ (Fassung vom 15. Juli 2021) eingeführt mit dem Schreiben vom 01.09.2021, Nr. 57d-U4449.3-2021/1-36 /7/
Nachfolgend: LVGBT

8.2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erhöhung der Planungssicherheit und für die Ausschreibung der Baumaßnahme wurden orientierende abfalltechnische Untersuchungen an Mischproben durchgeführt. Die Mischproben wurden anhand der Erkenntnisse aus der Probensichtung aller Einzelproben aufgrund ähnlicher Materialbeschaffenheit (z.B. Fremdbestandteile) sowie deren räumlichen Bezug zueinander zusammengestellt. Die für die Herstellung der Mischproben verwendeten Einzelproben sind in Tabelle 2 der Anlage 7 aufgeführt.

Die Mischproben aus den Auffüllungen und dem natürlichen Untergrund wurden auf den Parameterumfang der EBV, Anlage 1, Tabelle 3, Spalte 6 (Parameterumfang BM-0*) sowie auf den Parameterumfang des LVGBT, Anlage 2, Tabelle 1 und Anlage 3, Tabelle 2 laboranalytisch untersucht. Der Betonkern wurde nicht laboranalytisch untersucht.

Die Aufschlüsse wurden in Abständen von ca. 25 m niedergebracht.

Die chemischen Analysen wurden von dem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Labor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg durchgeführt.

Die Misch- bzw. Einzelproben werden für einen Zeitraum von sechs Wochen nach Datum des Prüfberichtes (Laborproben) bzw. drei Monaten nach Erstellung des Gutachtens (Rückstellproben GMP) zurückgestellt. Die Rückstellfristen können gegebenenfalls nach vorheriger Anmeldung verlängert werden.

8.3 Analysergebnisse

8.3.1 Auffüllungen

EBV

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Boden-/Materialproben aus den Auffüllungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle werden die Entnahmetiefe, die Materialbeschreibung, die orientierende abfalltechnische Einstufung gemäß EBV, Hinweise für eine Verwertung sowie die für die Einstufung maßgeblichen Parameter angegeben.

Tabelle 3: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung ¹
		EBV	maßgebli. Parameter	
MP 1 RKS 2 + 3 (0,00 – 0,90 m)	Auffüllung: Kies, sandig, schwach schluffig (Splitt und Mineralstoffgemisch)	BM-0*	Nickel 18 mg/kg [Arsen 9,2 mg/kg / 11,1 µg/l] ²	Ja, gemäß den Einbaukonfigurationen EBV, Anlage 2, Tabelle 5.
MP 2 RKS 4 (0,00 – 0,90 m)	Auffüllung: Kies, sandig, schwach schluffig (Splitt und Mineralstoffgemisch) Fremdbestandteile: 10 % Ziegel	> BM-F3	PCB ₇ 4,5 mg/kg [EOX 14 mg/kg] ³ [pH(E) 11,3] ⁴ [ELF 769 µS/cm] ⁴	Nein, aus umwelttechnischer Sicht kann das Material nicht gemäß den Vorgaben der EBV verwertet werden.
MP 3 RKS 1 + 3 + 5 (0,20 – 1,00 m)	Auffüllung: Schluff, sandig, schwach tonig Fremdbestandteile: < 1 % Ziegel	> BM-F3	Arsen 314 µg/l [Arsen 28 mg/kg] ³	Nein, aus umwelttechnischer Sicht kann das Material nicht gemäß den Vorgaben der EBV verwertet werden.

EBV: „Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Ersatzbaustoffverordnung)“; Stand: 09.07.2021

PCB: polychlorierte Biphenyle; **EOX:** extrahierbare organisch gebundene Halogene; **ELF:** elektrische Leitfähigkeit

^{1:} Bewertet wird nur die abfallrechtliche, nicht die bautechnische Eignung.

^{2:} Gemäß der EBV und den „FAQs zur Ersatzbaustoffverordnung“ vom 05.03.2025 des Bayerischen Landesamt für Umwelt (Punkt 28.8) ist bei der abfalltechnischen Einstufung ausschließlich die Feststoffgehalte heranzuziehen, wenn die Materialwerte im Feststoff von BM-0 eingehalten werden.

^{3:} Bei der abfalltechnischen Bewertung ist der darüber genannte Parameter ausschlaggebend.

^{4:} Gemäß EBV, Anlage 1, Tabelle 3, Fußnote 4 ist der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit stoffspezifische Orientierungswerte. Bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.

LVGBT

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Boden-/Materialproben aus den Auffüllungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle werden die Entnahmetiefe, die Materialbeschreibung, die orientierende abfalltechnische Einstufung gemäß LVGBT, Hinweise für eine Verwertung sowie die für die Einstufung maßgeblichen Parameter angegeben.

Tabelle 4: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung ¹
		LVGBT	maßgebli. Parameter	
MP 1 RKS 2 + 3 (0,00 – 0,90 m)	Auffüllung: Kies, sandig, schwach schluffig (Splitt und Mineralstoffgemisch)	Z 1.1	Nickel 18 mg/kg [pH(E) 9,7] ²	Ja, eine Verwertung in Standorten der Kategorie B gem. LVGBT, Anlage 8a ist möglich.
MP 2 RKS 4 (0,00 – 0,90 m)	Auffüllung: Kies, sandig, schwach schluffig (Splitt und Mineralstoffgemisch) Fremdbestandteile: 10 % Ziegel	> Z 2	PCB ₆ 4,34 mg/kg [pH(E) 9,8] ² [EOX 14 mg/kg] ³	Nein, eine Verwertung des Materials gemäß LVGBT ist nicht möglich.
MP 3 RKS 1 + 3 + 5 (0,20 – 1,00 m)	Auffüllung: Schluff, sandig, schwach tonig Fremdbestandteile: < 1 % Ziegel	> Z 2	Arsen 120 µg/l	

LVGBT: „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (Verfüll-Leitfaden)“; Stand: 15.07.2021
PCB: polychlorierte Biphenyle; **EOX:** extrahierbare organisch gebundene Halogene
^{1:} Bewertet wird nur die abfallrechtliche, nicht die bautechnische Eignung.
^{2:} Gemäß LVGBT, Anlage 2, Tabelle 1, Fußnote 1 stellen die Parameter pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit allein kein Ausschlusskriterium dar. Bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.
^{3:} Bei der abfalltechnischen Bewertung ist der darüber genannte Parameter ausschlaggebend.

8.3.2 Natürlicher Untergrund

EBV

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Boden-/Materialproben aus dem natürlichen Untergrund sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle werden die Entnahmetiefe, die Materialbeschreibung, die orientierende abfalltechnische Einstufung gemäß EBV, Hinweise für eine Verwertung sowie die für die Einstufung maßgeblichen Parameter angegeben.

Tabelle 5: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung ¹
		EBV	maßgebl. Parameter	
MP 4 RKS 1 + 4 + 5 (0,60 – 1,80 m)	Natürl. Untergrund: Schluff, sandig, schwach tonig	BM-0 (Lehm, Schluff)	[Arsen 8,1 mg/kg / 11,8 µg/l] ²	Ja, aus umwelttechni- scher Sicht kann das Material uneinge- schränkt in techni- sche Bauwerke ver- wendet werden.
MP 5 RKS 1 – 5 (0,90 – 6,40 m)	Natürl. Untergrund: Sand, stark kiesig, schwach schluffig	BM-0 (Sand)	-	Ja, aus umwelttechni- scher Sicht kann das Material uneinge- schränkt in techni- sche Bauwerke ver- wendet werden.

EBV: „Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Ersatzbaustoffverordnung)“; Stand: 09.07.2021

¹: Bewertet wird nur die abfallrechtliche, nicht die bautechnische Eignung.

²: Gemäß der EBV und den „FAQs zur Ersatzbaustoffverordnung“ vom 05.03.2025 des Bayerischen Landesamt für Umwelt (Punkt 28.8) ist bei der abfalltechnischen Einstufung ausschließlich die Feststoffgehalte heranzuziehen, wenn die Materialwerte im Feststoff von BM-0 eingehalten werden.

LVGBT

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Boden-/Materialproben aus dem natürlichen Untergrund sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle werden die Entnahmetiefe, die Materialbeschreibung, die orientierende abfalltechnische Einstufung gemäß LVGBT, Hinweise für eine Verwertung sowie die für die Einstufung maßgeblichen Parameter angegeben.

Tabelle 6: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung ¹
		LVGBT	maßgebl. Parameter	
MP 4 RKS 1 + 4 + 5 (0,60 – 1,80 m)	Natürl. Untergrund: Schluff, sandig, schwach tonig	Z 0	-	Ja, eine Verwertung in Standorten der Kategorie A gem. LVGBT, Anlage 8a ist möglich. Die Unbedenklichkeit des Materials ist nachzuweisen.
MP 5 RKS 1 – 5 (0,90 – 6,40 m)	Natürl. Untergrund: Sand, stark kiesig, schwach schluffig	Z 0	[pH(E) 9,4] ²	

LVGBT: „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (Verfüll-Leitfaden)“; Stand: 15.07.2021

¹: Bewertet wird nur die abfallrechtliche, nicht die bautechnische Eignung.

²: Gemäß LVGBT, Anlage 2, Tabelle 1, Fußnote 1 stellen die Parameter pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit allein kein Ausschlusskriterium dar. Bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.

9. Geotechnische Kenngrößen

Nach den Ergebnissen der Aufschlüsse und Laborversuche sowie den Erfahrungen des Gutachters können für erdstatische Berechnungen die nachfolgenden charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tabelle 7: Charakteristische Bodenkennwerte

Baugrund	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul ¹⁾ (min - max) E_s [MN/m ²]
Auffüllungen	19,0	10,0	30,0 ²⁾	---	7 - 10
Lehme	20,0	10,0	27,5	5	8 - 12
Sande, Kiese	18,0	8,0	32,5	0	30 - 50

1) in Abhängigkeit vom Spannungsbereich (150 – 300 kN/m²)

2) Ersatzreibungswinkel

10. Geotechnische Empfehlungen

Nach den vorliegenden Planunterlagen ist der Neubau eines „T-förmigen“ vier- bis zu fünfgeschossigen Gebäudes (UG, EG, 1., 2., teilweise 3. OG) mit Schenkelabmessungen von ca. 38 m x 25 m geplant. Die Erdgeschosshöhe (± 0.00) soll auf 175,60 mNN eingestellt werden. Die Geschosshöhe für das Untergeschoss ist mit -3,00 und damit mit 172,60 mNN angegeben. Damit bindet einschließlich Bodenplatte das Untergeschoss ca. 2,0 m in das vorhandene Gelände ein.

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind im Untersuchungsbereich zunächst Auffüllungen, dann Wechselfolgen aus Kiesen, Sanden und Lehmen zu erwarten.

Der anstehende Fels des Mittleren Muschelkalk wurde bei der Baugrunduntersuchung in keinem der bis maximal 7,0 m unter GOK abgeteuften Sondierungen angetroffen.

10.1 Baugrube

Soweit die örtlichen Verhältnisse dies zulassen, kann die Baugrube geböscht hergestellt werden. In den Auffüllungen und den darunter folgenden überwiegend sandigen Böden können dabei Böschungswinkel von maximal 45° zugelassen werden. Die Böschung ist mit starken reißfesten Folien oder alternativ mit einem Geotextil (GRK 3) zum Schutz vor Witterungseinflüssen und Erosionen abzuhängen.

Die auf Höhe der Baugrubensohle vorhandenen schluffigen Sande und Kiese sind aufgrund ihrer bindigen Bestandteile sehr wasserempfindlich, so dass zunächst bis zum endgültigen Aushub und dem Einbau der Schotterschicht (siehe nachfolgende Kapitel) eine Schutzschicht mit einer Stärke von mindestens 40 cm belassen werden sollte.

Grundwasser wurde bei der Baugrunduntersuchung nicht bzw. erst unterhalb der Baugrubensohle festgestellt. Wegen der Nähe zum Main ist von einer direkten Korrespondenz mit dem Mainwasserspiegel auszugehen. Das bedeutet, dass bei einem Hochwasser der Grundwasserspiegel nur gering zeitverzögert ansteigt.

Bei einem Hochwasser mit einer Jährigkeit von voraussichtlich > 5 ist davon auszugehen, dass sich ein Anstieg des Grundwasserspiegels bis über die Baugrubensohle ergibt. In den stark sandigen Böden kann dieses Wasser nicht mehr mit einer offenen Wasserhaltung gefasst und abgeleitet werden. Soll die Baugrube auch für solche Hochwasserereignisse gesichert werden, müsste ein wasserdichter Spundwandverbau vorgesehen werden. Für die Dimensionierung des Verbaus können die Bodenkennwerte aus Kapitel 8 angesetzt werden.

Sollte eine Böschung der Baugrube nicht möglich sein, müsste ebenfalls ein senkrechter Verbau vorgesehen werden. Dies kann ebenfalls mit einem Spundwandverbau oder alternativ z.B. mit einem Trägerbohlwandverbau erfolgen. Ob eine Aussteifung bzw. Rückverankerung erforderlich wird, ergibt sich aus der statischen Berechnung.

10.2 Gründung

Die Art der Gründung ist entscheidend abhängig von der Größe der auftretenden Lasten und der zulässigen Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen.

Bei den zu erwartenden Lasten kann bei den angetroffenen Untergrundverhältnissen vorläufig davon ausgegangen werden, dass eine konventionelle Flachgründung möglich ist. Zur Vordimensionierung der Fundamente kann zunächst von einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 250 \text{ kN/m}^2$ ausgegangen werden. Die angegebene Bodenpressung gilt für die reduzierte Fläche nach DIN 1054 und darf nur angesetzt werden, wenn die ggf. vorhandene horizontale Belastung max. 5 % der Vertikallast beträgt. Bei höheren Horizontallasten ist eine gesonderte Ermittlung des Bemessungswertes erforderlich.

Bei Ausnutzung dieser Bodenpressung werden bei einer Gründung auf Streifenfundamenten abhängig von der Fundamentbreite Setzungen zwischen ca. $s < 1 \text{ cm}$ (für $b = 0,5 \text{ m}$) bis $s = 2 \text{ cm}$ (für $b = 2 \text{ m}$) prognostiziert (siehe Anlage 12.1).

Bei Ausführung von Einzelfundamenten ergeben sich abweichende Setzungen. In der Anlage 12.2 sind exemplarisch für quadratische Fundamente mit unterschiedlichen Fundamentbreiten die sich ergebenden Setzungen in Abhängigkeit von der Bodenpressung angegeben.

Die sich bei unterschiedlichen Lasten ergebenden Setzungsdifferenzen müssen schadlos von der aufgehenden Konstruktion aufgenommen werden können. Zur Vergleichmäßigung der Setzungen kann die Größe/Bodenpressung der Fundamente variiert werden.

Wenn größere Setzungen möglich sind, kann auch ein höherer Bemessungswert zugelassen werden. Aus dem Diagramm in Anlage 12 kann in Abhängigkeit von der Fundamentbreite und der zulässigen Setzung ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes entnommen werden kann. So ergibt sich für ein Streifenfundament mit einer Breite von 1,2 m und einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d}$ ca. 380 kN/m² eine Setzung s ca. 2,0 - 2,5 cm. Die im Diagramm eingezeichnete rote Linie darf jedoch nicht überschritten werden, da sonst keine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch gegeben ist.

Alternativ zu einer Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten kann auch eine Plattengründung erfolgen. Zur Vordimensionierung kann in einem ersten Bemessungsschritt ein Bettungsmodul von $k_s = 12$ MN/m³ in Plattenmitte angesetzt werden, der am Plattenrand ($b = 5 \times d$) auf 16 MN/m³ erhöht werden kann. Auf Basis dieses ersten Berechnungsschrittes muss dann gegebenenfalls in einem iterativen Prozess in Abstimmung zwischen dem Tragwerksplaner und GMP der Bettungsmodul angepasst werden.

10.3 Unterbau unter der Bodenplatte

Bei Ausführung einer Plattengründung ist unter der Bodenplatte ein Austausch aus einem Mineralgemisch der Körnung 0/56mm mit einer Stärke von ≥ 40 cm vorzusehen. Der Schotter ist in mindestens 2 Lagen einzubauen und lagenweise bis ≥ 103 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Auf dem Schotterunterbau ist eine Tragfähigkeit von $E_{V2} \geq 60$ MN/m² nachzuweisen. Wird diese Tragfähigkeit nicht erreicht (Probefeld) ist der Unterbau zu verstärken.

Erfolgt die Lastabtragung über Einzel- und Streifenfundamente sind keine erhöhten Anforderungen an die Tragfähigkeit zu stellen. Unter der Bodenplatte ist dann ein Schotterunterbau einzubringen, dessen Mächtigkeit so zu wählen ist, dass auf dem Schotterpaket eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird. Zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung war bereits eine relativ gute Tragfähigkeit vorhanden, so dass bei diesen Verhältnissen eine Schotterschicht mit einer Mächtigkeit von ca. 20 cm ausreichend sein dürfte. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen bzw. einem hohen Grundwasserstand kann eine Verstärkung erforderlich werden. Die endgültige Festlegung kann aber erst vor Ort zum Zeitpunkt der Bauausführung erfolgen. Hierfür sollte vorab ein Probefeld angelegt werden, auf dem mit dem gewählten Aufbau die zu erzielende Tragfähigkeit bestimmt werden kann. Ausgehend von diesem Ergebnis kann die endgültige Mächtigkeit des Schotterunterbaus festgelegt werden.

Bei einem Hochwasser des Main ist je nach Jährigkeit mit einem Anstieg des Mainwasserspiegels und damit auch verbunden des Grundwasserspiegels bis über Geländeoberkante hinausgegeben (siehe Kapitel 5). Aus diesem Grunde muss das Untergeschoss wasserdicht und auftriebssicher ausgebildet werden.

10.4 Maßnahmen gegen Radon

Bei einer normgerechten Abdichtung des Gebäudes gemäß DIN 18533 gegen Bodenfeuchte oder drückendes Wasser sind gemäß der Broschüre „Radonschutzmaßnahmen, Planungshilfen für Neu- und Bestandsbauten“, herausgegeben vom Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft des Freistaates Sachsen, in der Regel auch gleichzeitig die Anforderungen an den baulichen Radonschutz erfüllt.

10.5 Arbeitsraumverfüllung

Im Bereich befestigter Außenflächen und innerhalb des Gebäudes (unter Bodenplatten) müssen die Arbeitsräume qualifiziert verdichtet werden. Je Lage gelten die folgenden Anforderungen:

$$D_{Pr} \geq 1,0$$

Die Schüttstärke darf höchstens 30 cm betragen und ist auf das Verdichtungsgerät und das Schüttmaterial anzupassen. An Materialien dürfen alle verwendet werden, die die o.g. Anforderung an die Verdichtung erfüllen. Auf OK Arbeitsraumverfüllung sind die folgenden Kriterien zu erfüllen:

$$D_{Pr} \geq 1,0$$

$$E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$$

Die beim Aushub anfallenden Lehme sind dabei für die Arbeitsraumverfüllung nicht geeignet. Bei Verwendung dieser Schichten ist eine ausreichende Verdichtung wegen des hohen Wassergehaltes nicht möglich, so dass Setzungen in der Arbeitsraumverfüllung in einer Größenordnung von mehreren Zentimetern auftreten, die auch erst nach einigen Jahren oder Jahrzehnten vollständig abgeklungen sind.

In den Bereichen, in denen diese Setzungen zugelassen werden können (z.B. nicht befestigte Außenflächen und Grünanlagen) können die Lehme zur Arbeitsraumverfüllung verwendet werden.

Die Kiese und Sande können als Verfüllmaterial verwendet werden. Dazu muss eine Möglichkeit vorhanden sein den Aushub auf Miete zu setzen. Die Mieten müssen oberflächlich verdichtet oder abgedeckt werden, damit keine Durchnässung des Materials stattfindet. Bei einer Durchnässung sind die Kiese und Sande ohne Zusatzmaßnahmen (z.B. Stabilisierung mit Bindemittel) nicht einbaubar.

Die aufgefüllten Böden sind aus abfallrechtlicher Sicht grundsätzlich nicht für eine Rückverfüllung geeignet.

Die Bodenkennwerte zur Dimensionierung der Bauwerksaußenwände sind abhängig vom verwendeten Material zur Arbeitsraumverfüllung. Bei Verwendung der beim Aushub anfallenden Schichten können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Tabelle 8: Bodenkennwerte zur Dimensionierung erdberührter Bauteile

Verfüllmaterial	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]
Kiese, Sande (Aushub)	18,0	8,0	30,0	0
geeignetes Fremdmaterial ¹⁾	18,0	8,0	35,0	0

1) Fremdmaterial ist vor dem Einbau durch GMP zu prüfen und freizugeben

Bei der Dimensionierung der Kelleraußenwände sollte entsprechend DIN 4085 erhöht aktiver Erddruck ($0,5 * E_a + 0,5 * E_0$) nach COULOMB angesetzt werden.

11. Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen

11.1 Oberflächenversiegelung

Im Zuge der Felderkundung wurde am Aufschluss RKS 3 eine Oberflächenversiegelung (Beton) aufgeschlossen. Der Betonkern wurde bei der orientierenden abfalltechnischen Untersuchung nicht berücksichtigt. Sollte eine orientierende abfalltechnische Bewertung der Oberflächenversiegelung nötig sein, so ist dies GMP rechtzeitig mitzuteilen. Hierfür sind die Rückstellzeiten aus dem Kapitel 8.2 zu beachten.

Sollte die Oberflächenversiegelung aus Beton bei der Baumaßnahme zurückgebaut werden, so sollte die Entsorgung des Betonmaterials in der Ausschreibung (z.B. RC-Materialien der jeweiligen Klassen von RC1 bis RC3 gemäß EBV) berücksichtigt werden.

11.2 Auffüllungen

EBV

Die kiesigen Auffüllungen werden durch die Mischproben MP 1 und MP 2 charakterisiert.

Die Mischprobe MP 1 (Bereich RKS 2 und 3) ist laboranalytisch orientierend als BM-0*-Material einzustufen. Bei Materialien der Klasse BM-0* sind die Einbaukonfigurationen gemäß EBV, Anlage 2, Tabelle 5 zu beachten.

Das Material der Mischprobe MP 2 (Bereich RKS 4) ist orientierend aufgrund des hohen PCB-Gehaltes als > BM-F3-Material einzustufen.

Die schluffigen Auffüllungen der Aufschlüsse RKS 1, 3 und 5 wurden in der Mischprobe MP 3 berücksichtigt. Aus der laboranalytischen Untersuchung ist zu entnehmen, dass das Bodenmaterial orientierend als > BM-F3-Material einzustufen ist. Der ausschlaggebende Parameter ist Arsen im Eluat.

Materialien der Klasse > BM-F3 können gemäß EBV nicht verwertet werden.

LVGBT

Die kiesigen Auffüllungen werden durch die Mischproben MP 1 und MP 2 charakterisiert.

Die Mischprobe MP 1 (Bereich RKS 2 und 3) ist laboranalytisch orientierend als Z 1.1-Material einzustufen. Die Verwertung in Standorten (Gruben, Brüchen, Tagebauen) der Kategorie B gem. Anlage 8a, Leitfaden zu den Eckpunkten „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen“, Stand 07/2021 ist generell möglich.

Das Material der Mischprobe MP 2 (Bereich RKS 4) ist orientierend aufgrund des hohen PCB-Gehaltes als > Z 2-Material einzustufen.

Die schluffigen Auffüllungen der Aufschlüsse RKS 1, 3 und 5 wurden in der Mischprobe MP 3 berücksichtigt. Aus der laboranalytischen Untersuchung ist zu entnehmen, dass das Bodenmaterial orientierend als > Z 2-Material einzustufen ist. Der ausschlaggebende Parameter ist Arsen im Eluat.

Materialien mit Schadstoffbelastung > Z 2 gemäß LVGBT sollen gemäß den Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft (KrWG §7 Abs. 4), soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar einer Behandlung zur Verminderung der Schadstoffbelastung zugeführt werden. Sollte eine Behandlung zur Reduzierung des Schadstoffgehaltes technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar sein, muss Material des Zuordnungswertes > Z2 auf geeignete Deponien verbracht werden. Bei einer dortigen Verwertung sind die Vorgaben der Deponieverordnung (DepV) zu beachten.

DepV

Die Bodenmaterialien der Mischproben MP 2 und 3 überschreiten die Material- bzw. Zuordnungswerte gemäß EBV bzw. LVGBT und somit ist eine Verwertung ohne Aufbereitung nicht möglich.

Sollte das Bodenmaterial nicht aufbereitet werden, so ist das Bodenmaterial auf eine geeignete Deponie zu bringen. Aus der bestehenden Laboranalytik kann entnommen werden, dass das Material der Mischprobe MP 2 orientierend aufgrund des erhöhten PCB-Gehaltes als DK I-Material einzustufen ist. Das Bodenmaterial der Mischprobe MP 3 ist orientierend aufgrund des erhöhten Arsengehaltes im Eluat als DK III-Material einzustufen.

Materialien der Klasse DK I sind für die Ablagerung auf Deponien ab der Deponieklasse I geeignet und Materialien der Klasse DK III sind für die Ablagerung auf Deponien der Deponieklasse III geeignet.

Wir weisen darauf hin, dass die orientierende Bewertung gemäß DepV mithilfe der bestehenden Laboranalytik gemäß EBV und LVGBT durchgeführt worden ist. Um eine orientierende Bewertung gemäß DepV durchführen zu können, sollte der komplette Parameterumfang der DepV analysiert werden. Zudem wird darauf hingewiesen, dass die laboranalytischen Untersuchungen in der DepV in der Gesamtfraktion durchgeführt wird und nicht in der Feinfraktion (< 2 mm) wie in der EBV bzw. LVGBT.

11.3 Natürlicher Untergrund

EBV

Der natürliche Untergrund wird durch die Mischproben MP 4 und 5 charakterisiert. Aus der Laboranalytik ist zu entnehmen, dass der gesamte natürliche Untergrund orientierend als BM-0-Material einzustufen ist.

Bei der Mischprobe MP 4 ist der erhöhte Arsengehalt im Eluat zu vernachlässigen, da der Arsengehalt im Feststoff den Materialwert von BM-0 einhält. Somit ist der Eluatwert zu vernachlässigen.

Materialien der Klasse BM-0 können aus umwelttechnischer Sicht uneingeschränkt in technische Bauwerke verwertet werden. Die bautechnische Eignung ist zu prüfen.

LVGBT

Der natürliche Untergrund wird durch die Mischproben MP 4 und 5 charakterisiert. Aus der Laboranalytik ist zu entnehmen, dass der gesamte natürliche Untergrund orientierend als Z 0-Material einzustufen ist.

Bei der Mischprobe MP 5 ist der leicht erhöhte pH-Wert im Eluat zu vernachlässigen, da gemäß LVGBT, Anlage 2, Tabelle 1, Fußnote 1 der pH-Wert allein kein Abschlusskriterium darstellt.

Die Verwertung in Standorten (Gruben, Brüchen, Tagebauen) der Kategorie A gem. Anlage 8a, Leitfaden zu den Eckpunkten „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Stand 07/2021 ist auf Grundlage der Ergebnisse der chemischen Analysen generell möglich. Die Unbedenklichkeit der untersuchten Materialien auf Grund der Herkunft ist für eine Verwertung in Standorten (Gruben, Brüchen, Tagebauen) der Kategorie A zwingend nachzuweisen.

Sollte der natürliche Untergrund ausgehoben werden, so ist dieser separat von den Auffüllungen auszubauen und zu lagern. Sollte der natürliche Boden mit den Auffüllungen vermischt werden, so ist die Unbedenklichkeit des Materials nicht mehr gegeben.

12. Homogenbereiche

12.1 Geotechnische Klassifizierung

Nach der aktuellen Norm (VOB/C, September 2019) sind die bekannten Bodenklassen (z.B. DIN 18300 u. a.) durch Homogenbereiche ersetzt worden. Homogenbereiche sind z. B. in DIN 18300 definiert als:

„[...] ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweist.“

Für das geplante Bauvorhaben wird davon ausgegangen, dass nur Homogenbereiche für das/die folgenden Gewerke anzugeben sind:

- ATV DIN 18320 „Landschaftsbauarbeiten“
- ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“

Der Rückbau von befestigten Flächen und sonstigen Bauteilen wird nicht über die Homogenbereiche definiert und ist gesondert auszuschreiben.

12.2 Schichteinteilung

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wird die in nachfolgender Tabelle zusammengestellte Schichteinteilung verwendet. Der Aufbruch von Verkehrsflächen ist in einer gesonderten Position auszuschreiben.

Tabelle 9: Schichteinteilung

Schicht-Nr.	Bodenschichtung	Einstufung	
		Boden	Fels
1	Oberboden	x	
2	Auffüllungen	x	
3	quartäre Ablagerungen	x	

Die Homogenbereiche werden wie folgt definiert:

Tabelle 10: Festlegung Homogenbereiche

Schicht-Nr.	Homogenbereich nach DIN 18320	Homogenbereich nach DIN 18300
1	HOB 1	---
2	---	HEB 1
3	---	HEB 3

Da es sich bei Schicht 2 um Auffüllungen handelt, sind diese gesondert zu behandeln (siehe hierzu Kapitel 13.3). Eine Unterteilung der Homogenbereiche infolge chemischer Inhaltstoffe erfolgt nicht, da die durchgeführten Untersuchungen lediglich orientierenden Charakter besitzen.

Die endgültigen Homogenbereiche sowie ggf. erforderliche Homogenbereiche für weitere Gewerke sind im weiteren Verlauf der Planungen in enger Abstimmung zwischen den Fachprojektanten und GMP festzulegen.

Die angegebenen Grenzwerte der nachfolgenden Tabellen ergeben sich aus den Ergebnissen der Laborversuche sowie der Auswertung von zahlreichen Versuchen in vergleichbaren geologischen Verhältnissen. Unter Berücksichtigung der Entstehungsgeschichte sowie durch äußere Einflüsse (z.B. Witterungsverhältnisse) können Abweichungen nach oben wie unten nicht ausgeschlossen werden.

Bei der Klassifizierung der Felsschichten wird in der VOB, Ausgabe 2016 auf die DIN EN ISO 14689 verwiesen. Diese Norm ist zurückgezogen und durch die DIN EN ISO 14689, Ausgabe 2018-05 ersetzt worden. Bei der Beschreibung der Homogenbereiche wird aber dennoch die Ausgabe der DIN EN ISO 14689, Ausgabe 2011-06 angewendet.

12.3 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320

Oberboden wird hinsichtlich der Bearbeitbarkeit nach DIN 18915 in Oberbodengruppen eingeteilt. Die Ausschreibung erfolgt nach DIN 18320.

Tabelle 11: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18320

Homogenbereich	HOB 1	
Schicht-Nr.	1	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	
Bodengruppe (DIN 18196)	OU, OT, OH	
Bodengruppe (DIN 18915)	2 - 5	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

12.4 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300

Infolge der Abhängigkeit der Homogenbereiche von den Bauverfahren können diese nur soweit eingeteilt werden, als sie zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung und Gutachtenerstellung bekannt sind.

Bei der vorgenommenen Einteilung der Homogenbereiche werden folgendes Vorgehen und folgende Planungsgrundlagen vorausgesetzt:

- Einsatz eines Kettenbaggers von ca. 20 bis 30 t Betriebsgewicht (z.B. Liebherr R 920)
- Ausreichend Flächen zur Zwischenlagerung des Aushubs sind vorhanden.
- Kontinuierliche geotechnische Fachbetreuung zur Separation des Aushubs.

12.4.1 Boden

Tabelle 12: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	HEB 1		HEB 2	
Schicht-Nr.	2		3	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung		Kiese, Sande, Lehme	
Entsprechung Bodenklasse (VOB DIN 18300-2012)	3 - 5		3 - 5	
Bodengruppe (DIN 18196)	alle grob-, gemischt- und feinkörnigen Böden nach DIN 18196		GE/GW/GI, SE/SW/SI GU/GT, SU/ST, TM, TA	
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	Körnungsband 1 (siehe Anlage 11.1)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 11.2)	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	25	0	10
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	10	0	5
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb		nb	
Dichte [g/cm³] (DIN 18125-2)	1,7	2,1	1,7	2,2
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²] (DIN 4094-4)	nb		nb	
Wassergehalt [-] (DIN EN ISO 17892-1)	0,08	0,35	0,02	0,40
Plastizitätszahl [-] (DIN EN ISO 17892-12)	0,12	0,50	0,15	0,60
Konsistenzzahl [-] (DIN EN ISO 17892-12)	0,75	>1,25	0,75	>1,25
Lagerungsdichte ¹⁾ [-] (DIN EN ISO 14688-2)	locker	mitteldicht	locker	dicht
Organischer Anteil [Gew. %] (DIN 18128)	0	5	0	3

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

13. Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen

13.1 Gründung

Bei den zu erwartenden Lasten kann eine Gründung entweder über eine Bodenplatte oder über Einzel- und Streifenfundamente erfolgen. Zur endgültigen Festlegung der Gründungskonzeption ist GMP ein Fundamentplan mit eingetragenen Lasten zuzusenden, damit die auftretenden Setzungen und die daraus resultierenden Setzungsdifferenzen ermittelt werden können.

13.2 Empfehlungen zur weiteren Erkundung

Nach dem derzeitigen Stand der Planung sind keine weiteren Erkundungsmaßnahmen erforderlich.

13.3 Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen

Hinsichtlich der Planung, Ausschreibung und Durchführung der Aushubmaßnahme empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

- Hinweis auf den orientierenden Charakter der durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen und die Beschränkung auf die untersuchten Materialien
- Berücksichtigen von Entsorgungspositionen für Materialien der Klassen BM-0, BM-0* und BM-F0* gemäß EBV und für Materialien der Klasse Z 0 und Z 1.1 sowie für Materialien der Klasse DK 0 bis III bei der Ausschreibung
- Berücksichtigung von Entsorgungspositionen für Materialien aus der Oberflächenversiegelung (Beton), sollten diese ausgebaut werden (z.B. RC-Materialien der jeweiligen Klassen von RC1 bis RC3 gemäß EBV)
- Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse der orientierenden abfalltechnischen Einstufung bei der Gewichtung der Aushubmassen je Entsorgungsposition
- Angabe der geplanten Entsorgungswege für sämtliche Zuordnungs- bzw. Deponieklassen durch die Bieter bereits bei der Angebotsabgabe

- Für alle im Entsorgungskonzept genannten Entsorgungsstellen sollten zur Überprüfung der Zulässigkeit des Entsorgungsweges folgende Unterlagen beigelegt sein:
 - Bezeichnung der Entsorgungsstelle mit Anschrift
 - Art der geplanten Entsorgung (z.B. Entsorgung auf einer Deponie, Verwertung als Deponieersatzbaustoff usw.)
 - Vollständiger Genehmigungsbescheid mit dem Positivkatalog der zugelassenen Abfallarten, Annahmekriterien der Entsorgungsstelle sowie gegebenenfalls Einzelfallentscheidungen der zuständigen Behörden
 - Annahmeerklärung des Entsorgers für die im Leistungsverzeichnis genannten Abfälle
- Prüfung der Zulässigkeit der Entsorgungswege bis spätestens zur Auftragserteilung
- Entsorgung/Verwertung der Aushubmaterialien durch einen zertifizierten Entsorgungsfachbetrieb gemäß § 56 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG).
- Aushubüberwachung durch eine verantwortliche Person zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Zusammensetzung der Aushubmaterialien.
- Abstimmung mit Betreiber der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls mit der zuständigen Fachbehörde ob für die abfalltechnische Einstufung der Aushubmaterialien \leq Z1.2 / BM-F1 die vorliegenden in-situ-Untersuchungen ausreichend sind.
- Verbindliche abfalltechnische Deklaration der Aushubmaterialien \leq Z1.2 / BM-F1 über Haufwerksuntersuchung (empfohlenes Mietenvolumen maximal 500 m³), wenn von der geplanten Entsorgungsstelle die vorliegenden in-situ Ergebnisse nicht anerkannt werden, oder eine Untersuchung behördlich im Einzelfall gefordert wird.

In Auffüllungsmaterialien wurden teilweise bodenfremde Bestandteile (Fremdbestandteile) festgestellt. Allein das Vorhandensein bestimmter Fremdbestandteile (z.B. Asphaltdeckenreste) kann zu einer schlechteren abfalltechnischen Einstufung oder einem anderen Entsorgungsweg führen. Dies ist im Zweifelsfall mit der konkreten Entsorgungsstelle im Vorfeld der Aushubmaßnahme abzuklären.

Im Zuge der Felderkundung wurde am Aufschluss RKS 3 eine Oberflächenversiegelung (Beton) aufgeschlossen. Der Betonkern wurde bei der orientierenden abfalltechnischen Untersuchung nicht berücksichtigt. Sollte eine orientierende abfalltechnische Bewertung der Oberflächenversiegelung nötig sein, so ist dies GMP rechtzeitig mitzuteilen. Hierfür sind die Rückstellzeiten aus dem Kapitel 3.2 zu beachten.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.

13.4 Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung

Vor Beginn der Bauarbeiten sollte an den umliegenden Gebäuden eine Beweissicherung durchgeführt werden, damit der Zustand der Gebäude vor den Bauarbeiten dokumentiert ist und nicht nach Abschluss der Kanalarbeiten unberechtigte Forderungen an den Bauherrn herangetragen werden können.

Aufgrund der natürlichen Variabilität des Untergrundes können zwischen den einzelnen Prüfungsstellen andere Untergrundverhältnisse vorhanden sein als im Gutachten beschrieben. Im Zuge der Bauarbeiten sind daher vor Ort die Untergrundverhältnisse zu bestätigen.

Die Gründungssohlen der Fundamente sind durch einen geotechnischen Sachverständigen zu überprüfen und abzunehmen.

Die erreichte Tragfähigkeit und Verdichtung von Auffüllungen vor allem im Bereich von befestigten Flächen sowie unter tragenden Bauteilen (z.B. Bodenplatte) ist im Zuge der Eigenüberwachung und der Fremdüberwachung zu überprüfen und nachzuweisen.

Sollten die erforderlichen Werte nicht erreicht werden, müssen gegebenenfalls zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt werden, deren Art und Umfang vor Ort festzulegen sind.

13.5 Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung

Die Aushubmaßnahme ist durch eine verantwortliche Person fachtechnisch zu begleiten, um eine ordnungsgemäße Verwertung der Aushubmaterialien zu gewährleisten.

Die abfalltechnischen Empfehlungen in Kapitel 13.3 sind zu beachten. Für Aushubmaterialien \leq Z1.2 / BM-F1 ist im Vorfeld mit der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls der zuständigen Fachbehörde abzustimmen, ob die vorliegenden in-situ-Ergebnisse für eine abfalltechnische Einstufung ausreichend sind.

Bei Nichtbeachtung der abfalltechnischen Empfehlungen kann es zu Bauverzögerungen und Kostenmehrungen kommen.

Bei der Beprobung über Haufwerke ist bei der Planung der Baustellenlogistik zu berücksichtigen, dass für die chemische Analytik ein Zeitaufwand von sechs bis sieben Werktagen benötigt wird. Bis zum Vorliegen der Analysenergebnisse darf dann das Haufwerk nicht mehr durch weitere Anschüttungen oder Abgrabungen verändert werden.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.



gez. Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen
(Geschäftsführer)

Sachverständiger
für Geotechnik
12817

gez. M. Eng. Umwelting. M. Maier
(Projektleiter Umwelttechnik)

Erklärung des Verfassers:

Hiermit übertrage ich die Nutzungsrechte des gegenständlichen Gutachtens für die vorliegende Bauleitplanung dem Auftraggeber sowie der Stadt Würzburg uneingeschränkt für die öffentliche Verwendung, auch für eine Internetnutzung.

Würzburg, den 19.05.2025

gez. Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen
GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG

Verteiler:
Wohnen am Gewächshaus GbR (1x digital)