



Neubau Feuerwehrgerätehaus in Crostau
Gemarkung Callenberg, Flst. 118/1 und 158

Landkreis Bautzen

Baugrunduntersuchung

Geotechnische Kategorie 2
gemäß DIN EN 1997-1 / DIN 4020 / DIN 1054

IFG-Projekt-Nr.: I-120-08-23

Auftraggeber / Bauherr:

Stadtverwaltung Schirgiswalde-Kirschau
Rathausstraße 4, OT Schirgiswalde
02681 Schirgiswalde-Kirschau
Telefon: 03592 / 3866-0
Fax: 03592 / 3866-33
E-Mail: stadt@schirgiswalde-kirschau.de

Verfasser:

IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH
Purschwitzer Straße 13
02625 Bautzen
Telefon: 03591 / 6771-30
Fax: 03591 / 6771-40
E-Mail: mail@ifg-direkt.de

Bautzen, 04.10.2023

S. Hunold

.....
Dipl.-Ing. (FH) Sascha Hunold
Projektbearbeiter

Arnd Böhmer

.....
Dipl.-Ing. Arnd Böhmer
Geschäftsführer



IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH

Sitz: Bautzen
02625 Bautzen
Purschwitzer Str. 13
Tel.: 03591 / 677130
Fax: 03591 / 677140

Büro Stolpen
01833 Stolpen
Bischofswerdaer Str. 14a
Tel.: 035973 / 29621
Fax: 035973 / 29626

Büro Freiberg
09627 Hilbersdorf
Bahnhofstr. 2
Tel.: 03731 / 68542
Fax: 03731 / 68544

Handelsregister Dresden
HRB 10480

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Arnd Böhmer
Dipl.-Ing. Stefan Thiem

E-Mail: mail@ifg-direkt.de

Internet: <http://www.ifg-direkt.de>

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Veranlassung und Bauvorhaben	3
2. Untersuchungsergebnisse.....	3
2.1 Durchgeführte Arbeiten	3
2.2 Baugrundbeschreibung	4
2.3 Umwelttechnische Laboruntersuchungen.....	7
2.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	9
2.5 Bodenmechanische Kennwerte	10
2.6 Bautechnische Eigenschaften der Baugrundsichten	11
3. Gründungsempfehlung.....	12
4. Hinweise für die weitere Planung und zum Erd- und Tiefbau	13
5. Sonstige Hinweise.....	15

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1 Übersicht Bohransatzpunkte	4
Tabelle 2 Baugrundsichtung	6
Tabelle 3 Analyseergebnisse zum Bodenmaterial nach Ersatzbaustoffverordnung.....	8
Tabelle 4 Ergebnisse bodenmechanische Untersuchungen	9
Tabelle 5 Bodenmechanische Kennwerte	10
Tabelle 6 Bautechnische Eigenschaften der Bodenschichten.....	11
Tabelle 7 Kennwerte für die Festlegung der Homogenbereiche	13

Anlagenverzeichnis	Blattanzahl
Anlage 1 Übersichtskarte, M 1:10.000	1
Anlage 2 Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1:1.000	1
Anlage 3 Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile.....	20
Anlage 4 Baugrundprofilschnitte	
Anlage 4.1 Feuerwehrgerätehaus	1
Anlage 4.2 Parkplatz.....	1
Anlage 4.3 Zufahrt	1
Anlage 5 Laborprotokolle	
Anlage 5.1 Schadstoffuntersuchung Boden nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)	6
Anlage 5.2 Bestimmung natürlicher Wassergehalt.....	1
Anlage 5.3 Bestimmung Korngrößenverteilung	2
Anlage 6 Grundbruch- und Setzungsberechnungen.....	1

1. Veranlassung und Bauvorhaben

Die Stadtverwaltung Schirgiswalde-Kirschau, Bauamt beabsichtigt den Neubau eines Feuerwehrgerätehauses in der Ortslage Crostau (Gemarkung Callenberg, Flst 118/1 und 156). Zum Bauvorhaben liegt derzeit eine Entwurfsplanung vor. Für die Forstsetzung der Planung wird eine Baugrunderkundung benötigt. Die Baugrunderkundung soll auf Grundlage der Vorzugsvariante (Variante II der Entwurfsplanung) erfolgen.

Mit der Baugrunduntersuchung zum Neubau des Feuerwehrgerätehauses wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik (IFG) aus Bautzen beauftragt. Hierfür sind unmittelbar am geplanten Standort des Neubaus Baugrunderkundungsbohrungen auszuführen und für die erkundeten Bodenschichten die bodenmechanischen Kennwerte, die Frostempfindlichkeit, die Bodengruppen, die Bodenklassen und Homogenbereiche sowie die Verwertbarkeit unter bau- und umwelttechnischen Gesichtspunkten anzugeben. Auf Grundlage dieser Daten sollen Gründungsempfehlungen gegeben und der aufnehmbare Sohldruck sowie die erwartbaren Setzungen ermittelt werden. Des Weiteren sollen Empfehlungen für die Planung und Bauausführung ausgearbeitet werden.

2. Untersuchungsergebnisse

2.1 Durchgeführte Arbeiten

Für die Baugrunduntersuchung waren neun Erkundungsbohrungen als Rammkernsondierungen mit einer Tiefe von 3,0...5,0 m u. GOK vorgesehen. Hierbei sollten die fünf Bohrungen für das Gerätehaus (BP 2 bis BP 6) 5,0 m tief und die Bohrungen für die Zufahrt (BP 1) und Parkplätze (BP 7 bis BP 9) 3,0 m tief ausgeführt werden. Die Baugrundbohrungen wurden am 07.09.2023 abgeteuft. Bis auf die Bohrung BP 8 konnte keine der Erkundungsbohrungen bis in die geplanten Endteufen von 3,0...5,0 m u. GOK niedergebracht werden, da am Untersuchungsstandort das Festgestein relativ oberflächennah ansteht. Die Bohrung BP 2 musste aufgrund eines alten Betonfundaments bei 0,65 m u. GOK abgebrochen werden. Die Bohrung wurde daher in BP 2a umbenannt und als Bohrung BP 2b neu angesetzt. Die Bohrung BP 2b musste aber wie die anderen Bohrungen bei Erreichen der OK Festgestein vorzeitig eingestellt werden.

Die Bohransatzpunkte wurden vor Beginn der Bohrarbeiten auf Grundlage des durch den AG übergebenen Lageplans sowie den Medienbestandsplänen (Schachtscheine) vor Ort abgesteckt. Nach Beendigung der Bohrarbeiten erfolgte die höhen- und lagemäßige Einmessung der Bohransatzpunkte mittels GPS-Ortungsggerät. Die Lage der Bohrungen kann dem Lageplan in Anlage 2 entnommen werden.

Am gewonnenen Bohrgut der Bohrungen erfolgte die Schichtenaufnahme gem. DIN 4023, DIN ISO 14688-1 sowie DIN ISO 14689-1 und es wurden insgesamt 21 Bodenproben für anschließende bodenmechanische und umwelttechnische Untersuchungen bzw. als Rückstellproben entnommen. Nach Beendigung der Bohrarbeiten wurden die Bohrlöcher mit Bohrgut bzw. Kiessand verschlossen und das Gelände in den ursprünglichen Zustand zurückversetzt.

In nachfolgender Tabelle 1 sind die erreichten Bohrtiefen und die Lagekoordinaten der Erkundungsbohrungen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 1 Übersicht Bohransatzpunkte

Aufschluss- nummer	Lagekoordinaten nach UTM 33 (ETRS 89)		Ansatzhöhe [m NHN] (DHHN 2016)	Aufschlusstiefe [m u. GOK]		Grundwasser- anschnitt [m u. GOK]
	Rechtswert	Hochwert		SOLL	IST	
BP 1	461394,21	5659305,69	329,37	3,00	2,40	kein GW-Anschnitt
BP 2a	461382,50	5659311,55	330,09	5,00	0,65 (Beton)	kein GW-Anschnitt
BP 2b	461381,65	5659311,97	329,92	5,00	1,90	kein GW-Anschnitt
BP 3	461365,61	5659313,00	330,67	5,00	2,30	kein GW-Anschnitt
BP 4	461369,99	5659298,43	330,52	5,00	2,40	kein GW-Anschnitt
BP 5	461375,10	5659279,20	330,21	5,00	2,30	kein GW-Anschnitt
BP 6	461361,16	5659280,36	330,35	5,00	0,65	kein GW-Anschnitt
BP 7	461351,68	5659315,81	331,36	3,00	2,00	kein GW-Anschnitt
BP 8	461349,73	5659301,84	331,54	3,00	3,00	kein GW-Anschnitt
BP 9	461348,09	5659284,62	331,97	3,00	1,70	kein GW-Anschnitt

2.2 Baugrundbeschreibung

Im Untersuchungsgebiet lagern an der Oberfläche Mutterboden (**Schicht 0**) sowie Auffüllungen (**Schicht 1**). Der Mutterboden ist in der Regel 35...40 cm mächtig. Teilweise lagert der Mutterboden im Hangenden der Auffüllungen und steht hier nur als 5...10 cm starke Grasnarbe an. Der Mutterboden wurde in den Erkundungsbohrungen als sandiger, toniger und humoser Schluff (**Bodengruppe: OH, [OH]**) in fester bis halbfester Konsistenz angetroffen.

Die im Untersuchungsgebiet anstehenden Auffüllungen sind in rollige Auffüllungen (**Schicht 1a**) sowie in bindige Auffüllungen (**Schicht 1b**) zu unterscheiden. Hierbei wurden die rolligen Auffüllungen als Wege- und Platzbefestigung verwendet und bestehen aus einem stark sandigen sowie schwach schluffigen bis schluffigen Kies (**Bodengruppe: [GU], [GW]**) in dichter Lagerung. Die bindigen Auffüllungen hingegen wurden als Geländeanschüttung/Geländeregulierung (standorttypische Umlagerungsböden) genutzt und wurden in Form eines schwach bis stark kiesigen und tonigen Sand-Schluff-Gemischs (**Bodengruppe: [SU*], [UL]**) mit fester bis halbfester Konsistenz erbohrt.

Die Schicht 1a steht im Untersuchungsgebiet direkt an der Oberfläche an und ist nur 25...35 cm mächtig. Die Schicht 1b hingegen lagert entweder unter der rolligen Auffüllung (Schicht 1a) oder einer 5...10 cm starken Grasnarbe (Schicht 0). Die Unterkante der Schicht 1b wurde zwischen 0,75 m u. GOK und 0,80 m u. GOK erkundet.

Im Liegenden des Mutterbodens und den Auffüllungen wurde in allen Bohrungen Verwitterungslehm (**Schicht 2a**) bzw. Zersatz (**Schicht 2b**) aus dem örtlich vorkommenden Granodiorit aufgeschlossen. Der Verwitterungslehm und der Granodioritzersatz bestehen aus dem gleichen Ausgangsgestein und haben damit die gleiche mineralische Zusammensetzung.

Der Verwitterungslehm steht in Form eines tonigen Sand-Schluff-Gemischs (**Bodengruppe: SU*, UL**) mit fester bis halbfester Konsistenz an (ähnlich der bindigen Auffüllung). Der Granodioritzersatz hingegen weist einen wesentlich geringeren Feinkornanteil als der Verwitterungslehm auf und wurde als kiesiger und schluffiger Sand (**Bodengruppe: SU, Zv**) in dichter bis sehr dichter Lagerung erbohrt.

Das unter dem Verwitterungslehm bzw. dem Zersatz anstehende Festgestein aus Granodiorit (**Schicht 2c**) wurde nicht direkt aufgeschlossen, da dieses mittels Rammkernsondierung nicht bohrbar ist. Alle folgenden Angaben zum Festgestein beruhen auf Erfahrungswerten und Literaturangaben. Es ist anzunehmen, dass das Festgestein in den oberen 1...2 m noch im verwitterten bis stark verwitterten Zustand (**Bodengruppe: Zv**) ansteht, dann aber rasch in einen weniger verwitterten Zustand übergeht (**Bodengruppe: Z**).

Die Festgesteinsoberkante fällt von West nach Ost ein. In der Zufahrt zum Untersuchungsgebiet wurde die OK Festgestein bei ca. 327,0 m NHN und im Bereich des geplanten Feuerwehrgerätehauses bei ca. 328,0...328,5 m NHN erkundet. Am Standort des geplanten Gerätehauses kann aber im Bereich der südwestlichen Gebäudeecke die OK Festgestein auch bis 329,7 m NHN aufragen. Bei den geplanten PKW-Stellflächen ist die OK Festgestein sogar bereits bei 329,4...330,3 m NHN zu erwarten (Hochpunkt im Untersuchungsgebiet).

Weitere Bodenschichten als die zuvor genannten wurden am Untersuchungsstandort nicht angetroffen. Die Erkundungsergebnisse decken sich mit den nach geologischem Kartenmaterial ausgewiesenen Baugrund und sind als regionaltypisch zu bezeichnen.

Hinweise auf schädliche Bodenveränderungen wurden bei der Erkundung nicht angetroffen (keine organoleptischen Auffälligkeiten).

Grund- oder Schichtenwasser wurde im Untersuchungsgebiet bis 3,00 m u. GOK nicht aufgeschlossen. Ein Einfluss von Grund- oder Schichtwasser auf die geplante Baumaßnahme wird daher als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt.

Einzelheiten zur Baugrundsichtung können den Schichtenverzeichnissen und Bohrprofilen in Anlage 3 sowie der Schnittdarstellung in Anlage 4 entnommen werden.

Nachfolgende Tabelle 1 enthält eine Übersicht der angetroffenen Baugrundsichten.

Tabelle 2 Baugrundsichtung

Schicht Nr.	Beschreibung	erkundete Schichtunterkante		
		Zufahrt BP 1	Gebäude BP 2a/b...BP 6	Parkplatz BP 7...BP 9
0	Mutterboden Bodengruppe: OH, [OH] Schluff, sandig, tonig, humos feste bis halbfeste Konsistenz dunkelgrau, dunkelbraun, braun	-	0,10...0,40 m u. GOK (~ 329,6...330,4 m NHN)	0,05...0,40 m u. GOK (~ 331,1...331,6 m NHN)
1a	Auffüllung, rollig Bodengruppe: [GU], [GW] Kies, stark sandig, schwach schluffig bis schluffig dicht gelagert graubraun, grau, hellgrau	0,35 m u. GOK (~ 329,0 m NHN)	0,25...0,35 m u. GOK (~ 329,9...330,1 m NHN)	-
1b	Auffüllung, bindig Bodengruppe: [SU*], [UL] Sand bis Schluff, schwach bis stark kiesig, tonig feste bis halbfeste Konsistenz dunkelgrau, dunkelbraun, graubraun, braun	0,80 m u. GOK (~ 328,6 m NHN)	0,75 m u. GOK (~ 329,8 m NHN)	0,75 m u. GOK (~ 330,6 m NHN)
2a	Verwitterungslehm Bodengruppe: SU*, UL Sand bis Schluff, tonig feste bis halbfeste Konsistenz braun, graubraun	-	1,25...2,25 m u. GOK (~ 328,7...329,0 m NHN)	1,35... > 3,00 m u. GOK (~ 328,5...330,6 m NHN)
2b	Granodioritzersatz Bodengruppe: SU, Zv Sand, kiesig, schluffig dicht bis sehr dicht gelagert braun, graubraun	2,40 m u. GOK (~ 327,0 m NHN)	1,90...2,40 m u. GOK (~ 327,9...328,4 m NHN) südwestliche Gebäudeecke (BP 6) 0,65 m u. GOK (~ 329,7 m NHN)	1,70...2,00 m u. GOK (~ 329,4...330,3 m NHN)
2c	Granodiorit¹⁾ Bodengruppe: Zv, Z angewittert bis stark verwittert, klüftig bis stark klüftig, mürbe bis frisch, mäßige bis hohe Druckfestigkeit braun, graubraun, grau	> 2,40 m u. GOK (~ 327,0 m NHN)	> 1,90...2,40 m u. GOK (~ 327,9...328,4 m NHN)	> 1,70...3,00 m u. GOK (~ 328,5...330,3 m NHN)

1) Annahme, Schicht nicht direkt erkundet

2.3 Umwelttechnische Laboruntersuchungen

Zur Beurteilung der Verwertbarkeit der im Baubereich anstehenden Böden (Schicht 1a bis 2b) wurde aus allen entnommenen Einzelproben eine Mischprobe MP 1 gebildet und zur Analyse nach Ersatzbaustoffverordnung (Artikel 1 MantelV) an das umweltanalytische Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH in Freiberg übergeben.

Die hier durchgeführten Analysen sind schadstoffcharakterisierend und nach EBV als orientierende Voruntersuchung, beispielsweise zur Erstellung von Ausschreibungsunterlagen, zu werten. Soll im Zuge der geplanten Bauarbeiten Bodenaushub an einem anderen Standort verwertet oder auf einer Deponie entsorgt werden, so ist eine Deklarationsanalyse nach § 14 EBV oder § 6 DepV durchzuführen.

Da es sich bei den untersuchten Böden um Bodenmaterial mit mineralischen Fremdbestandteilen von < 10 M.% handelt, erfolgte die Analyse nach Anlage 1, Tab. 3 der Ersatzbaustoffverordnung (Artikel 1 MantelV). In der nachfolgenden Tabelle 3 auf Seite 8 sind die Materialwerte des Artikel 1 Mantel V, Anlage 1, Tab. 3 den Analysewerten gegenübergestellt.

Der Ansatz der BM-0 – Materialwerte erfolgt für die Bodenprobe MP 1 für Sand (sichere Seite). Der vollständige Prüfbericht der Analysen ist der Anlage 5.1 zu entnehmen.

Bei der Schadstoffuntersuchung nach EBV wurden nur leicht erhöhte Schwermetallgehalte im Feststoff nachgewiesen, die auf geogene Ursachen zurückgeführt werden können. Die ermittelten Schwermetallgehalte liegen noch unter dem BM-0*-Materialwert, so dass das Bodenmaterial am Untersuchungsstandort in **BM-0*** eingestuft werden kann.

Aus umwelttechnischer Sicht kann das Bodenmaterial damit am Untersuchungsstandort uneingeschränkt verwertet werden. Bei einer Verwertung an einem anderen Standort kann dies in technischen Bauwerken (ohne Einschränkung) oder unterhalb bzw. außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht (z.B. zur Verfüllung von Abgrabungen) erfolgen. Eine Verwertung als Oberbodenauftrag an anderen Standorten ist nicht möglich.

Die Entsorgung des Bodenaushubs kann nach Mantelverordnung Artikel 3 (Änderung der Deponieverordnung) auf einer **DK 0-Deponie** ohne zusätzliche Analyse erfolgen. Für das Bodenmaterial gilt nach AVV die Abfallschlüsselnummer: **17 05 04** (Boden und Steine, ohne Schadstoffe in gefährlich hohen Konzentrationen).

Tabelle 3 Analyseergebnisse zum Bodenmaterial nach Ersatzbaustoffverordnung

Parameter	Einheit	MP 1	Materialwerte für Bodenmaterial (Mantelverordnung Artikel 1, Anl. 1, Tab. 3 – EBV)					
			BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3
			(Sand)					
mineralische FB ¹⁾	Vol.-%	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50
pH-Wert	-	6,5	-	-	6,5...9,5	6,5...9,5	6,5...9,5	5,5...12,0
elektrische LF ²⁾	µS/cm	50	-	350	350	500	500	2.000
Sulfat	mg/l	11	250	250	250	450	480	1.000
Arsen	mg/kg	10,6	10	20	40	40	40	150
	µg/l	7	-	8 (13) ⁵⁾	12	20	85	100
Blei	mg/kg	10	40	140	140	140	140	700
	µg/l	8	-	23 (43) ⁵⁾	35	90	250	470
Cadmium	mg/kg	< 0,2	0,4	1	2	2	2	10
	µg/l	< 0,3	-	2 (4) ⁵⁾	3,0	3,0	10	15
Chrom, gesamt	mg/kg	67	30	120	120	120	120	600
	µg/l	10	-	10 (19) ⁵⁾	15	150	290	530
Kupfer	mg/kg	27	20	80	80	80	80	320
	µg/l	10	-	20 (41) ⁵⁾	30	110	170	320
Nickel	mg/kg	40	15	100	100	100	100	350
	µg/l	8	-	20 (31) ⁵⁾	30	30	150	280
Quecksilber	mg/kg	< 0,07	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	5
	µg/l	< 0,1	-	0,1	-	-	-	-
Thallium	mg/kg	0,3	0,5	1,0	2	2	2	7
	µg/l	< 0,2	-	0,2 (0,3) ⁵⁾	-	-	-	-
Zink	mg/kg	81	60	300	300	300	300	1.200
	µg/l	30	-	100 (210) ⁵⁾	150	160	840	1.600
TOC	M.-%	0,2	1	1	5	5	5	5
MKW (C10-C22)	mg/kg	< 40	-	300	300	300	300	1.000
MKW (C10-C40)	mg/kg	< 40	-	600	600	600	600	2.000
Benzo(a)pyren	mg/kg	n.n. ⁶⁾	0,3	-	-	-	-	-
PAK ₁₅	µg/l	0,02	-	0,2	0,3	1,5	3,8	20
PAK ₁₆	mg/kg	0,05	3	6	6	6	9	30
Naph./Methylnaph. ³⁾	µg/l	n.b. ⁴⁾	-	2	-	-	-	-
PCB ₆ + PCB-118	mg/kg	0,005	0,05	0,1	-	-	-	-
	µg/l	n.b. ⁴⁾	-	0,01	-	-	-	-
EOX	mg/kg	< 1,0	1	1	0	0	0	0
Bewertung		BM-0*						

1) mineralische Fremdbestandteile (z.B. Ziegel / Beton)

2) elektrische Leitfähigkeit

3) Naphthalin und Methylnaphthaline gesamt

4) nicht berechenbar, da Einzelparameter unter der Nachweisgrenze liegen

5) Die in Klammern angegebenen Werte gelten bei TOC ≥ 0,5 %

6) nicht nachweisbar

2.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur genaueren Bestimmung der bodenmechanischen Kennwerte sowie zur Beurteilung der Tragfähigkeit der anstehenden Bodenschichten wurde an einer ausgewählten Einzelprobe der Wassergehalt nach DIN 18123 und an zwei Einzelproben die Korngrößenverteilung nach DIN 18121 bestimmt. In nachfolgender Tabelle 4 sind die Untersuchungsergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen zusammengefasst dargestellt und in Anlage 5.2 sowie Anlage 5.3 können die dazugehörigen Laborprotokolle eingesehen werden.

Tabelle 4 Ergebnisse bodenmechanische Untersuchungen

Bohrung Probe	Entnahme-tiefe [m]	Schicht Nr.	w_n [M.-%]	Feinkornanteil [M.-%]	Sandanteil [M.-%]	Kiesanteil [M.-%]	k_f [m/s]	BG
BP 1 / P2	0,40...0,80	1b	14,6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	[SU*]
BP 3 / P1	0,50...1,00	2b	3,4	11,5	73,5	15,0	$4,10 \times 10^{-5}$	SU
BP 8 / P2	1,50...2,50	2a	9,7	39,6	59,7	0,7	$2,09 \times 10^{-7}$	SU*

w_n natürlicher Wassergehalt
 k_f Durchlässigkeitsbeiwert
 BG Bodengruppe nach DIN 18 196
 n.b. nicht bestimmt

Entsprechend der Sieblinienauswertung gilt die Schicht 2a (Verwitterungslehm) als stark schluffiger, toniger Sand und die Schicht 2b (Granodioritzersatz) als kiesiger bis stark kiesiger und schluffiger Sand, was der Bodenansprache während der Baugrunderkundung entspricht. Damit ist die Schicht 2a nach ZTV E-StB 17 als sehr frostempfindlich (**F3-Boden**) und die Schicht 2b als mäßig frostempfindlich (**F2-Boden**) zu bewerten. Für die Schicht 2a konnte eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f = 2,09 \times 10^{-7}$ m/s berechnet werden, was gem. DIN 18130-1 als schwach wasser-durchlässig zu bewerten ist. Die Schicht 2b hingegen weist eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f = 4,10 \times 10^{-5}$ m/s auf, was gem. DIN 18130-1 als mäßig durchlässig gilt.

Die ermittelten Wassergehalte der drei Bodenproben sind relativ gering, so dass für die am Untersuchungsstandort anstehenden fein- bis gemischtkörnigen Böden von einer hohen Tragfähigkeit auszugehen ist. Das heißt, bei einer fachgerechten Verdichtung der anstehenden Böden kann ohne Weiteres ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden.

2.5 Bodenmechanische Kennwerte

Für erdstatische Berechnungen können in Auswertung der Bodenansprache und der Laborergebnisse folgende bodenmechanischen Kennwerte angesetzt werden:

Tabelle 5 Bodenmechanische Kennwerte

Baugrundschrift	Boden- gruppe	cal. g	cal. g'	cal. f'	cal. c'	cal. Es	cal. k _f
Mineralgemisch 0/45 - für erdstatische Berechnungen -	[GW]	21	12	42	0	120	-
Schicht 0 Mutterboden Schluff, sandig, tonig, humos, feste bis halfeste Konsistenz	OH, [OH]	17	7	-	-	-	-
Schicht 1a Auffüllung, rollig Kies, stark sandig, schwach schluffig bis schluffig, dicht gelagert	[GU], [GW]	22	13	38	0	100	1,0x10 ⁻⁵
Schicht 1b Auffüllung, bindig Sand bis Schluff, schwach bis stark kiesig, tonig, feste bis halfeste Konsistenz	[SU*], [UL]	20	10	30	10	30	5,0x10 ⁻⁷
Schicht 2a Verwitterungslehm Sand bis Schluff, tonig, feste bis halfeste Konsistenz	SU*, UL	21	11	30	15	40	2,1x10 ⁻⁷
Schicht 2b Granodioritzersatz Sand, kiesig, schluffig, dicht bis sehr dicht gelagert	SU, Zv	21	12	35	5	150	4,1x10 ⁻⁵
Schicht 2c Granodiorit ¹⁾ angewittert bis stark verwittert, klüftig bis stark klüftig, mürbe bis frisch, mäßige bis hohe Druckfestigkeit	Zv, Z ¹⁾	24 ¹⁾	14 ¹⁾	45 ¹⁾	60 ¹⁾	300 ¹⁾	-

cal. g cal. Bodendichte, erdfeucht [kN/m³]

cal. f' cal. Reibungswinkel [°]

cal. E_s cal. Steifemodul [MN/m²]

1) Annahme, Schicht nicht direkt aufgeschlossen

cal. g' cal. Bodendichte, unter Auftrieb [kN/m³]

cal. c' cal. Kohäsion [kN/m²]

cal. k_f cal. Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]

2.6 Bautechnische Eigenschaften der Baugrundsichten

Die erkundeten Baugrundsichten können wie folgt charakterisiert werden:

Tabelle 6 Bautechnische Eigenschaften der Bodenschichten

Schicht Bezeichnung Bodengruppe Konsistenz/Lagerung	Charakter	Wasserdurch- lässigkeit gem. DIN 18130-1	Konsistenz- veränderlichkeit	Frostempfind- lichkeit ZTV E-StB 17	Tragfähigkeit / Verformbarkeit / Verdichtbarkeit
Schicht 0 Mutterboden Bodengruppe: OH, [OH] feste bis halbfeste Konsis- tenz	feinkörnig, bindig, organisch	schwach wasser- durchlässig	sehr wasser- empfindlich	sehr frostempfindlich F3	nicht tragfähig, verformungs- empfindlich, schlecht verdichtbar
Schicht 1a Auffüllung, rollig Bodengruppe: [GU], [GW] dichte Lagerung	grob- bis gemischt- körnig, rollig (nicht bindig)	wasserdurch- lässig	wasserunemp- findlich	mäßig frost- empfindlich F2	gut tragfähig, sehr gering ver- formungsempfindlich, sehr gut verdichtbar
Schicht 1b Auffüllung, bindig Bodengruppe: [SU*], [UL] feste bis halbfeste Konsis- tenz	gemischt- bis fein- körnig, bindig	schwach wasser- durchlässig	sehr wasseremp- findlich	sehr frostempfindlich F3	tragfähig, mäßig verformungs- empfindlich, mäßig verdichtbar
Schicht 2a Verwitterungslehm Bodengruppe: SU*, UL feste bis halbfeste Konsis- tenz	gemischt- bis fein- körnig, bindig	schwach wasser- durchlässig	sehr wasseremp- findlich	sehr frostempfindlich F3	tragfähig, mäßig verformungs- empfindlich, mäßig verdichtbar
Schicht 2a Granodioritzersatz Bodengruppe: SU, Zv dichte bis sehr dichte Lage- rung	gemischt- bis fein- körnig, bindig	wasserdurch- lässig	gering wasser- empfindlich	mäßig frost- empfindlich F2	gut tragfähig, sehr gering ver- formungsempfindlich, gut verdichtbar
Schicht 2c Granodiorit ¹⁾ Bodengruppe: Zv, Z angewittert bis stark verwit- tert, klüftig bis stark klüftig, mürbe bis frisch, mäßige bis hohe Druckfestigkeit	Festge- stein	-	wasserunemp- findlich	nicht frostempfindlich F 1	sehr gut tragfähig, verformungs- unempfindlich, im gebrochenen Zustand (d < 20 cm) sehr gut verdichtbar

1) Annahme, Schicht nicht direkt aufgeschlossen

Die Schicht 0 ist aufgrund ihrer geringen Tragfähigkeit und hohen Verformungsempfindlichkeit als Gründungsschicht völlig ungeeignet. Dahingegen weisen alle anderen erkundeten Böden eine ausreichend hohe Tragfähigkeit als Straßen- und Wegeplanum sowie als Gründungsschicht für das geplante Feuerwehrgerätehaus auf. Hierbei ist zu beachten, dass die gemischt- bis feinkörnigen Böden der Schichten 1b und 2a (bindige Auffüllung und Verwitterungslehm) sehr wasserempfindlich sind und bei Wasserzutritt rasch aufweichen, wodurch diese ihre Tragfähigkeit verlieren. Die anstehenden Böden sind daher generell vor Wasserzutritt (z.B. Niederschlag) zu schützen.

3. Gründungsempfehlung

Es wird empfohlen, den Mutterboden (Schicht 0) vollständig abzutragen, zwischenzulagern und nach Fertigstellung des Gerätehauses als Mutterbodenauftrag zu nutzen.

Die Gründung des Feuerwehrgerätehauses kann in die tragfähigen Schicht 1a bis 2b erfolgen. Es wird davon ausgegangen, dass die Gründung des Gerätehauses auf einer bewehrten Bodenplatte erfolgt. Zur Vergleichmäßigung der Bettungsverhältnisse sollte **unter die Bodenplatte ein mindestens 30 cm starkes Gründungspolster aus Mineralgemisch (z.B. 0/45) eingebaut werden**, welches auf $D_{PR} \geq 98 \%$ zu verdichten ist. Vor dem Einbau des Gründungspolsters ist der anstehende Baugrund gründlich nachzuverdichten. Das Verlegen eines Geogitters oder Geotextils unter das Gründungspolster ist aus geotechnischer Sicht nicht erforderlich.

Da der anstehende Baugrund als sehr frostempfindlich gilt, wird der Einbau einer umlaufenden Frostschräge, die mindestens 1,0 m in den anstehenden Baugrund einbinden muss, erforderlich. Alternativ könnte das Gründungspolster so verstärkt werden, dass die UK Gründungspolster 1,0 m u. geplanter GOK liegt. Hierbei wäre das Gründungspolster aus zertifiziert frostsicherem Material herzustellen.

Für die Gründung des Feuerwehrgerätehauses wurde eine beispielhafte Grundbruch- und Setzungsberechnung (DIN 4017, DIN 4019, EC 7) durchgeführt, mittige und lotrechte Beanspruchung vorausgesetzt. Für die Gründung auf Bodenplatte wird ein 1,0 m breiter und 10,0 m langer Plattenstreifen als Ersatzmodell betrachtet (siehe Anlage 6). Die Gründungssohle **wurde bei 330,0 m NHN auf einem 30 cm starken Gründungspolster angeordnet.** Als maßgebende Bohrung wurde BP 4 angesetzt.

Folgende Ergebnisse wurden in der Berechnung ermittelt:

- zulässige Bodenpressung $\hat{a} \sigma_{E,k} / \sigma_{zul} = 413,9 \text{ kN/m}^2$ (entspricht $\sigma_{R,d} \approx 577,5 \text{ kN/m}^2$)
- Setzung bei voller Ausnutzung von $\sigma_{E,k} / \sigma_{zul} = 413,9 \text{ kN/m}^2 \hat{a} s = 0,86 \text{ cm}$
- Bettungsmodul $\hat{a} k_s = 48,0 \text{ MN/m}^3$

Bei der Gründung auf bewehrter Bodenplatte ergeben sich bei voller Ausnutzung der zulässigen Bodenpressung von $\sigma_{E,k} / \sigma_{zul} = 413,9 \text{ kN/m}^2$ Setzungen von $s = 8,6 \text{ mm}$. Diese sind aus geotechnischer Sicht als unkritisch und bauwerksunschädlich einzuschätzen. Für die Bemessung der Bodenplatte kann ein Bettungsmodul von **$k_s = 48 \text{ MN/m}^3$** angesetzt werden.

Einzelheiten zur beispielhaften Grundbruch- und Setzungsberechnung können Anlage 6 entnommen werden. Die tatsächlich auftretenden Setzungen sind nach Fertigstellung der Planung rechnerisch zu überprüfen.

4. Hinweise für die weitere Planung und zum Erd- und Tiefbau

Gemäß VOB/C 2019, Norm DIN 18300 (Erdarbeiten) ist zur Ausschreibung von Tiefbauleistungen der Baugrund am Untersuchungsstandort in Homogenbereiche einzuteilen. Die geotechnische Kategorie 2 ist maßgebend. Im vorliegenden Fall werden die anstehenden Lockergesteinsböden in einem Homogenbereich (H1) zusammengefasst.

Angaben zum Festgestein können nicht getroffen werden, da dieses nicht direkt aufgeschlossen wurde. Nach derzeitigem Kenntnisstand wird ein Eingriff in das Festgestein nicht erforderlich, so dass Angaben zu diesem nicht relevant sind.

Tabelle 7 Kennwerte für die Festlegung der Homogenbereiche

Homogenbereiche	H1
dazugehörige Schichten	1a, 1b, 2a und 2b
Bodengruppe DIN 18196	[GU], [GW], [SU*], [UL], SU*, UL, SU, Zv
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen und Verwitterungslehm / Zersatz
Massenanteil Ton [%]	0...10
Massenanteil Schluff [%]	0...60
Massenanteil Sand [%]	40...80
Massenanteil Kies [%]	0...60
Massenanteil Steine [%]	0...10
Massenanteil Blöcke [%]	0...5
Dichte [g/cm³]	2,0...2,3 ¹⁾
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²]	0...300 ¹⁾
Kohäsion [kN/m²]	0...20 ¹⁾
Wassergehalt [%]	1...15
Konsistenz	fest bis halbfest
Konsistenzzahl I _c	1,00...1,50 ¹⁾
Plastizitätszahl I _p	0...10 ¹⁾
Lagerung	dicht bis sehr dicht
Lagerungsdichte D	0,5...0,9
organischer Anteil [%]	< 3 (Mineralboden)
Frostempfindlichkeit (nach ZTVE StB 17)	F2...F3 (F3 maßgebend)
Bodenklasse nach 18300 VOB 2012	3...5

¹⁾ an Hand von Erfahrungswerten und der ingenieurgeologischen Feldansprache geschätzt, keine Laborversuche
n.b. nicht bestimmbar

Das Lösen von Mutterboden (Schicht 0) ist nicht Bestandteil von Erdarbeiten, sondern wird den Landschaftsbauarbeiten zugeordnet. Gemäß DIN 18320 (Landschaftsbauarbeiten) ist die Bodengruppe nach DIN 18915 und der Stein- und Blockanteil für den Mutterboden anzugeben. Der im Untersuchungsgebiet anstehende Mutterboden entspricht der Bodengruppe 6 und enthält weniger als 5 % Steine sowie keine Blöcke.

Die in Tabelle 7 getroffenen Beschreibungen der Homogenbereiche beruhen auf dem gesichteten und manuell geprüften Bohrgut und regionalgeologischen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden. Abweichungen von den angegebenen Wertebereichen können naturgemäß vorkommen, begründen jedoch nicht automatisch Mehr- oder Minderaufwendungen beim Lösen des Bodens. Im Falle von Abweichungen sollte der Baugrundgutachter hinzugezogen werden. Außer Erdbauarbeiten sind nach derzeitigem Kenntnisstand keine weiteren Tiefbauarbeiten erforderlich.

Es wird empfohlen, die Gründungssohle des Feuerwehrgerätehauses auf 330,0 m NHN festzusetzen, da bei einer tieferen Einordnung der Gründungssohle Festgestein gelöst werden müsste.

Gemäß DIN 4124 (Baugruben und Gräben) gelten oberhalb des Grundwassers folgende Forderungen:

- Bis 1,25 m Tiefe kann senkrecht geschachtet werden.
- Für Gräben bis 1,75 m Tiefe können die unteren 1,25 m senkrecht, danach geböscht mit einem Böschungswinkel $\beta \leq 45^\circ$ hergestellt werden.
- Ab 1,75 m bis 5,0 m Tiefe ist auf kompletter Tiefe abzuböschten bzw. zu verbauen.

Beeinträchtigungen der Erdarbeiten durch Grund- oder Schichtwasser sind bei Aushubarbeiten oberhalb des Festgesteins nicht zu erwarten. Aufgrund der nur mäßigen bis geringen Wasserdurchlässigkeiten der anstehenden Böden kann Niederschlagswasser insbesondere bei Starkregenereignissen temporär aufgestaut werden. Generell ist Niederschlagswasser von den Baugruben fern zu halten oder durch geeignete Maßnahmen (z.B. offene Wasserhaltung) abzuleiten.

Die aus dem Gründungsbereich abzutragenden Böden sind am Untersuchungsstandort zur Hinterfüllung von Fundamenten geeignet und sollten dementsprechend genutzt werden. Grobe Steine oder lokal vorkommende Blöcke, die erfahrungsgemäß in Zersatzböden auftreten können, sowie grobe Wurzelbestandteile (naher Baumbestand) sind hierbei auszusortieren.

Es wird davon ausgegangen, dass keine weiteren erdberührten Bauteile außer der Bodenplatte geplant sind. Zum Schutz gegen Feuchtigkeit ist eine kapillARBrechende Schicht unterhalb der Bodenplatte notwendig. Durch den Einbau des Gründungspolsters wird diese Anforderung bereits erfüllt. Aufgrund des nur gering bis mäßig wasserdurchlässigen Baugrunds ($k_f < 1,0 \times 10^{-4}$ m/s) liegt bei Einbau einer Dränung nach DIN 4095 für die Abdichtung der Bodenplatte die Wassereinwirkungsklasse W 1.2-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden) nach DIN 18533-1 vor und es wird eine Abdichtung nach Kap. 8.5.1 der DIN 18533-1 erforderlich. Ohne Dränung liegt die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser) vor und die Bodenplatte wäre nach Kap. 8.6.1 der DIN 18533-1 abzudichten.

Eine Versickerung von nicht verunreinigtem Regenwasser ist am Untersuchungsstandort möglich. Als ausreichend versickerungsfähige Schicht gilt der Granodioritzersatz (Schicht 2b). Für die Bemessung einer Versickerungsanlage ist der für die Schicht 2b ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 4,1 \times 10^{-5}$ m/s nach Arbeitsblatt DWA-A 138 um den Faktor 0,2 abzumindern. Damit ergibt sich ein Bemessungs- k_f -Wert für Versickerungsanlagen von $k_{f,u} = 8,2 \times 10^{-6}$ m/s. Die Versickerungsanlage ist vorzugsweise im nördlichen Untersuchungsbereich (siehe Baugrundprofilsschnitt – Zufahrt, Anlage 4.3) anzuordnen. Da die versickerungsfähige Schicht hier relativ oberflächennah ansteht (ca. 0,35...0,80 m. GOK) werden Rigolen- (Kasten- / Rohrrigolen) oder Mulden-Rigolen-Versickerungsanlagen für die Versickerung von Niederschlagswasser empfohlen.

Die Frosteinwirkungszone III, günstige Grundwasserverhältnisse sowie das Anstehen von F 3-Boden im Planumbereich sind bei der Bemessung von Verkehrsflächen (Zufahrt, Parkflächen) maßgebend. Da die erforderliche Mindesttragfähigkeit auf dem Erdplanum von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² in den am Untersuchungsstandort auftretenden Böden gegeben ist, werden keine zusätzlichen Maßnahmen zur Tragfähigkeitserhöhung des Planums (z.B. Bodenaustausch) erforderlich.

5. Sonstige Hinweise

Die Erkundung beruht auf punktuellen Aufschlüssen. Die Schichtgrenzen dazwischen wurden linear interpoliert (s. Anlage 4). Sollten während der Erdarbeiten Böden angetroffen werden, welche abweichend zu den hier bewerteten Böden sind, so ist der Verfasser zu informieren. In Auswertung dieser Informationen können die Aussagen dieses Gutachtens präzisiert und der neuen Situation angeglichen werden.

Dieses Baugrundgutachten kann nur in seiner Gesamtheit die Baugrundsituation darstellen. Für Schäden, die auf Grund nur auszugsweiser Weiterverbreitung bzw. Veränderung dieses Berichts eventuell entstehen, wird seitens des Verfassers jede Haftung abgelehnt.