

Geotechnischer Bericht

zum
Projekt

Neubau Feuerwehrgerätehaus

An den Krautgärten

Limburg – Lindenholzhausen

AZ.: 11 21 14

1. Bericht vom 17.12.2021

Auftraggeber:

Magistrat der Kreisstadt
Limburg a. d. Lahn
Über der Lahn 1
65549 Limburg a. d. Lahn



1.0	Auftrag.....	6
2.0	Situation	7
3.0	Baugrund	10
3.1	Oberboden	12
3.2	Schluff.....	12
3.3	Kies	13
4.0	Bodenmechanische Laborversuche / Bodenkennwerte Lockergesteine.....	15
5.0	Hydrologische Verhältnisse	16
5.1	Wasserverhältnisse	16
6.0	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	17
6.1	Baugrund- und Grundwassermodell	17
6.2	Bauwerksdaten.....	18
6.3	Bauflächenvorbereitung.....	19
6.3.1	Erdarbeiten.....	19
6.3.2	Wasserhaltung.....	24
6.4	Gründungskonzept	25
6.4.1	Variante 1: Flächengründung	25
6.4.2	Variante 2: aufgelöste Gründung	27
6.5	Fußbodenkonstruktion.....	30
6.6	Bauwerksabdichtung.....	31
6.7	Baunebenarbeiten.....	32
6.8	Verkehrsflächen	33
6.9	Geotechnischer Entwurfsbericht	37
7.0	Geodynamik	38
8.0	Bodenklassen nach DIN 18300 / Frostklassen	39
9.0	Abfallrechtliche Untersuchungen	41
9.1	Probenzusammenstellung / Analytik	41
9.2	Untersuchungsergebnisse	42
9.3	Allgemeine Hinweise zum Probenahmeverfahren und zur Entsorgung.....	43

9.4	Projektbezogene Vorgehensweise	45
9.4.1	Entsorgung	45
9.4.2	Wiederverwertung vor Ort.....	45
10.0	Schlussbemerkungen	46

Anlagenverzeichnis

1	Lageplan der Aufschlusspunkte, Maßstab 1 : 1.000
2	Profilschnitt der Kleinbohrungen und Widerstandskennliniendiagramme RKS/DPH 5, DPH 4, RKS/DPH 3, RKS/DPH 1, RKS 2, Maßstab 1 : 25
3.1.1	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892 - 1
3.1.2	Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892 – 12
3.2.1	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892 – 1
3.2.2	Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892 – 12
4.1	Bodenplatte: Farbige Darstellung der Setzungen
4.2	Bodenplatte: Farbige Darstellung der Bettungsmodulverteilung
4.3	Grundbruchnachweis: Streifenfundamente
4.4	Grundbruchnachweis: Einzelfundamente
5	Probenahmeprotokoll nach <i>LAGA M 32 PN 98</i>
6	Tabellarische Gegenüberstellung der Analysenergebnisse zu den Zuordnungswerten des <i>Baumerkblatts</i>
7	Prüfbericht Dr. Graner & Partner GmbH, Dreieich

Unterlagen

Mitgeltende Fremdunterlagen

- [FU 1] Bauantrag zum Neubau eines Feuerwehrgerätehauses:
Übersichtsplan; Liegenschaftsplan; Freiflächenplan; Bauzeichnungen;
Bau- und Nutzungsbeschreibung; Nachweis der
Bauvorlageberechtigung; Stellplatznachweis;
Abstandsflächennachweis; Berechnung des Maßes der baulichen
Nutzung; Berechnungen; statistischer Erhebungsbogen;
Architekturbüro Petry GmbH, Stand: 30.03.2021; Maßstab 1 : 1.000;
Maßstab 1 : 200; Maßstab 1 : 100

Mitgeltende Unterlagen IfG

- [U 1] Planauskunft: Strom, Gas, Wasser, Energieversorgung Limburg GmbH, Stand:
17.11.2021, Maßstab 1 : 1.000
- [U 2] Trassenauskunft Kabel Telekom, Stand 17.11.2021, Maßstab 1 : 500
- [U 3] Planauskunft, Trassennetz, Vodafone, Stand: 18.11.2021, Maßstab 1 : 500
- [U 4] Kanalbestandsplan, Magistrat der Kreisstadt Limburg a. d. Lahn - Tiefbauamt -,
Stand: 20.02.2018, Maßstab 1 : 500

Rechtliche Grundlagen – Abkürzungen

- Baumerkblatt:** Merkblatt Entsorgung von Bauabfällen (Baumerkblatt), vom
01.09.2018 und
- LAGA M 20 2003:** Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) M 20, Anforderungen
an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen –
Technische Regeln – Allgemeiner Teil, vom 06.11.2003
- LAGA M 20 2004:** Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Anforderungen an die
stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen:

Teil II, Technische Regeln für die Verwertung von mineralischen Abfällen, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) und
Teil III, Probenahme und Analytik, vom 05.11.2004 Teil II in
Verbindung mit

LAGA M 20 1997:	Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen (Technische Regeln), LAGA Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Teil II, vom 06.11.1997
LAGA M 32 PN 98:	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) M 32, Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung / Beseitigung von Abfällen, Stand: Mai 2019
Handlungshilfe M 32:	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) M 32, Handlungshilfe zur Anwendung der LAGA M 32 (LAGA PN 98), Stand: 05.05.2019
DepV:	Verordnung über Deponien und Langzeitlager vom 27.04.2009, Stand: 30.06.2020
Umsetzung der DepV:	Festlegung ergänzender Zuordnungskriterien des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) vom 15.03.2012
KrWG:	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen vom 09.12.2020
BBodSchG:	Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17.03.1998, Stand: 27.09.2017
BBodSchV:	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12.07.1999, Stand: 19.06.2020

Abkürzungen (abfallspezifisch)

A	Auffüllung
B(a)p	Benzo(a)pyren (Einzelparame-ter der Σ PAK n. EPA)
BTEX	Aromatische Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol und die Xylole
EOX	Extrahierbare organisch gebundene Halogene
EPA	United States Environmental Protection Agency
EP	Einzelprobe
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
MP	Mischprobe
NB	Natürlicher Boden (z. B. bei Probenbezeichnung)
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
TOC	Total Organic Carbon

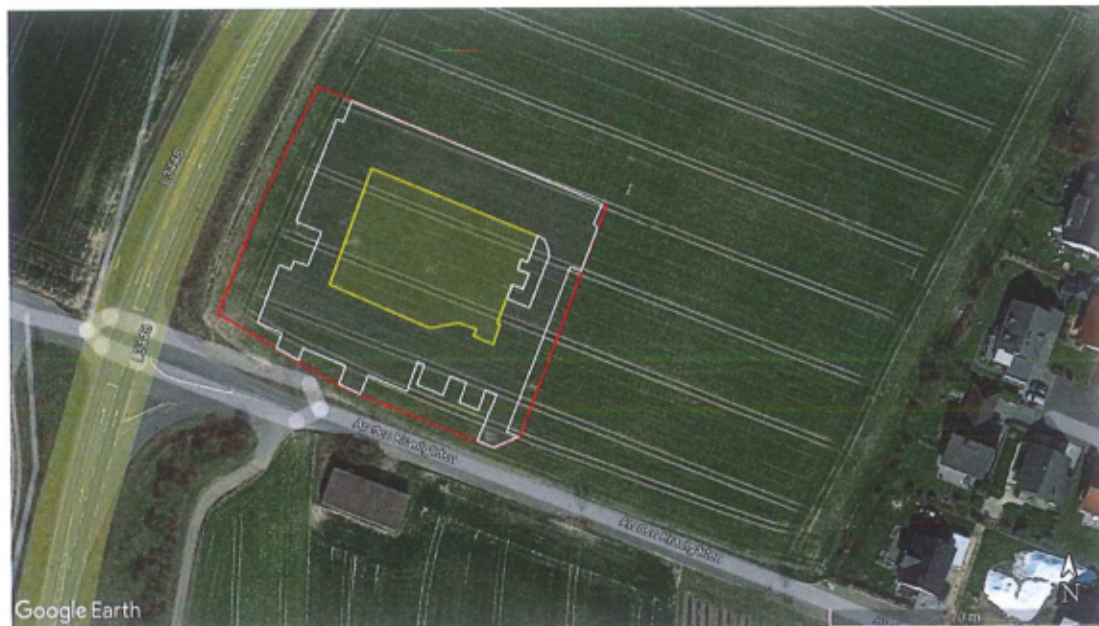
Der Magistrat der Kreisstadt Limburg an der Lahn erteilte mit Schreiben vom 03.11.2021 den Auftrag, eine Baugrunderkundung zu dem geplanten Bauvorhaben in der Straße „An den Krautgärten“ in Lindenhofhausen bei Limburg durchzuführen.

In dem Geotechnischen Bericht sind die erkundeten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse darzustellen und die ergänzend durchgeführten bodenmechanischen Labor- und Grundwasseruntersuchungen auszuwerten. Der zusammenfassende Bericht nach DIN 4020 enthält geotechnisch relevante Angaben zur Bauwerksgründung, zu den Erdarbeiten sowie der Bauwerksabdichtung.

Weiterhin sollen die potentiell anfallenden Aushubmaterialien anhand der im Rahmen der geotechnischen Untersuchungen durchgeführten Bodenaufschlüsse in situ beprobt und abfallrechtlich deklariert werden.

Der Magistrat der Kreisstadt Limburg an der Lahn beabsichtigt die Errichtung eines nicht unterkellerten Feuerwehrgerätehauses in der Straße „An den Krautgärten“ in der Gemarkung Lindenholzhausen, Flur 72, Flurstücke 52, 53 und 54. Darüber hinaus sind auf dem rd. 5.500 m² großen Grundstück auf einer Fläche von rd. 3.000 m² Verkehrsflächen mit 40 PKW-Stellplätzen geplant.

Das zu bebauende Grundstück befindet sich im am nordwestlichen Ortsrand der Gemarkung Lindenholzhausen in einem noch nicht erschlossenem Bauareal. Die Lage des Projektareals geht aus nachstehendem Luftbild hervor; der Gebäudegrundriss ist gelb markiert; die geplanten Verkehrsflächen sind weiß-grau umrandet.



Das zu bebauende Grundstück grenzt an keine bebauten Grundstücke an. Entlang der südwestlichen Grundstücksgrenze verläuft die teilausgebaute Straße „An den Krautgärten“, im Westen die Landesstraße L3448.

Das neue Feuerwehrgerätehaus ist als in etwa rechteckiger Komplex mit maximalen Abmessungen von ca. 30 m x ca. 45 m geplant. Die 1-geschossige Fahrzeughalle sowie der 5-geschossige Übungsturm werden in den Gebäudegrundriss integriert. Der östliche, ca. 13,5 m breite Trakt ist 2-geschossig geplant. Die Dächer der Fahrzeughalle, der Werkstätten und des Sozialtraktes sind als Pult- bzw. Flachdach geplant, welche extensiv begrünt und teilweise mit einem Solarsystem ausgerüstet werden. Ferner wird im südwestlichen straßenseitigen Bereich ein dreiseitig geschlossener Carport aufgestellt.

Zum Zeitpunkt der Felduntersuchungen am 19.11.2021 liegt die projektierte Grundstücksfläche, wie in den nachstehenden Fotos zu sehen ist, als landwirtschaftlich genutzte, nicht bebaute Fläche vor.



Foto 1 Blick von der südöstlichen Grundstücksecke auf das Projektareal in nordwestliche Richtung, 19.11.2021.



Foto 2 Blick von der nordwestlichen Grundstücksecke auf das Projektareal in südöstliche Richtung, 19.11.2021.

Den Vermessungsarbeiten wurde als Festpunkt die Oberkante des vor der Zufahrt der Hausnummer 32 befindlichen Kanaldeckels „Ld221a“ mit einer amtlichen Höhe von 180,50 mNN zugrunde gelegt (siehe Lageplan Anlage 1).

Die Geländehöhen im Bereich der Prüfpositionen zeigen mit Höhen zwischen 179,14 mNN (RKS/DPH 3) und 179,38 mNN (RKS/DPH 5) ein annähernd ebenes Gelände an.

Das Gelände weist kein signifikantes Gefälle auf.

Um Aufschluss über die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurden folgende Bodenaufschlüsse angelegt:

Rammkernsondierung:	RKS 2
Rammsondierung:	DPH 4
kombinierte Rammkern- und Rammsondierungen:	RKS/DPH 1, RKS/DPH 3, RKS/DPH 5

Die Rammkernsondierungen wurden mit einem Durchmesser von 80/60/50 mm ausgeführt.

Alle Rammsonden standen bei einer Eindringtiefe zwischen ca. 4,1 m (RKS/DPH 3) und 4,5 m u. GOK (RKS/DPH 1 und RKS 2) auf. Auch nach dem Umrüsten auf das Rammsondierungsverfahren (DPH) konnte die geplanten Bohrtiefen von 6 m (RKS) bzw. 7 m (DPH) nicht erreicht werden.

Die Rammsondierungen erfolgten nach DIN EN 22476-2 mit der Sonde Typ DPH. Der Spitzenquerschnitt der Sonde betrug 15 cm². Das Sondiergestänge wurde mit einer Fallgewichtskraft von 500 N in den Untergrund eingetrieben.

Die Ansatzpunkte der Bodenaufschlüsse sind im beiliegenden Lageplan, Anlage 1 im Maßstab 1 : 1.000 eingetragen.

Die Aufzeichnungen der Bohrprofile der direkten Bodenaufschlüsse und die Widerstandskennliniendiagramme der Rammsondierungen sind im Schnitt, Anlage 2 im Maßstab 1 : 25 aufgetragen.

Aus den durchgeführten Bodenaufschlüssen, einer detaillierten Geländeaufnahme sowie den allgemeinen geologischen Kartenunterlagen ergibt sich für den Projektstandort folgendes Bild der allgemeinen Baugrundsituation:

Der Projektstandort befindet sich inmitten eines intramontanen Senkungsraumes des rheinischen Schiefergebirges, wodurch die tiefere Basis des Geländes durch variszisch gefaltete Festgesteine des Devons, welche in einem Falten- und Überschiebungsgürtel in die rhenoharzynische SW-NO-Streichrichtung eingegliedert sind, eingenommen wird. Die Ortslage von Lindenholzhausen selbst steht innerhalb einer fluviatil abgelagerten Sedimentabfolge des Oligozäns, in der alte Quarzgerölle hoher Terrassen, Tone und Sande mit vereinzelt Eisenerzvorkommen dominieren. Das Oligozän liegt mit einer Schichtlücke durch das gesamte Mesozoikum direkt winkeldiskordant auf dem tieferreichend erodierten, devonischen Faltengebirge auf.

Überlagernd folgen abschließend nur noch quartäre Lockersedimente. Es handelt sich hierbei zumeist um den regionaltypischen, eiszeitlich äolisch abgelagerten Löss des Pleistozäns.

Im geotechnisch relevanten Profilabschnitt wird die Lösslehmeinheit bis zu der Geländeoberkante (GOK) von einem landwirtschaftlich durchpflügten Oberboden bedeckt.

Nachfolgend erfolgt die ausführliche Beschreibung der erkundeten Bodenschichten hinsichtlich Vorkommen, Schichtstärken, Farbe und bodenmechanischer Feldansprache.

3.1 Oberboden

Als oberste Schicht wurde ein ackerbaulich durchpflügter Oberboden in Form eines humosen, schwach tonigen, schwach sandigen, sowie auch bereichsweise schwach kiesigen Schluffs erkundet. Der organische Anteil wird auf ca. $\leq 8\%$ abgeschätzt.

Der dunkelbraun gefärbte Oberboden wurde mit Mächtigkeiten zwischen 0,4 m (RKS/DPH 2, RKS/DPH 3 und RKS/DPH 5) und 0,5 m (RKS/DPH 1) aufgeschlossen. Die vergleichsweise hohe Mächtigkeit des Oberbodens ist auf die Pflugtiefe der landwirtschaftlichen Vornutzung zurückzuführen.

Die Liegendgrenze wurde zwischen ca. 178,7 mNN (RKS/DPH 3) und ca. 179,0 mNN (RKS/DPH 5) festgestellt.

3.2 Schluff

Unterhalb des Oberbodens wurde als erster Baugrundhorizont der natürlichen Schichtenfolge ein Schluff mit zumeist schwach tonigen bis lagenweise stark tonigen, schwach sandigen bis stark sandigen, sowie schwach kiesigen bis zunehmend zum Liegendbereich auch stark kiesigen Nebengemengebestandteilen aufgeschlossen. Die Schluffformation weist horizontweise bei Kontakt mit aquatischer Salzsäure eine schäumende Reaktion auf, welche das Vorhandensein von Karbonaten in der Bodenmatrix bestätigt. Diese Beobachtung legt nahe, dass es sich hierbei um den regionaltypischen, pleistozänen Lösslehm handelt. Der Übergang zu dem unterlagernden Kieshorizont kündigt sich i.d.R. durch einen sukzessive zunehmenden Ton- und Kiesanteil an.

Der mit dominierend hellbraunen bis braunen, lagenweise auch grauen Bodenfarben erbohrte Schluff wurde in Mächtigkeiten von 2,8 m (RKS 2) bis 3,4 m (RKS/DPH 1, RKS/DPH 5) mit vorwiegend steifplastischen und steifplastisch bis halbfesten

Konsistenzen angesprochen. Exemplarisch konnte dieser Konsistenzbereich mittels zwei Laborversuchen zur Bestimmungen der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12 nach der Methode von ATTERBERG verifiziert werden. Bei einem natürlichen Wassergehalt zwischen rd. 16,6 % und rd. 16,7 % wurde eine Konsistenzzahl von $I_c = 1,05$ und 1,00 ermittelt. Aus den Plastizitätsdiagrammen ergibt sich weiterhin eine Einstufung in die leicht- bis mittelplastischen Tone mit einer Tendenz zum Verhalten von Sand-Ton-Gemischen. Gemäß DIN 18300 ist dieser Baugrundhorizont in Abhängigkeit der Bodengruppen TL/TM/TA/SÜ/GÜ der Bodenklasse 4 bis 5 einzuordnen.

Ferner ist aus der Rammsequenz der Bohrung DPH 4 abzuleiten, dass die o.g. Zustandsformen im Schluff mit Schlagzahlen im Bereich von $2 \leq n_{10} \leq 7$ pro dm Eindringtiefe korrelieren. Die Schichtunterkante des Schluffs wird ab einer Tiefe von rd. 3,4 m u. GOK mit dem plötzlichen Anstieg der Eindringwiderstände auf $n_{10} \geq 21$ gleichgesetzt.

Daraus sind für den Schluff insgesamt geringe bis mittlere Tragfestigkeitseigenschaften abzuleiten.

Die Liegendgrenze konnte an den o.g. Bohrpositionen und unter Berücksichtigung der Rammsondierung DPH 4 auf Höhen zwischen ca. 175,4 mNN (RKS/DPH 1, RKS/DPH 3) und ca. 176,0 mNN (RKS 2) festgestellt werden.

3.3 Kies

Als abschließend erkundetes Schichtglied wurden an jeder Aufschlussposition unterhalb der Schluffformation die gemischtkörnigen Terrassensedimente in Form eines schwach tonigen, schwach schluffigen bis schluffigen, sandigen bis stark sandigen sowie horizontweise auch schwach steinigen Kiesel festgestellt. Gut kantengerundete Quarzgerölle indizieren einen fluviatilen Ursprung und bilden den überwiegenden Anteil der Keskorn- und Größtkornfraktion.

Der grau und braun gefärbte Kies mit erbohrten Mächtigkeiten von $\geq 0,3$ m wurde bis zur maximalen Erkundungstiefe festgestellt und weist zumeist mitteldichte bis vereinzelt auch mitteldichte und dichte Lagerungsverhältnisse auf.

Die Liegendgrenze des Kiesel wurde bis zur maximalen Bohrendteufe von 4,5 m unter GOK nicht erreicht.

Zur Festlegung der maßgebenden bodenmechanischen Rechenwerten wurden Laborversuche durchgeführt. Die einzelnen Prüfdaten sind der Anlage 3 zu entnehmen.

Es wurden im Einzelnen die folgenden Bodenkennwerte ermittelt bzw. Bodenkennwertzuordnungen in Anlehnung an DIN 1055/EAU/EAB sowie auf Grundlage von labortechnisch abgesicherten Erfahrungswerten vorgenommen:

KZ = Kurzzeichen der DIN 18196

γ_k = Feuchtwichte (kN/m^3)

γ'_k = Feuchtwichte unter Auftrieb (kN/m^3)

φ'_k = Reibungswinkel ($^\circ$)

c'_k = Kohäsion (kN/m^2)

$E_{s,k}$ = Steifemodul (MN/m^2)

k_f = Durchlässigkeit (m/s)

Schicht	KZ	γ_k (kN/m^3)	γ'_k (kN/m^3)	φ'_k ($^\circ$)	c'_k (kN/m^2)	$E_{s,k}$ (MN/m^2)	Durchlässigkeit k_f (m/s)
Oberboden	OH	18,0	8,0	-	-	-	$10^{-4} - 10^{-6}$
Schluff	TL/TM/TA/ SÜ/GÜ	19,5	9,5	27,5	4-10	10-15	$10^{-6} - 10^{-9}$
Kies	GU/GÜ	20,0	10,0	35,0	0	40-60	$10^{-3} - 10^{-5}$

Grundwasser wurde in keiner der Aufschlussbohrungen erkundet und ist erst in größeren Tiefen außerhalb bauwerksrelevanter Höhen als Porengrundwasser in den anstehenden Terrassensedimenten zu erwarten.

Grundsätzlich ist in den bindigen Baugrundhorizonten nach Perioden mit höheren Niederschlagsraten mit aufstauendem Sickerwasser ab GOK zu rechnen.

Die gemischtkörnigen Kiese stellen einen potentiellen Grundwasserleiter dar, welcher jahreszeitlich teilweise oder ganz gefüllt sein kann. Dieses Wasser kann wegen der überlagernden, gering durchlässigen Bodenschichten auch gespannte Verhältnisse aufweisen. Für eine abschließende Bewertung wären jedoch Grundwassermessstellen mit einer Langzeitbeobachtung notwendig.

Aufgrund der nicht unterkellerten Bauweise sind derartige Untersuchungen aus geotechnischer Sicht entbehrlich. Entwässerungskanalarbeiten mit Eingriffstiefen > 3,0 m sollten bevorzugt außerhalb niederschlagsreicher Witterungsperioden erfolgen.

Das Projektareal befindet sich außerhalb einer ausgewiesenen Trinkwasserschutz- bzw. Heilquellenschutzzone.

6.1 Baugrund- und Grundwassermodell

Die ausgewerteten Bodenaufschlüsse sowie die bodenmechanische Bewertung infolge der Feldansprache ergeben folgendes Baugrundmodell mit Tragfestigkeitszuordnung:

Schicht	Schichtunterkante [mNN]	Tragfähigkeit
Oberboden	ca. 178,7 – ca. 179,0	keine
Schluff	ca. 175,4 – ca. 176,0	gering - mittel
Kies	nicht aufgeschlossen	gut - sehr gut

Ein geschlossener Grundwasserstand wurde im Rahmen der Baugrunderkundung an keiner der Aufschlussbohrungen erkundet und wird nur außerhalb bauwerksrelevanter Tiefen als Porengrundwasser im Kies erwartet.

Da der bindige Schluff insgesamt nur unzureichende Durchlässigkeiten aufweist, muss mit dem Auftreten von Schichtwasser und aufstauendem Sickerwasser ab GOK auch im unmittelbaren Bereich der Bauwerkskonstruktion gerechnet werden.

Zum aktuellen Zeitpunkt wurde planseits keine detaillierte Höheneinordnung der Konstruktion zur Verfügung gestellt.

Zur Abschätzung der nachstehend aufgeführten Bauwerkskote wurde angenommen, dass sich die Höhenstellung des Bauwerks an den projektstandortspezifischen Geländehöhen orientiert. Dazu wurde behelfsmäßig ein Mittelwert der aktuell gemessenen Höhen gebildet.

$$\text{OK FFB} \approx \text{ca. 179,25 mNN}$$

Diese Ansätze sind planseitig sorgfältig zu überprüfen.

Bei Abweichungen hiervon sind die nachfolgenden Ausführungsempfehlungen durch das IfG abgleichen und gegebenenfalls korrigieren zu lassen.

Lastangaben standen zum Zeitpunkt der geotechnischen Berichterstattung noch nicht zur Verfügung.

6.3.1 Erdarbeiten

Die südlich des Grundstücks verlaufende Verkehrsfläche „An den Krautgärten“ ist ausreichend tragfest um die Baustellenandienung zu gewährleisten. Es ist jedoch darauf zu achten, dass bei ggf. auftretender Verschmutzung regelmäßig eine Säuberung zu erfolgen hat.

Auf der Baufläche selbst sind Bereitstellungsflächen und Baustraßen herzustellen. Dazu ist der ackerbaulich durchpflügte Oberboden in einer mittleren Stärke von 0,4 m vollständig abzuschleppen und bedarfsweise für eine spätere Wiederverwendung vorzuhalten. Die Behandlung des Oberbodens hat unter Einhaltung bodenkundlicher Grundsätze zu erfolgen. Für ergänzende Informationen steht das IfG gerne zur Verfügung.

Es ist dann ein Vlies der Stärke 300 g/m² zu verlegen und mit einer Schottertragschicht der Körnung 0/32 oder – nach vorlaufender Abstimmung mit der zuständigen Behörde – mit RCL-Material mit vergleichbarer Zertifizierung mit $d \geq 0,5$ m zu belegen.

Um spätere Rückbauarbeiten der Baustelleneinrichtungsflächen zu minimieren wird empfohlen, die Möglichkeit einer Platzierung dieses Bereichs in den späteren rd. 3.000 m² großen Außenanlagenbereich zu prüfen.

Andernfalls sind die Baustelleneinrichtungs- und Andienungsflächen nach Abschluss der Baumaßnahme rückzubauen.

Die Anlage von Baugruben wird aufgrund der nicht unterkellerten Bauweise nicht erforderlich. Für eventuell zu verlegende Versorgungsleitungen und Mediengräben sind die Richtvorgaben der DIN 4124 zu beachten.

Gemäß erkundeter Baugrundverhältnisse wird in der planmäßigen Aushubsohle vollflächig der bindige Schluff anstehen. Das Planum weist demzufolge, auch im Verkehrsflächenbereich der Außenanlagen, keine ausreichende Grundtragfestigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf.

Es sind daher Maßnahmen zur Planumsstabilisierung erforderlich.

Zur Ertüchtigung des Planums werden nachstehend zwei Möglichkeiten beschrieben:

Variante 1: Bodenstabilisierung durch Bindemittel

Zur Erreichung der Anforderungen an den Verdichtungsgrad und Restluftgehalt nach ZTV E-StB '17 wird empfohlen, alle freigelegten Planumsflächen gemäß Vorgaben des Merkblattes über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, Ausgabe 2004 sowie der ZTV E-StB '17 einer hydraulischen Bodenverbesserung zu unterziehen.

Durch die Zugabe eines Bindemittels aus Kalk, Zement bzw. vorzugsweise Kalk/Zement-Gemischen (Mischbinder) kann die Grundtragfestigkeit verbessert werden. Dies setzt allerdings voraus, dass die Erdarbeiten zur Planumsertüchtigung in einer Witterungsperiode ohne Frosteinwirkungen (Temperaturen $\geq 5^\circ \text{C}$) realisiert werden können. Bevorzugt sind niederschlagsarme Witterungsperioden zu wählen, um auch witterungsbedingte Zusatzaufwendungen bei der hydraulischen Bodenstabilisierung auf ein Minimum zu begrenzen. Eine Bodenbehandlung mittels Bindemittel ist bei Temperaturen unter $+5^\circ \text{C}$ ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen für das Planum, ebenso wie eine Bodenbehandlung von gefrorenen Böden, nicht zulässig.

Unter Berücksichtigung der bodenmechanischen Laboruntersuchungen liegen die natürlichen Wassergehalte des anstehenden Schluffs mit $14,6 \% \leq w_n \leq 16,6 \%$ (i. M. rd. $16,0 \%$) und auf Grundlage eines erfahrungsgemäß abgeschätzten optimalen Wassergehaltes von $w_{\text{opt.}} \approx 14,0 \%$ vornehmlich auf der „nassen“ Seite der Proctorkurve,

sodass zur Planumsertüchtigung und einer Verminderung der Verformungsanfälligkeit die erforderliche Bindemittelzugabemenge derzeit auf 2 % bis 4 % abgeschätzt wird. Dieser Wert ist im Zuge einer bodenmechanischen Eignungsprüfung genau bestimmen zu lassen.

Kalkulativ sollte, um die Grundtragfestigkeit des Planums zu gewährleisten und die Verminderung der Verformungsanfälligkeit zu erreichen, von einer Zugabemenge des Bindemittels von durchschnittlich 3 % für Massenermittlungen ausgegangen werden. Bei einer zugrunde gelegten und aus Archivdaten abgeschätzten Proctordichte von $\rho_{Pr, 100\%} \approx 1,80 \text{ g/m}^3$ entspricht dies einer Dosiermenge von rd. 54 kg/m^3 .

Bei einer gewählten Frästiefe von rd. 0,4 m ist eine Streumenge von rd. 22 kg/m^2 flächig auszutauschen. Das Bindemittel ist in der vorgegebenen Menge mit einem Dosierwagen aufzubringen und anschließend mit einer Hochleistungsfräse homogen unterzumischen. Sofern vereinzelt großformatige Bestandteile wie Steine vorgefunden werden, sind diese erforderlichenfalls vor dem Einfräsen auszusortieren.

Genauere Festlegungen sind jedoch dringend auf Grundlage von bodenmechanischen Eignungsprüfungen und baubegleitenden Wassergehaltsbestimmungen zu treffen. Die Eignungsprüfungen sind in der Ausschreibung zu berücksichtigen. Hieraus ist auch ggf. eine Präzisierung des o.g. Mischungsverhältnisses des Mischbinders zu beurteilen.

Die Eignungsprüfung kann im bodenmechanischen Labor des IfG durchgeführt werden. In diesem Fall ist das zum Einsatz vorgesehene Bindemittel zu benennen und zur Durchführung der Prüfungen zur Verfügung zu stellen (ca. 10 kg).

Auf Grundlage der aktuell ermittelten Wassergehalte wird eine zusätzliche Wasserzugabe nicht erforderlich werden. Dennoch ergeht der Hinweis, dass in Abhängigkeit der Bauzeit und den vorherrschenden Temperaturen kalkulatativ auch der Einsatz eines Sprühwagens zu berücksichtigen ist.

Der Vollständigkeit halber wird dokumentiert, dass eine qualifizierte Bodenverbesserung mit Herabsetzung der Frostempfindlichkeit der Böden nicht Gegenstand der empfohlenen Bodenverbesserung ist.

Nach der Herstellung und regelkonformen Verdichtung des verbesserten Bodens und Nachbehandlung ist flächendeckend eine schützende Verschleißschicht in Form einer Arbeitsschotterschicht aus Schotter der Körnung 0/32 mit $d \geq 0,2$ m anzudecken.

Ausgehend von der so hergerichteten Fläche können dann erforderlichenfalls Tiefbauarbeiten für die Verlegung von Medienleitungen oder die Fundamentausschachtungen betrieben werden. Hierzu sind dann Lösehilfen für das Herauslösen der stabilisierten Planumsflächen kalkulativ zu berücksichtigen.

Die Verschleißschicht aus Schotter ist nach Abschluss der tiefbautechnischen Erschließungsarbeiten unmittelbar vor dem Weiterbau oder dem Überdecken mit höherwertigen Tragschichten von ggf. auftretenden Verunreinigungen zu säubern und nachzuverdichten. Erfahrungsgemäß ist diese Schicht durch baubetriebliche Einflüsse nicht mehr für eine Weiterverwendung geeignet und ist daher – zumindest auf den oberen 10 cm – als verloren zu bewerten und abzufahren.

Variante 2: Bodenstabilisierung durch Bodenaustausch

Zur Erzielung eines ausreichend tragfähigen Planums ist von einer Austauschstärke von $d = 0,4 \text{ m}$ auszugehen. Für die Planumsstabilisierungsschicht ist ein grobkörniger Baustoff zu verwenden. Es wird der Einsatz von gebrochenem Natursteinmaterial der Körnung 0/32-56 empfohlen. Das Unterlegen eines Geotextils ist nicht erforderlich.

Die Planumsstabilisierungsschicht unterliegt baubetrieblichen Einflüssen und bedarf vor dem späteren Aufbringen des Fahrbahnoberbaus oder der frostsicheren Tragschicht im Gebäudebereich einer Nachbesserung. Es ist daher zu empfehlen, die Schicht bereits bei der Erstellung mit einer Opferschicht von $0,1 \text{ m}$ zu beaufschlagen und in einer Gesamtstärke von $0,5 \text{ m}$ auszuführen. Der Einbau erfolgt in zwei Lagen, wobei die Basisschüttung ausschließlich statisch zu verdichten ist. Die Verdichtung an der Oberfläche kann mit leichten, dynamischen Walzenzügen erfolgen.

Die Opferschicht ist nach Abschluss der tiefbautechnischen Erschließungsarbeiten analog zur Variante 1 abzutragen und abzufahren.

In Abhängigkeit der Jahreszeit kann es witterungsbedingt erforderlich werden, diese Planumsstabilisierungsschicht ggf. auf $d = 0,6 \text{ m}$ zu verstärken. Es wird daher nach Herstellung des Planums empfohlen, Probefelder anzulegen, um die endgültige Einbaustärke der Planumsstabilisierungsschicht festzulegen zu können.

Auf der Oberkante der Stabilisierungsschicht gilt eine Anforderung an den Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$. Dieser Wert ist bei den vorgeschlagenen Konstruktionen erzielbar.

Es wird empfohlen, die Erdarbeiten während niederschlagsarmer Monate auszuführen, um ein Aufweichen des wasserempfindlichen Planums während der Aushubarbeiten zu vermeiden.

6.3.2 Wasserhaltung

Je nach Zeitpunkt der Baumaßnahme kann es zu einem unterschiedlichen Schichtwasserzutritt auf das Planum und die Leitungsgräben kommen. Das Wasser ist am Böschungsfuß über Baudränagen kontrolliert zu fassen und über eine offene Wasserhaltung aus dem Bauareal abzuleiten.

Es obliegt der bauausführenden Firma eine ordnungsgemäße Tagwasserhaltung zu betreiben. Hierbei handelt es sich um eine kostenfreie Nebenleistung nach VOB, Teil C, DIN 18229, Kapitel 4.

Für das Feuerwehrgerätehaus werden im Folgenden zwei mögliche Gründungsvarianten vorgestellt:

6.4.1 Variante 1: Flächengründung

Es wird eine Flächengründung über eine elastisch gebettete Stahlbetonplatte empfohlen. Die für eine ordnungsgemäße Auflagerung der Bodenplatte notwendige Unterlage aus Schotter ist nach Maßgabe der Kapitels 6.3.1 inkl. Hinweisen zur Sohlabnahme herzurichten. Bereits bei der Stabilisierungsschicht muss ein seitlicher Überstand von 1 m eingehalten werden, wobei auch ein Lastausbreitungswinkel von 60° zur Horizontalen zu berücksichtigen ist.

Zur Ableitung der Bemessungsansätze für die Nachweise gegenüber Materialversagen wurde eine Setzungsabschätzung vorgenommen. Die hierbei untersuchten Modellansätze bilden über die komplette Bodenplattenfläche eine Interpolation der im Projektareal erkundeten Baugrundverhältnisse ab (siehe Anlagen 4.1 und 4.2).

Aus einem abgeschätzt setzungsrelevanten Geschossgewicht von 15 kN/m^2 zuzüglich 10 kN/m^2 Dachlast sowie einem Zuschlag für die Bodenplatte von 10 kN/m^2 ergeben sich für das Gesamtobjekt setzungsrelevante Bodenpressungen von geschätzt 35 kN/m^2 (eingeschossige Lagerräume), 50 kN/m^2 (zweigeschossiger Sozialtrakt) und 95 kN/m^2 (5-geschossiger Übungsturm). Für die Fahrzeughalle wird unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Verkehrslast von $16,67 \text{ kN/m}^2$ insgesamt eine Bodenpressung von 52 kN/m^2 angesetzt.

Da eine konstante Spannungsverteilung unter der Bodenplatte nicht zu erwarten ist, kann von folgendem, realitätsnahem Setzungsverhalten ausgegangen werden:

Setzungen: $< 2,5 \text{ cm}$

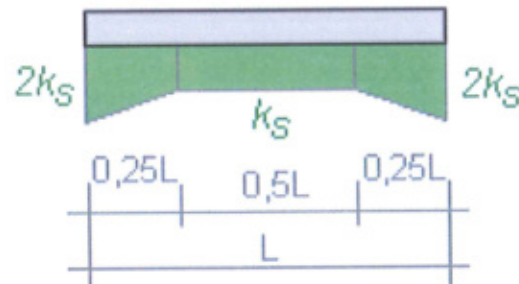
Differenzsetzungen: $< 15 \text{ mm}$

Die Primärsetzungen werden mit Beendigung der Rohbauphase abgeklungen sein. Unter Berücksichtigung der nachgewiesenen Baugrundverhältnisse entspricht dies einem Anteil von 70 % der Gesamtsetzungen. Der restliche Setzungsverlauf wird über einen Zeitraum von 12 bis 18 Monaten andauern.

Zur Bemessung der Bodenplatte gelten für die jeweiligen Gebäudebereiche vorab nach überschlägigen Ansätzen und Ermittlungen aus dem Baugrundmodell Bettungsziffern von

Fahrzeughalle	$k_s, 1\text{-geschossig}$	=	3 MN/m^3
Lagerräume	$k_s, 1\text{-geschossig}$	=	3 MN/m^3
Sozialtrakt	$k_s, 2\text{-geschossig}$	=	3 MN/m^3
Übungsturm	$k_s, 5\text{-geschossig}$	=	$4,5 \text{ MN/m}^3$

Der Bettungsmodul ist folgendermaßen anzusetzen:



Quelle: Dörken – Dehne – Kliesch, Grundbau in Beispielen Teil 2

Diese Vorgabewerte sowie die oben dargestellte Bettungsmodulverteilung dienen zur Erstdimensionierung und sind anhand von detaillierten Setzungsberechnungen

verifizieren zu lassen. Dabei wird dann zwischen den unterschiedlichen Bettungszifferbereichen des Feld- und Randbereichs der Bodenplatte unterschieden.

Bei der Flächengründung mittels Bodenplatte ist die Grundbruchsicherheit grundsätzlich ausreichend gewährleistet. Für den Entwurf der Bodenplatte ist der Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes entbehrlich.

Eine frostsichere Gründung muss jedoch gewährleistet sein. Hierzu sind erforderlichenfalls wahlweise Frostschrägen aus Beton einzubauen oder das Bodenpolster in einem 2 m breiten Streifen mit 1 m Überstand bis in eine frostsichere Tiefe zu verstärken. Abtreppungen sind unter 45° herzustellen.

6.4.2 Variante 2: aufgelöste Gründung

Alternativ kann – auch für einzelne Teilbereiche des Bauvorhabens – eine aufgelöste Gründung in Form von Streifen- und Einzelfundamenten zur Ausführung kommen.

Eine bautechnisch einwandfreie Gründung ist bei einer Lastabtragung in frostfreier Mindesteinbindetiefe über die mindestens steifplastische Schluffformation gewährleistet, welche erwartungsgemäß bereits vollflächig in der planmäßigen Aushubsohle anstehen wird.

Die freigelegten Gründungssohlen sind sorgfältig mit einem Tiefenlöffel ohne Zähne glatt abzuschälen und dann mit einer Sauberkeitsschicht aus Beton der Güte C 12/15 zu versiegeln.

Sollten lokal nicht tragfähige Zonen festgestellt werden, sind diese ebenfalls gegen Füllbeton der Güte C 12/15 zu ersetzen. Dieser Bodenaustausch ist in möglichst senkrechter Schachtung unter den Fundamentkörpern auszuführen, wobei sukzessiv mit dem Aushub der Austauschbeton einzubringen ist, damit die Kurzzeitstabilität der Fundamentböschungen gewährleistet bleibt.

Die statischen Fundamente sind aufzuschalen und die Arbeitsräume mit verdichtungsfähigem Material kraftschlüssig beizufüllen, wobei eine Verdichtungsleistung $D_{Pr} \geq 100 \%$ der einfachen Proctordichte zu erreichen ist.

Als Bemessungswert des Sohlwiderstands kann nach Eurocode 7 in Verbindung mit nationalem Anhang und DIN 1054:2010-12 ein

$$\sigma_{R,d} \leq 280 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Streifenfundamente})$$

$$\sigma_{R,d} \leq 350 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Einzelfundamente})$$

angesetzt werden.

Dies entspricht im Sinne der DIN 1054:2005-01 einem zulässigen Sohldruck

$$\sigma_{zul} \leq 200 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Streifenfundamente})$$

$$\sigma_{zul} \leq 250 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Einzelfundamente})$$

Aus einer ersten, überschlägigen Setzungsberechnung ergeben sich unter Ansatz der oben genannten aufnehmbaren Sohldruckbemessungsvorgaben und nach hochbautypischen, charakteristischen Einzellasten bis $\leq 600 \text{ kN}$ und Streifenlasten bis $\leq 200 \text{ kN/m}$ abgeschätzte Gesamtbeträge von:

$$s \leq 2,5 \text{ cm}$$

Setzungsdifferenzen werden in einer Größenordnung von

$$\Delta s \leq 10 \text{ mm}$$

erwartet.

Der Nachweis der Gebrauchssicherheit ist unter Berücksichtigung der zulässigen Winkelverdrehung $\Delta s/l$ zu ermitteln.

Die Primärsetzungen werden mit Beendigung der Rohbauphase abgeklungen sein. Unter Berücksichtigung der nachgewiesenen Baugrundverhältnisse entspricht dies einem Anteil von ca. 70 % der Gesamtsetzungen.

Der restliche Setzungsverlauf wird über einen Zeitraum von 18 bis 24 Monaten andauern.

Der Nachweis einer ausreichenden Sicherheit gegenüber Grundbruch ist bei angenommenen Fundamentmindestabmessungen von $b/t \geq 0,4 \text{ m} / 0,8 \text{ m}$ bzw. $0,5 / 0,8 \text{ m}$ (inkl. Fußbodenkonstruktion) gewährleistet. Das zugrunde gelegte Baugrundmodell ist als Anlage 4.3 und 4.4 beigelegt.

Eine frostfreie Mindesteinbindetiefe ist bei den vorstehend genannten Fundamentabmessungen gewährleistet.

Sollten sich jedoch höhere Lasten bzw. Einzellasten als oben angesetzt, oder höhere Anforderungen an die Bauwerksverformung ergeben, so werden aus geotechnischer Sicht gründungsvorbereitende Zusatzmaßnahmen erforderlich. Diese können z.B. in Form eines Bodenpolsters zur Baugrundverbesserung und Lastverteilung ausgeführt werden.

Für die bedarfsweise Festlegung der Zusatzmaßnahmen wird die Durchführung einer

detaillierten Setzungsberechnung nach DIN 4019 empfohlen. Bei dieser werden dann auch Überlagerungseffekte benachbarter Fundamente berücksichtigt.

6.5 Fußbodenkonstruktion

Sofern eine aufgelöste Gründung zur Ausführung kommen sollte, wird unter der Fußbodenkonstruktion eine Stabilisierungsschicht erforderlich.

Als Stabilisierung kann die Arbeitsschotterschicht Verwendung finden, welche nach den Fundamentarbeiten von Verschlämmungen zu säubern und nachzuverdichten ist.

Ausgehend von einer Planumtragfestigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ können mit zertifiziertem Schottermaterial der Körnung 0/32 und den in nachfolgender Tabelle beschriebenen Aufbaustärken die erforderlichen Zieltragfestigkeiten in Abhängigkeit der Bodenplattenbelastung erreicht werden:

Max. Belastung Einzellast Q_d [kN]	Planumtrag- festigkeit E_{v2} in MN/m^2	Aufbaustärke Tragschicht in m		Zielwert Trag- festigkeit OK Tragschicht E_{v2} in MN/m^2
		STS	KTS	
≤ 40	≥ 45	0,2	0,3	≥ 100
≤ 80	≥ 45	0,3	0,4	≥ 120
≤ 100	≥ 45	0,3	0,4	≥ 120
≤ 140	≥ 45	0,4	0,5	≥ 150
≤ 200	≥ 45	0,5	---	≥ 180

STS = Schottertragschicht

KTS = Kiestragschicht

Anmerkung: Auf der Oberkante der Tragschicht ist prinzipiell ein Zielwert des Verdichtungsverhältnisses $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,2$ nachzuweisen.

6.6 Bauwerksabdichtung

Sofern keine Anschüttungen gegen den Baukörper vorgenommen werden, kann auf die Anlage einer Dränage verzichtet werden.

Anfallendes Oberflächenwasser ist mit Gegengefälle vom Bauwerk wegzuführen.

Unter der Bodenplatte ist eine filter- und kapillarbrechende Schicht der Körnung 0/32 und $k_f > 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ mit $d \geq 0,2 \text{ m}$ aufzubringen. Im Falle der aufgelösten Gründung wird diese Funktion durch die Tragschicht (s. Kap. 6.5) übernommen.

Für die Bodenplatte gilt gemäß DIN 18533-1 ein Abdichtungskonzept nach der Situation W 1.1-E.

Die Wandsockel sind gemäß DIN 18533-1, Situation W 4-E, abzudichten.

Von den beim Aushub anfallenden Schichten ist der Schluff zur Verfüllung der Arbeitsräume nur dann geeignet, sofern dieser nach Maßgabe des Kapitels 6.3 durch die Zugabe von Bindemittel stabilisiert wird. Beim Wiedereinbau ist darauf zu achten, dass der optimale Wassergehalt (ggf. über Bindemittelzugabe oder Bewässerung) eingestellt wird. Dies setzt beim Aushub ein getrenntes Lösen voraus.

Hinsichtlich der umweltrechtlichen Vorgaben wird auf das Kapitel 9 verwiesen.

Sofern das Material vollständig entsorgt werden soll oder Massendefizite verbleiben, wird für die Verfüllung der Arbeitsräume bindigkeitsarmes Kiessand- oder Vorsiebmaterial mit einem Feinkornanteil von $< 0,063 \text{ mm} < 10 \%$ empfohlen. Das Schüttgut ist in Lagen von maximal 0,3 m einzubauen und zu verdichten. Als Verdichtungswert gilt eine einfache Proctordichte von $D_{Pr} \geq 100 \%$ oder ein Steifemodul von $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$.

Die Verdichtung in Arbeitsräumen darf grundsätzlich nur mit statischen oder stampfenden Verdichtungsgeräten erfolgen.

Zur Geländeoberkante hin ist in den nicht für eine Befestigung vorgesehenen Bereichen eine wasserabweisende Sperrschicht aus bindigen Bodenmaterialien in einer Stärke von 0,5 m mit einem Verdichtungswert von $D_{Pr} \geq 95 \%$ der einfachen Proctordichte und einem Wasserdurchlässigkeitswert von $k_f \leq 10^{-8} \text{ m/s}$ aufzubringen. Sollte in diesem Bereich die Fläche dennoch beispielweise durch einen Pflasterbelag versiegelt werden, kann auf die o.g. Sperrschicht verzichtet werden.

6.8 Verkehrsflächen

Ausgehend von einer Grundtragfestigkeit auf dem bindemittelstabilisierten Planum bzw. der Stabilisierungsschicht von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ kann der Aufbau grundsätzlich nach RStO'12 erfolgen.

Entsprechend der Frostepfindlichkeit des Planums, der regionalen Lage des Standortes und der zu erwartenden Verkehrsbelastung ergibt sich der erforderliche frostsichere Straßenaufbau wie folgt:

Belastungsklasse nach RStO '12		Bk1,0 – Bk3,2
Minstdicke des frostsicheren Straßenaufbaus [cm]		60
Mehr- und Minderdicken nach RStO '12 aufgrund der örtlichen Verhältnisse [cm]	Frosteinwirkung	± 0
	Kleinräumige Klimaunterschiede	± 0
	Wasserverhältnisse	± 0
	Lage der Gradiente	± 0
	Ausführung der Randbereiche	- 5
Stärke des frostsicheren Oberbaus [cm]		55

Unter Berücksichtigung der in vorstehend genannter Tabelle ermittelten Stärke des frostsicheren Oberbaus können die Verkehrsflächen in Anlehnung an die RStO '12 unter Ansatz der zuzuordnenden Belastungsklasse konfiguriert werden. Dies ist planseits festzustellen.

Es liegt eine Zuordnung zur Frosteinwirkungszone I sowie eine Frostepfindlichkeit des Untergrundes der Klasse F 3 zugrunde. Für die Ausführung der Randbereiche wurde von einer Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen ausgegangen. Sofern dieser Fall nicht zutrifft, sind zur Gesamtstärke des frostsicheren Aufbaus 5 cm aufzuaddieren.

Für die Herstellung bituminöser Trag- und Deckschichten gelten dann die Vorgaben der TL Asphalt StB 07 und der ZTV Asphalt StB 07.

Sofern als Deckschicht Verbundsteinpflaster gewählt wird, ist sorgfältig darauf zu achten, dass die Frostschutz- und Tragschichten mit einer Ebenflächigkeit von ± 1 cm, bezogen auf die 4-m-Richtlatte, hergestellt werden.

Weiterhin ist sorgfältig darauf zu achten, dass die Kornabstufung des Frostschutz- und Tragschichtmaterials den vorgegebenen Sieblinien entspricht, da ansonsten bei einem Defizit des Feinkornanteils Material der Pflasterbettung abwandern kann.

Die Pflasterbettung ist in einer gleichmäßigen Schichtstärke von maximal 4 cm aufzubringen und unter Wasserzugabe auf $D_{Pr} \geq 100$ % der einfachen Proctordichte nach Auflage der Pflastersteine zu verdichten. Es wird hier die Körnung 0/5 empfohlen. Die Pflasterfugen sind mit Material der Körnung 0/2 auszuschlämmen.

Das Pflaster ist nach Fertigstellung einer kontinuierlichen Wartung zu unterziehen, ggf. ist ein Nachsanden zu veranlassen.

Bei Pflasterbauweisen sind zusätzlich die Vorgaben der ZTV Pflaster-StB 20 zu beachten.

Der festgestellte Durchlässigkeitsbeiwert des Untergrundes liegt unterhalb der Anforderungen des Merkblattes MVV, welches für die Planung und Ausführung wasserdurchlässiger Beläge Gültigkeit besitzt. In diesem Merkblatt wird eine Minstdurchlässigkeit unter Laborbedingungen von $k_f = 5,4 \times 10^{-5}$ m/s gefordert.

Sofern dennoch wasserdurchlässige Belagarten vorgeschrieben werden sollten, muss berücksichtigt werden, dass dies erhebliche Eingriffe in den Untergrund zur Folge haben wird, da dann unterhalb des wasserdurchlässigen Verkehrsflächenaufbaus ein Unterbau aus durchlässigem Material ausgeführt werden muss, dessen Schüttkörperbasis mindestens 2 m unter der Belagoberkante liegt (siehe Merkblatt MVV, Bild 1):

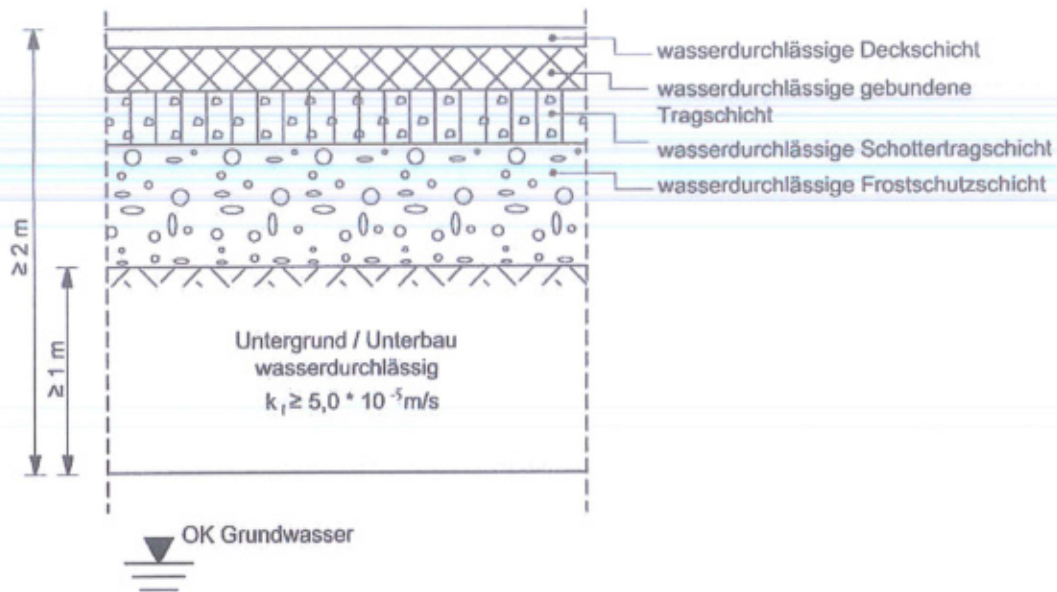


Bild 1: Schematische Darstellung einer versickerungsfähigen Befestigung

Bei einer Ausführung mit wasserdurchlässigen Belägen ohne zusätzliche Planumssickerschichten nach dem Merkblatt MVV können Fehlfunktionen mit einem Aufstau von Niederschlagswässern im ungebundenen Oberbau bis zur GOK nicht ausgeschlossen werden. Dies kann sich auf die Dauerhaftigkeit nachteilig auswirken.

Für die in den Oberbauschichten zur Verwendung vorgesehenen Baustoffe ist sorgfältig zu prüfen, dass im Vorfeld die erforderlichen Eignungsprüfungen durchgeführt wurden und die zugehörigen Eignungs- und Gütenachweise vorliegen. Es ist sicherzustellen, dass der vorgesehene Verwendungszweck im Sinne der Anforderungen des Bauvertrages mit der festgestellten Eignung der geprüften Baustoffe übereinstimmt.

Für die Durchführung von Eigenüberwachungsprüfungen zur Prüfung der Bodenverdichtung im Straßenbau gilt nach der ZTV E-StB 17 folgende Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen:

Bereich	Mindestanzahl
Planum	1 je angefangene 1.000 m ² *
Unterbau	1 je angefangene 1.000 m ² *
Untergrund	1 je angefangene 1.000 m ² *
bei kommunalen Straßen und bei abschnittsweisem Bauen	1 je angefangene 1.000 m ² * mindestens aber je 100 m *

* mindestens jedoch 2 Prüfungen

Für die Kontrollprüfungen wird ein gleichartiger Prüfumfang empfohlen.

Beim Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau gelten die Anforderungen an die Eigenüberwachungsprüfungen gemäß ZTV SoB-StB 20.

Bei Bauweisen mit Pflasterdecke ergibt sich für Eigenüberwachungsprüfungen nach ZTV Pflaster-StB 20 folgendes Anforderungsprofil an die Prüfungen der Baustoffgemische beim Einbau und an der fertigen Leistung:

Prüfkriterium	Prüfumfang
Korngrößenverteilung und Feinanteile	mindestens alle 1.000 m ² eingebautes Baustoffgemisch
Profilgerechte Lage und Ebenheit der Bettung	je nach Erfordernis
Einbaudicke	---
Fugenbreiten und Fugenverlauf	---

Für Kontrollprüfungen wird ein gleichartiger Prüfumfang empfohlen. Es gelten die ergänzenden Empfehlungen der ZTV Pflaster-StB 20, Kapitel 3.4.2.

Für Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen von gebundenen Tragschichten aus Asphalt gelten die Vorgaben der ZTV Asphalt-StB 07.

Für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln ist die ZTV T-StB 95 bei der Planung der Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu beachten.

Für Pflasterdecken, Plattenbeläge und Randeinfassungen ist durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen sicherzustellen, dass die eingesetzten Materialien den Anforderungen der TL Pflaster-StB entsprechen.

Die Vorgaben der RAS-Ew sind bei der Entwässerungsplanung des nicht gebundenen Oberbaus zu berücksichtigen.

6.9 Geotechnischer Entwurfsbericht

Durch die festgestellten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse in Abstimmung mit der Planung ergibt sich eine bewertende Einstufung in die geotechnische Kategorie:

GK-2

Für die Gründungsmaßnahmen sind detaillierte Sicherheitsnachweise nach dem Partialsicherheitskonzept Eurocode 7 und den mitgeltenden nationalen Regelwerken auszuarbeiten. Die Angemessenheit und Hinlänglichkeit der Sicherheitsnachweise ist in einem Geotechnischen Entwurfsbericht gemäß Eurocode 7 zu bestätigen.

Nach DIN 4149 gilt für den Projektstandort folgende Einstufung:

- Erdbebenzone: 0
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C

Nach DIN 18300 (Erdarbeiten) ergibt sich folgende Bodenklassifikation:

Bodenarten	Bodenklassen nach DIN 18300
Oberboden	1
Schluff	4-5*
Kies	3-4

* in Bereichen von Schicht- und Stauwasser kann auch die Bodenklasse 2 auftreten

Die im Baubereich anstehenden Böden sind nach ZTV E-StB 17 hinsichtlich der Frostempfindlichkeit wie folgt einzustufen:

Bodenarten	Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17
Oberboden	F 3
Schluff	F 3
Kies	F 3

F1 - nicht frostempfindlich

F2 - gering bis mittel frostempfindlich

F3 - sehr frostempfindlich

Insbesondere bei Winterbaustellen sind die entsprechenden Zusatzmaßnahmen zur Sicherung der Planums- und Gründungsflächen zu beachten.

Sofern die Ausschreibung der Erdarbeiten nach DIN 18300:2019-09 erfolgen soll, sind die bei den Erdarbeiten anfallenden bzw. zu bearbeitenden Böden aufgrund vergleichbarer Eigenschaften zu einem Homogenbereich zusammenzufassen. Die wesentlichen geotechnischen Eigenschaften sind dann mit folgenden Merkmalen anzugeben:

Für Boden:

Homogenbereich	I	II	III
Bezeichnung	Oberboden	Schluff	Kies
Bodengruppe (DIN 18196)	OH	TL/TM/TA/SÜ/GÜ	GU/GÜ
Massenanteil	X: < 5 %	X: < 5 %	X: < 30 %
Steine, Blöcke und große Blöcke (DIN EN ISO 14688-1)	Bo: < 0 % LBo: 0 %	Bo: 0 % LBo: 0 %	Bo: < 10 % LBo: < 5 %
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	T: < 25 % U: < 60 % S: < 50 % G: < 15 %	T: < 40 % U: < 60 % S: < 50 % G: < 20 %	T: < 20 % U: < 30 % S: < 50 % G: < 70 %
Feuchtdichte (DIN EN ISO 17892-2; DIN 18125-2)	1,7 - 1,9 t/m ³	1,8 - 2,0 t/m ³	1,9 - 2,1 t/m ³
Undrained Scherfestigkeit (DIN 4094-4, DIN EN ISO 17892-7; DIN EN ISO 17892-8)	-	50 - 350 kN/m ²	-
w (DIN EN ISO 17892-1)	15 - 40 %	10 - 35 %	5 - 20 %
I _p (DIN EN ISO 17892-12)	-	5 - 25 %	-
I _c (DIN EN ISO 17892-12)	-	0,5 - >1	-
I _o (DIN EN ISO 14688-2; DIN 18126)	-	-	35 - 85 %
Organischer Anteil (DIN 18128)	≤ 8 %	< 2 %	≤ 2 %

Hierin sind:

- ρ = Feuchtdichte (t/m³)
- $c_{u,k}$ = undrained Scherfestigkeit (kN/m²)
- w = Wassergehalt (%)
- I_p = Plastizitätszahl (%)
- I_c = Konsistenzzahl
- I_o = bezogene Lagerungsdichte (%)

Es handelt sich vorstehend nicht um charakteristische Kenndaten im Sinne der DIN EN 1997.

9.1 Probenzusammenstellung / Analytik

Zur abfallrechtlichen Einstufung der in Form von natürlichen Böden potentiell anfallenden Aushubmaterialien wurde die in nachstehender Tabelle 1 aufgeführte Probe zusammengesetzt.

Tabelle 1: Natürliche Böden

Probe	Aus Aufschlüssen (RKS, RKS/DPH)	Entnahmetiefe m u. GOK	Anmerkung
MP 1	1/2	0,50 – 1,10	
	2/2	0,40 – 1,10	
	3/2	0,40 – 1,10	
	5/2	0,40 – 1,10	

Die Gewinnung der Bodenproben erfolgte im Aufschlussverfahren nach DIN 4021.

Das Probenahmeprotokoll liegt dem Bericht in der Anlage 5 bei.

Unter Berücksichtigung der organoleptischen Ansprache wurde die oben aufgeführte Probe von dem akkreditierten Vertragslabor des IfG, der Dr. Graner & Partner GmbH, Dreieich gemäß nachstehend aufgeführtem Deklarationsumfang untersucht:

Tabelle 2: Deklarationsumfang

Probe	Deklarationsumfang
MP 1	<i>Baumerkblatt Kap. 4.1 Boden gemäß Tabellen 1.1 – 1.3, Anhang 1</i>

Es bestand kein Verdacht auf spezifische, nutzungs- oder immissionsbedingte Schadstoffbelastungen, sodass keine Notwendigkeit vorlag, den Untersuchungsumfang um ergänzende, nicht in den Tabellen der Anlage 6 enthaltene Parameter zu erweitern.

Die Ergebnisse der durchgeführten abfallrechtlichen Deklarationsanalyse sind in den Tabellen A1a und A1b der Anlage 6 dokumentiert und den Zuordnungswerten des *Baumerkblatts* gegenübergestellt.

Der entsprechende Prüfbericht des Labors ist dem Bericht in der Anlage 7 beigelegt.

In nachfolgender Tabelle 3 ist die aus den Analysenergebnissen resultierende abfallrechtliche Einstufung dargestellt:

Tabelle 3: Abfallrechtliche Einstufung

Probe	Aus Aufschlüssen (RKS, RKS/DPH)	Tiefe m u. GOK ^{*1}	Abfalleinstufung gemäß <i>Baumerkblatt 2018</i>							Abfall- einstufende Parameter
			Z 0	Z 0*	Z 1	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	> Z 2	
MP 1	1, 2, 3, 5	0,40 – 1,10			X					TOC (F) 0,52 M-%

F: Feststoff E: Eluat

^{*1} = min. - max. gemäß Bohrungen

Bei der Entsorgung von Materialien im Sinne einer Verwertung vor Ort oder außerhalb des Projektareals oder einer Ablagerung auf einer Deponie sind die genannten, geltenden Vorschriften bzw. die zum Zeitpunkt der Baumaßnahme dann gültigen abfallrechtlichen Vorschriften zu beachten.

Probenahmeverfahren

Grundsätzlich wird seitens der Annahmestellen die abfallrechtliche Deklaration aus In-situ-Beprobungen für die fachgerechte Entsorgung akzeptiert. Im Einzelfall kann allerdings eine Deklarationsanalyse aus einer Haufwerksbeprobung gefordert werden.

Anzahl der Deklarationsanalysen

Grundsätzlich ist für die Entsorgung von je 500 m³ / 1.000 t des im Rahmen von Aushubmaßnahmen anfallenden Materials eine vollständige Deklarationsanalytik vorzulegen. In Abhängigkeit der Zulassungsbedingungen bzw. Annahmekriterien der Deponien bzw. Verwertungsstellen kann jedoch die Vorlage einer vollständigen Deklarationsanalyse für maximal 250 m³ / 500 t gefordert werden.

Zeitpunkt der Erstellung der Deklarationsanalytik

Abfallrechtliche Deklarationsanalysen, welche 6 Monate oder älter sind, werden erfahrungsgemäß von den Annahmestellen nicht akzeptiert.

Länderspezifisch abweichende Grenzwerte / Parameterumfang

Die abfallrechtliche Deklaration erfolgt nach den am Anfallort geltenden, länderrechtlichen Vorschriften. Sollte die Entsorgung nicht in dem Bundesland des Anfallorts erfolgen, kann dies aufgrund länderspezifisch unterschiedlicher Grenzwerte einzelner Parameter bzw. unterschiedlichem Parameterumfang zu

Abweichungen gegenüber den dokumentierten abfallrechtlichen Einstufungen führen.

Annahmespezifisch abweichender Parameterumfang

Aufgrund betriebseigener, zulassungsbedingt vorgeschriebener Annahmekriterien der für die Andienung in Frage kommenden Deponiebetriebe / Verwertungsstellen kann es erforderlich werden, nicht in der *DepV* bzw. dem *Baumerkblatt* enthaltene Parameter zu analysieren. Die für die Annahmestellen jeweils vorgeschriebenen Grenzwerte sind einzuhalten.

Abweichende Grenzwerte / Annahmekriterien

Aufgrund zulassungsbedingt unterschiedlicher Annahmekriterien sowohl von Deponien als auch von nicht nach *DepV* zugelassenen Verwertungsstellen können hinsichtlich der Klassifikationsgrenzwerte Abweichungen bestehen.

Entsorgung: Verwertung (Wiedereinbau) / Beseitigung (Deponierung)

Gemäß *Baumerkblatt Kap. 4.1* i.V.m. *LAGA M 20 2003* und *LAGA M 20 2004, Teil II* darf Bodenmaterial der LAGA-Einbauklassen 0 bis 2 und Bauschuttmaterial der LAGA-Einbauklassen 0 bis 2 unter den in *Kap. 4.2* dieser Richtlinie i.V.m. der *LAGA M 20 1997* genannten Voraussetzungen wieder eingebaut werden.

Die Zuordnungswerte Z 2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Material in technischen Bauwerken mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar. Bei Überschreitung der Zuordnungswerte Z 2 ist daher die Entsorgung auf einer Deponie bzw. einer nach *DepV* zugelassenen Annahmestelle zwingend erforderlich. Eine Verwertung i.S. eines Wiedereinbaus ist nicht zulässig.

9.4.1 Entsorgung

Die durchgeführte abfallrechtliche Einstufung der nachstehend aufgeführten Probe gilt – die Akzeptanz einer In-situ-Beprobung seitens der Verwertungsstelle vorausgesetzt – **verbindlich im Falle einer Entsorgung im Sinne einer Wiederverwertung außerhalb von Deponien.**

Auf Grundlage der diesem Bericht beiliegenden Deklarationsanalytik aus der Probe

MP 1 Natürlicher Boden der Einbaukonfiguration Z 1

können grundsätzlich (vgl. Kap. 9.3 allgemeine Hinweise) bis zu 500 m³ / 1.000 t Aushubmaterialien einer geregelten Entsorgung zugeführt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass aufgrund des festgestellten Anteils des hier einstufungsrelevanten Parameters TOC von < 1 M-% ggf. auch eine Entsorgung im Sinne der Einbaukonfiguration Z 0 möglich sein kann (bspw. zur Rückverfüllung ehemaliger Tongruben).

9.4.2 Wiederverwertung vor Ort

Unter umweltrechtlichen Aspekten können gemäß *Baumerkblatt Kap. 4.1 i.V.m. LAGA M 20 2003 und LAGA M 20 2004, Teil II (Boden)* die durch die Probe MP 1 repräsentierten Materialien auch im Sinne eines eingeschränkten offenen Einbaus (Einbauklasse 1) auf dem Projektareal wiederverwertet werden.

Die geotechnischen Vorgaben aus Kapitel 6.7 des vorliegenden Berichts sind dabei zu beachten.

10.0 Schlussbemerkungen

Der vorliegende Geotechnische Bericht enthält die Beschreibung der Baugrund- und Grundwassersituation am Projektstandort „An den Krautgärten“, Limburg-Lindenholzhausen.

Aus der vorliegenden Baugrunderkundung, den durchgeführten bodenmechanischen Laborprüfungen und der Feststellung der Grundwasserverhältnisse ergibt sich in Abstimmung mit den Planvorgaben die Einstufung in die geotechnische Kategorie GK-2.

Folgerichtig ist nach den Vorgaben des Eurocode 7 in Verbindung mit nationalem Anhang und DIN 1054:2010-12 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen. Grundlagen hierfür sind die weiteren Planvorlagen sowie tragwerksplanerische Vorgaben.

Vor Allem im Hinblick auf die Bestätigung der Gebrauchstauglichkeit des Gründungssystems sowie zur Ableitung der Bettungsmodulverteilung im Fall einer Flächengründung wird die Durchführung von Setzungsanalysen nach DIN 4019 auf Basis charakteristischer Gründungslasten aus geotechnischer Sicht zwingend vorgegeben. In diesem Zug kann dann auch abschließend geprüft werden, ob gründungsvorbereitende Zusatzmaßnahmen erforderlich sind, da konkrete Bauwerkslasten zum Zeitpunkt der Erstellung des Geotechnischen Berichts noch nicht vorlagen.

Erst nach deren endgültigen Abstimmung mit den geotechnischen Vorgaben und der Erstellung des Geotechnischen Entwurfsberichts wird die baureife Grundlage geschaffen.

Ergänzend wird bereits jetzt darauf hingewiesen, dass die Bodenverhältnisse, welche aus punktuellen Bodenaufschlüssen abgeleitet wurden, durch den geotechnischen Berater im Zuge der Bauausführung zu überprüfen und die Gründungssohlen abnehmen zu lassen sind.

