

Freyburg, Merseburger Straße, Rad-/Gehweg bis Ententeich

BAUGRUNDGUTACHTEN

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020

Hauptuntersuchung

1. Bericht

Auftraggeber:

Auftragsnummer: N1986/25

Bearbeiter:

den 23.12.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Bauvorhaben	4
2	Baugrund	4
	2.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs.....	4
	2.2 Geologie	5
	2.3 Hydrogeologie / Hydrologie.....	5
	2.4 Besonderheiten	6
3	Untersuchungen	6
	3.1 Lage, Art, Umfang und Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse	6
	3.2 Laboruntersuchungen.....	6
4	Ergebnisse der Untersuchungen.....	7
	4.1 vorhandener Straßenaufbau	7
	4.2 Untergrund / Unterbau - Schichtenverlauf und -verbreitung	7
	4.3 Eigenschaften und Klassifizierung der Bodenschichten	9
	4.4 Berechnungskennwerte Flächengründung.....	14
	4.5 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse.....	15
5	Baugrundbeurteilung.....	16
	5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung.....	16
	5.2 Gründung von Gehwegen und Straßen	16
6	Bautechnische Hinweise	22
	6.1 Böschungen / Baugruben / Rohrgräben.....	22
	6.2 Wasserhaltung.....	23
	6.3 Nachbarsicherung.....	23
	6.4 Bohr- und Rammbarkeit (Verbauarbeiten)	24
7	Umweltrelevante Untersuchungen	24
	7.1 Ausbauasphalt.....	24
	7.2 Hydraulische gebundener Straßenaufbruch.....	25
	7.3 Bodenmaterial	25
8	Sonstige Allgemeine Hinweise zur Bauausführung	26
9	Homogenbereiche	27
10	Schlussbemerkung	29

Unterlagen

Auftrag vom 15.09.2025

Auftraggeber:

Für die Bearbeitung standen folgende projektbezogene Unterlagen zur Verfügung:

- U 1 - Topografische Karte M 1 : 25 000
- U 2.1 - Geologische Karte M 1 : 25 000
- U 2.2 - Geologische und hydrogeologische Übersichtskarten des LAGB, Halle (digital)
<http://www.sachsen-anhalt.de>
- U 3 - vom AG bzw. Planer übergebene Unterlagen:
 - U 3.1 Aufgabenstellung
 - U 3.2 Lage- und Höhenpläne (digital)
- U 4 - Leitungsbestandspläne
- U 5 - DIN-Normen, Regelwerke, Literatur
 - u.a. DIN 1054 (2021), DIN 1997-1 (2014), DIN 1997-2 (2010), DIN 4020 (2010),
DIN 4023 (2023), DIN 18196 (2023), DIN EN ISO 14688 (2018), DIN EN ISO 14689
(2018), RiLiGeoB, ZTVE-StB, ZTVA-StB, RStO in den jeweils gültigen Fassungen,
EA-Pfähle, EAB, EAU, EBGEO

Weitere Unterlagen, wie Entwurfspläne, Detailpläne, Querschnittsprofile, Lastangaben u.a. liegen derzeit nicht vor.

Anlagen

- Anlage 1.1 - Übersichtsplan Blatt 1
- Anlage 1.2 - Fotodokumentation Blatt 1
- Anlage 2 - Aufschlussplan Blatt 1
- Anlage 3 - Schichtenverzeichnisse entfällt
- Anlage 4 - Aufschlussprofile Blatt 1
- Anlage 5 - Laboruntersuchungen Boden
- Anlage 5.0 - Liste der Laborprüfergebnisse Blatt 1
- Anlage 5.1 - Kornverteilungskurven Blatt 1 - 2
- Anlage 5.2 - Konsistenzgrenzen Blatt 1 - 2
- Anlage 6 - Laboruntersuchungen Fels entfällt
- Anlage 7 - Chemische Analytik Blatt 1 - 36
- Anlage 8 - Baugrundschnitt Blatt 1
- Anlage 13 - Homogenbereiche Blatt 1 - 4

1 Bauvorhaben

Die Verbandsgemeinde Unstruttal plant den Bau eines gemeinsamen Rad-/Gehweges in der Merseburger Straße bis zur Anbindung Ententeich in Freyburg.

Die Planungen werden vom Ingenieurbüro
erbracht.

Die Länge des Streckenabschnittes beträgt ca. 650 m.

Straßen und Rohrgräben ≤ 2 m Tiefe sind in die geotechnische Kategorie I einzuordnen.

Die Baugrundbüro
wurde von
beauftragt, für das o.g. Bauvorhaben eine
Baugrunderkundung, -beurteilung und Gründungsberatung vorzunehmen.

Als Höhenbezug wurden die in den Planungsunterlagen (U 3) angegebenen Höhen in m NHN zu Grunde gelegt.

2 Baugrund

2.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs

Der Abschnitt befindet sich an der nordöstlichen Peripherie von Freyburg, unmittelbar östlich der Straße. Er beginnt in Höhe Friedhofsweg, führt nach Norden und quert die B 180.

Großräumig betrachtet liegt die Strecke am Fuße des Marienbergs im Osten.

Entlang der Strecke fällt die Geländeoberfläche von ca. 148 m NHN im Norden nach Süden in Richtung Unstrut bis auf ca. 137 m ab.

Die vorhandene Bebauung besteht hauptsächlich aus 1- bis 2-geschossigen Wohnhäusern mit Nebengelassen. Über die Gründungsverhältnisse liegen keine Angaben vor. Teilweise weisen

Entlang der Straße und auf Grünflächen stehen vereinzelt bis in Gruppen Bäume und Sträucher.

2.2 Geologie

Der Standort befindet sich aus regionalgeologischer Sicht im Übergangsbereich von der Querfurter Mulde zur Naumburger Mulde im Verbreitungsbereich der Sedimentgesteine des Muschelkalks sowie des Buntsandsteines.

Nach den Aufschlussresultaten sowie nach U 2 wird der Festgesteinsuntergrund am Standort von den Schichten des Unteren Muschelkalks (mu) gebildet, einer Folge aus klüftigen, plattigen Kalk- und Mergelsteinen.

Darunter folgen die Sedimentgesteine der Formation des Oberen Buntsandsteins (so), eine Folge von Wechsellagerungen rötlichbrauner bis grauer Ton- und Schluffsteine bzw. Letten, in die untergeordnet auch plattige Kalksteine, Dolomite, Feinsandsteine und Gipse eingeschaltet sein können sowie des Mittleren und Oberen Muschelkalks, Folgen von Wechsellagerungen grauer Mergelsteine, Tonsteine und plattiger Kalksteine, in die auch Anhydrite, Gipse und Salze zwischengelagert sein können, verzeichnet.

Über dem Festgesteinshorizont wird die Lockergesteinsschicht von Hanglehm und Hangschutt mit Material aus dem Festgestein, aus altpleistozänen Kiesen und Sanden oder so genannten Terrassenschottern, von Geschiebeeböden (Geschiebemergel/Geschiebelehm) sowie im Abschluss zur Tagesoberdecke von Lößablagerungen gebildet. Der Löß ist zumeist verwittert und teilweise auch durch verschiedene Umlagerungsprozesse mit anderen Bodenarten zu Gehängelehm vermischt oder z.T. auch abgeschwemmt.

Infolge der teilweisen früheren Profilierung des Geländes im Zuge des Straßenbaus sowie anderer anthropogener Einwirkungen stehen bereichsweise oberflächlich Auffüllungen an.

2.3 Hydrogeologie / Hydrologie

Als Hauptvorflut fließt im Süden - ca. 1150 m entfernt - die Unstrut aus westlicher Richtung kommend nach Süden.

Die oberen Grundwasserleiter werden lokal von in den bindigen Deckschichten linsen- bis flächenhaft eingebettete Sande und Kiese gebildet. Allgemein ist eine Grundwasserabstromrichtung in südliche Richtung zu erwarten. Daneben fließt Grundwasser in Schuttlagen und Klüften des Festgesteines.

Die bindigen Deckschichten: Lößlehm/Gehängelehm wirken hauptsächlich als Grundwassergeringleiter oder als Grundwasserstauer, wobei Schichtwässer auch in stärker sandig oder kiesig ausgebildeten Lagen fließen können, die linsen- bis bänderartig in die bindigen Deckschichten eingeschaltet sein können.

Infolge oberflächennah anstehender schluffiger Sedimente besteht allgemein die Gefahr von Staunässe nach Starkniederschlägen.

2.4 Besonderheiten

- Erdbebengefährdung

Der Standort liegt nach DIN EN 1998-5 bzw. DIN 4149 in keiner Erdbebenzone.

- Subrosionsgefährdung

Für den globalen Standortbereich besteht eine allgemeine zumindest latente Gefahr von möglichen Subrosionserscheinungen, die an die Auslaugung von Gipsen im oberen Buntsandstein gebunden ist.

Allgemein ist zu erwarten, dass die Gefahr für solche Erscheinungen als sehr gering einzuschätzen bzw. dass für das neue Bauwerk die gleiche latente Gefahr besteht, wie für den vorhandenen Bestand. Zur Einschätzung der aktuellen Situation wird eine Anfrage bei den zuständigen amtlichen Stellen (LAGB) in Halle empfohlen.

Über eventuelle Kampfmittelverdachtsflächen liegen uns keine Angaben vor. Diese wären planungsseitig zu recherchieren.

3 Untersuchungen

3.1 Lage, Art, Umfang und Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse

Zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden im Januar 2022 insgesamt 10 Kleinbohrungen in Form von Rammkernsondierungen (BS) bis in Tiefen von ca. 3,0 ... 6,0 m unter OKG abgeteuft. Aufgrund von hohen Eindringwiderständen oder von Rammhindernissen mussten BS 2, 2 A, 10, 10A in Tiefen von ca. 0,45 ... 1,8 m unter OKG abgebrochen werden.

Die Lage der Untersuchungspunkte und die Aufschlusstechnik wurden neben dem Erkundungsziel teilweise auch von den örtlichen Gegebenheiten (Leistungsbestand) bestimmt.

Die Untersuchungspunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen und sind zusammenfassend im Lageplan der Anlage 2 gekennzeichnet. Sämtliche Erkundungsergebnisse sind in Form von Bohrprofilen und Rammdiagrammen in der Anlage 4 dargestellt.

3.2 Laboruntersuchungen

Zur Klassifizierung der Böden und Bestimmung der Baugrundeigenschaften bzw. Festlegung der Bodenkennwerte wurden folgende Laborversuche durchgeführt:

- 6 Wassergehalte
- 2 Konsistenzgrenzen
- 4 Kornverteilungen

1 Glühverlust

Dabei wurde das Laborprogramm den vorgefundenen Baugrundverhältnissen angepasst.

4 Ergebnisse der Untersuchungen

4.1 vorhandener Straßenaufbau

Die vorhandene Straße besitzt als Oberflächenbefestigung eine Asphaltdecke. Teilweise wurde darunter eine Betonlage vorgefunden. In den einzelnen Prüfstellen ergab sich folgender Aufbau:

Prüfstelle	Bituminös gebundener Straßenoberbau [cm]	Pflaster [cm]	hydraulisch gebundener Oberbau/ Tragschicht [cm]	Bettungs-schicht Tragschicht/ Frostschutz [cm]	Gesamtdicke [cm]
BS 4	4	-	-	16	20
BS 6	12	-	8	40	70
BS 9	11	-	15	34+20*	60 (80)*

*stärker verlehmt

Darunter folgen i.d.R. Sande und Kiese bzw. Schotter mit Funktion der alten Trag- und Frostschutzschichten (F 1/F 2). Teilweise weisen die alten Straßenbaustoffe auch erhöhte Feinkornanteile auf (F 2/F 3) und sind in dem Fall ohne Aufbereitung (Aussiebung, QBV) im Straßenoberbau nicht wiederverwendbar.

Unter den Konstruktionsschichten der Straße steht hauptsächlich bindiger Boden an (F 3).

4.2 Untergrund / Unterbau - Schichtenverlauf und -verbreitung

In Auswertung der stichprobenartigen, punktförmigen Aufschlüsse ergibt sich für den Standort folgendes generelles geologisches Schichtenmodell:

Schicht 1 - Auffüllung (Sand, kiesig, z.T. schluffig oder steinig;
Ton/Schluff, sandig, z.T. kiesig,
z.T. organische Beimengungen, z.T. Ziegelreste)

**Schicht 2 - Lößlehm/
Schwemmlehm** (Ton, stark schluffig, sandig)

Schicht 3.1 - Hangschutt / Festgestein, zersetzt (Kies, sandig / Sand, kiesig, z.T. schluffig)

Schicht 3.2 - Festgestein verwittert (Kalkstein, Kalkmergelstein) nur zur Info!

Nach den Aufschlussresultaten stehen oberflächlich zum Teil humoser Oberboden bzw. zumeist **Auffüllungen** mit unterschiedlichen Mächtigkeiten von wenigen Dezimetern bis zu ca. 2,0 m unter OKG an. Die Auffüllungen weisen unterschiedliche Zusammensetzungen und wechselnde Schichtenfolgen von Ton bis Kies auf.

Unter der Oberflächenbefestigung aus Asphalt und z.T. Beton sind die Auffüllungen als Sande oder Kiese ausgebildet und den alten Trag- und Frostschutzschichten zuzuordnen. Darunter bzw. daneben handelt es sich hauptsächlich um Tone/Schluffe sowie um Ton/Schluff-Sand-Gemische. Die Konsistenzen der bindigen Matrix wurden mit vorwiegend steif bestimmt.

Die aufgefüllten Erdstoffe sind zum Teil regellos mit Ziegelresten und anderem Bauschutt durchsetzt. Eine weitere detaillierte Abgrenzung der punktförmigen aufgeschlossenen Auffüllungen vom natürlichen Baugrundprofil ist fachtechnisch und wirtschaftlich nur im großräumigen Anschnitt im Zuge der Bauausführung möglich. Da anthropogene Hinweise mitunter fehlen, ist eine genaue Abgrenzung zum natürlichen Profil z.T. auch schwierig zu ziehen.

Unter den Auffüllungen steht zumeist **Lößlehm/Schwemmelehm** von hellbrauner, gelbbrauner bis brauner Farbe an. Der aus Lößmaterial gebildeter Boden ist nach DIN 18196 hauptsächlich ein schluffiger, feinsandiger Ton mit leicht- bis z.T. mittelplastischen Eigenschaften. Nach der Kornverteilung handelt es sich vorwiegend um einen mittelschluffigen, feinsandigen Grobschluff. Teilweise sind an der Basis auch stärker feinsandige Lagen eingeschaltet.

Die Konsistenzen wurden hauptsächlich mit weich-steif, z.T. breiig oder halbfest bestimmt. Der Lößlehm/Schwemmelehm weist teilweise eine relativ hohe Strukturfestigkeit auf, d. h. die Konsistenzen werden bei der Feldansprache steifer eingeschätzt als nach der labormäßigen Aufbereitung und Bestimmung im Labor.

Der bindige Boden ist allgemein als sehr wasserempfindlich, sehr frostempfindlich und auch sehr erosionsempfindlich einzuschätzen. Bei kleinen Änderungen des Wassergehaltes wechselt bereits seine Konsistenz. Mit einer Verschlechterung der Konsistenz zu sehr weich – breiig geht auch eine schnelle Verringerung seiner Scherfestigkeit (Kohäsion) einher. Daher sind Wassersackbildungen generell zu vermeiden.

Die Schichtmächtigkeiten betragen bis zu ca. 5,2 m in BS 1. In BS 2 fehlt der Lößlehm gänzlich.

In BS 1 und 2 folgen zuunterst **Hangschutt** oder die **zersetzten Festgesteine** des Muschelkalkes. Dabei handelt es sich um intermittierend bis weit gestufte kiesige Sande oder um sandige Kiese (Kalksteinschutt) mit unterschiedlichen schluffigen Kornanteilen.

Die zersetzten Festgesteine stellen sich vorwiegend als kiesig-sandig bzw. stückig zerbohrter Kalksteinschutt oder als ein stark kiesiger Ton dar. Das minimale Ende der Sondierung wurde aufgrund hoher Eindringwiderstände (harte Kalksteinlagen) bei BS 10, 10A in einer Tiefe von ca. 0,45 ... 0,5 m erreicht.

Die Festgesteine wurden verfahrensbedingt in den BS nur in ihrer zersetzten Form aufgeschlossen. Daher wird das Festgestein mit Ausnahme der Bodenklassen nicht weiter beschrieben. Aufgrund der hohen Eindringwiderstände kann jedoch vorausgesetzt werden, dass im Bereich der Endteufen der Sondierungen das verwitterte Festgestein (harter Kalkstein in plattiger-bankiger Form) präsent ist. Zur Einschätzung der genauen Eigenschaften (z. B. Schichtung, Druckfestigkeiten) wären hier großkalibrige Kernbohrungen erforderlich.

4.3 Eigenschaften und Klassifizierung der Bodenschichten

- Baugrundeigenschaften

Auf der Grundlage der Feld- und Laborprüfungen sowie anhand von Vergleichs- und Erfahrungswerten können die aufgeschlossenen Erdstoffe durch folgende bodenphysikalische Eigenschaften beschrieben werden:

Schicht 0: Oberboden

Benennung: (DIN 4022):	Schluff , tonig, sandig bis Ton , schluffig, sandig schwach humos bis humos
Farbe:	dunkelbraun
Bodengruppe (DIN 18 196):	OU, OT, OH, TL, TM, TA

Der Oberboden besitzt für die Gründung des Bauwerkes baupraktisch keine Bedeutung und wird daher im Folgenden mit Ausnahme der o.g. Bodengruppe und Bodenklasse nicht weiter abgehandelt.

Schicht 1: Auffüllung

Die punktförmig aufgeschlossenen Auffüllungen weisen stark unterschiedliche Zusammensetzungen auf. Hauptsächlich wurden jedoch Tone/Schluffe, Ton/Schluff-Sand-Gemische und Sande aufgeschlossen. Bedingt durch die Inhomogenität in der Zusammensetzung, unterschiedliche Einbauzwecke (Tragschichten, Hinterfüllungen, Geländeregulierungen etc.) und unterschiedliche Verdichtungsgrade können stark wechselhafte Eigenschaften vorhanden sein.

Allgemein ist zu beachten, dass nicht zweckgebunden verdichtete Auffüllungen zumeist eine unterschiedliche und allgemein geringe Dichte, eine hohe Hohlräumigkeit bzw. Makroporosität sowie bei Wasserzutritt eine noch vorhandene Sackungsempfindlichkeit aufweisen können.

nen. Insgesamt ist die Auffüllung bei Belastung je nach Porenvolumen stark bis schwach zusammendrückbar. Einlagerungen, wie Steine, Blöcke, Bauwerksreste sind prinzipiell möglich.

- Oberbau: alte Tragschicht / Frostschuttschicht (Schotter, Sande und Kiese)

Klassifikation nach DIN 18196: Auffüllungen aus natürlichen Böden
[GW, GI, GE, GU/GT, SW, SI, SU/ST, SU*/ST*]
Frostverhalten (ZTVE-StB): je nach Feinkornanteil hauptsächlich nicht bis gering
frostempfindlich (F 1 – F 2)

- Unterbau, Auffüllungen, Erdablagerungen

Bodengruppe (DIN 18196): Auffüllung aus natürlichen Böden
[SU/ST, SU*/ST*, GU/GT, GU*/GT*, TL, TM,
TA, OU, OH]
mit möglichen Stein-/Blockanteilen [X, Y] und
Fremdstoffen (A)

- Tone/Schluffe, bindiges gemischtkörniges Material (Feinkornanteil > 15 %):

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): hauptsächlich sehr frostempfindlich (F 3)
Plastizität: vorwiegend leicht bis mittel plastisch
Konsistenz: vorwiegend weich, z.T. steif
Zusammendrückbarkeit: mittel bis sehr groß

- Sand- und Kiesmaterial:

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): je nach Feinkornanteil nicht bis gering frostempfindlich
(F 1/F 2) bis teilweise sehr frostempfindlich (F 3)
Lagerungsdichte: je nach Einbauzweck sehr locker bis mitteldicht, z.T. dicht
Zusammendrückbarkeit: gering bis mittel, bei lockerer bis sehr lockerer Lagerung
mittel bis groß

Beimengungen: z.T. organische Beimengungen

Schicht 2: Lößlehm/Schwemmléhm

Benennung (DIN 4022): Ton, stark schluffig, sandig
Farbe: hellbraun, gelbbraun, braun
Bodengruppe (DIN 18196): TL, TM, OU, UL
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): F 3 – sehr frostempfindlich
Plastizität: leicht bis z.T. mittelplastisch
Konsistenz: weich bis steif, z.T. breiig oder halbfest
Laborergebnisse (Einzelwerte): $w_n = 11,7 - 30,5 \%$,
Konsistenzgrenzen $w_L = 21,4 - 23,7 \%$, $w_P = 17,7 - 19,9 \%$,

	$I_p = 3,7 - 4,6 \%$, $I_c = < 0 \dots 1,84$
Zusammendrückbarkeit:	groß bis z.T. sehr groß
Tragfähigkeit:	gering bis mittel
Beimengungen:	z. T. kalkhaltig, z.T. organische Beimengungen
Grundwasserleiter:	Grundwassergeringleiter

Die bindigen Böden der Schicht 2 sowie vergleichbare Auffüllungen sind alle stark witterungsempfindlich. Auf ungeschützten Aushubsohlen kommt es insbesondere durch Wasser- und/oder Frosteinwirkung zu rasch voranschreitenden Entfestigungs- und Aufweichungsprozessen. Unter Einwirkung von Wasser erfolgt insbesondere bei gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung eine schnelle Konsistenzverschlechterung.

Schicht 3: Festgestein, zersetzt/verwittert

Petrogr.-gewinnungstechn. Bezeichnung: karbonatische Gesteine (KA)

Schicht 3.1: Hangschutt / Festgestein, zersetzt (Kalksteinschutt)

Verwitterungsgrad:	entfestigt bis zersetzt (VE, VZ)
Benennung (DIN 4022):	Fein- bis Grobkies, sandig bis stark sandig, schluffig bis stark schluffig, z.T. steinig bis Ton stark kiesig;
Farbe:	grau, hellgrau
Bodengruppe (DIN 18196):	GU/GT, GU*/GT*, SU/ST, SU*/ST*, TL, TM, (X, Y))
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	zumeist gering bis sehr frostempfindlich (F 2 bis F 3)
Kornverteilung:	weit- bis intermittierend gestuft
Lagerungsdichte:	vorwiegend mitteldicht bis dicht, z.T. sehr dicht
Gleichförmigkeit:	ungleichförmig
Kornform / Rauigkeit:	stückig, plattig / kantig
Zusammendrückbarkeit:	gering
Tragfähigkeit:	hoch
Grundwasserleiter:	Grundwasserleiter
Beimengungen:	Steine, Blöcke, harte Kalksteinlagen
Bemerkungen:	Ramm- und Bohrhindernisse sehr wahrscheinlich

Schicht 3.2: Festgestein, verwittert (nur zur Orientierung)

Verwitterungsgrad:	angewittert – entfestigt (VA – VE)
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	nicht bis mittel frostempfindlich (F 1- F 2, (F 3))
Gesteinsfestigkeit:	mittel bis hoch ($q_{u,k} = 20 - 80 (150) \text{ MN/m}^2$)
Haupttrennfläche (Schichtung):	dünnplattig bis dickplattig (A01 - A10) untergeordnet bankig (A 30, A60)
Neigung:	söhlig bis flach (N1 - N3)
Klüftung:	mittel bis stark

Zusammendrückbarkeit:	gering bis sehr gering
Tragfähigkeit:	hoch
Grundwasserleiter:	Kluftwasserleiter
Lösbarkeit:	schlecht lösbar

- Bodenklassen und Bodengruppen

Die vorstehend beschriebenen Bodenschichten sind in folgende Bodengruppen und Bodenklassen einzuordnen:

Bodenart	Kurzzeichen DIN 18 196	DIN 18 300 (2010)	DIN 18301 (2010)	DIN 18319 (2010)	ZTVA-StB	ATV – A 127
Oberboden		1				
Auffüllung* ¹ (Schicht 1)	A [SW, SI, GW, GI, GE, SU/ST, SU*/ST*, GU/ GT, GU*/GT*, TL, TM, TA, UL, OU, X, Y]	2 - 5* ¹	BN 1 - 2, BB 1 - 3 (BS 1 - 4)	LN 1 - 3, LBM 1 - 2 P 1 - 2, (S 1 - 4)	V1 - V3 (außer OU, TA)	G 1 - 4
Lößlehm/ Schwemmlehm (Schicht 2)	TL, TM, UL, OU	2* ² , 4	BB 1 - 3	LBM 1 – 2 (3) P 1	V3	G 4
Hangschutt/ zersetztes Festgestein (Schicht 3.1)	GI, GW, GU/ GT, GU*/GT*, SW, SI, SU/ST, SU*/ST*, (X, Y)	3 - 4* ^{3,4}	BN 1 - 2, FV 1 (BS 1 - 4)	LN 2 - 3, LNW 2-3 FZ 1 (S 1 - 4)	V1 – V2	G 1 - 3
Festgestein verwittert (Schicht 3.2) nur zur Info!		6, 7* ⁵	FV 1 - 4 FD 1 - 4	FZ 1 - 4 FD 1 - 4		

*1 Einstufung ohne Oberflächenbefestigungen oder großvolumige Hindernisse wie Bauwerksreste (Fundamentreste etc.)

*2 breite Bereiche ($I_c < 0,5$) sind in die Bodenklasse 2 - fließende Böden - einzuordnen.

3 ST bei Anschnitt unter Grundwasser ist in die Bodenklasse 2 - fließende Böden - einzuordnen.

*4 Einstufung ohne eventuelle Steine, Gerölle, Bereiche mit mehr als 30 % Grobsteine 315 - 630 mm können auch schon die Klasse 6 - leicht lösbarer Fels - bedingen. Eventuelle Steine $d > 0,6$ m sind in Bodenklasse 7 einzuordnen.

*5 feste, harte bankige Kalkstein-/Dolomitsteinpartien mit Schichtdicken ≥ 30 cm oder $V_{\text{Kluftkörper}} \geq 0,1\text{m}^3$ sind einer Bodenklasse 7 - schwer lösbarer Fels - zuzuordnen. Sofern keine Pauschalvereinbarungen getroffen werden, wird empfohlen, die Abrechnung der Bodenklassen auf Nachweis im Leistungsverzeichnis zu vereinbaren. Felspartien der Felsklasse 7 erfordern generell geeignete Lösegeräte wie Felshämmer, -fräsen, Trennschleifer etc..

Hinsichtlich der Homogenbereiche und der aktuellen ATV-DINs wird auf Punkt 9 bzw. Anlage 13 verwiesen.

- Verdichtungseigenschaften

Die bindigen Böden der Schicht 2 sowie vergleichbare bindige Auffüllungen sind nach ZTVA-StB 97/06 in die Verdichtbarkeitsklassen V3 und V2

- bindige, feinkörnige Böden - bis
- bindige, gemischtkörnige Böden -

einzustufen. Der Hangschutt/das zersetzte Festgestein und die sandigen und kiesigen Auffüllungen sind hinsichtlich ihrer Verdichtungsfähigkeit in Abhängigkeit seines Feinkornanteils in die Verdichtbarkeitsklassen V1 bis V2 (GU*/GT*, SU*/ST*)

- nicht bindige Böden (V 1) - bis
- bindige, gemischtkörnige Böden (V2) -

einzuordnen

Aufgrund von vorliegenden Erfahrungswerten können die Verdichtungswilligkeit und die daraus folgenden zu erwartenden Proctordichten wie folgt abgeschätzt werden:

Bodenart	Verdichtungswilligkeit	Proctordichten ρ_{Pr} [g/cm ³]
Auffüllungen		
Sande und Kiese	normal bis gut	1,90 – 2,10
Tone und Schluffe	nicht bis schwer	<1,60 – 1,80
Lößlehm/Schwemmléhm	schwer bis normal	1,70 – 1,85
Hangschutt/zersetztes Festgestein	normal bis sehr gut	1,90 – 2,30

Ausgeprägt plastische Bodenbereiche (TA) oder Bereiche mit höheren organischen Anteilen (OU) sind als sehr schwer bis nicht verdichtungswillig einzustufen.

Die **bauseitige Einbaufähigkeit** (Verarbeitbarkeit) des Materials hängt neben seiner Verdichtungswilligkeit vor allem von den **Wassergehalten** zur Bauzeit sowie von seiner **Wasserempfindlichkeit** ab.

Bei den stichprobenartig untersuchten Proben wurden teilweise sehr schwankende **Wassergehalte** bestimmt. Im Einzelnen wurden folgende Werte laborativ ermittelt:

Bodenart	Wassergehalt [-]
Bindige Auffüllung (Schicht 1)	16,2 – 17,9
Lößlehm/Schwemmléhm (Schicht 2)	11,7 – 30,5

Allgemein ist zu beachten, dass die geforderten Verdichtungswerte mit einer Nachverdichtung nur erzielbar sind, wenn die bauseitigen Wassergehalte im Bereich der zulässigen Wassergehalte liegen. Bei zu hohen Wassergehalten muss der Boden getrocknet werden (Auf-

reißen, Zugabe von hydraulischen Bindemitteln.) Bei zu niedrigen Wassergehalten ist eine Wasserzugabe erforderlich. Bei Wassergehalten auf dem trockenen Ast sind zusätzlich die zulässigen Luftporengehalte zu beachten.

Aufgrund der z.T. sehr schwankenden und teilweise sehr hohen Wassergehalte sowie der allgemein schlechten Verdichtungswilligkeit bzw. der hohen Wasserempfindlichkeit ist zu erwarten, dass bauseitig Verdichtungsgrade von $D_{Pr} \geq 97\%$ Proctoroptimum in den bindigen Deckschichten mit einer Nachverdichtung in der Regel nicht oder nur sehr schwer bzw. auch nicht durchgängig erreichbar sind. Daher sind Maßnahmen zur Schaffung einer ausreichenden Planumtragfähigkeit einzuplanen. Für den konstruktiven Erdbau sind diese Böden bei hohen Wassergehalten ebenfalls als nicht bzw. nur sehr bedingt geeignet einzuschätzen.

4.4 Berechnungskennwerte Flächengründung

Für erdstatische Berechnungen können auf der Grundlage von Erfahrungswerten, Analogien, aufgrund der Laborprüfungen sowie nach DIN 1055 folgende charakteristische Werte für die geotechnischen Kenngrößen (Bodenkenngrößen) in Ansatz gebracht werden:

Schicht Nr.	Bodenart	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte u. Auftrieb γ'_{k} [kN/m ³]	Reibungswinkel φ'_{k} [°]	effektive Kohäsion c'_{k} [kN/m ²]	undrännierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
1	Auffüllungen*1						
	Sand	18 - 20	10 - 12	30	0	-	10 - 50
	Ton / Schluff	17 - 19	8 - 10	20 - 25	5 - 0	10 - 50	2 - 6
2	Lößlehm/ Schwemmlehm	19 - 20	9 - 10	26 - 27	5 - 3 (w)*2 8 - 6 (st)	20 - 60	4 - 6 (w-br)*2 6 - 10 (st) 10 - 15 (hf)
3.1	Hangschutt / zersetztes Festestein	19 - 21	10 - 22	32 - 36	0		40 - 150

*1 Die Werte für die Scherfestigkeit (φ' , c') gelten nur für Erddruckbemessungen.

*2 (br - breiige Konsistenz ($I_c \leq 0,50$), (w) – weiche Konsistenz ($0,5 \leq I_c \leq 0,75$), (st) – steife Konsistenz ($0,75 \leq I_c$), (hf) – halbfeste Konsistenz ($I_c \geq 1$))

Die Werte sind je nach Aufgabenstellung als **Mittelwerte** oder als obere und untere Grenze für **Grenzwertbetrachtungen** in Ansatz zu bringen. Die Werte für den Steifemodul berücksichtigen eine lagerungs- bzw. eine tiefenabhängige Verteilung. Für Detailfragen sind wir zu konsultieren.

4.5 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten im November und Dezember 2025 wurde bis zur Endteufe der Sondierungen kein Wasser festgestellt. Weiche Bereiche im Boden weisen jedoch auf mögliche Schicht- oder Stauwässer hin. Zu beachten ist, das Grundwasser in den kleinkalibrigen Aufschlüssen erfahrungsgemäß auch zeitverzögert zulaufen kann.

Als Grundwasserleiter fungieren die Sande und Kiese und die Kalksteinschuttlagen, die jedoch trocken gefallen waren.

Die bindigen Böden: Lößlehm/Schwemmlehm stellen im Wesentlichen Grundwassergeringleiter bis Grundwasserstauer dar, wobei Schicht- und Stauwässer in stärker sandig oder kiesig ausgebildeten Bereichen auftreten können. Im Lößboden sind Lößbrunnen bzw. wasserführende Röhren möglich. In Auffüllungen sind Stauwässer möglich. Bei Ausbildung zusammenhängender Horizonte können Stau- oder Schichtwässer auch als so genanntes "schwebendes" Grundwasser vorliegen. Bei Anschnitt solcher Horizonte ist - zumeist kurzzeitig - mit größerem Wasserandrang zu rechnen. Schichtwässer können auch periodisch als Schichtquellen in Erscheinung treten. Ein erhöhter Schichtwasseranfall ist jedoch zumeist an extreme Witterungssituationen (Schneesmelze, lang anhaltende Niederschlagsperioden) gebunden.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte können erfahrungsgemäß wie folgt abgeschätzt werden (vorwiegende Werte):

Bodenart	Kurzzeichen DIN 18196	Grundwasserleiter	Durchlässigkeit [m/s]
Lößlehm/Schwemmlehm	TL, TM, UL, OU	Porenraum	$10^{-6} - 10^{-10}$
Hangschutt/ zersetztes Festgestein	GI, GW, SW, SI, GU/ GT, SU/ST, GU*/GT*, SU*/ST*	Porenraum	$10^{-3} - 10^{-5}$ $10^{-4} - 10^{-7}$

Grundwasserpegelmessungen über einen längeren Zeitraum von 15 - 20 Jahre gemäß DIN zur Festlegung von Bemessungswasserständen liegen nicht vor.

Die Erdbautechnologie ist den jeweiligen Witterungsbedingungen anzupassen. Es wird empfohlen die Bauarbeiten in der niederschlagsarmen Witterungsperiode durchzuführen.

5 Baugrundbeurteilung

5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung

Für Gründungsbetrachtungen ergibt sich nach den punktförmigen Baugrundaufschlüssen der Anlage 4 zusammenfassend folgendes Bild:

Danach stehen oberflächlich teilweise humoser Oberboden sowie hauptsächlich Auffüllungen mit Mächtigkeiten von bis zu ca. 2,0 m unter OKG an. Darunter folgt großflächig verbreitet zumeist bis zur Endteufe von maximal ca. 3,0 m unter OKG Lößlehm/Schwemmlehm z.T. mit weichen-breiigen oder flüssigen Konsistenzen. In BS 2 und 10 fehlt der Lößlehm auch gänzlich. In BS 1, 2 und 10 steht zuunterst Hangschutt / das zersetztes/verwitterte Festgestein an. Das minimale Ende der Sondierungen wurde in BS 10, 10A aufgrund hoher Eindringwiderstände (harter Kalkstein in einer Tiefe von ca. 0,45 ... 0,5 m erreicht).

Grundwasser wurde nicht festgestellt. Lokal weiche Bereiche im Boden weisen jedoch auf mögliche Schicht- oder Stauwässer hin.

In Auswertung der vorgefundenen Situation ist mit stark erhöhten Aufwendungen bei Gründungs- und auch Sicherungsarbeiten zu rechnen. Diese Einschätzung ergibt sich insbesondere aus

- dem Anstehen von z.T. weichen Lößlehm/Schwemmlehm mit relativ ungünstigen Tragfähigkeitseigenschaften,
- der relativ hohen Wasserempfindlichkeit der bindigen Böden und vergleichbarer Auffüllungen und der daraus folgenden schlechten bauseitigen Verdichtungsfähigkeit bei hohen Wassergehalten,
- den hohen Eindringwiderständen im zersetzten/verwitterten Festgestein.

Damit sind erhöhte Aufwendungen für die Gründung der Straßen zur Schaffung/Gewährleistung der Tragfähigkeit und des Verdichtungsgrades durch Bodenaustausch mit Fremdmaterial im Planum oder eine Bodenverbesserung einzuplanen.

Der Bau der Straßen und Verkehrsflächen ist bezüglich der Erdarbeiten nach der ZTVE-StB 17 vorzunehmen. Für Aufgrabungen in Verkehrsflächen sind die Forderungen der ZTVA-StB zu beachten.

5.2 Gründung von Gehwegen und Straßen

- Frostempfindlichkeit der Böden

Der Trassenabschnitt ist nach der Frosteinwirkungszonenkarte von Deutschland in die

Frostzone II

einzuordnen.

Hinsichtlich der Frostempfindlichkeit sind die im Gründungsbereich der Straßen anstehenden Böden hauptsächlich in die Klasse F 3 - sehr frostempfindlich - einzuordnen.

- Hydrologische Verhältnisse

Infolge der Schichtwasserproblematik sind die Wasserverhältnisse mit möglichen Schicht- und Stauwässern während der Frostperiode zeitweise höher 1,5 m unter Planum ohne zusätzliche Maßnahmen (Dränagen) im Regelfall als ungünstig einzuschätzen. Mit Dränagen wären die Wasserverhältnisse als günstig einzuschätzen.

- Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus

Für Geh- und Radwege nach Tafel 6 der RStO ergibt sich allgemein für F2- und F3-Böden eine **Mindestdicke** für den frostsicheren Oberbau von **30 cm**. Ungünstige Klimaeinflüsse und Wassereinflüsse sind zusätzlich zu berücksichtigen:

	Mehrdicken
Frostzone II	5
ungünstige Wasserverhältnisse*1	5
Lage Gradiente Einschnitt, Anschnitt	5

*1 ungünstige Wasserverhältnisse bis 1,5 m unter Planum

Im Bereich von Überfahrten für Kraftfahrzeuge ist die Befestigungsdicke auf die Verkehrsbelastung abgestimmt zu wählen.

Für Bauweisen nach Tafel 1 der RStO ergeben sich folgende Mindestdicken für den frostsicheren Oberbau für u. g. Straßenbauklassen:

	Belastungsklassen	
	Bk3,2 - Bk1,0	Bk0,3
Richtwert (F3)	60	50
Frostzone II	5	5
Wasserverhältnisse*1	5	5
Gesamt [cm]	70	60

*1 bei Grund- bzw. Schicht- oder Stauwässern ständig oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum

Weitere Zu- und Abschläge sind planungsseitig zu prüfen.

Bei Ausführung eines einheitlichen Bodenaustausches $d \geq 0,5$ m unter Planum mit grob- und gemischtkörnigen Schüttmaterial, das mindestens der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (GU, GT und vergleichbar) entspricht, oder bei einer qualifizierten Bodenverbesserung darf die o.g. frostsichere Mindestdicke um einen Wert von 10 cm vermindert werden.

- Planumsentwässerung / Schutz des Planums

In den feuchten Jahreszeiten kann es in den bindigen Deckschichten oder vergleichbaren Auffüllungen infolge der teilweise relativ hohen Bindigkeit lokal zu geländenahe Stauwasserbildungen und Vernässungen kommen. So zeigten auch die Böden hier teilweise eine weiche Konsistenz.

Das anfallende Wasser ist durch eine Planumsentwässerung nach RAS-Ew zu fassen und schadlos abzuleiten. Die Frostschutzschichten können dabei die Funktion einer Sickerschicht erfüllen, wenn das Mineralstoffgemisch im eingebauten Zustand eine vertikale Durchlässigkeit von $k \geq 1 \cdot 10^{-5}$ m/s aufweist.

Infolge der Witterungsempfindlichkeit der anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Erdstoffe der Schicht 2 und vergleichbarer Auffüllungen sollen Gründungssohlen nur in einem solchen Umfang freigelegt werden, wie sie zum Schutz vor Witterungseinflüssen wieder schnell überbaut und entwässert werden können (bauzeitliches Planumsgefälle, Drägen etc.). Anderenfalls sind Schutzschichten ($d \geq 0,3$ m) zu belassen.

Das fertiggestellte Planum darf insbesondere während niederschlagsreicher Perioden oder im Winter nicht über längere Zeit ungeschützt liegenbleiben. Werden keine Schutzmaßnahmen getroffen, muss unmittelbar vor dem Einbau der Tragschicht das Planum nachverdichtet werden.

Die auf dem Planum anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden der Schicht 2 sowie vergleichbare Auffüllungen sind alle sehr witterungsempfindlich einzuschätzen. Nach ZTVE-StB ist bei witterungsempfindlichen Böden eine Querneigung des Planums von mindestens 4 % auszubilden, sofern der Boden nicht mit Bindemitteln verfestigt oder verbessert wird. Nach einer Verfestigung soll die Querneigung mindestens 2,5 % betragen.

Ein direktes Befahren der Erdbauplanien mit schwerem Gerät ist zu vermeiden (Vorkopfschüttung, Aushub im Rückschritt).

- *Tragfähigkeit des potentiellen Planums*

- Anforderungen an das Planum nach ZTVE-StB, RStO

Das Planum ist profilgerecht, eben und tragfähig auszubilden.

Gemäß ZTVE-StB wird bei den im Planum anstehenden bindigen Böden der Schichten 2 und 3 sowie bei vergleichbaren Auffüllungen für den Bereich des Straßenplanums bis 0,5 m Tiefe unter Planum ein Verdichtungsgrad von

$$D_{Pr} \geq 97 \%$$

bei einem Luftporenanteil $n_a \leq 12 \%$ gefordert. Als erforderlicher Verformungsmodul ist bei frostempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau auf dem Planum von Straßen ein Wert von

$$E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$$

dauerhaft nachzuweisen.

Nach eventueller Ausführung einer qualifizierten Bodenverbesserung (QBV) ist auf dem Planum des verbesserten Bodens ein Verformungsmodul von

$$E_{v2} \geq 70 \text{ MPa}$$

erforderlich.

Eventuelle großflächig im Planum anstehende nicht- und schwachbindige Schüttstoffe aus dem alten Straßenbau (GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU/GT, SU/ST) sind bis in eine Tiefe von 0,5 m Tiefe unter Planum mit einem Verdichtungsgrad von

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

zu verdichten.

Bei einem Untergrund bzw. Unterbau aus grobkörnigen Boden z.B. GW oder GI, ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von

$$E_{v2} \geq 100 \text{ MPa bzw. } E_{vd} \geq 50 \text{ MPa}$$

erforderlich.

Bei einem Untergrund bzw. Unterbau aus grobkörnigen Boden z.B. SW oder SI, ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von

$$E_{v2} \geq 80 \text{ MPa bzw. } E_{vd} \geq 40 \text{ MPa}$$

erforderlich.

Der Umfang der Bereiche mit erhöhten Verdichtungsanforderungen ist durch eine Befahrung im Zuge der großflächigen Planumsfreilegung festzulegen. Allgemein ist auf eine gleichmäßige Tragfähigkeit im Planum zu achten.

- vorhandene Tragfähigkeit des potentiellen Planums

In Auswertung der stichprobenartigen Labor- und Feldversuche sowie der Erfahrungen muss eingeschätzt werden, dass in den oberflächennah anstehenden bindigen Boden und vergleichbaren Auffüllungen die geforderten Trag- und Verdichtungskriterien hinsichtlich des Verdichtungsgrads, des Porenanteils und des Verformungsmoduls in der Regel nicht vorhanden bzw. bauseitig nicht garantiert sind. So können in den weichen Bereichen des Lößlehmes/Gehängelehmes nach den regionalen Erfahrungen nur maßgebliche Frühjahrstragfähigkeiten (Zielzustand) von ca. $E_H = 10 \dots 15 \text{ MN/m}^2$ erwartet werden.

Angesichts der teilweise hohen Wassergehalte bei z.T. weicher Konsistenz des Untergrundes und der allgemein hohen Wasserempfindlichkeit und der daraus ableitbaren schlechten Einbau- und Verdichtungsfähigkeit ist zudem einzuschätzen, dass Nachverdichtungen keine großen Verdichtungseffekte (Gummieffekt) bringen bzw. dass eine wesentliche Verbesserung des schlechten Zustandes nicht zu erwarten ist.

Daher ist eine Vergrößerung der ungebundenen Tragschicht durch Bodenaustausch oder sind zusätzliche Maßnahmen zur Untergrundverbesserung einzuplanen.

In den aufgefüllten Sanden und Kiesen und im zersetzten/verwitterten Festgestein ist dagegen zu erwarten, dass die geforderten Trag- und Verdichtungskriterien mit einer Nachverdichtung erzielbar sind.

Bei einem Bodenaustausch aus Mineralstoffgemisch lassen sich die erforderlichen Austauschdicken in den anstehenden bindigen Böden (Schicht 2) für die Gründung von Straßen in bislang nicht oder gering belasteten Bereichen erfahrungsgemäß wie folgt abschätzen:

Schicht	erforderliche Austauschdicke
Lößlehm/Schwemmléhm (Schicht 2)	0,3 – 0,5 m

wobei sich lokal bei sehr ungünstigen Verhältnissen auch größere Austauschdicken erforderlich machen können und bei sehr günstigen Verhältnissen Minderdicken möglich sind.

Das Aushubplanum ist generell vor dem Einbau mit geeignetem Verdichtungsgerät statisch nachzuverdichten (Vorverdichtung mit Schafffußwalze (bindige Böden) und Nachverdichtung mit Glattmantelwalze). Die erzielte Tragfähigkeit ist über die Verformung (Einsenkung) zu prüfen. Sofern bei der Nachverdichtung lokale Schwächestellen im Untergrund festgestellt werden, ist dieser Bereich entsprechend tiefer aufzuheben oder zu verbessern bzw. zu stabilisieren.

Bei Verwendung von ungebundenen Mineralstoffgemischen für den Bodenaustausch werden nur gut verdichtbare Kies-Sand-Gemische oder Schotter aus Hartgestein in Anlehnung an die Regelsieblinien nach ZTV-SoB oder nach TL BuB E-StB bei einem Feinkornanteil $\leq 10\%$ oder vergleichbares Recyclingmaterial empfohlen.

Ergänzend zu den Bodenaustauscharbeiten wird bei lokal sehr weichen oder sehr lockeren Bodenbereichen im Erdplanum zur Gewährleistung der geforderten Verdichtungsgrade bedarfsweise ein Eindrücken/Einwalzen von Grobschlagmaterial 0/90 ... 0/200 an der Basis des eigentlichen Bodenaustausches für eine bessere Verzahnung bzw. zur Stabilisierung empfohlen. Zusätzlich ist in dem Fall ein Geogitter mit Vlies als Bewehrung und Trennschicht an der Unterkante des Polsters anzuordnen, um ein Eindringen des weichen Bodens in das Polster zu vermeiden.

Bei Planien in den Auffüllungen des Straßenbaus ist zwar zu erwarten, dass die Trag- und Verdichtungsanforderungen mit einer Nachverdichtung des Planums (Glattmantelwalze) gegebenenfalls erzielbar sind. Da die Sande und Kiese im oberflächennahen Bereich erfahrungsgemäß teilweise stärker verlehmt sein können bzw. das Planum nach heutigen Vorschriften tiefer liegt, wird auch hier zur Erhöhung bzw. Gewährleistung der Planumsstabilität ein entsprechender Bodenaustausch empfohlen, um mögliche Schwachstellen auszugleichen.

Bauzeitlich können die Bereiche, in denen sich voraussichtlich kein Bodenaustausch erforderlich macht, nach einer Nachverdichtung des Planums über die Prüfung der Einsenkung beim Überfahren mit schwerem LKW oder Walze ausgegrenzt werden.

Eventuelle Bereiche im Planum aus **nicht zweckgebunden verdichteten Auffüllungen** (außer alter Straßenbau) sind gemäß ZTVE-StB bis \geq ca. 0,6 - 1,0 m unter Planum auszukoffern und durch gut verdichtbares Mineralstoffgemisch zu ersetzen. Werden eventuelle Fremdkörper in den Auffüllungen festgestellt, die das Tragverhalten negativ beeinflussen können, sind diese zu entfernen. Es gelten die Aussagen wie bei der Gründung in sehr weichen oder sehr lockeren Bodenbereichen.

Für den **Bodenaustausch** sollen vorzugsweise nur gut verdichtbare Kies-Sand-Gemische oder Schotter aus Hartgestein in Anlehnung an die Regelsieblinien nach ZTV SoB-StB bzw. TL BuB E-StB bei einem Feinkornanteil $\leq 10\%$ oder vergleichbares Recyclingmaterial zum Einsatz kommen. Schottergemische lassen in der Regel aufgrund ihrer kantigen Kornform eine bessere Verzahnung und Verspannung im Polster erwarten als rundkörnige Kies-sandgemische. Auf dem lagenweise eingebrachten und mit einem Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} = 100\%$ zu verdichtenden Polster werden für Lastplattenprüfungen in Abhängigkeit des Schüttstoffes orientierende Prüfziele von $E_{v2} \geq 70 - 100 \text{ MN/m}^2$ bei $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,4 - 2,3$ gefordert.

Im Bereich der bindigen Deckschichten soll das Bodenaustauschmaterial im eingebauten Zustand eine Durchlässigkeit $k \leq 10^{-6} \text{ m/s}$ aufweisen, damit anfallendes Wasser möglichst auf dieser Schicht der Kofferentwässerung zufließen kann.

Zur Reduzierung der erforderlichen Austauschdicken kann auch ein Polsteraufbau unter Verwendung einer Tragschichtbewehrung (Geogitter) erfolgen. Als Polstermaterial werden hier nur Brechkorngemische aus Hartgestein empfohlen. Für die Bemessung der Austauschdicken wird z.B. auf *Floss* verwiesen.

In den z.T. weichen wassergesättigten Böden ist grundsätzlich nur statisch zu verdichten, um einen Porenwasserüberdruckaufbau und damit einen Verlust der Tragfähigkeit auszuschließen.

- Prüfungen

Die oben angegebenen Schichtdicken (Bodenaustausch, Bodenverbesserung etc.) dienen generell zur Orientierung im Rahmen der Vorplanung, wobei die mittels der Frühjahrstragfähigkeiten ermittelten Dicken als Mindestdicken anzusehen sind.

Das Verdichtungsverfahren (Verdichtungsgerät, Anzahl der Übergänge, Arbeitsgeschwindigkeit) und die zulässige Schütthöhe sind durch **Probeverdichtung** und Probefelder auf den zu verdichtenden Boden abzustimmen. Damit soll geprüft werden, ob die im Leistungsverzeichnis vorgeschriebenen Anforderungen bei dem gewählten Arbeitsverfahren erreicht werden oder Änderungen im Verfahren zweckmäßig sind.

Die geforderten Trag- und Verdichtungswerte sind entsprechend nachzuweisen. Der Stichprobenumfang für Kontroll- und Eigenüberwachungen ist gemäß ZTVE-StB festzulegen. Als Prüfmethode empfehlen wir die Methode M 3.

6 Bautechnische Hinweise

6.1 Böschungen / Baugruben / Rohrgräben

Baugruben und Rohrgräben sind gemäß der DIN 4124 abzuböschten oder zu verbauen, dabei können sich in Abhängigkeit der Lage des Bauabschnittes bzw. der Aushubtiefe auch abschnittsweise unterschiedliche Verbauausbildungen ergeben. Für Arbeiten im Gründungsbereich von vorhandener Bebauung sind die Forderungen gemäß DIN 4123 einzuhalten. Im Bereich von auftretenden Lasteintragungen aus Stapellasten, Verkehr, Bauwerken usw. sind Baugruben und Gräben generell zu verbauen.

Für die Gründungsarbeiten des Fußweges werden sich unter Beachtung der Bodenaushubgrenzen der DIN 4123 im Bereich ggfs. zu sichernder Bebauung in der Regel keine Maßnahmen zur Baugrubensicherung erforderlich machen. Baugruben oberhalb des Grund- und Schichtwassers und außerhalb von Lasteintragungen von Verkehr und Bauwerken dürfen bei horizontalem und nur schwach geneigtem Gelände in ausreichend standfesten, d. h. mindestens steifen bindigen Böden allgemein bis in eine Tiefe von maximal 1,25 m senkrecht hergestellt werden. Bei Baugruben und Rohrgräben bis 1,75 m Tiefe darf senkrecht abgeschachtet werden, wenn der Bereich oberhalb 1,25 m bis OKG gemäß DIN 4124 unter $\leq 45^\circ$ abgeböschet oder teilverbaut wird.

Tiefere Baugruben und Gräben sind generell abzuböschten oder zu verbauen. Im Bereich von auftretenden Lasteintragungen aus Bauwerken, Stapellasten, Verkehr usw. sind Baugruben und Gräben durch verformungsarme Verbauwände zu sichern.

Die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) der DGGT sind zu beachten.

Sofern abgeböschte Baugruben möglich sind, dürfen bis maximal 3,0 m Tiefe und oberhalb des Grund- und Schichtwasserbereiches folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

Auffüllungen, Hangschutt/zersetztes Festgestein

Lößlehm von mindestens **weicher** Konsistenz ($I_c \geq 0,5$): $\beta = 45^\circ$

Lößlehm/Gehängelehm von mindestens **steifer** Konsistenz: $\beta = 60^\circ$

Verwittertes Festgestein $\beta = 80^\circ$

Für größere Standhöhen, bei belasteten Böschungsschultern, bei weicher-breiger Konsistenz sowie bei Sickerwasserandrang sind die Böschungswinkel entsprechend zu verkleinern oder Bermen anzuordnen. Für den Fall ist die Standsicherheit nach DIN 4084 nachzuweisen. Baugrubenböschungen sind vor Witterungseinflüssen (Austrocknung, Oberflächenwasser) z.B. mittels Folien etc. zu schützen. Bei geringem Sickerwasseranstrom können Baugrubenböschungen z.B. auch mit Stützfiltern gesichert werden.

6.2 Wasserhaltung

Die Wasserhaltung und die anfallenden Wassermengen hängen neben den Bodenarten hauptsächlich von den bauzeitlichen Grundwasserständen, der Größe der Baugrube sowie der Absenktiefe ab.

Bei der Baugrunderkundung wurde bis zur Endteufe hin kein Wasser festgestellt. Lokal weiche Bereiche im Boden weisen jedoch auf mögliche Schicht- oder Stauwässer hin.

Für die Bauarbeiten ist eine Wasserhaltung bedarfsweise vorzuhalten, die i.d.R. als offene Wasserhaltung ausgeführt werden kann. Dazu sind Planien mit Gefälle anzulegen. Zusitzende Wässer sowie Niederschlagswässer sind über Sohlrännagen den Pumpensämpfen an den Tiefststellen zuzuführen und dort abzupumpen.

6.3 Nachbarsicherung

Im Einflussbereich von angrenzender Bebauung oder Verkehr sind Baugrubenwände generell verformungsarm auszubilden (Aussteifungen, Verankerungen). Der Ansatz des Erddruckes richtet sich nach den zulässigen Verformungswerten. Allgemein wird zumindest der Ansatz des erhöhten aktiven Erddruckes empfohlen:

$$k_{ae} = \frac{k_a + k_o}{2}$$

mit k_{ae} - erhöhter aktiver Erddruck, k_o - Erdruhedruck, k_a - aktiver Erddruck.

Die Verträglichkeit der zu erwartenden Wandverformungen und der Setzungen, die sich für die baulichen Anlagen hinter der Baugrubenwand ergeben, ist zu prüfen. Die tatsächlichen Wandverformungen und die Setzungen sind durch Messungen zu überwachen.

Infolge der setzungsempfindlichen Böden dürfen im Bereich angrenzenden Nachbarbebauung nur erschütterungsarme Bauverfahren zur Anwendung kommen. Allgemein ist zu beachten, dass Grundwasserabsenkungen in den bindigen Böden zu Setzungen führen können.

Bei Arbeiten in unmittelbarer Nähe von bestehenden Gebäuden sowie bei Grundwasserabsenkungen wird eine **Beweissicherung** (Fotoaufnahmen, Gipsmarken über evtl. vorhandenen Rissen, Nivellement der Sockelhöhen, Neigungsmessungen) empfohlen, um nichtberechtigte Ansprüche auszuschließen.

Vor Beginn der Bauarbeiten sind die Gründungsverhältnisse festzustellen und mögliche Auswirkungen auf die Standsicherheit zu prüfen. Während der Bauzeit sind laufende Beobachtungen vorzusehen und bei Bedarf erforderliche Sicherungsmaßnahmen umgehend zu ergreifen.

6.4 Bohr- und Rammpbarkeit (Verbauarbeiten)

Den bis zur Aufschlussendteufe erkundeten Baugrundsichten können aufgrund von Erfahrungswerten folgende Bohr- und Rammeigenschaften zugeordnet werden:

Schicht Nr.	Bodenart	Bohrbarkeit	Rammpbarkeit
1	Auffüllung	leicht bis mittel* ¹	leicht bis schwer* ¹
2	Lößlehm/Gehängelehm	leicht* ²	leicht* ²
3.1	Hangschutt/zersetztes Festgestein	mittel bis schwer	schwer bis nicht rammpbar* ³
3.2	verwittertes Festgestein	mittel bis schwer	nicht rammpbar

*¹ Einstufung ohne Oberflächenbefestigungen oder großvolumige Hindernisse wie Bauwerksreste (Fundamentreste etc.), Bohr- und Rammhindernisse generell möglich

*² erhöhter Haftwiderstand an Verrohrung möglich

*³ Bohrhindernisse durch Steine, Gerölle, Böcke

Im zersetzten Festgestein ist die Ramm- und Pressbarkeit durch die hohen Eindringwiderstände bzw. eingeschaltete harte Kalksteinlagen stark begrenzt und im verwitterten Festgestein nicht gegeben. Bei der Planung muss daher davon ausgegangen werden, dass Verbauträger hier in der Regel nur vorgebohrt eingestellt werden können.

7 Umweltrelevante Untersuchungen

7.1 Ausbauasphalt

Aus dem vorhandenen bituminös gebundenen Oberbau wurden 2 Proben auf teer- bzw. pechhaltige Bestandteile untersucht. Es wurden folgende Bewertungen vorgenommen:

Asphaltkern	Tiefe unter OKG (m)	Zuordnungsrelevanter Parameter	Zuordnungs- klasse RuVA	AVV- Schlüssel
BS 4	0,0 – 0,04	PAK (130 mg/kg TS)	B	17 03 02
BS 6	0,0 – 0,12	PAK (21 mg/kg TS)	A	17 03 02

Gemäß der *Richtlinie für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 05)* entspricht ein PAK-Wert im Feststoff von ≤ 25 mg/kg und ein Eluatwert von $\leq 0,1$ mg/l dem Verwertungsbereich A.

Die Probe aus BS 8 weist nur leicht erhöhte Werte auf und ist dem Verwertungsbereich A zuzuordnen. Danach können die Proben im Heiß- oder Kaltmischverfahren unter Beachtung der Voraussetzungen gemäß LAGA hinsichtlich Lage und Bauweise verwertet werden.

Die Probe aus BS 4 weist stark erhöhte PAK-Werte auf und ist dem Verwertungsbereich B zuzuordnen.

7.2 Hydraulische gebundener Straßenaufbruch

Zur orientierenden Untersuchung einer möglichen Kontamination des Betons wurde 1 Probe gemäß der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) vom 09.07.2021 (Anhang 1, Tabelle 1: Materialwerte für geregelte Ersatzbaustoffe ohne Gleisschotter, Bodenmaterial und Baggergut) untersucht.

Probe	Zuordnungsrelevante Parameter	Zuordnungs- klasse
Beton BS 6	-	RC 1

Die Probe weist keine Überschreitungen auf und ist in die Zuordnungs-klasse RC 1 einzuordnen.

7.3 Bodenmaterial

Die gewonnenen Bodenproben waren im Wesentlichen alle organoleptisch und visuell unauffällig. Die Proben aus dem Lößlehm/Gehängelehm wiesen z.T. eine dunkelbraune Farbe auf, was auf erhöhte organische Anteile (z. B. TOC, PAK) hinweisen kann.

Zur orientierenden Untersuchung einer möglichen Kontamination des Bodens wurden insgesamt 3 Proben gemäß der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) vom 09.07.2021 (Anhang 1,

Tabelle 3: Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut) untersucht. Gemäß den Ergebnissen wurden folgende Bewertungen vorgenommen:

Probe	Tiefe unter OKG (m)	Zuordnungsrelevante Parameter	Zuordnung nach EBV Boden & Baggergut	AVV-Schlüssel
MP 1 (BS 2-4) Auffüllung	0,0 – 2,0	-	BM-F0*	17 05 04
MP 2 (BS 5-9) Auffüllung	0,0 – 0,9	-	BM-F0*	17 05 04
BS 3 (BS 1-9) Boden	0,3 – 2,0	Nickel (17 mg/kg TS) im Feststoff	BM-0 (Lehm)	17 05 04

*vorläufige Einschätzung

Nach den Laborergebnissen entspricht die Mischprobe aus dem Boden dem Zuordnungswert für BM-0 und die Mischproben aus den Auffüllungen den Zuordnungswert für BM-F0*. Materialien der Zuordnungswerte BM-0, BM-0* und BM-F0* können nach Anlage 2, Tab. 5 in technischen Bauwerken oder an anderer Stelle für die Einbauweisen 1 bis 17 uneingeschränkt verwendet werden, sofern die Schadstoffgehalte in den Abfällen mit dem regional vorkommenden natürlichen Boden / Gestein vergleichbar sind. Beim Unterschreiten dieser Zuordnungswerte ist davon auszugehen, dass relevante Schutzgüter nicht beeinträchtigt werden.

Die Proben sind vorbehaltlich einer Untersuchung nach DepV alle dem Abfallschlüssel 17 05 04 zuzuordnen.

Es wird empfohlen, im LV alle Z-Klassen abzufragen. Es wird zudem empfohlen, den alten ungebundenen Oberbau der Straßen vorsorglich in \leq BM-F1 oder \leq F2 einzustufen.

Allgemeiner Hinweis: Bei einer erforderlichen Entsorgung können in der Regel noch Untersuchungen nach Deponieverordnung (DepV 09) sowie je nach Deponie ergänzende Parameter erforderlich sein.

8 Sonstige Allgemeine Hinweise zur Bauausführung

Die am Standort anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden und vergleichbare Auffüllungen sind allgemein stark wasser- und bewegungsempfindliche Erdstoffe. Bei Zutritt von Wässern und zusätzlicher mechanischer Beanspruchung weicht der Boden rasch auf und wird breiig. Das bedeutet, nach Niederschlägen sind in diesem Bereich herzustellende

Planien und Baugruben besonders gefährdet und sollen nach ihrer Fertigstellung sofort versiegelt oder überbaut werden.

Ein direktes Befahren der Erdbauplanien mit schwerem Gerät ist zu vermeiden. Die Herstellung des Erdplanums soll insbesondere bei schlechten Witterungsbedingungen in rückschreitender Arbeitsrichtung erfolgen. Niederschlagswässer sind sofort abzuleiten.

Infolge der teilweisen hohen Wassersättigung des Untergrundes soll in den bindigen Böden generell nur statisch verdichtet werden, um einem Porenwasserdruckaufbau im Untergrund zu vermeiden, der zu einer Verschlechterung der Trageigenschaften führen kann. Für schwere Geräte sind daher bedarfsweise Maßnahmen zur Gewährleistung eines tragfähigen Planums (z.B. Polster $d \geq 0,3$ m) einzuplanen.

Die in der Gründungssohle vorgefundenen Gründungsverhältnisse sind durch eine Abnahme der Gründungssohle bzw. durch Pfahlabnahmen durch den Baugrundgutachter entsprechend bestätigen zu lassen.

9 Homogenbereiche

Aus baugrundtechnischer Sicht werden auf der Grundlage der schichtbezogenen ermittelten Kennwerte, von Erfahrungswerten und Analogien hinsichtlich der bei der Ausführung zum Einsatz kommenden Gewerke und entsprechend den üblichen Geräteklassen nachfolgende Homogenbereiche vorgeschlagen.

Nach derzeitigem Planungsstand wird davon ausgegangen, dass bei der Baumaßnahme ein Aushub und ein Einbau (Erdarbeiten) nur bis in eine Tiefe von maximal ca. 1,5 m unter OKG (Erdniveau) erfolgen.

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wurde von großen und mittleren Geräten ausgegangen. Wenn kleine Geräte eingesetzt werden sollen, führt dies ggfs. zu einer anderen Einteilung. Die endgültige Festlegung der Homogenbereiche zu den benötigten Gewerken und der einsetzbaren Erdbaugeräten erfolgt in Abstimmung mit dem Planer.

Der Anteil des Bodens mit einer flüssigen oder breiigen (sehr weichen) Konsistenz ($I_c < 0,50$) (ehem. Bodenklasse 2) wird auf unter 5 % geschätzt. Etwaige Mehraufwendungen beim Aushub von Böden mit einer flüssigen oder breiigen Konsistenz können bei Bedarf über eine Zulageposition erfasst werden.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe verursachen nur dann einen eigenen Homogenbereich, wenn diese Inhaltsstoffe eine Erschwernis (anderes Gerät, zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen) verursachen.

Die unterschiedlichen Verwertungsposition (BM-0, ..., >BM-F3 bzw. Z0, ..., > Z2) können über Zulagepositionen der Verwertung bzw. Entsorgung unabhängig von der

erdbautechnischen Leistung ausgeschrieben werden. Der Aushub ist schichtweise und entsprechend den chemischen Belastungsklassen im Bodengutachten vorzunehmen.

Eventuelle verfestigte Zonen innerhalb der Auffüllung oder der gewachsenen Böden können über Zulagepositionen erfasst werden. Hierfür wird kein gesonderter Homogenbereich definiert.

Für Nachprüfungen sind die in den DIN-Normen (Tabelle Anlage 13) angegebenen Versuche durchzuführen.

10 Schlussbemerkung

Das Baugrundbüro führte auftragsgemäß eine Baugrunduntersuchung und –begutachtung für den Rad-/Gehweg in der Merseburger Straße in Freyburg durch.

Die Aussagen des vorliegenden Gutachtens sind nur für die Planung und die Bauausführung der oben genannten Baumaßnahme zugelassen. Für andere Bauvorhaben besitzt das Gutachten keine Gültigkeit. Die Gültigkeit ist zudem nur auf den erkundeten Baugrundbereich beschränkt. Für Baumaßnahmen, die außerhalb der vorhandenen Baugrundaufschlüsse liegen, sind generell zusätzliche oder tiefere Aufschlüsse erforderlich.

Im Zuge der weiteren Planungen, bei Detailplanungen etc. können sich Ergänzungen zu diesem Gutachtenbericht oder weitere Stellungnahmen erforderlich machen.

Prinzipiell sind zwischen den punktförmigen Aufschlusspunkten im natürlichen Verlauf Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit und -ausbildung nicht völlig auszuschließen. Sollten bei großflächigem Aufschluss während der Bauarbeiten wider Erwarten wesentlich andere Untergrundverhältnisse als die dem Gutachten zugrunde liegenden angetroffen werden, so ist unser Büro sofort zu verständigen, um die im Gutachten genannten Empfehlungen zu überprüfen und ggf. ergänzen zu können.

Alle Eingriffe in den jetzigen Bestand im Standortbereich sind hinsichtlich möglicher negativer Auswirkungen hinsichtlich Standsicherheiten, Verformungen und Wasserwegigkeiten zu prüfen.

Das Gutachten und die Anlagen gelten nur ihrer organischen Einheit. Die Weitergabe an Dritte sowie die Übernahme jedweder Haftung durch die Weitergabe bedarf generell der Zustimmung des Unterzeichners.

Sollten sich im Rahmen der weiteren Bearbeitung Änderungen gegenüber dem diesem Bericht zugrunde liegenden Bearbeitungsstand von Dezember 2025 ergeben, die im vorliegenden Baugrundgutachten nicht berücksichtigt werden konnten, dann bitten wir zwecks Prüfung der Gültigkeit der Aussagen um Mitteilung.