

Sanierung der Eichendorff Grund- und Mittelschule, Veitshöchheim

Geotechnischer Bericht



Ort: Veitshöchheim
Auftraggeber: Gemeinde Veitshöchheim
Projektleiter: Dipl.-Ing. M. Sick
GMP-Projektnr.: 222097\g1 Si/fr
Datum: 21.11.2022

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 10485

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

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

Unterlagen: Gemeinde Veitshöchheim:

- /1/ Lageplan, M = 1:500, Plan-Nr. EDS-2-00-001, Stand 27.06.2022
- /2/ Gesamtkonzept, M = 1:200, Plan-Nr. EDS-2-00-001, Stand 27.06.2022
- /3/ Gesamtkonzept, M = 1:200, Plan-Nr. EDS-2-00-012, Stand 27.06.2022
- /4/ Gesamtkonzept, M = 1:200, Plan-Nr. EDS-2-00-0013, Stand 27.06.2022
- /5/ Grundriss Haus IV Ebene -3, M = 1:100, Plan-Nr. EDS-3-06-001-VA, Stand 27.06.2022
- /6/ Grundriss Haus IV Ebene -2, M = 1:100, Plan-Nr. EDS-3-06-002-VA, Stand 27.06.2022
- /7/ Haus IV Längsschnitt A-A, M = 1:100, EDS-3-06-201-VA, Stand 27.06.2022
- /8/ Haus IV Längsschnitt B-B, M = 1:100, EDS-3-06-202-VA, Stand 27.06.2022

Länderübergreifende Regelungen für die abfalltechnische Bewertung:

- /9/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“, Stand 06.11.1997

Länderspezifische Regelungen für die abfalltechnische Bewertung:

- /10/ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Umgang mit Bodenmaterial“, Stand: Juli 2022

Anlagen:

- 1. Übersichtslageplan, M = 1:25.000
- 2. Lageplan der Aufschlüsse, M = 1:250
- 3. Schnitte mit Tiefenprofilen und Rammdiagrammen, M = 1:100
- 4. Bilddokumentation Ansatzpunkte der Aufschlüsse
- 5. Tabelle Bodenproben Geotechnik
- 6. Tabelle Bodenproben Umwelttechnik
- 7. Zusammenstellung der Laborversuche
- 8. Kornverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
- 9. Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
- 10. Körnungsbänder

Anhang:

- AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg vom 14.07.2022
 - Prüfbericht 3301909 - 446943
 - Prüfbericht 3301909 - 446945

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang	5
2. Örtliche Verhältnisse	5
2.1 Geplante Baumaßnahme	5
2.2 Geotechnische Kategorie	6
2.3 Erdbebenzone	6
2.4 Frosteinwirkung	6
2.5 Schutzgebiet	6
3. Untergrunderkundung	6
3.1 Durchgeführte Aufschlüsse	6
3.2 Einmessung der Aufschlusspunkte	7
4. Probenahme	8
4.1 Geotechnische Probenahme	8
4.2 Umwelttechnische Probenahme	8
5. Untergrundverhältnisse	9
5.1 Geologische Verhältnisse	9
5.2 Oberflächenbefestigung	9
5.3 Auffüllungen	9
5.4 Hangschutt und Hanglehm	10
5.5 Festgesteine des Oberen Muschelkalk	10
6. Hydrogeologische Verhältnisse	11
7. Laborversuche	12
8. Geotechnische Kenngrößen	12
9. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen	13
9.1 Bewertungsgrundlage	13
9.2 Durchgeführte Untersuchungen	13
9.3 Analysenergebnisse	14
10. Geotechnische Empfehlungen	14
10.1 Baugrube	15
10.2 Gründungsempfehlungen	15
10.3 Unterbau unter der Bodenplatte	16
10.4 Maßnahmen gegen Wasser	17
10.5 Arbeitsraumverfüllung	18

11.	Homogenbereiche	19
11.1	Geotechnische Klassifizierung	19
11.2	Schichteinteilung	20
11.3	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300	20
11.3.1	Boden	21
11.3.2	Fels	22
12.	Zusammenfassung	22
12.1	Empfehlungen zur weiteren Erkundung	23
12.2	Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen	23
12.3	Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung	24
12.4	Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung	25

1. Vorgang

Das Architekturbüro GKT plant für die Gemeinde Veitshöchheim einen Erweiterungsbau an der Eichendorffschule in der Günterslebener Straße 41, 97299 Veitshöchheim.

Die GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG wurde von der Gemeinde Veitshöchheim mit Schreiben vom 21.03.2022 mit der Baugrunduntersuchung und der Ausarbeitung des Geotechnischen Berichts beauftragt. Grundlage für den Auftrag ist das Angebot vom 01.03.2022.

2. Örtliche Verhältnisse

2.1 Geplante Baumaßnahme

Im südwestlichen Bereich des Schulgeländes ist der Neubau des Haus IV geplant (siehe Lageplan, Anlage 2).

Bei dem Neubau handelt es sich um ein teilunterkellertes bis zu 4-geschossiges Gebäude (Ebene -03 bis Ebene 0) mit Grundrissabmessungen von ca. 56 x 20 m.

Das Untergeschoss (Ebene -03) erstreckt sich über ca. 2/3 der Gebäudefläche. Aufgrund der Geländesituation wird talseits im Endzustand zur Ebene -03 ein ebenerdiger Zugang möglich sein. Im bergseitigen Bereich wird das Gelände im Endzustand in etwa auf Höhe der Ebene -02 liegen. Folgende Höheneinstellung kann den Plänen entnommen werden.

Tabelle 1: Höheneinstellung

	Höhe relativ [m]	Höhe absolut [mNN]
Bezugshöhe	± 0,00	212,53
OK FFB E-03	-4,70	207,83
OK FFB E-02	-0,98	211,55
OK FFB E-01	+2,55	215,08
OK FFB E-0	+6,05	218,58

Derzeit wird die Fläche als gepflasterte Parkflächen sowie Fußwege genutzt. Das Gelände fällt im Untersuchungsbereich von Nordost nach Südwest ab.

Bei der Baugrunduntersuchung wurden Geländehöhen von max. 212,66 m NHN (RKS 4) und min. 208,54 m NHN (RKS 1) gemessen.

2.2 Geotechnische Kategorie

Da es sich um einen „üblichen Ingenieur- und Hochbau“ handelt, fällt die Baumaßnahme gemäß DIN 4020 und DIN 1054 in die geotechnische Kategorie GK 2.

2.3 Erdbebenzone

Das Baugelände gehört gemäß DIN 1998-Na keiner Erdbebenzone und Untergrundklasse an.

2.4 Frosteinwirkung

Gemäß Karte der Frosteinwirkungszone aus RStO 12 liegt die Baumaßnahme in der Frostzone II. Daraus lässt sich ein Frostindex $F_i > 250$ bis ≤ 330 °C x d abschätzen, bei dem eine Frosteindringtiefe von $Z_F = 80 - 90$ cm zu erwarten ist.

2.5 Schutzgebiet

Die geplante Baumaßnahme liegt außerhalb von Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebieten.

3. Untergrunderkundung

3.1 Durchgeführte Aufschlüsse

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden insgesamt vier Rammkernsondierungen (RKS 1 - RKS 4) niedergebracht.

Zur Bestimmung der relativen Tragfähigkeit und der Lagerungsdichte des Baugrundes wurden vier Rammsondierungen mit der leichten und schweren Rammsonde (DPL 1 - DPL 2 und DPH 1 - DPH 2) ausgeführt. Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind im Lageplan der Anlage 2 im Maßstab 1:250 eingetragen. Fotos der Aufschlussstellen sind in Anlage 4 beigelegt.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in Form von höhenorientierten Tiefenprofilen in den Schnitten der Anlage 3 eingetragen (M = 1:100).

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 leichte und schwere Rammsonde nach EN ISO 22476-2:2012 (DPL, DPH) 10 cm in den Boden einzurammen, ist in der Anlage 3 in den Rammdiagrammen aufgetragen.

Die verwendeten Signaturen der Tiefenprofile und die Kurzzeichen für Bodenarten sind in den Legenden der Anlagen 3.0 erläutert.

3.2 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. Die Abweichungen von denen in dem Lageplan angegebenen Höhen sind zum einen auf die oben beschriebene Differenz zwischen den Höhensystemen zurückzuführen sowie auf die Messgenauigkeit des verwendeten Systems (ca. ± 5 cm).

4. Probenahme

4.1 Geotechnische Probenahme

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Kennwerte wurden aus den Aufschlüssen Proben entnommen, die tabellarisch in der Anlage 5 zusammengestellt sind. Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind außerdem neben den Tiefenprofilen der Anlage 3 angegeben.

Nach Sichtung und Beurteilung wurden an ausgewählten Proben Versuche im bodenmechanischen Labor von GMP durchgeführt (siehe Anlage 5). Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 7 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.

4.2 Umwelttechnische Probenahme

Aus den Aufschlüssen wurden Boden- sowie Materialproben für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommen, im GMP-Labor gesichtet und abfalltechnisch beurteilt. Bodenfremde Bestandteile in Form von Ziegelresten wurden am Aufschluss RKS 2 angetroffen. Zum Zeitpunkt der Probenahme wurden keine geruchlichen Auffälligkeiten festgestellt.

Die entnommenen Materialkerne sind in Tabelle 1 der Anlage 6 aufgeführt. Es wurden keine laboranalytischen Untersuchungen durchgeführt.

In der Tabelle 2 der Anlage 6 sind die für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommenen Boden-/Materialproben mit der Angabe der Verwendung für die Mischprobenerstellung sowie der durchgeführten Analytik zusammengestellt.

5. Untergrundverhältnisse

5.1 Geologische Verhältnisse

Nach der Geologische Karte von Bayern und dem Ergebnis der Baugrunderkundung stehen im Baubereich die Festgesteine des Oberen Muschelkalk an, die von pleistozänen Schichten aus Hanglehmen und Hangschutt überdeckt sind. Den Oberflächenabschluss bilden Auffüllungen sowie Pflasterflächen und Kunststoffbeläge. Der Baugrund lässt sich in vier Schichten vereinfachen:

1. Oberflächenbefestigung
2. Auffüllungen
3. Hangschutt und Hanglehm
4. Festgesteine des Oberen Muschelkalk

5.2 Oberflächenbefestigung

Zunächst musste die Oberflächenbefestigung entfernt werden, die im Bereich von RKS 1, 2 und 3 aus Pflasterbelag besteht (siehe auch Bilddokumentation Ansatzpunkte der Aufschlüsse). Die Pflastersteine messen eine Stärke von 8 cm.

Bei RKS 4 wurde auf einer ca. 6 cm dicken Schwarzdeckenschicht ein Kunststoffbelag (evtl. Tartan, Acryl, PU) verlegt. Unterhalb der Oberflächenbefestigung liegen zunächst im Bereich von RKS 2 und RKS 3 dünne Ausgleichsschichten aus 4 - 5 cm Sand vor.

5.3 Auffüllungen

Unter der Oberflächenbefestigung folgt zunächst ein Mineralstoffgemisch, das bis in Tiefen von 0,5 - 0,6 m unter GOK erbohrt wurde. Bodenmechanisch ist der Schotter als Kies mit schluffigen und sandigen Beimengungen zu bezeichnen (Kurzzeichen nach DIN 4023: G, s, u).

Die Schotterauffüllung war so dicht gelagert, dass ein Durchrörern mit der leichten Rammsonde nicht möglich war. Hier musste bohrgebohrt werden.

Die Sondierungen mit der schweren Rammsonde zeigen mit Schlagzahlen von $N_{10,DPL} = 8 - 10$ eine Verdichtung des Oberbaus an.

Unterhalb der Schichten aus Mineralstoffgemisch wurden teilweise weitere Auffüllungen aus Schluffen mit stark sandigen und stark kiesigen Anteilen (U, s*/U g*, t) erbohrt. Bei RKS 1 konnte nicht eindeutig beurteilt werden, ob die Schicht zwischen 1,0 und 2,0 m unter GOK aufgefüllt wurde oder bereits geologisch dem Quartär zu zuordnen sind. Nachfolgend wird die Schicht aber der Auffüllung zugerechnet. In RKS 1 wurde die Schotterunterkante bei 2,0 m unter GOK festgestellt, bei RKS 2 in 0,8 m unter GOK.

Nach dem Ergebnis der in-situ-Ansprache liegen die lehmigen Ausgleichsschichten in steifer bis halbfester Konsistenz vor. Die Ansprache wird durch das Ergebnis der Rammsondierung bestätigt.

5.4 Hangschutt und Hanglehm

Die Schichtoberkante der Hanglehme und des Hangschutt wurde in 0,6 - 1,0 m unter GOK erbohrt. Ingenieurgeologisch sind die Hanglehme als sandige Schluffe mit tonigen Beimengungen anzusprechen (U, s, t). Der Hangschutt zeichnet sich durch einen erhöhten Kiesanteil (U, s, t, g) aus. Die Hanglehme wurden in situ mit steifer Konsistenz angesprochen, die bindigen Bestandteile des Hangschutt sind von halbfester Konsistenz.

Dies kann durch die Sondierungen mit der leichten und schweren Rammsonde ($N_{10,DPL} \geq 15$; $N_{10,DPH}$ ca. 10) im Wesentlichen bestätigt werden. In DPH 1 wurden zwischen 1,5 und 2,0 m nur sehr geringe Schlagzahlen ($N_{10,DPH} = 1 - 3$) erzielt. Dieser Schlagzahlrückgang kann auf eine locker gelagerte Füllung zwischen größeren Steinen oder Blöcken zurückzuführen sein.

5.5 Festgesteine des Oberen Muschelkalk

Die Festgesteine des Oberen Muschelkalk wurden in keinem der Aufschlüsse angetroffen. Die Sondierungen mussten aber vor Erreichen der geplanten Endtiefe abgebrochen werden. Systembedingt kann nicht beurteilt werden, ob unterhalb der Aufschlussendtiefe ein größerer Stein eingelagert ist oder bereits Fels ansteht. Da aber die Rammsondierungen in etwa in der gleichen Tiefe festkamen, wird zunächst davon ausgegangen, dass unterhalb der Sondierendtiefe Felsschichten folgen.

Unter dieser Annahme steht Fels ab folgenden Tiefen an:

Tabelle 2: Voraussichtliche Felsoberkante

Aufschluss	OK Fels	
	unter GOK [m]	absolut [m NHN]
RKS 1	2,5	206,0
RKS 2	1,9	207,4
RKS 3	1,7	208,0
RKS 4	1,8	210,8

Der Fels besteht erfahrungsgemäß aus Wechselfolgen von Kalk-, Ton- und Mergelsteinen. Die Ton- und Mergelsteinlagen sind fein laminiert bis dünn geschichtet. Die Kalksteinlagen können bis zu mitteldicke Schichtflächenabstände aufweisen. Über die Klüftung können keine Aussagen getroffen werden.

6. Hydrogeologische Verhältnisse

Am Tag der Baugrunderkundung wurde weder ein zusammenhängender Grundwasserspiegel noch einzelne schwebende Grundwasserhorizonte angetroffen. Nach längeren Nässeperioden oder Niederschlagsereignissen sind Stauhorizonte auf den Lehmen zu erwarten bzw. im Festgestein ist mit der Ausbildung von schwebenden Grundwasserspiegeln zu rechnen. Zur Stärke und Tiefenlage von Wasserzutritten sind hierbei keine Angaben möglich.

7. Laborversuche

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

Tabelle 3: 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 7ff zusammengefasst.

8. 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 4: 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 (Mineralstoffgemisch)	19,0	9,0	35,0	---	30 - 50
weitere Auffüllungen	20,0	10,0	27,5	2	8 - 12
Hangschutt und Hanglehm	20,0	10,0	30,0	2,5	25 - 40
Oberer Muschelkalk	22,0	11,0	35,0	15,0	100 - 150

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

9. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

9.1 Bewertungsgrundlage

Zur orientierenden umwelttechnischen Bewertung werden folgende Bewertungsgrundlagen herangezogen:

- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“, Stand 06.11.1997 /9/
Nachfolgend: LAGA M20
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Umgang mit Bodenmaterial“ /10/, Stand: Juli 2022

9.2 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 der Tabelle 2 der Anlage 6 zu entnehmen.

Die Mischproben aus den Auffüllungen wurden von dem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Labor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg auf den Parameterumfang der LAGA M20 in der Gesamtfraktion laboranalytisch untersucht.

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.

9.3 Analysenergebnisse

LAGA M20

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 LAGA M20, Hinweise für eine maßnahmeninterne Verwertung sowie die für die Einstufung maßgeblichen Parameter angegeben.

Die in der Tabellenspalte „Verwertung vor Ort“ angegebenen potentiellen internen Verwertungsmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf den GMP-bekannten Planungsstand (siehe Kapitel 2.1 und Anlagen 2 + 3).

Tabelle 5: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung vor Ort (Einbaubereich) ¹
		LAGA M 20 (Boden)	maßgebl. Parameter	
MP 1 RKS 1 - 4 (0,08 – 0,6 m)	<u>Auffüllung:</u> Kies, stark sandig, schluffig (Mineralstoffgemisch) <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z0	[pH (OS) 8,1 pH (E) 9,2] ²	Ja (Gesamte Baumaßnahme)
MP 2 RKS 1 + 2 (0,4 – 1,0 m)	<u>Auffüllung:</u> Schluff, kiesig, sandig, tonig <u>Fremdbestandteile:</u> <1% Ziegelreste	Z0	--	Ja (Gesamte Baumaßnahme)

Z...: Einstufung gemäß LAGA-Mitteilung Nr. 20, Teil Boden, Stand 1997

LAGA M20: Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln" Teil II, Stand 06.11.1997

OS: Originalsubstanz; E: Eluat

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

²: Erhöhte pH-Werte stellen nach LfU alleine kein Ausschlusskriterium dar.

10. Geotechnische Empfehlungen

Der Neubau bindet einseitig in den Hang ein und ist teilweise unterkellert. Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung liegt sowohl die Gründungssohle des unterkellerten, als auch die Gründungssohle des nicht unterkellerten Gebäudeteils vermutlich bereits in den Schichten des Oberen Muschelkalk.

10.1 Baugrube

Bei ausreichenden Platzverhältnissen kann die Baugrube nach DIN 4124 geböscht hergestellt werden. Der Böschungswinkel darf in den Auffüllungen 45° nicht überschreiten. Im Hangschutt können die Böschungen unter 60° hergestellt werden, im Fels unter 75° .

Zum Schutz vor Witterungseinträgen sind die Böschungen mittels reißfester Folie der Zugfestigkeit von 300 N/5 cm und einer UV-Beständigkeit von mindestens 3.000 kly (UV 3 - UV 4) zu schützen. Alternativ kann die Böschung mit einem Geotextil (GRK 3) abgehängt werden.

Ist kein ausreichender Platz für Böschungen vorhanden, müsste ein senkrechter Verbau vorgesehen werden. Infrage kommt z.B. ein Trägerbohlwandverbau. Ob eine Aussteifung/Rückverankerung erforderlich wird, müsste im Zuge einer statischen Berechnung festgelegt werden. Ein Spundwandverbau wird nicht empfohlen, da Spundwände nur mit zusätzlichem Aufwand (Vohrbohren) eingebracht werden können.

Eine weitere Möglichkeit wäre z.B. die Ausführung einer Bodenvernagelung. Hiermit könnte die Baugrubenböschung steiler ausgebildet werden.

Für einen Verbau bzw. Böschungssicherungsmaßnahmen wird eine gesonderte Objekt- und Tragwerksplanung erforderlich.

10.2 Gründungsempfehlungen

Zu Belastungen liegen uns keine Informationen vor. Deshalb sind im Folgenden nur generelle Empfehlungen möglich. Mit dem angenommenen Verlauf des Felshorizontes (siehe Tabelle 2) dürften - sowohl im unterkellerten Bereich (Ebene -03) als auch im nicht unterkellerten Bereich der Ebene -02 - bereits Felsschichten des Oberen Muschelkalk anstehen. Bei Ausführung von Einzel- und Streifenfundamenten kann bei Gründung auf diesen Schichten zur Vordimensionierung der Fundamente ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d} = 600 \text{ kN/m}^2$ angenommen werden. Die Angaben gelten für die reduzierte Fläche nach DIN 1054. Bei maximaler Ausnutzung des Sohlwiderstandes werden mit den zu erwartenden Lasten Setzungen im Größenbereich von 1,5 - 2,5 cm prognostiziert.

Endgültige Angaben zur Dimensionierung der Fundamente sowie zu auftretenden Setzungen können erst nach Vorliegen von Lasten gemacht werden. Nach Abschluss der statischen Berechnung ist GMP ein Fundamentplan mit eingetragenen Lasten zuzusenden, damit die im Gutachten gemachten Angaben verifiziert und gegebenenfalls angepasst werden können.

Die genannten Angaben gelten unter der Voraussetzung einer gesamtheitlichen Gründung auf Fels. In den Bereichen, in denen auf Höhe der planmäßigen Gründungssohle noch kein Fels ansteht, müssen die Fundamente mit Unterbeton der Qualität C12/15 unterfüttert werden. Dies betrifft vor allem die Bereiche um Sondierung RKS 1, möglicherweise aber auch den Übergangsbereich von Ebene -03 zu Ebene -02.

Der Unterbeton kann in den statisch erforderlichen Abmessungen der Fundamente eingebracht werden. Die lehmigen Schichten sind zumindest kurzzeitig (< 4 Stunden) senkrecht standsicher, so dass der Unterbeton gegen Erdwände eingebracht werden kann. Nachbrüche können aber nicht vollständig ausgeschlossen werden. Auch ein Mehraushub z.B. durch die Grabkurve des Baggers lässt sich je nach Größe des Fundamentes und der erforderlichen Tieferführung nicht ausschließen. Dieser Nachbruch und Mehraushub muss entsprechend durch Unterbeton ausgeglichen werden.

Zusätzlich müssen im Übergangsbereich vom nicht unterkellerten zum unterkellerten Bereich die Fundamente mit Unterbeton bis auf UK Gründung Keller hinabgeführt werden, um eine Belastung auf die Außenwände auszuschließen. Hierzu können die Fundamente abgetrept werden.

Liegt bei Bauausführung bereits kompakter Fels auf planmäßiger Gründungssohle des nicht unterkellerten Bereiches vor, so kann die Abtreppung entfallen. Dies ist bei Bauausführung durch GMP zu überprüfen.

10.3 Unterbau unter der Bodenplatte

Bei der geplanten Nutzung sind keine besonderen Anforderungen an die Bodenplatte zu stellen. Aus geotechnischer Sicht sollte unter der Bodenplatte eine Schicht aus Mineralgemisch der Körnung 0/56 mm mit einer Stärke von ≥ 20 cm eingebaut werden.

Die Bodenplatte liegt voraussichtlich bereits in den Felsschichten. Beim Aushub können größere Schollen und Blöcke ausgebrochen werden. Der Mehraushub darf nicht mit Aushubmaterial verfüllt werden, sondern muss durch eine verstärkte Schotter-schicht ausgeglichen werden. Im Mittel sollte von einem Mehraushub von ca. 10 - 15 cm ausgegangen werden.

Auf der Oberkante des Unterbaus empfehlen wir folgende Kriterien einzuhalten:

$$\begin{aligned}D_{Pr} &\geq 100 \% \\E_{v2} &\geq 45 \text{ MN/m}^2 \\E_{v2}/E_{v1} &\leq 2,5\end{aligned}$$

Die Anforderungen sind mittels Plattendruckversuch nachzuweisen.

Wird die Bodenplatte nicht in W_u -Beton ausgeführt, ist unter der Platte eine kapillarbrechende Schicht vorzusehen.

10.4 Maßnahmen gegen Wasser

Am Tag der Bauerkundung wurden weder ein zusammenhängender Grundwasserspiegel noch einzelne schwebende Grundwasserhorizonte angetroffen. Nach längeren Nässeperioden oder Niederschlagsereignissen sind Stauhorizonte auf den Lehmen zu erwarten bzw. im Festgestein ist mit der Ausbildung von schwebenden Grundwasserspiegeln zu rechnen. Aussagen zur Tiefenlage sowie zur Stärke des Wasserandrangs sind aber nicht möglich.

Der Untergrund ist gemäß der Definition der DIN 18533 als wenig durchlässig ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) einzustufen, so dass mit aufstauendem Wasser zu rechnen ist.

Die Planung der Abdichtung des Gebäudes muss nach DIN 18533 erfolgen. Wird um das Gebäude eine Drainage fachgerecht nach DIN 4095 verlegt, ist eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser (Wassereinwirkungsklasse W1.2-E nach DIN 18533) möglich. Das Wasser aus der Drainage muss vom Grundstück abgeführt werden, da eine Versickerung innerhalb des Grundstücks bei den nur gering durchlässigen Böden nicht möglich ist. Es ist aus geotechnischer Sicht zu berücksichtigen, dass eine Drainage ständig gewartet werden muss und eine begrenzte Lebensdauer (Sinterung, Zuwachsen) hat. Ob ein Anschluss an die Kanalisation erlaubt ist muss vom Planer geprüft werden. Angaben zum Wasserandrang sind aufgrund der inhomogenen und instationären Verhältnisse nicht möglich.

Wird bei Böden mit einer Durchlässigkeit von $k_f \leq 10^{-4}$ m/s keine Dränung ausgeführt, kann sich im Arbeitsraum Wasser aufstauen. Dieses aufstauende Wasser wirkt auf die Abdichtung als drückendes Wasser ein. Je nach Einbindetiefe des Gebäudes ist die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E oder W2.2-E anzusetzen. Der Bemessungswasserstand ist auf Höhe der geplanten GOK anzusetzen.

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:

$$D_{Pr} \geq 100 \%$$

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:

$$D_{Pr} \geq 100 \%$$

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

Die beim Aushub anfallenden Auffüllungen und Hanglehme bzw. Hangschuttschichten sind dabei ohne Zusatzmaßnahmen für die Arbeitsraumverfüllung nicht geeignet.

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

Felsmaterial müsste zum Wiedereinbau geotechnisch beurteilt werden.

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 6: 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]
Hanglehm und Hangschutt	18,5	8,5	20,5	2,5
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 ($0,5 \cdot E_a + 0,5 \cdot E_0$) nach COULOMB angesetzt werden.

11. Homogenbereiche

11.1 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“

11.2 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 7: Schichteinteilung

Schicht-Nr.	Bodenschichtung	Einstufung	
		Boden	Fels
1	Auffüllung	x	
2	Hangschutt und Hanglehm	x	
3	Oberer Muschelkalk		x

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.

11.3 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.

11.3.1 Boden

Tabelle 8: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	HEB 1		HEB 2	
Schicht-Nr.	1		2	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung		Hangschutt und Hanglehm	
Entsprechung Bodenklasse (VOB DIN 18300-2012)	3 - 4		4 - 5	
Bodengruppe (DIN 18196)	alle grob-, gemischt- und feinkörnigen Böden nach DIN 18196		GU/GT, GU*GT* SU/ST, SU*/ST*	
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	Körnungsband 1 (siehe Anlage 10.1)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 10.2)	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	25	0	35
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	10	0	10
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb		nb	
Dichte [g/cm³] (DIN 18125-2)	1,0	2,10	1,90	2,20
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²] (DIN 4094-4)	nb		0	>100
Wassergehalt [-] (DIN EN ISO 17892-1)	0,05	0,25	0,04	0,30
Plastizitätszahl [-] (DIN EN ISO 17892-12)	nb		0,15	0,45
Konsistenzzahl [-] (DIN EN ISO 17892-12)	nb		0,75	>1,50
Lagerungsdichte ¹⁾ [-] (DIN EN ISO 14688-2)	locker	dicht	dicht	sehr dicht
Organischer Anteil [Gew. %] (DIN 18128)	nb		nb	

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

11.3.2 Fels

Tabelle 9: Homogenbereiche Fels entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	HEF 1	
Schicht Nr.	3	
Eigenschaft/Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Oberer Muschelkalk	
Benennung von Fels (DIN EN ISO 14689)	Sedimentgestein, klastisch	
Dichte (DIN EN ISO 17892-1) [g/cm³]	2,10	2,40
Verwitterung und Veränderung, (DIN EN ISO 14689)	stark verwittert	frisch
Veränderlichkeit (DIN EN ISO 14689)	nicht veränderlich ¹⁾	stark veränderlich ¹⁾
einaxiale Druckfestigkeit (DIN 18141-1) [N/mm²]	1,0	>25,0
Trennflächenrichtung ³⁾ (DIN EN ISO 14689) [°]	nb	
Trennflächenabstand (DIN EN ISO 14689) - Schichtflächenabstand - Klufflächenabstand	fein laminiert nb	mitteldick nb ⁴⁾
Gesteinskörperform (DIN EN ISO 14689)	tafelförmig	gleichmäßig

¹⁾ atmosphärisch

²⁾ unter Wasserabdeckung

³⁾ Klufflächenabstand mit den durchgeführten Aufschlüssen nicht bestimmbar

⁴⁾ K/S Hauptklüftung/Schichtflächen, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

K/K: Hauptklüftung/Nebenklüftung, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

12. Zusammenfassung

Das teilunterkellerte Haus IV kann flach auf den Felsschichten gegründet werden. Bei ausreichenden Platzverhältnissen ist eine geböschte Baugrube im Einschnittbereich möglich, andernfalls ist ein Verbau vorzusehen.

Die Gründungssohle dürfte sowohl im unterkellerten als auch im nicht unterkellerten Teil bereits in Felsschichten liegen. Teilweise kann eine Unterfütterung mit Unterbeton erforderlich werden.

12.1 Empfehlungen zur weiteren Erkundung

Aktuell sind keine weiteren Erkundungen erforderlich. Änderungen in der Planung können weitere Erkundungen oder Laborversuche erforderlich machen.

12.2 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 Zuordnungsklassen für Boden (Z0) gemäß LAGA M20 bei der Ausschreibung
- 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 § 52 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 die vorliegenden in-situ-Untersuchungen ausreichend sind.
- Verbindliche abfalltechnische Deklaration der Aushubmaterialien $\leq$ Z1.2 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.

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.

12.3 Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung

Die im Gutachten angenommenen Untergrundverhältnisse sind bei Bauausführung durch einen Sachverständigen zu überprüfen und zu bestätigen.

Fremdmaterialien sind durch den Gutachter freizugeben. Die Beschaffenheit der Felsoberkante ist bei Bauausführung zu begutachten.

12.4 Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung

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

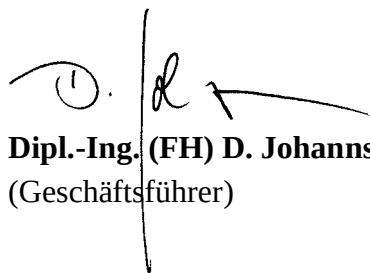
Die abfalltechnischen Empfehlungen in Kapitel 12.2 sind zu beachten. Für Aushubmaterialien $\leq$ Z1.2 ist im Vorfeld mit der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls der zuständigen Fachbehörde abzustimmen, ob die vorliegenden in-situ-Ergebnisse für eine abfalltechnische Einstufung ausreichend 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.



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



Dipl.-Ing. M. Sick
(Projektleiter Geotechnik)



M. Sc. Geoökologie S. Weber
(Projektleiter Umwelttechnik)

Verteiler:

Gemeinde Veitshöchheim (1x Schriftform, 1x digital)

Grellmann, Kriebel, Teichmann Architekten (1x Schriftform, 1x digital)