

Bauherr: Gemeinde Bad Grund (Harz)
An der Mühlenwiese 1
37539 Bad Grund (Harz)

Planungsbüro: Planungsring
Architekten + Ingenieure GmbH
Dornbergsweg 22
38855 Wernigerode

Bauvorhaben: Neubau Feuerwehr
Laubhütter Weg
37539 Bad Grund (Harz)

GEOTECHNISCHER BERICHT

07_Geotechnischer-Bericht_20241014_V1

zu den

Baugrund-/Gründungsverhältnissen

Projekt-Nr.: D24/2227

Auftrag vom: 14.08.2024

Ausfertigung: PDF

Stand: 14.10.2024

Bearbeitung: Dipl.-Ing. M. Bräunlich
Dipl.-Geogr. T. Lachmann

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. VORGANG.....	4
1.1 Veranlassung	4
1.2 Untersuchungsumfang	4
1.3 Unterlagen	6
2. BAUGRUND.....	6
3. STANDSICHERHEIT	11
3.1 Tragfähigkeit	11
3.2 Grundbruch	12
3.3 Erddruckansatz	12
4. GRUNDWASSER.....	12
5. ANALYTIK.....	13
5.1 Boden.....	13
5.2 Beton- / Stahlaggressivität.....	18
6. EMPFEHLUNGEN	19
6.1 Allgemeines.....	19
6.2 Gründung	19
6.2.1 Bohrpfähle.....	19
6.2.2 Ortbeton-Rammpfähle.....	20
6.3 Bodenplatte	22
6.4 Baugrube	22
6.5 Wasserhaltung, Drainage, Bauwerksabdichtung	23
6.6 Arbeitsraumverfüllung, Frostschutz, Oberflächenbefestigung.....	23
6.7 Sonstige Empfehlungen	24

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1:	Lageplan	(M 1:250 [A3])
Anlage 2.1:	Bodenprofil – Schnitt I - I	(V: 1:100 H: ohne)
Anlage 2.2:	Bodenprofil – Schnitt II - II	(V: 1:100 H: ohne)
Anlage 3:	Schichtenverzeichnisse KRB1 bis KRB3	(DIN 4022)
Anlage 4:	Sondierprotokolle der Drucksondierungen CPT1 bis CPT3	
Anlage 5:	Entnahmeprotokolle MP1, MP2	
Anlage 6:	Analytikprotokoll MP1, MP2 (Boden)	
Anlage 7:	Analytikprotokoll MP3 (Beton-/Stahlaggressivität)	
Anlage 8:	Vordimensionierung Bohrspfähle	
Anlage 9:	Vordimensionierung Ortbeton-Rammpfähle	



Abb. 1: Baufeld in Richtung Norden

1. VORGANG

1.1 Veranlassung

Die Gemeinde Bad Grund (Harz), An der Mühlenwiese 1, 37539 Bad Grund (Harz), plant über die „Planungsring Architekten + Ingenieure GmbH“, Dornbergsweg 22, 38855 Wernigerode, den

Neubau einer Feuerwehr

im Laubhütter Weg, Gemarkung Bad Grund (Harz), Flur 5, Flurstück 80/35, 80/36. Der Neubau ist ca. 48,75 m lang, ca. 17,90 m breit und umfasst eine Fläche von ca. 873 m² /U1/. Neben einer Fahrzeughalle sind Sanitär-, Schulungs- und Versorgungsräumlichkeiten vorgesehen. Das Gebäude ist 2-geschossig in nichtunterkellelter Bauweise geplant. Zum Zeitpunkt unserer Untersuchungen wurde die Baufläche als ebene, geschotterte Parkfläche genutzt (s. Abbildung 1).

Zu diesem Projekt ist bereits ein Baugrundgutachten vorhanden /U2/, das jedoch die gründungsrelevanten Horizonte unterhalb der Auffüllungen nicht erkundet hat. Darüber hinaus wurden die Bodenproben nicht nach der seit August 2023 verpflichtenden Ersatzbaustoffverordnung analysiert, die 2022 aber auch noch nicht bindend war.

So wurde das ibG Ingenieurbüro Gauglitz beauftragt, die Planungsunterlagen zu vervollständigen und zu aktualisieren sowie die Ergebnisse in einem Geotechnischen Bericht gemäß DIN 4020 zusammenzufassen.

1.2 Untersuchungsumfang

Nach Erstellen eines Untersuchungskonzeptes führte im Auftrag und unter Leitung des ibG, die *geotechnik heiligenstadt gmbh*, Aegidienstraße 14, 37308 Heilbad Heiligenstadt, die Erkundung der Untergrund- und Grundwasserverhältnisse aus. Dazu wurden am 05.09.2024 insgesamt 6 Baugrundaufschlüsse bis zur Geräteauslastung abgeteuft, die sich wie folgt aufteilen:

drei Kleinrammbohrungen
drei Drucksondierungen

KRB1 bis KRB3 (DIN EN ISO 22475-1)
CPT1 bis CPT3 (DIN EN ISO 22476-1)

Aufgrund zu erwartender dichter Lagerungsverhältnisse im oberen Bodenaufbau, wurden die obersten ca. 100 Zentimeter der Drucksondierungen CPT1 bis CPT3 vorgebohrt.

Die Aufschlüsse wurden von uns ingenieurgeologisch aufgenommen und dokumentiert. Die Ergebnisse dieser Erkundungsarbeiten sind gemäß DIN 4023 zeichnerisch dargestellt (s. Anlage 2) und gemäß DIN 4022 in Schichtenverzeichnissen (s. Anlage 3) bzw. Sondierprotokollen dokumentiert (s. Anlage 4).

Aus den Kleinrammbohrungen KRB1 bis KRB3 wurden

Bodenproben der Güteklasse 3 - 7 (DIN4021)

entnommen, verpackt und beschriftet. Es wurden daraus zwei abfallcharakterisierende Mischproben MP1 und MP2 erstellt. Diese wurden im *Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH*, Kielforstweg 2, 99819 Krauthausen, gemäß den Materialwerten der Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV) /U5/, chemisch analysiert. Die Analytikergebnisse sind in Anlage 6 dargestellt.

Eine Wasserprobe konnte nicht gewonnen werden, da die Sondierungsbohrungen oberhalb des Grundwasserspiegels zugefallen waren. Daher wurde das Auffüllungsmaterial der Mischprobe MP2 im *Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH* auf betonaggressive Bestandteile gemäß DIN 4030 sowie auf Stahlaggressivität gemäß DIN 50929 / Teil 3 untersucht. Die Ergebnisse sind als Mischprobe MP3 in das Gutachten eingearbeitet (s. Anlage 7).

Alle Untersuchungsstellen wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt diente für die Einmessung der Baugrundaufschlusspunkte ein Kanaldeckel (s. Anlage 1), dessen Höhe mit

Oberkante Kanaldeckel = 286,20 m NHN

bekannt war.

1.3 Unterlagen

Zur Disposition, Durchführung und Auswertung der Aufschlussarbeiten standen uns neben einer Ortsbesichtigung folgende Unterlagen zur Verfügung:

- /U1/: Neubau Feuerwehrhaus Bad Grund, Lageplan Variante - 1 – Planungsring Architekten + Ingenieure GmbH – M 1:500, Stand: 2024-09-02
- /U2/: Neubau eines Feuerwehrhauses in der Gemeinde Bad Grund (Harz) – Baugrunderkundung und -beurteilung, Bericht Nr.: 21423-B/1 – GEO-LOG Ingenieurgesellschaft mbH – Stand: 25.08.2022
- /U3/: Verlegepläne mit entsprechenden öffentlichen Ver- und Entsorgungsleitungen
- /U4/: NIBIS® Kartenserver (2024): *Geologische Karte 1:25.000* - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover
- /U5/: Analytik von Bodenmaterial gemäß Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV) Anlage 1, Tab. 3 nach Materialwerten BM/BG-0, BM/BG-0*, BM/BG-F0* bis BM/BG-F3 mit <10% Fremdbestandteilen mit 2:1 Schütteleluat, Stand: 07-2021

2. BAUGRUND

Geologisch betrachtet wird der Untergrund der Baufläche aus den Halbfest- und Festgesteinen des

Unterkarbons (Dinantium)

aufgebaut /U4/. Im Zuge von Verwitterungsprozessen sind diese Gesteine (Tonschiefer, Kie-selschiefer, Kulm-Grauwacke) kleinstückig zersetzt bzw. replastifiziert.

Oberhalb der entfestigten Verwitterungszone folgt der Horizont der bindigen, steifplastischen Schwemmsedimente, die dem geologischen Zeitalter des

Quartärs

zugeordnet werden. Darüber folgt ein bis max. ca. 8,70 m mächtiger, sandiger Auffüllungshorizont (KRB3), der vermutlich in Zusammenhang mit der Altablagerung „Bad Grund – Güter-

bahnhof (Standortnummer 1564014024)“ /U4/ steht. Die Stärke dieser Lage nimmt von Nord nach Süd signifikant zu.

Zur Oberfläche abgeschlossen wird das Baugrundprofil durch eine ca. 0,60 m bis ca. 0,80 m starke Schicht aus Kalkstein-Schotter (KRB1, KRB2) sowie durch einen flachgründigen Mutter- / Oberboden (KRB3).

Nach den aus den Aufschlüssen gewonnenen Erkenntnissen über die genaue geologische Abfolge im Untersuchungsbereich kann der Baugrund für die weiteren Planungs- und Ausführungsarbeiten in ein

4-Schicht-Profil

untergliedert werden, das nach ingenieurgeologischen Kriterien wie folgt beschrieben wird:

Schicht 0: Mutter- / Oberboden

von 0,00 m bis ca. 0,20 m unter Gelände mit der Sondierung KRB3 angetroffen

Bodenart:	Schluff, stark sandig, schwach kiesig, humos mit Kalkstein in der Kiesfraktion
Konsistenz:	steif
Bodenklassen:	Homogenbereich 1 – DIN 18300 (1 / 2 unter Wassereinwirkung [DIN 18300 alt])
Bodengruppen:	A [OH] (DIN 18196)

Der Mutterboden ist im Zuge der Gründungsarbeiten vollständig abzutragen und unter Berücksichtigung der Vorgaben der DIN 18300 bzw. DIN 18915 zu behandeln bzw. zwischenzulagern.

Schicht 1: Auffüllung (Schotter)

von 0,00 m bzw. von ca. 0,20 m bis ca. 0,50 m bzw. bis ca. 0,80 m unter Gelände mit allen Sondierungen angetroffen

Bodenart:	Kies, stark sandig, schwach schluffig mit Kalkstein in der Kiesfraktion
-----------	---

Lagerung: mitteldicht bis dicht

setzungsfähig

scherfest

gering wasser- und vibrationsempfindlich

gut verdichtungsfähig

schlecht tragfähig

Bodenkennwerte (Mittelwerte aus Tabellen):

Wichte: $\gamma_k / \gamma_k' = 18,5 / 11,0 \text{ kN/m}^3$

Reibungswinkel: $\phi_k' = 32,0^\circ$

Kohäsion: $c_k' = 0 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul: $E_s = 15 - 20 \text{ MN/m}^2$

Bodenklassen: Homogenbereich 2

(3 / 2 unter Wassereinwirkung [DIN 18300 alt])

Bodengruppen: A [GW] nach DIN 18196

Frostempfindlichkeit: F1 gemäß ZTV E-StB 09

Schicht 2: Auffüllung (Altablagerung)

von ca. 0,50 m bzw. von ca. 0,80 m bis ca. 7,60 m bzw. bis ca. 9,30 m unter Gelände mit allen Sondierungen angetroffen

Bodenart: Sand, schwach schluffig bis schluffig, schwach kiesig, schwach tonig, schwach organisch mit Kalkstein und Schiefer in der Kiesfraktion

Lagerung: locker bis mitteldicht

setzungsfähig

mäßig scherfest

gering wasser- und vibrationsempfindlich

verdichtungsfähig

schlecht tragfähig

Bodenkennwerte (Mittelwerte aus Tabellen):Wichte: $\gamma_k / \gamma_k' = 17,0 / 10,0 \text{ kN/m}^3$ Reibungswinkel: $\phi_k' = 30,0^\circ$ Kohäsion: $c_k' = 0 \text{ kN/m}^2$ Steifemodul: $E_s = 10 - 15 \text{ MN/m}^2$ Bodenklassen: Homogenbereich 3
(3 / 2 unter Wassereinwirkung [DIN 18300 alt])

Bodengruppen: A [SW, SU] nach DIN 18196

Frostempfindlichkeit: F1 - F2 gemäß ZTV E-StB 09

Schicht 3: Schwemmsedimente

von ca. 7,60 m bzw. von ca. 9,30 m unter Gelände bis ca. 9,40 m bzw. bis ca. 14,70 m unter Gelände mit allen Sondierungen angetroffen

Bodenart: **Schluff**, sandig, schwach kiesig bis kiesig, schwach tonig bis **Ton**, schwach schluffig bis schluffig, schwach sandig bis sandig, schwach kiesig bis kiesig mit Grauwacke gerundet in der Kiesfraktion

Konsistenz: überwiegend steif

setzungsfähig

gering scherfest

stark wasser- und vibrationsempfindlich

gering verdichtungsfähig

ausreichend tragfähig

Bodenkennwerte (Mittelwerte aus Tabellen):Wichte: $\gamma_k / \gamma_k' = 18,5 / 10,0 \text{ kN/m}^3$ Reibungswinkel: $\phi_k' = 28,0^\circ$ Kohäsion: $c_k' = 5 - 10 \text{ kN/m}^2$ Steifemodul: $E_s = 10 - 15 \text{ MN/m}^2$ Bodenklassen: Homogenbereich 4
(4 - 5 / 2 unter Wassereinwirkung [DIN 18300 alt])

Bodengruppen: UL, UM, TL, TM nach DIN 18196

Frostempfindlichkeit: F3 gemäß ZTV E-StB 09

Schicht 4: Fels (Grauwacke)

ab ca. 9,40 m bzw. ab ca. 14,70 m unter Gelände bis zur Endteufe von ca. 9,50 m bzw. von ca. 14,80 m unter Gelände mit allen Sondierungen angetroffen

Bodenart: Kies, schwach sandig mit Grauwacke (zerbohrt) in der Kiesfraktion

Lagerung: dicht

gering setzungsfähig

scherfest

nicht wasser- und vibrationsempfindlich

nicht verdichtungsfähig

sehr gut tragfähig

Bodenkennwerte (Mittelwerte aus Tabellen):

Wichte: $\gamma_k / \gamma_k' = 24,0 / 13,0 \text{ kN/m}^3$

Reibungswinkel: $\varphi_k' = 32,5^\circ - 37,5^\circ$

Kohäsion: $c_k' = 0 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul: $E_s = 150 - 200 \text{ MN/m}^2$

Bodenklassen: Homogenbereich 5
(6 - 7 [DIN 18300 alt])

Bodengruppen: -

Frostempfindlichkeit: F1 gemäß ZTV E-StB 09

In diesem Zusammenhang weisen wir, auf die **geringe Empfindlichkeit** der Substrate, bedingt durch einen geringen Feinkornanteil der angetroffenen Böden, gegenüber

Witterung,
Frost und

Vibration

hin. Daher muss z.B. im Gefolge starker Niederschläge, häufiger Frost-/Tau-Wechsel oder bei Beanspruchung der oberflächennahen Baugrundanteile durch dynamische Energie (Befahren, Rütteln, Rammen etc.) nicht mit einer Verschiebung aller bodenphysikalischen Kennwerte und Zustandsgrößen zur ungünstigen Seite gerechnet werden. Dennoch empfehlen wir die Vorhaltung und ggf. den Betrieb von offenen Tageswasserhaltungsanlagen.

3. STANDSICHERHEIT

3.1 Tragfähigkeit

Zur Ableitung der einschlägigen geotechnischen Kenngrößen der einzelnen Baugrundsichten wie Lagerungsdichte, Reibungszahl, Steifebeiwert und mittlerer Steifemodul wurden Drucksondierungen (CPT) gemäß DIN 4094 ausgeführt.

Zusammenfassend kann der Baugrund demnach wie folgt beschrieben werden, wobei die Ergebnisse der direkten Aufschlüsse einfließen:

1. Bedingt durch zu erwartende Erschwernisse beim Durchteufen des oberen Bodenprofils wurde in etwa der erste Meter der Sondierungen CPT1 bis CPT3 vorgebohrt. Das entspricht der Schicht 1, so dass für den Schotter-Horizont keine Daten erhoben wurden.
2. Die mehrere Meter mächtigen, sandigen Auffüllungen der Schicht 2 sind durch eine geringe Mantelreibung (0,01 bis 0,15 MN/m²) und einen geringen Spitzendruck (1 bis 7 MN/m²) gekennzeichnet. Dies ist charakteristisch für überwiegend locker bis mitteldicht gelagerte Bodenschichten. Diese Böden sind ohne Zusatzmaßnahmen nicht geeignet, Bauwerkslasten aufzunehmen und setzungsarm abzuleiten.
3. Im Horizont der unterlagernden Schwemmsedimente (Schicht 3) im unteren Profilbereich steigen die Spitzendruckwerte stabil auf über 29 bis 40 MN/m² an. Hier können Bauwerkslasten aufgenommen und abgeleitet werden.

4. Der Horizont anstehenden Felses wurde mit den Drucksondierungen nicht erreicht. Erfahrungsgemäß können hier sehr hohe Bauwerkslasten setzungsarm abgeleitet werden.

3.2 Grundbruch

Bei Einhaltung unserer Gründungsempfehlungen und Bemessungsgrenzen ist eine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch gemäß DIN 4017 gewährleistet, so dass auf weitere Einzelnachweise verzichtet werden kann.

3.3 Erddruckansatz

Für den Ansatz des Erddrucks zur Bemessung erdangeschütteter Außenwände empfehlen wir bei deren Herstellung in freien Arbeitsräumen und späterer Verfüllung mit nicht bindigen Schüttgütern im Lageneinbau inkl. Verdichtung den Ansatz des

Erhöhten Aktiven Erddruckes

zu verwenden, wobei Verkehrslasten über geeignete Ersatzflächenlasten mit zu berücksichtigen sind. Auch für Bereiche mit unmittelbar angrenzenden Verkehrsbelastungen empfehlen wir den Erhöhten Aktiven Erddruck als Mittelwert zwischen Aktivem Erddruck und Erdruhedruck anzusetzen. Sofern unmittelbar gegen Erde oder Verbaukörper betoniert wird, sollte der Erdruhedruck berücksichtigt werden.

Für die Bemessung geben wir der Einfachheit halber Mittelwerte an:

Reibungswinkel Verfüllmaterial:	$\varphi' = 35^\circ$ (Kiessand oder Splitt/Schotter)
Kohäsion Verfüllmaterial:	$c' = 0 \text{ kN/m}^2$ (Kiessand oder Splitt/Schotter)
Wichte Verfüllmaterial:	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$

4. GRUNDWASSER

Im Zuge unserer Untersuchungen wurden folgende Grundwasserstände in den Aufschlüssen gemessen:

Sondierung	Datum	Ansatzhöhe [m NHN]	Wasseranschnitt		nach Bohrende	
			m u. GOK	m NHN	m u. GOK	m NHN
KRB1	05.09.2024	286,27	8,20	278,07	Bohrloch zugefallen	
KRB2		286,49	8,20	278,29	Bohrloch zugefallen	
KRB3		286,30	8,40	277,90	Bohrloch zugefallen	

Tab. 1: Wasserstände

Die eingemessenen Wasserstände der Tabelle 1 kennzeichnen ein freies bzw. ungespanntes Grundwasservorkommen, das im Wesentlichen an den Horizont der Schwemmsedimente (Schicht 3) gebunden ist und in die Schicht der sandigen Auffüllungen (Schicht 2) greift. Erfahrungsgemäß ist für vergleichbare Grundwasserverhältnisse mit einem niederschlagsabhängigen Schwankungsbereich von etwa $\pm 0,75$ m auszugehen, wobei derzeit ein mittlerer Grundwasserspiegel konstatiert werden kann. Genauere Angaben zur langjährigen Entwicklung des Grundwasserspiegels können hier jedoch erst nach entsprechenden Beobachtungen in geeigneten Messpegeln gemacht werden. Dies ist jedoch u. E. für die Baumaßnahme entbehrlich.

Nach langanhaltenden starken Niederschlägen kann im Untersuchungsgebiet nicht ausgeschlossen werden, dass es lokal zu weiteren Schichtwasserbildungen durch Sickerwasseranreicherungen kommt, die bei Anschnitt (Böschungswandungen und Baugruben) austreten können.

Die Schwemmsedimente der Schicht 3 sind gemäß DIN 18130-1 als "schwach durchlässig" zu klassifizieren.

5. ANALYTIK

5.1 Boden

Zur Deklaration und ersten orientierenden Einstufung der anfallenden Erdmassen beim Ausgrab in die Materialwerte gemäß Ersatzbaustoffverordnung, wurden aus den Sondierungen Bodenproben entnommen. Hieraus wurden zwei abfallcharakterisierende Mischproben MP1 und MP2 aus den Auffüllungshorizonten gebildet (s. Tabelle 2). Die Proben wurden durch das akkreditierte Labor *Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH* gemäß ErsatzbaustoffV /U5/ chemisch analysiert.

Misch-probe	Datum	Sondierung	Einzel-probe	Tiefe [m GOK]	Beschreibung
MP1	05.09.2024	KRB1	GP1/1	0,00 - 0,80	Auffüllung (Kies, stark sandig, schwach schluffig mit Kalkstein in der Kiesfraktion)
		KRB2	GP2/1	0,00 - 0,60	
		KRB3	GP3/1	0,20 - 0,50	
MP2		KRB1	GP1/2	0,80 - 5,00	Auffüllung (Sand, schwach schluffig bis schluffig, schwach kiesig, schwach tonig, schwach organisch mit Kalkstein und Schiefer in der Kiesfraktion)
		KRB2	GP2/2	0,60 - 5,00	
		KRB3	GP3/2	0,50 - 5,00	
		KRB1	GP1/3	5,00 - 7,60	
		KRB2	GP2/3	5,00 - 8,20	
		KRB3	GP3/3	5,00 - 9,30	

Tab. 2: Zusammenstellung der Mischproben MP1 und MP2

Im Nachfolgenden wird der organoleptische Befund der Mischproben MP1 und MP2 wie folgt beschrieben:

Mischprobe MP1 (Auffüllung [Schotter])

Zusammensetzung: Auffüllung (Kies, stark sandig, schwach schluffig mit mineralischen Fremdbestandteilen <10 Vol.-% [Kalkstein])

Entnahmeort: KRB1, KRB2, KRB3

Tiefe: 0,00 m - 0,80 m unter Gelände

Farbe: hellgraubraun

Gewicht: 2,9 kg (Laborprobe)

Geruch: neutral

Auffälligkeiten: keine

Mischprobe MP2 (Auffüllung [Altablagerung])

Zusammensetzung: Auffüllung (Sand, schwach schluffig bis schluffig, schwach kiesig, schwach tonig, schwach organisch mit mineralischen Fremdbestandteilen <10 Vol.-% [Kalkstein, Schiefer])

Entnahmeort: KRB1, KRB2, KRB3

Tiefe: 0,50 m - 9,30 m unter Gelände

Farbe: graubraun

Gewicht: 2,0 kg (Laborprobe)

Geruch: neutral

Auffälligkeiten: keine

Chemischer Befund

Die nachfolgende Tabelle 3 enthält die Analytikergebnisse der Mischproben MP1 und MP2 und stellt sie den Materialwerten der ErsatzbaustoffV /U5/ gegenüber (s. Anlage 6).

Parameter	Einheit	Probe		Materialwert gemäß ErsatzbaustoffV /U5/					
		MP1 (G)	MP2 (G)	BM-0 ¹⁾	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3
Feststoff									
Arsen	mg/kg TS	24	58,8	10	20	40	40	40	150
Blei	mg/kg TS	3.180	46.000	40	140	140	140	140	700
Cadmium	mg/kg TS	5,27	19,5	0,4	1	2	2	2	10
Chrom	mg/kg TS	11,6	2,8	30	120	120	120	120	600
Kupfer	mg/kg TS	72,5	286	20	80	80	80	80	320
Nickel	mg/kg TS	27,2	51,1	15	100	100	100	100	350
Thallium	mg/kg TS	<0,4	<0,4	0,5	1	2	2	2	7
Zink	mg/kg TS	1.290	3.390	60	300	300	300	300	1.200
Quecksilber	mg/kg TS	1,11	5,78	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	5
TOC	Masse %	0,54	1,2	1	1	5	5	5	5
EOX	mg/kg TS	<0,33	0,33	1	1	-	-	-	-
Kohlenwasserstoff C ₁₀ - C ₂₂	mg/kg TS	64	<50	-	300	300	300	300	1.000
Kohlenwasserstoff C ₁₀ - C ₄₀	mg/kg TS	<50	<50	-	600	600	600	600	2.000
ΣPCB ₆ + PCB-118	mg/kg TS	n.n.	n.n.	0,05	0,1	-	-	-	-
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,18	<0,05	0,3	-	-	-	-	-
ΣPAK ₁₆ n. EBV	mg/kg TS	2,2	0,08	3	6	6	6	9	30
Eluat									
pH-Wert		8,0	7,8	-	-	6,5-9,5			5,5-12
Leitfähigkeit	µS/cm	778	990	-	350	350	500	500	2.000
Sulfat	mg/l	220	380	250	250	250	450	450	1.000
Arsen	µg/l	<5	<5	-	8	12	20	85	100
Blei	µg/l	5	44	-	23	35	90	250	470
Cadmium	µg/l	<0,4	12,4	<1	2	3	3	10	15
Chrom	µg/l	<2	<2	-	10	15	150	290	530
Kupfer	µg/l	<15	<15	-	20	30	110	170	320
Nickel	µg/l	<3	8	-	20	30	30	150	280
Zink	µg/l	<30	610	-	100	150	160	840	1.600
Thallium	µg/l	<0,2	<0,2	-	0,2	-	-	-	-
Quecksilber	µg/l	<0,03	<0,03	-	0,1	-	-	-	-
ΣPAK ₁₅ ohne Naphta- line n. EBV	µg/l	0,13	0,05	-	0,2	0,3	1,5	3,8	20
ΣNaphtaline n. EBV	µg/l	0,04	0,05	-	2	-	-	-	-
ΣPCB ₆ + PCB-118	µg/l	n.n.	n.n.	-	0,01	-	-	-	-

TS = Trockensubstanz

n.b. = nicht bestimmbar

n.n. = nicht nachweisbar

¹⁾ Sand

BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3	>BM-F3
-------	--------	-------	-------	-------	--------

Tab. 3: Analytikergebnisse der Mischproben MP1 und MP2 (s. Anlage 6)

Aus der Tabelle 3 ergibt sich folgende Bewertung:

Bewertung MP1 (Auffüllung [Schotter]):

Materialwert >BM-F3 in der Originalsubstanz :	Blei, Zink
Materialwert BM-F3 in der Originalsubstanz :	Cadmium, Quecksilber
Materialwert BM-F0* in der Originalsubstanz :	Arsen
Materialwert BM-0* in der Originalsubstanz :	Kupfer, Nickel

Materialwert BM-F3 im Eluat :	Leitfähigkeit
---	---------------

Der Parameter *Blei und Zink* im Feststoff der Mischprobe **MP1** aus der Schotterfläche liegen oberhalb des Materialwertes BM-F3 gemäß ErsatzbaustoffV /U5/. Daher erhält das Aushubmaterial den **Materialwert >BM-F3** und ist nicht geeignet für den weiteren Einbau von Bodenmaterial in technischen Bauwerken gemäß ErsatzbaustoffV. Sofern das Aushubmaterial abgefahren und ordnungsgemäß entsorgt werden soll, erhält es die **Abfallschlüsselnummer 170503* (gefährlicher Abfall)**.

Bewertung MP2 (Auffüllung [Altablagerung]):

Materialwert >BM-F3 in der Originalsubstanz :	Blei, Cadmium, Zink, Quecksilber
Materialwert BM-F3 in der Originalsubstanz :	Arsen, Kupfer
Materialwert BM-0* in der Originalsubstanz :	Nickel

Materialwert BM-F3 im Eluat :	Leitfähigkeit, Cadmium
Materialwert BM-F2 im Eluat :	Zink
Materialwert BM-F1 im Eluat :	Sulfat, Blei

Der Parameter *Blei, Cadmium, Zink und Quecksilber* im Feststoff der Mischprobe **MP2** aus der Altablagerung liegen oberhalb des Materialwertes BM-F3 gemäß ErsatzbaustoffV /U5/. Daher erhält das Aushubmaterial den **Materialwert >BM-F3** und ist nicht geeignet für den weiteren Einbau von Bodenmaterial in technischen Bauwerken gemäß ErsatzbaustoffV. Sofern das Aushubmaterial abgefahren und ordnungsgemäß entsorgt werden soll, erhält es die **Abfallschlüsselnummer 170503* (gefährlicher Abfall)**.

5.2 Beton- / Stahlaggressivität

Im Rahmen unserer Untersuchung konnte keine Wasserprobe gewonnen werden. Daher wurde aus dem Bodenmaterial der Schicht 2 (Auffüllung: Altablagerung) eine abfallcharakterisierende Mischprobe MP3 gebildet (s. Tabelle → MP2) und durch das *Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH & Co. KG* auf betonaggressive Bestandteile chemisch untersucht. Die nachfolgende Tabelle 4 stellt das Analysenergebnis den Beurteilungskriterien gemäß DIN 4030 (06/2008) gegenüber (s. Anlage 7):

Parameter	Einheit	MP3	Beurteilung gemäß DIN 4030 (06/2008), Tab. 4		
			schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend
			XA1	XA2	XA3
Säuregrad nach <i>Baumann-Gully</i>	mL/kg TM	5	>200	-	-
Sulfat aus HCl-Auflschluss	mg/kg TM	5.370	2.000 - 3.000	3.000 - 12.000	12.000 - 24.000
Sulfid	mg/kg TM	<0,5	-	-	-
Chlorid	mg/kg	43	-	-	-

Tab. 4: Betonaggressivität der Mischprobe MP3

Die bauchemische Analyse der Bodenprobe **MP3** zeigt, dass der vorhandene Boden

stark betonangreifend

ist. Demzufolge ergeben sich gemäß DIN 4030 (06/2008) Anforderungen an die Auswahl des Zements / Betons bei Arbeiten im Untergrund.

Gleichzeitig wurde die Mischprobe MP3 gemäß DIN 50929-3:2018-03 mit folgendem Ergebnis auf Stahlkorrosion untersucht:

- Die Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen entspricht einer **mittleren Korrosionsbelastung** (s. Anlage 8).

Daher ergeben sich Anforderungen an den Korrosionsschutz von Stahlprofilen im Untergrund.

6. EMPFEHLUNGEN

6.1 Allgemeines

Die vorangegangenen Ergebnisse der Baugrunduntersuchung zum Neubau einer Feuerwehr nahe der Ortschaft Bad Grund (Harz) zeigen im oberen und mittleren Profilbereich einen nicht tragfähigen, inhomogenen und setzungsanfälligen Baugrund. Die Schichten 3 (Schwemmsedimente) und 4 (Fels) sind dagegen als ausreichend gut bis sehr gut tragfähig zu bewerten.

6.2 Gründung

Der Baugrund im Umfeld der Untersuchungsfläche weist ab einer Tiefe von ca. 7,60 m (KRB1) bzw. ca. 9,30 m unter Gelände (KRB3) die ausreichend tragfähigen Schwemmsedimente der Schicht 3 bzw. ab ca. 9,40 m unter Gelände (KRB1) die sehr gut tragfähige Ausgangsgesteinsschicht (Grauwacke) auf. Daher, und zur Reduzierung des Aushubes (→ Alt-ablagerung!) empfehlen wir, die Bauwerks- und Verkehrslasten über eine Tiefgründung im Spezialtiefbauverfahren abzuleiten. Folgende Gründungsvarianten sind u.E. denkbar:

Variante 1: Bohrpfähle gemäß DIN EN 1536

Variante 2: Ortbeton-Rammpfähle gemäß DIN EN 12699

Die Pfähle werden als Pfahlgruppe unter den Einzel- bzw. Streifenfundamenten vom jetzigen Geländeniveau hergestellt.

6.2.1 Bohrpfähle

Aus den Ergebnissen der Drucksondierungen CPT1 bis CPT3 sind nachstehende Kennwerte in Verbindung mit Erfahrungswerten als Vorbemessung zulässig (s. Tabelle 5):

Bodenschicht	Tiefe [m NHN]	Bruchwert der Mantel- reibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] bezogen auf eine Kopfsetzung von 0,02
Schicht 1: Auffüllung (Schotter)	286,06 - 285,06	0,000	0,000
Schicht 2: Auffüllung (Altablagerung)	285,06- 277,83	0,000	0,000
Schicht 3: Schwemmsedimente	277,83- 273,06	0,0717	0,717
Schicht 4: Fels (Grauwacke)	> 273,06	0,1175	1,400

Tab. 5: Bohrpfahlkennwerte (s. Anlage 8)

Die Bohrpfähle werden erschütterungsarm hergestellt. Für die Bemessung empfehlen wir eine Mindestlänge von ca.

$$L_{\min} \geq 11,00 \text{ m}$$

einzuhalten, um zu gewährleisten, dass die Pfähle mindestens 2,50 m in den ausreichend tragfähigen Untergrund (Schicht 3) einbinden.

Die Tragfähigkeit der hergestellten Pfähle ist mittels Pfahlprobelastungen zu bestätigen.

6.2.2 Ortbeton-Rammpfähle

Ortbeton-Rammpfähle werden über Innenrohrrammung mit Hilfe eines Rammjärs in den Untergrund getrieben. Dabei wird vorab am Fuß im Rohrrinneren eine Betonplombe installiert, die während des Rammvorgangs den umgebenden Baugrund verdrängt. Somit wird kein Bohrgut gefördert, das entsorgt werden müsste.

Mit Erreichen der Absetztiefe wird die Betonplombe ausgeschlagen und es wird mittels nachträglich beigegebenen Trockenbetons ein aufgeweiteter Pfahlfuß hergestellt. Abschließend erfolgen Einbau der Bewehrung und die Betonage des Pfahles bei gleichzeitigem Ziehen des Rammrohres.

Für die Vorbemessung der Ortbeton-Rammpfähle entsprechend den Ergebnissen der Drucksondierungen CPT1 bis CPT3 nachstehende Kennwerte zulässig (s. Tabelle 6):

Bodenschicht	Tiefe [m NHN]	Bruchwert der Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
Schicht 1: Auffüllung (Schotter)	286,06 - 285,06	0,000
Schicht 2: Auffüllung (Altablagerung)	285,06- 277,83	0,0373
Schicht 3: Schwemmsedimente	277,83- 273,06	0,0850
Schicht 4: Fels (Grauwacke)	> 273,06	0,1250

Tab. 6: Ortbeton-Pfahlkennwerte (s. Anlage 9)

Analog zu den oben beschriebenen Bohrpfählen sollten auch hier aufgrund der vorliegenden Untergrundverhältnisse Pfahllängen von mindestens ca.

$$L_{\min} \geq 11,00 \text{ m}$$

eingehalten werden, um zu gewährleisten, dass die Pfähle mindestens 2,50 m in den ausreichend tragfähigen Untergrund (Schicht 3) einbinden.

Die Vorbemessung zeigt darüber hinaus, dass mit zunehmender Pfahllänge das auszurammende Volumen des Pfahlfußes abnimmt. Wir weisen jedoch darauf hin, dass das ermittelte Pfahlfußvolumen nur der Vorbemessung dient. Der Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit ist mit der geleisteten Rammarbeit der beiden letzten Rammmeter zu führen (s. EA-Pfähle, Kapitel 5.4.5.3).

Mit Erreichen der Schicht 4 (Fels) endet die Pfahltiefe, da ein Einrammen in die angewitterte bis verwitterte Grauwacke nur sehr schwer möglich ist.

6.3 Bodenplatte

Die Bodenplatte empfehlen wir auf eine ca. 0,30 m dicke Polsterschicht aufzulegen. Das Polster ist aus verdichtungsfähigem, korngestuften Brechkornmaterial in Frostschutzqualität herzustellen und zu verdichten. An der Oberkante des Schotterpolsters ist ein Verformungsmodul von

$$E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$$

unter Einhaltung eines Verhältniswertes von

$$E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$$

zu erzielen. Diese Vorgaben sind über eine ausreichende Anzahl von Lastplattendruckversuche gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

Ggf. aufgeweichte Bereiche im Planum sind bis zu einer Tiefe von 0,30 m gegen Polstermaterial auszutauschen.

Vor Einbau des Polsters ist die Oberfläche abzuziehen. Für die Bemessung der Bodenplatte ist ein Bettungsmodul von

$$k_s = 8 \text{ MN/m}^3$$

zulässig.

6.4 Baugrube

Im Zuge der Baufeldherrichtung ist, sofern er angetroffen wird, der Mutter- / Oberboden gemäß DIN 18300 abzutragen und bei Zwischenlagerung entsprechend DIN 18915 zu sichern. Anschließend erfolgt der Aushub der Baugrube im Rückwärtsverfahren mit einer Baggerschaufel mit glatter Schneide (ohne Zähne) bis Oberkante Erd- / Gründungsplanum. Beim Baugrubenaushub sind grundsätzlich die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten. Hier können Böschungshöhen bis zu 1,75 m senkrecht abgeschachtet werden, wobei die oberen 0,50 m unter einem Winkel von 45° abzuflachen sind. Sofern tiefere Baugruben notwendig sind, können diese grundsätzlich in offener Bauweise mit einem steilsten

Böschungswinkel $\beta \leq 45^\circ$

ausgeführt werden, wenn die Baugrubensohlen oberhalb des Grundwasserspiegels liegen. Die Böschungsflächen sind mit Folien abzudecken. Der Zulauf von Tageswasser über die Böschungskanten ist durch geeignete Schutzmaßnahmen (Erdwall o. ä.) zu verhindern.

6.5 Wasserhaltung, Drainage, Bauwerksabdichtung

Eine Wasserhaltung, die über die VOB-gemäße Fassung und rückstaufreie Ableitung von anfallenden Tages- und ggf. seitlich eintretendem Schichtwasser hinausgeht, ist nicht erforderlich. Es sind lediglich Schmutzwasserpumpen und Pumpensümpfe bauzeitig vorzuhalten und bei Bedarf einzusetzen.

Für die nachbauzeitige Sicherung des Bauwerkes und zur Reduzierung der Schadstoffmobilisierung sollte eine Drainage gemäß DIN 4095 (NW 100, Gefälle $\geq 0,5\%$, Ummantelung mit Filterkies 2/32, Abdeckung mit Dränkies oder 0,5 m Füllkies 0/32) so verlegt werden, dass die rückstaufreie Ableitung des Dränwassers sichergestellt ist.

Für erdangeschüttete Bauteile (Außenwände, Bodenplatte etc.) und zur übrigen Bauwerkssicherung ist bei Einhaltung unserer Empfehlungen eine Abdichtung gemäß DIN 18533-1 „W1.2-E: Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatte und erdberührten Wänden mit Dränung“, ausreichend.

6.6 Arbeitsraumverfüllung, Frostschutz, Oberflächenbefestigung

Die Aushubböden sind aufgrund der Analytikergebnisse (s. Kapitel 5.1) für eine Wiederverfüllung von Arbeitsräumen nicht geeignet. Für eine setzungsarme Verfüllung von Arbeitsräumen empfehlen wir nicht bindige, korngestufte Mineralgemische im Körnungsbereich 0/45 mm zu verwenden, die in Lagen von maximal 30 cm Höhe bei lagenweiser Verdichtung einzubringen sind. Als Verdichtungsziel ist dabei ein

Verdichtungsgrad $D_{Pr} > 98\%$,
Verformungsmodul $E_{V2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$

mit Bezug auf die einfache Proctordichte zu erreichen und nachzuweisen. Unter setzungs-empfindlichen Leitungen ist steinfreier Sand in einer Mindeststärke von 10 cm einzubringen.

Nach der RStO 2012 liegt das Bauvorhaben in der

Frostwirkungszone III,

in der zur Vermeidung von schädlichen Frosteinwirkungen eine

Frostschutztiefe $T_F \geq 1,20$ m

zum Schutz frostempfindlicher Bauteile und Installationen einzuhalten ist. Bei den empfohlenen Maßnahmen ist die Frostsicherheit in jedem Fall gewährleistet.

Für die dauerhaft verformungsbeständige Herstellung der Oberflächenbefestigung empfehlen wir einen frostsicheren Gesamtaufbau entsprechend RStO 2012 in einer Mindeststärke von

$D_{\min} = 0,85$ m (Bk 0,3 Parkflächen)

$D_{\min} = 0,95$ m (Bk 3,2 Fahrbahnen)

Der Aufbau von Fahrbahnen und Parkplätzen sollte für die entsprechende Bauklasse nach den vorgegebenen Normen entsprechend ZTVE – StB 09 und RStO 2012 erfolgen. Sollten für die Oberflächenbefestigungen im Fahrbahn- und Parkplatzbereich Natur- oder Betonsteinpflaster verlegt werden, so empfehlen wir eine Diagonalverlegung. Bei LKW-Flächen ist die Oberflächenbefestigung in geschlossener Bauweise auszuführen.

6.7 Sonstige Empfehlungen

Das Projekt ist in die geotechnische Kategorie 2 einzuordnen.

Als Einbaumaterialien für Polster, Straßenunterbau etc. eignen sich Brechkorngemische in den üblichen Körnungsbereichen aus Kalkstein (B2), Grauwacke und Basalt.

Nach der DIN 4149 (Ausgabe 04/2005) liegt der Gründungsbereich des Planungsgebietes in keiner Erdbebenzone, so dass hier keine statisch-konstruktiven Zusatzmaßnahmen zur Sicherung des Bauwerkes notwendig sind.

Die abgeleitete Klassifizierung der Aushubmaterialien beim Erdbau bzw. beim Rückbau erfolgt nach der ErsatzbaustoffV /U5/. Etwaige deponiespezifische Zusatzanalysen (z.B. nach DepV etc.) bleiben vorbehalten. Das entnommene Bodenmaterial wird ab Fertigstellungsdatum des Gutachtens nach Ablauf von drei Monaten ordnungsgemäß entsorgt.

Die beschriebene Baugrundsituation ist Ergebnis der punktuellen Aufschlüsse. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass sich die beschriebenen Verhältnisse gleitend ändern. Die genauen Verhältnisse lassen sich letztlich erst in den geöffneten Bauabschnitten erkennen.

Bei Beginn der Gründungsarbeiten bitten wir um rechtzeitig Benachrichtigung, um die erforderlichen Gründungsmaßnahmen im Detail in der Örtlichkeit mit der Bauleitung abstimmen und um die Gründungssohlen abnehmen bzw. erforderliche Zusatzmaßnahmen in der Örtlichkeit festlegen zu können.

Sofern sich gründungsrelevante Änderungen in der Bauwerkskonzeption gegenüber unseren Annahmen ergeben, bedarf dies einer entsprechenden geotechnischen Überprüfung durch das ibG.

Duderstadt, den 14.10.2024


Dipl. Ing. M. Bräunlich




Dipl.-Geogr. T. Lachmann