



Baugrundbüro Dr.-Ing. Weissenburg
Spechsart 1 · 06618 Naumburg

Stadt Münchenbernsdorf
Karl-Marx-Platz 13
07589 Münchenbernsdorf

Hauptsitz:
Spechsart 1
06618 Naumburg /Saale

Tel.: (03445) 26 10 280
Fax: (03445) 26 10 285

baugrundweissenburg@t-online.de
www.baugrundweissenburg.de

Münchenbernsdorf, Bahnhofstraße, Straßenbau

BAUGRUNDGUTACHTEN

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020

1. Bericht

Auftraggeber: Stadt Münchenbernsdorf

Auftragsnummer: N1970/25

Bearbeiter: Dr.-Ing. Weissenburg
M. Sc. Heyder

Naumburg, den 27.10.2025

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	Felduntersuchungen	6
3.3	Laboruntersuchungen	7
4	Ergebnisse der Untersuchungen	7
4.1	vorhandener Straßenaufbau.....	7
4.2	Schichtverlauf und –verbreitung	7
4.3	Eigenschaften und Klassifizierung der Böden	9
4.4	Erdstatische Kennwerte	15
4.5	Hydrologie und Grundwasserverhältnisse	16
5	Baugrundbeurteilung	17
5.1	Allgemeine Baugrundeinschätzung	17
5.2	Gründung von Straßen.....	18
5.3	Gründung von Rohrleitungen und Schachtbauwerken.....	24
6	Bautechnische Hinweise.....	27
6.1	Böschungen / Baugruben / Rohrgräben	27
6.2	Wasserhaltung	28
6.3	Nachbarsicherung / Gefahrenabschätzung	29
6.4	Bohr- und Rammbarkeit (Verbauarbeiten).....	29
7	Umweltrelevante Untersuchungen.....	30
8	Sonstige Allgemeine Hinweise zur Bauausführung.....	33
9	Homogenbereiche	33
10	Schlussbemerkung	35

Unterlagen

bestätigtes Angebot/Auftrag vom 29.07.2025

Auftraggeber: Stadt Münchenbernsdorf

Für die Bearbeitung standen folgende projektbezogene Unterlagen zur Verfügung:

U 1 - Topografische Karten	M 1 : 25 000
U 2 - Geologische Karten	M 1 : 25 000
U 3 - vom AG übergebene Unterlagen	
U 3.1 - Aufgabenstellung	
U 3.2 - Lage- und Höhenplan (Übergabe digital)	
U 4 - Leitungsbestandspläne	
U 5 - DIN-Normen, Regelwerke, Literatur	
u.a. DIN 1054 (2010), DIN EN 1997-1 (2009/2010), DIN EN 1997-2 (2010), DIN 4020 (2010), DIN 4023 (2006), DIN 18196 (2011), DIN EN ISO 14688 (2011), DIN EN ISO 14689 (2011), RiLiGeoB, ZTVE-StB, ZTVA-StB, RStO in den jeweils derzeit gültigen Fassungen, EA-Pfähle, EAB, EAU, EBGeo	

Weitere Unterlagen, wie Schnitte, Detailplanungen, Lastangaben u.a. liegen derzeit nicht vor.

Anlagen

Anlage 1.1	- Übersichtsplan	Blatt 1
Anlage 1.2	- Fotodokumentation	Blatt 1 - 2
Anlage 2	- Aufschlusspläne	Blatt 1
Anlage 3.1	- Schichtenverzeichnisse	entfällt
Anlage 3.2	- Fotodokumentation der Bohrkerne	entfällt
Anlage 4	- Aufschlussprofile	Blatt 1 - 2
Anlage 5	- Laboruntersuchungen Boden	
Anlage 5.0	- Liste der Laborprüfergebnisse	Blatt 1
Anlage 5.1	- Kornverteilungslinien	Blatt 1 - 2
Anlage 5.2	- Konsistenzgrenzen	Blatt 1 - 3
Anlage 6	- Laboruntersuchungen Fels	entfällt
Anlage 7	- Chemische Analytik	Blatt 1 - 40
Anlage 8	- Baugrundschnitt	Blatt 1
Anlage 13	- Homogenbereiche	Blatt 1 - 6

1 Bauvorhaben

Die Stadt Münchenbernsdorf plant den Um- und Ausbau der Bahnhofsstraße in Münchenbernsdorf.

Die Planungen werden vom Ingenieurbüro Frölich in Münchenbernsdorf erbracht.

Über die Straßenbauklasse liegen keine Angaben vor.

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

Das Baugrundbüro Dr.-Ing. Weißenburg Ingenieurgesellschaft mbH wurde von der Stadt Münchenbernsdorf beauftragt, für das o.g. Bauvorhaben eine Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung vorzunehmen.

Als Höhenbezug wurden die in den Planungsunterlagen (U 3) angegebenen Höhen in m NHN (DHHN 160) zu Grunde gelegt.

2 Baugrund

2.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs

Der Trassenabschnitt liegt im südwestlichen Teil von Münchenbernsdorf. Er beginnt an der Schlossstraße und führt bis zur Anbindung Birkenweg / Neuen Weg.

Großräumig gesehen ist die Geländeoberfläche flachwellig bis hügelig. Die Geländeoberfläche fällt vom Mittelberg im Westen von ca. 360 m NN bis auf ca. 315 m NN nach Osten und Nordosten in die Senke eines Zulaufs zum Görlitzbaches ab. Entlang der Strecke fällt die Geländeoberfläche von ca. 348,0 m NHN am alten Bahnhof bis auf ca. 323 m NHN in der Schloßstraße ab.

Die vorhandene Bebauung im Südosten besteht aus den zumeist 1- bis 3-geschossigen Gebäuden und Nebengelassen. Die Gebäude weisen teilweise Risse auf, die auf Setzungs- oder Standsicherheitsprobleme hinweisen können. Über die Gründungsverhältnisse der vorhandenen Bebauung liegen keine Angaben vor. Die Trasse folgt oder quert teilweise die alten Eisenbahnanlagen.

Auf Grünflächen und in Gärten stehen teilweise Bäume und Büsche.

2.2 Geologie

Der Standort befindet sich aus regionalgeologischer Sicht am Südostrand des Thüringer Beckens im Verbreitungsgebiet der Sedimentgesteine des Buntsandsteins. Überlagert werden die Festgesteine von pleistozänen und holozänen Lockergesteinen.

Nach den Bohrergebnissen wird der Festgesteinsuntergrund am Standort hauptsächlich von den Schichten des Mittleren Buntsandsteins (smS - Solling-Formation und smH – Hardeggen Formation) gebildet, einer Folge von hauptsächlich rotbraunen und untergeordneten grauen Sandsteinen. Dazwischen stehen Ton- und Schluffsteine an. An der Grenze zu den Lockergesteinen sind die Festgesteine mit mehreren Dezimetern bis wenigen Metern Mächtigkeit zu Sand (Sandstein) und untergeordnet Ton/Schluff (Tonstein, Schluffstein) zersetzt. Zur Tiefe hin sind mehr oder weniger rasche Zunahmen der Festigkeiten und Festgesteinseigenschaften zu erwarten, wobei die Übergänge abrupt (harte Sandsteinlagen) bis fließend (Tonstein) sein können.

Die Lockergesteinsschicht wird großräumig gesehen von Hangschutt/Hanglehm mit Material aus dem Festgestein gebildet. In Senken und Niederungen können holozäne Auelehme und Schwemmhlehm anstehen.

Infolge des vorhandenen Straßenbaus sowie anderer anthropogener Einwirkungen stehen oberflächlich Auffüllungen an.

2.3 Hydrogeologie / Hydrologie

Als Vorflut ist in alten Karten im Nordosten ein Zulauf zur Görlitz verzeichnet, der unmittelbar im Osten entspringt und jetzt offenbar verrohrt nach Nordosten geführt wird. Im Südwesten sind mehrere kleine Teiche verzeichnet.

Die Grundwasserleiter werden am Standort hauptsächlich durch Hangschutt, von sandig setzten Festgesteinen sowie von Kluft- und Karst-Grundwasserleitern im Festgestein gebildet. Allgemein ist von einer großräumigen Grundwasserabstromrichtung entsprechend der Morphologie von den Hochflächen im Westen zur Görlitz hin und daneben in die Fließrichtung der Vorflut auszugehen.

Die bindigen Deckschichten sowie auch die Tonsteine wirken im Wesentlichen als Grundwassergeringleiter oder als Grundwasserstauer.

Infolge der anstehenden tonig-schluffigen Sedimente besteht allgemein die Gefahr von Staunässe nach Starkniederschlägen.

2.4 Besonderheiten

- Erdbebengefährdung

Der Standort gehört nach DIN 4149 zur Erdbebenzone 1 sowie zur Untergrundklasse R.

- Subrosionsgefährdung

Die Schichten des Mittleren Buntsandsteines gelten im ingenieurgeologischen Sinne i.d.R. als schwächefrei, d. h. mit Auslaugungen und deren Erscheinungen, wie Geländeeinsenkungen oder Tagesbrüchen ist nicht zu rechnen. Zur Einschätzung der aktuellen Situation wird eine Anfrage bei den zuständigen amtlichen Stellen (TLUBN) empfohlen.

- Kampfmittelverdacht

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 Erkundung und Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden im September 2025 insgesamt 7 Kleinbohrungen als Rammkernsondierungen (BS) bis in Regeltiefen von bis zu ca. 6,0 m abgeteuft. Danach wurden die Sollwerte beim BS 1 – 3 und 5 aufgrund von Ramm- und Bohrhindernissen oder von hohen Eindringwiderständen im Boden/Fels nicht erzielt. Zur Erkundung der tieferen Untergrundes wären z.B. großkalibrige Kernbohrungen erforderlich.

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

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

3.2 Felduntersuchungen

Zur Prüfung der Lagerungsverhältnisse der einzelnen Baugrundsichten wurden insgesamt 2 Rammsondierungen (RS) mit der Schweren Rammsonde (DPH) bis in Tiefen von bis zu ca. 5,5 m unter OKG niedergebracht. Infolge von Hindernissen bzw. hohen Eindringwiderständen konnten die geplanten Solltiefen nicht erzielt werden.

3.3 Laboruntersuchungen

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

- 7 Wassergehalte
- 3 Konsistenzgrenzen
- 5 Kornverteilungen
- 2 Glühverluste

Dabei wurde das Laborprogramm den vorgefundenen Baugrundverhältnissen angepasst.

4 Ergebnisse der Untersuchungen

4.1 vorhandener Straßenaufbau

Die vorhandenen Straßen besitzen als Oberflächenbefestigung eine Asphaltdecke oder eine Pflasterdecke. In der einzelnen Prüfstelle ergab sich folgender Aufbau:

Prüfstelle	Bituminös gebundener Straßen- oberbau [cm]	Pflaster [cm]	hydraulisch gebundene Tragschicht [cm]	Bettungsschicht Tragschicht/ Frostschutz [cm]	Gesamtdicke [cm]
BS 1	-	-	-	-	-
BS 2	12	-	-	48	60
BS 3	-	9	-	31	40
BS 4	-	10	-	40	50
BS 5	-	10	-	30	40
BS 6	12	-	16	32	60

*stärker verlehmt

Darunter folgen Sande, Kiese oder Schotter mit Funktion der alten Trag- und Frostschutzschichten (F 1/F 2).

Unter den Konstruktionsschichten der Straße steht hauptsächlich bindiger oder gemischtkörniger Boden an (F 2 / F 3).

4.2 Schichtverlauf und –verbreitung

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

Schicht 1 - Auffüllung	(Kies, sandig / Sand kiesig / Schotter, z.T. schluffig oder steinig; Ton/Schluff, sandig, z.T. kiesig, z.T. org. Beimengungen)
Schicht 2 - Hanglehm	(Ton, schluffig, schwach sandig bis stark sandig bis Fein- bis Mittelsand, stark schluffig)
Schicht 3 - Hangschutt	(Fein- bis Mittelsand, schluffig bis stark schluffig)
Schicht 4.1 - Festgestein zersetzt	(Fein- bis Mittelsand, schluffig bis stark schluffig bis Ton, schluffig, stark sandig, z.T. kiesig z.T. Tonsteinstückchen, Sandsteinstückchen)
Schicht 4.2 - Festgestein verwittert (nur zur Information)	(Sandstein, untergeordnet Tonstein/Schluffstein)

Nach den punktförmigen Aufschlussergebnissen stehen oberflächlich **Auffüllungen** mit Mächtigkeiten von ca. 0,4 ... 0,9 m an. Bei BS 4 war eine Inaugenscheinnahme der Bohrgutes infolge Stein vor Sonde bzw. Kernverlust zwischen 0,5 bis 2,0 m unter OKG nicht möglich. Die punktförmig aufgeschlossenen Auffüllungen weisen unterschiedliche Zusammensetzungen und Schichtenfolgen von Kies, Sand und Schotter, Kies/Sand-Ton-Schluff-Gemische bis Tone/Schluffe auf.

Die Oberflächenbefestigungen wurde in Asphalt oder Pflaster ausgebildet. Darunter ist das Bodenmaterial als Kies, Sand bzw. Schotter ausgebildet und den ungebundenen Trag- und Frostschutzschichten zuzuordnen. In BS 1 handelt es sich um Gleisschotter.

Eine weitere detaillierte Abgrenzung der 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.

Darunter folgen brauner, rotbrauner, gelbbrauner bis graubrauner Hanglehm und Hangschutt, die zum Teil auch im Wechsel anstehen. Dabei handelt es sich zum großen Teil um Material aus dem zersetzten Festgestein, das stärker entfestigt, zum Teil umgelagert und mit anderen Böden vermischt ist. Da die Kornzusammensetzung teilweise stark variiert, können die bodenphysikalischen Eigenschaften auch größeren Schwankungen unterworfen sein.

Der **Hanglehm** ist hauptsächlich ein schluffiger, sandiger bis z.T. stark sandiger Ton und besitzt leichte bis mittelplastische Eigenschaften. Die Konsistenzen des bindigen Bodens wurden mit weich bis halbfest festgestellt. Die Schichtmächtigkeiten betragen mehrere Dezimeter bis ca. 1,6 m in BS 5. Teilweise fehlt der Hanglehm auch gänzlich.

Bei dem **Hangschutt** handelt es sich hauptsächlich um eng- bis intermittierend gestufte, schluffige bis stark schluffige Fein- bis Mittelsande. Die Lagerungsdichte der Fein- bis Mittelsande ist in Auswertung der Rammsondierungen und des subjektiven Eindringwiderstandes als hauptsächlich locker bis mitteldicht einzuschätzen. Die Schichtmächtigkeiten betragen bis zu ca. 2,2 m in BS 4. Teilweise fehlt der Hangschutt auch gänzlich.

Darunter lagern teilweise auch oberflächennah ab Tiefen von ca. 1,1 m u. OKG die braunen, rotbraunen, gelbbraunen, gelbgrauen, grauen bis graubraune **zersetzten/verwitterten Sandsteine und Tonsteine** der Schichtenfolge des Mittleren Buntsandsteins. Im Bereich des Festgesteinzersatzes sind die Festgesteine stark entfestigt und lockergesteinsartig aufbereitet sowie im oberen Bereich zum Teil auch umgelagert.

Bei den **sandig zersetzten Festgesteinen** handelt es sich hauptsächlich um eng- bis intermittierend gestufte, schluffige bis stark schluffige Fein- bis Mittelsande oder um Mittel- bis Grobsande mit unterschiedlichen schluffigen oder auch kiesigen Kornanteilen (Sandsteinstückchen). Teilweise sind die Sande auch grusig ausgebildet. Die Lagerungsdichte der Sande ist als hauptsächlich als mitteldicht bis sehr dicht einzuschätzen.

Bei den tonig **zersetzten Festgestein** handelt es sich um sandige bis stark sandige, schluffige Tone (Tonsteinzersatz). Die Konsistenz der bindigen Matrix wurde als steif bis halbfest festgestellt.

In den Zersatz sind unregelmäßig geringer verwitterte Sandstein- und Tonsteinstücke und -lagen eingeschaltet.

Das zersetzte Festgestein geht mit der Tiefe in das **verwitterte Festgestein** über, wobei die Übergänge fließend (Tonstein) bis abrupt (harte Sandsteinlagen) sind. Das verwitterte bis angewitterte Festgestein (Schicht 4.2) wurde aufgrund der großen Härte in den Rammkernsondierungen nicht bzw. nur im Endbereich der rammfähigen Teufe aufgeschlossen und wird daher mit Ausnahme der Bodenklassen nicht weiter abgehandelt. Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass beim "Festwerden" der Rammkernsondierungen im Bereich der Endteufe das unterschiedlich verwitterte Festgestein präsent ist. Zur Erkundung des verwitterten bis angewitterten Festgesteins sind z.B. Baggerschürfe oder großkalibrige Kernbohrungen erforderlich.

4.3 Eigenschaften und Klassifizierung der Böden

- 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 1: Auffüllungen

Die punktförmig aufgeschlossenen Auffüllungen weisen stark unterschiedliche Zusammensetzungen von Ton bis Kies auf. Bedingt durch die Inhomogenität in der Zusammensetzung, unterschiedliche Einbauzwecke (Tragschichten, Auffüllungen, Geländeregulierungen etc.) und unterschiedliche Verdichtungsgrade sind stark wechselhafte Eigenschaften vorhanden. 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. Insgesamt ist die Auffüllung bei Belastung je nach Porenvolumen stark bis schwach zusammendrückbar. Alte Bauwerksreste sind prinzipiell möglich.

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

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

- Unterbau, Auffüllungen, Erdablagerungen

Bodengruppe (DIN 18196): Auffüllung aus natürlichen Böden oder
Breckkorngemische
[SU/ST, SU*/ST*, GE, GW, GI, 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 %):

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

- Sand- und Kiesmaterial:

Frostepfindlichkeit (ZTVE-StB): je nach Feinkornanteil nicht bis gering frostepfindlich
(F 1/F 2) bis teilweise sehr frostepfindlich (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

Schicht 2: Hanglehm

Benennung (DIN 4022):	Ton, schluffig, sandig bis stark sandig, z.T. kiesig
Farbe:	braun, rotbraun, gelbbraun bis graubraun
Bodengruppe (DIN 18196):	TL, TM, (TA, SU*/ST*)
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	sehr frostempfindlich (F 3)
Plastizität:	leicht bis mittelplastisch, z.T. ausgeprägt plastisch
Konsistenz:	steif bis halbfest, z.T. weich
Laborergebnisse (Einzelwerte):	$w_n = 17,0 \%$,
Konsistenzgrenzen	$w_L = 40,3 \%$, $w_P = 21,6 \%$, $I_P = 18,8 \%$, $I_c = 1,22$
Zusammendrückbarkeit:	mittel bis groß
Tragfähigkeit:	gering bis mittel
Grundwasserleiter:	Grundwassergeringleiter bis -stauer
Beimengungen:	z.T. organische Beimengungen

Der bindige Boden der Schicht 2 ist 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: Hangschutt

Benennung (DIN 4022):	Fein- bis Mittelsand, schluffig bis stark schluffig, z.T. kiesig
Farbe:	braun, rotbraun, gelbbraun bis graubraun
Bodengruppe (DIN 18196):	SU/ST, SU*/ST*, GU/GT, GU*/GT*
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	je nach Feinkornanteil nicht bis sehr frostempfindlich (F1 –F3)
Kornverteilung:	eng- bis intermittierend gestuft
Lagerungsdichte:	hauptsächlich locker bis mitteldicht
Zusammendrückbarkeit:	gering bis sehr gering
Tragfähigkeit:	hoch
Grundwasserleiter:	Grundwasserleiter
Beimengungen:	Sandsteinstücke, Tonsteinstücke

Schicht 4.1: Festgestein, zersetzt (Sandstein / Tonstein, zersetzt – Mittlerer Buntsandstein)

Petrogr.-gewinnungstechn.	
Bezeichnung:	fein- bis grobkörnige Sedimentgesteine (SF, SG)
Verwitterungsgrad:	entfestigt bis zersetzt (VE, VZ)
Benennung (DIN 4022):	Fein- bis Mittelsand, schluffig bis stark schluffig, z.T. kiesig bis Ton, schluffig, sandig bis stark sandig

Farbe:	braun, rotbraun, gelbbraun, gelbgrau, grau bis graubraun
Bodengruppe (DIN 18196):	SE, SU/ST, SU*/ST*, TL, TM, (UL, TA, OU)
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	hauptsächlich mittel- bis sehr frostempfindlich (F1 - F 3)
Kornverteilung:	eng- bis intermittierend gestuft
Lagerungsdichte:	hauptsächlich mitteldicht bis sehr dicht
Plastizität:	hauptsächlich leicht bis mittelplastisch
Konsistenz:	steif bis halbfest
Laborergebnisse (Einzelwerte):	$w_n = 11,9 - 15,1 \%$, $v_{gl} = 2,2 - 2,4 \%$
Konsistenzgrenzen	$w_L = 33,9 \%$, $w_P = 20,3 \%$ $I_P = 13,6 \%$, $I_C = 1,34$
Zusammendrückbarkeit:	mittel bis gering
Tragfähigkeit:	mittel bis hoch
Beimengungen:	Sandsteinstücke, Tonsteinstücke, -lagen
Grundwasserleiter:	Grundwasserleiter bis -nichtleiter
Bemerkungen:	Bohrhindernisse (Sandstein-, Tonsteinlagen) möglich
Lösbarkeit:	schlecht lösbar

Schicht 3.2 - Festgestein, verwittert (nur zur Information!)

Petrogr.-gewinnungstechn.	
Bezeichnung:	Sedimentgesteine (SF – SG)
Verwitterungsgrad:	stark verwittert bis z.T. angewittert (VE – VA)
Gesteinsfestigkeit (vorwiegende Werte):	
Tonstein, Schluffstein:	sehr mürb bis mäßig mürb ($q_{u,k} = 1 - 20 \text{ MN/m}^2$)
Sandstein:	mürb bis hart ($q_{u,k} = 5 - 60 (80) \text{ MN/m}^2$)
Klufthäufigkeit:	mittel bis stark
Schichtung:	blättrig bis plattig (A01 (Tst) – A60 (Sst))
Neigung:	söhlig bis flach (N1 – N3)
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	nicht bis sehr frostempfindlich (F1 (Sst) -F3 (Tst))
Zusammendrückbarkeit:	gering bis sehr gering

- Bodengruppen und Bodenklassen

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
Auffüllung* ¹ (Schicht 1)	A [GE, GW, GI, GU/GT, GU*/GT*, SW, SI, SU/ST, SU*/ ST*, TL, TM, OU, (X, Y)]	2 - 5* ^{1,4}	BN 1 - 2, BB 1 - 3, (BS 1 - 4)	LNW 1- 3, LBM 1 - 2 P 1 - 2, (S 1- 4)	V1 - V3 (außer TA, OU)	G 1 - 4
Hanglehm (Schicht 2)	TL, TM, (TA, OU, (ST*/ST*))	4* ^{2,3} (5)	BB 2 – 3 (BN 2)	LBM 1 - 2, P 1 (2), (LN 1 - 2)	V3 (V2)	G 4 (3)
Hangschutt (Schicht 3)	SU/ST SU*/ST*, GU/GT, GU*/GT*	3 - 4* ^{3,4}	BN 1 – 2	LNE 1 - 2, LN 1 - 3	V1 - V2	G1 - G 3
Festgestein zersetzt (Schicht 4.1)	SE, SU/ST, SU*/ST*, TL, TM, (UL, TA, OU) (X,Y)	4 - 6* ^{4,5}	BN 1 - 2 BB 2 – 4, (BS 1, 3) FV 1 (FD 1)	LNE 2 -3, LN 2 - 3 (S 1- 4) LBM 2-3, P 1 (2) FZ 1, (FD 1)	V1 – V3	G 1 - 4
verwittertes Festgestein (Schicht 3.2) Nur zur Orientierung!		6 - 7* ⁶	FV 1 - 4 FD 1 - 4	FZ 1 – 3 FD 2 – 4		

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

*2 Breiige 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 Steine oder Gerölle möglich; Steinanteile bis 0,01 m³ Rauminhalt und Steinanteile $\leq 30\%$ von $> 0,01$ m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt sind in Bodenklasse 5; Steinanteile $> 30\%$ bis $d = 0,6$ m sind in Bodenklasse 6 und Steine $d > 0,6$ m sind in Bodenklasse 7 einzuordnen.

*5 verfestigte Lagen oder Übergangsbereiche zum verwitterten Festgestein können auch schon die Klasse 6 – leicht lösbarer Fels – bedingen.

*6 feste, harte Festgesteinspartien (Schichtdicken ≥ 30 cm oder $V_{\text{kluftkörper}} \geq 0,1$ m³) sind der Bodenklasse 7 schwer lösbarer Fels – zuzuordnen. Sofern keine Pauschalvereinbarungen getroffen werden, ist eine Abrechnung nach Aufmaß zu empfehlen. Felspartien der Bodenklasse 7 erfordern geeignete Lösegeräte wie Felshämmer, Felsfräsen etc..

Die verhältnismäßige Einteilung der Schicht 4.1 in die Bodenklassen 3-5 und 6 wird in den vorliegenden Bohrprofilen bis zur Endteufe auf ca. 40 / 60 % geschätzt. Erfahrungsgemäß lassen sich bauseitig die Bodenklassen 5 und 6 im zersetzten Festgestein mitunter nur schwer unterscheiden, da der Boden beim Anschnitt teilweise noch leicht verfestigt oder im

Verband ansteht, während eine gestörte Bodenprobe sich als Bodenklasse 3-5 darstellt. Wir empfehlen daher, die zersetzten Festgesteine hinsichtlich der Ausschreibung einheitlich in **Bodenklasse 6** einzuordnen.

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

- Verdichtungseigenschaften

Die bindigen Böden der Schichten 3 und die tonig zersetzten Festgesteine sind nach ZTV-StB 97/06 in die Verdichtbarkeitsklassen V3 und V2

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

einzustufen.

Die sandigen und kiesigen Auffüllungen, der Hangschutt und die sandig zersetzten Festgesteine 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) -

einzuzuordnen.

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
Handlehm	schwer bis normal	1,70 – 1,80
Hangschutt	normal bis gut	1,75 - 2,10
zersetztes Festgestein	schwer bis gut	1,70 – 2,0

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

Aufgrund der z.T. teilweise schwankenden und teilweise auch relativ hohen Wassergehalte angesichts z.T. weicher Konsistenz sowie der allgemein schlechten Verdichtungswilligkeit bzw. hoher Wasserempfindlichkeit ist zu erwarten, dass insbesondere in den bindigen Böden sowie auch in den stärker vernässten bindigen Sanden bauseitig Verdichtungsgrade von $D_{Pr} \geq 97\%$ in der Regel nicht oder nur sehr schwer 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.

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

4.4 Erdstatische Kennwerte

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]	undräßierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
1	Auffüllungen* Sand / Kies	18 – 21	10 – 11	30 / 35	0	-	15 – 80
2	Hanglehm	19 - 20	9 - 10	26 - 28	8 - 6	40 - 120	6 - 12
3	Hangschutt	17 - 19	8 - 10	30 – 33	0	-	10 - 40
4.1	Festgestein, zersetzt Tstz Sstz	20 – 21	10 – 11	25 - 28*2 28 - 32	15 - 8*2 8 - 0	80 – 200 0	15 - 30 25 - 50
4.2	Verwittertes Festgestein nur zur Info!	21 - 23	11 - 13	27 - 35	30 – 20	> 300	30 - 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 September 2025 wurde kein Grundwasser angetroffen. Lokal weiche Bereiche weisen jedoch auf mögliche Schicht- und Stauwässer hin. Zu beachten ist, dass das Grundwasser in den kleinkalibrigen Aufschlüssen erfahrungsgemäß auch zeitverzögert zulaufen kann.

Als oberer Grundwasserleiter fungieren am Standort der Hangschutt und die sandig zersetzten Festgesteine. Der Wasserandrang ist allgemein, infolge der als mittel bis hoch einzuschätzenden Durchlässigkeit der Sande, als mittel bis groß einzuschätzen. Im tieferen Untergrund fließt Grundwasser in Schuttlagen und Klüften des Festgesteins.

Die bindigen Böden (Hanglehm) und das tonig zersetzte Festgestein) stellen im Wesentlichen Grundwassergeringleiter bis Grundwasserstauer dar, wobei Schicht- und Stauwässer in stärker sandig oder kiesig ausgebildeten Bereichen auftreten können. 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]
Hanglehm	TL, TM, (TA, SU*/ST*)	Porenraum	10^{-6} bis 10^{-10}
Hangschutt	SU/ST, GU/GT GU*GT*, SU*/ST*	Porenraum	10^{-4} bis 10^{-6} 10^{-5} bis 10^{-8}
zersetztes Festgestein	SE, SU/ST, SU*/ST*, TL, TM, (UL, TA, OU)	Porenraum / Klüfte	10^{-4} bis 10^{-7} 10^{-6} bis 10^{-11}

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

Es wird daher empfohlen, Grundwasserspiegel und Brunnenwasserstände zu recherchieren und die aktuellen Werte durch eine Anfrage bei den zuständigen amtlichen Stellen (Untere Wasserbehörde, TLUG) abzufragen.

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

5 Baugrundbeurteilung

5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung

Wie aus den Schichtenverzeichnissen der Anlage 4 hervorgeht, stehen oberflächlich Auffüllungen bis ca. 0,9 m unter OKG an. Darunter stehen Hanglehm und Hangschutt an, die zum Teil in Wechsellagen anstehen können. Darunter stehen - teilweise auch relativ oberflächennah ab 1,1 m unter OKG - die zersetzten/verwitterten Festgesteine des Mittleren Buntsandsteins in unterschiedlicher Ausprägung von Sand (Sandsteinersatz) bis Ton (Tonsteinersatz) an. Aufgrund hoher Eindringwiderstände/Bohrhindernisse bzw. großer Härte im Boden/Fels mussten die Aufschlüsse BS 1 – 3 und 5 vor Erreichen des Erkundungszieles abgebrochen werden. Die sondierfähige Tiefe wurde teilweise bei ca. 1,6 m unter OKG erreicht (BS 1).

Grundwasser wurde nicht festgestellt. Weiche Bereiche weisen jedoch auf mögliche Schicht- oder Stauwässer hin.

In Auswertung der vorgefundenen Situation muss mit erhöhten Aufwendungen gerechnet werden. Diese Einschätzung ergibt sich insbesondere aus

- den unterschiedlichen Gründungsverhältnissen,
- der relativ geringen Tragfähigkeit des z.T. weichen Schwemmlerhmes und vergleichbaren Auffüllungen,
- der allgemein relativ hohen Wasser- und Bewegungsempfindlichkeit und der daraus folgen schlechten bauseitigen Verdichtungsfähigkeit der bindigen Böden und vergleichbarer Auffüllungen,
- den hohen Eindringwiderständen im zersetzten/verwitterten Festgestein.

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

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

Im zersetzten/verwitterten Festgestein muss allgemein durch Ramm- und Bohrhindernisse bzw. die mit der Tiefe ansteigende Festigkeit des Festgesteins mit unregelmäßig eingeschalteten härteren Festgesteinslagen von erschwerten Bedingungen beim Lösen, beim Bohren sowie auch bei der Herstellung der Baugruben (Verbauarbeiten) ausgegangen werden.

5.2 Gründung von Straßen

- Frostempfindlichkeit der Böden

Der Trassenabschnitt ist nach der Frosteinwirkungszonenkarte von Deutschland in die

Frostzone III

einzuordnen.

Hinsichtlich der Frostempfindlichkeit sind die im Gründungsbereich der Straßen anstehenden Böden und Auffüllung hauptsächlich in die Klasse F 3 – F 2 einzuordnen. Es wird eine einheitliche Einordnung in die Klasse F 3 - sehr frostempfindlich empfohlen.

- Hydrologische Verhältnisse

Infolge der Schichtwasserproblematik sind die Wasser-verhältnisse 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 Bauweisen nach Tafel 1 der RStO ergeben sich folgende Mindestdicken für den frostsicheren Oberbau für u. g. Straßenbauklassen:

Lage der Gradiente:

	Belastungsklassen	
	Bk3,2 - Bk1,0	Bk0,3
Richtwert (F3)	60	50
Frostzone III	15	15
Wasserverhältnisse* ¹	5	5
Gesamt [cm]	80	70

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

Weitere Zu- und Abschlüge 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.

- Rad- und Gehwege

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. Im Bereich von Überfahrten für Kraftfahrzeuge ist die Befestigungsdicke auf die Verkehrsbelastung abgestimmt zu wählen. Zusätzlich sind noch die Zuschläge aus den Randbedingungen zu beachten.

- 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 geländenahen Stauwasserbildungen und Vernässungen kommen. So zeigten die Böden 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, Dränagen 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 Schicht 2 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 schwach bindige 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.

Für Rad- und Gehwege wird gemäß RStO eine Mindesttragfähigkeit des Planums von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Auf der Kies- oder Schottertragschicht ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

- vorhandene Tragfähigkeit des potentiellen Planums

In Auswertung der stichprobenartigen Labor- und Feldversuche sowie der Erfahrungen muss eingeschätzt werden, dass in den oberflächennah anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden 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-steifen Bereichen des Hanglehmes nach den regionalen Erfahrungen nur maßgebliche Frühjahrstragfähigkeiten (Zielzustand) von maximal ca. $E_H = 20 \dots 30 \text{ MN/m}^2$ erwartet werden.

Angesichts 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 wird empfohlen, eine Vergrößerung der ungebundenen Tragschicht durch Bodenaustausch oder sind zusätzliche Maßnahmen zur Untergrundverbesserung einzuplanen.

In den aufgefüllten Sanden und Kiesen bei geringen bindigen Anteilen 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) und vergleichbaren Auffüllungen für die Gründung von Straßen in bislang nicht oder gering belasteten Bereichen erfahrungsgemäß wie folgt abschätzen:

Schicht	erforderliche Austauschdicke
Hanglehm (Schicht 2)	0,3 – 0,4 m
Hangschutt (Schicht 3)	0,1 – 0,2 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 Eindringen/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.

- Lage Planien im alten Straßenbau

Bei möglichen Planien in den Auffüllungen des alten Straßenbaus ist zwar zu erwarten, dass die Trag- und Verdichtungsanforderungen mit einer Nachverdichtung des Planums (Glattmantelwalze) gegebenenfalls erzielbar sind. Da die festgestellten Sande und Kiese im oberflächennahen Bereich jedoch teilweise stärker verlehmt sind bzw. 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. Zudem sind die Schichtdicken in Bezug auf heutige Normen teilweise unterbemessen.

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.

- Bodenbehandlung mit Bindemitteln

Als Alternative zu einem Bodenaustausch kann auch eine qualifizierte Bodenverbesserung erfolgen, da der Erdstoff erfahrungsgemäß gut für eine Bodenbehandlung mit hydraulischen Bindemitteln, z. B. Weißfeinkalk, Kalkhydrat oder Mischbinder 30/70, 40/60 oder 50/50

(Kalk/Zement) geeignet ist. Der Vorteil von Mischbindern ist zum einen eine bessere Bearbeitbarkeit (Kalk) und zum anderen eine schnelle und hohe Verfestigung mit starker Zunahme der Druckfestigkeit und des Steifemoduls (Zement). Als Nachteil ist die Staubeentwicklung zu sehen, weswegen eine Bodenverbesserung im innerstädtischen Bereich zumeist ausscheidet.

Die Eignung des Erdstoffes sowie auch die erforderliche Dosiermenge, Art, Schichtdicke usw. sind im Rahmen von Eignungsprüfungen vor Baubeginn nachzuweisen. Dabei ist die erforderlichen Bindemittelzugaben neben der Verarbeitbarkeit auch hinsichtlich der geforderten Verdichtungswerte und Tragfähigkeiten ($E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$) bzw. Druckfestigkeiten zu prüfen.

Zur Orientierung kann von einer Schichtdicke von ca. 30 - 40 cm bei einer Tragfähigkeit unter der Verfestigung von $E_{v2} < 25 \text{ MN/m}^2$ und von 25 - 30 cm bei einer Tragfähigkeit des Erdplanums von $25 \leq E_{v2} < 45 \text{ MN/m}^2$ ausgegangen werden. Die Minstdicke für eine qualifizierte Bodenverbesserung beträgt 25 cm.

Erfahrungsgemäß liegen die erforderlichen Bindemittelzugaben bei einer Bodenverbesserung bei ca. 2 – 4 % und bei einer Bodenverfestigung bei ca. 4 - 8 % der Trockenmasse des Bodens. Bei einer qualifizierten Bodenverbesserung darf die Bindemittelmenge 3 M.-% nicht unterschreiten. Zu beachten ist, dass der Boden bei zu hohen Wassergehalten ($w > 0,22$) auch für eine Bodenbehandlung zu nass ist. Bei bauseitig zu trockenen Böden (halbfeste Konsistenz) sind Wasserzugaben erforderlich.

Für die Bodenbehandlung sowie für die Herstellung von gebundenen Tragschichten sind die Ausführungen des „Merkblatt über Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen mit Bindemitteln“ sowie die Vorschriften und Richtlinien gemäß ZTVE - StB zu beachten.

Zur Reduzierung der erforderlichen Austauschdicken kann alternativ 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 Minstdicken anzusehen sind.

Das Verdichtungsverfahren (Verdichtungsgerät, Anzahl der Übergänge, Arbeitsgeschwindigkeit) und die zulässige Schütthöhe sind durch **Probeverdrichtung** und Probefelder auf den zu verdichtenden Boden abzustimmen. Damit soll geprüft werden, ob die im Leistungs-

verzeichnis 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.

5.3 Gründung von Rohrleitungen und Schachtbauwerken

Für die Verlegung von Rohrleitungen gelten die Richtlinien und Bestimmungen gemäß DIN EN 1610 sowie das Regelwerk Abwasser-Abfall DK 628.24, Arbeitsblatt 139.

In der Regel kann vorausgesetzt werden, dass die Böden bei mindestens weichen-steifen Konsistenzen oder mindestens lockeren-mitteldichten Lagerung ausreichende Tragfähigkeiten zur Aufnahme von Rohrleitungen und Schachtbauwerken besitzen.

Die Grabensohlen sind glatt herzustellen und für eine einwandfreie Ausführung der Bauarbeiten wasserfrei zu halten. Da die bindigen Böden der Schicht 2 wasserempfindlich sind, sollen die Aushubsohlen möglichst schnell wieder überbaut werden. Ist das nicht möglich, sind Schutzschichten $d \geq 0,3$ m zu belassen. Bei den Erdarbeiten aufgelockerte oder aufgeweichte Bereiche sind auszukoffern und durch gut verdichtbares Mineralstoffgemisch oder Magerbeton zu ersetzen.

Bei Grabensohlen in weichen oder lokal vernässten Bereichen bzw. in sehr lockeren Bereichen sind Mehraufwendungen durch sohlstabilisierende Maßnahmen erforderlich. Bei Feststellung einer ungenügenden Trittsicherheit ist ein Bodenaustausch von $d \geq 0,3$ m oder in Magerbeton ($d = 0,10 - 0,15$ m) auszuführen.

Eventuelle Auffüllbereiche in der Grabensohle sind zur Überprüfung der Tragfähigkeit generell nachzuverdichten. Eine Gründung in den Auffüllungen ist immer mit gewissen Unwägbarkeiten hinsichtlich sehr geringer Tragfähigkeiten und möglichen großen Setzungen verbunden. In Anbetracht der zu erwartenden sehr geringen Lasten würde ein genereller Bodenaustausch jedoch einen unverhältnismäßig großen Aufwand darstellen. Die o.g. Hinweise zur Gründung gelten sinngemäß.

Für Rohrsohlen im verwitterten Festgestein muss generell mit erschwerten Bedingungen beim Lösen des Erdstoffes und bei Verbauarbeiten gerechnet werden. Grabensohlen im verwitterten Festgestein sind abzuspitzen. Für harte Festgesteinspartien sind Zusatzmaßnahmen, wie z.B. Felsfräsen, Trennschleifer etc. einzuplanen.

Da die anstehenden Böden für eine unmittelbare Rohrauf Lagerung nicht bzw. nicht durchgängig geeignet sind (wechselhafte Gründungsverhältnisse, Kieskornanteile), wird eine einheitliche **Rohrauf Lagerung** auf einer Kiessandbettung ($d \geq 100$ mm + 1/10 DN) gemäß

DIN EN 1610 empfohlen. Dazu ist die Grabensohle entsprechend tiefer auszuheben und es ist ein Auflager aus verdichtungsfähigem Material einzubringen. Die Rohrauflager sind so herzustellen, dass eine gleichmäßige Druckverteilung im Auflagerbereich sichergestellt ist. Große Steifigkeitsunterschiede sind zu vermeiden.

Das Größtkorn der **Bettung** soll nach DIN EN 1610 auf 22 mm ($DN \leq 200$) bzw. auf 40 mm ($200 < DN \leq 600$) beschränkt sein.

Bei stark abfallenden Leitungsgräben oder Grabensohlen im Grundwasser werden Sperrriegel aus Ton oder Beton zur Verhinderung einer Dränagewirkung infolge strömenden Grundwassers empfohlen. Als Orientierung kann ein Abstand von $\cong 50 - 60$ m zu Grunde gelegt werden. Die Sperrriegel sind bis zur Grabensohle und an die Flanken des Grabens zu führen.

Für Gründungspolster aus Mineralstoffgemisch werden gut kornabgestufte, scherfeste Gemische (z.B. Kies-Sand-Gemische der Verdichtbarkeitsklasse V1 (z.B. Körnung 0/32 ... 0/45 mit Feinkorn $< 10\%$) oder vergleichbare Materialien, wie Schotter oder Recyclingmaterial) empfohlen, um die ordnungsgemäße Verdichtung der Rohrzone zu gewährleisten. **Schachtbauwerke** können in den anstehenden Baugrundsichten unter Beachtung der o.g. Einschränkungen gegründet werden. Für die Gründung gelten o.g. Hinweise wie für die Gründung von Rohrleitungen sinngemäß.

Da es sich bei den Rohrleitungen und Schächten im Allgemeinen um Hohlkörper handelt, kann davon ausgegangen werden, dass die abzutragenden Lasten in etwa in Größenordnung des Gewichtes des Erdaushubes liegen, sodass keine wesentlichen zusätzlichen Lasten in den Baugrund eingetragen werden. Daher werden im Regelfall keine und nur geringe Setzungen zu erwarten sein. Höhere Lasten können jedoch z. B. durch höhere Wichten der Hinterfüllstoffe oder höhere Verdichtungsgrade entstehen. Verformungen infolge von Strömungsdrücken sind zusätzlich zu betrachten. In Auffüllungen ist zu beachten, dass auch nach langen Liegezeiten unterschiedliche Setzungen möglich sind.

Schächte und Rohrleitungen im Grundwasser müssen generell auftriebssicher sein.

- Rohrgrabenverfüllung

Für die Verfüllung der **Rohrzon**en bis ≥ 30 cm über Rohrscheitel wird ein gut abgestuftes Sand- oder Kies-Sand-Gemisch mit Größtkorn 22 mm ($DN \leq 200$) bzw. 40 mm ($200 < DN \leq 600$) empfohlen. Im Straßenbereich ist nach ZTVE 17 das Größtkorn in der Leitungszone generell auf 22 mm zu begrenzen. Die Verfüllung ist lagenweise und auf beiden Seiten gleichmäßig vorzunehmen, um Rohrverlagerungen auszuschließen. Innerhalb der Leitungszone ist das Verfüllmaterial von Hand oder mit leichten Verdichtungsgeräten nach ZTVA-StB mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ zu verdichten.

Die mechanische Verdichtung direkt über dem Rohr darf erst erfolgen, wenn eine Schicht in einer Mindestdicke von 300 mm über dem Rohrscheitel eingebracht worden ist. Die Gesamtdicke der Schutzschicht über dem Rohr hängt von der Art des Verdichtungsgerätes ab.

Für die **Grabenrestverfüllung** sind die Forderungen der ZTVA-StB und der ZTVE-StB einzuhalten.

Da die anstehenden bindigen Böden infolge ihrer allgemein hohen Wasserempfindlichkeit und/oder schlechten bauseitigen Verdichtbarkeit für eine Wiederverfüllung unter Verkehrsflächen in der Regel nicht oder nur bedingt geeignet sind, werden hier gut kornabgestufte grob- bis gemischtkörnige Mineralgemische der Verdichtbarkeitsklasse V 1 nach ZTVA-StB (Bodengruppen GW, GI, SW, SI, GU/GT, SU/ST mit Feinkornanteil < 10 % oder vergleichbares Recyclingmaterial) empfohlen, die im Bereich Planum bis 0,5 m unter Planum auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ und darunter auf $D_{Pr} \geq 98 \%$ zu verdichten sind. Die Schütthöhen können entsprechend Tabelle 4 der ZTVA-StB gewählt werden.

Die geforderten Verdichtungswerte sind entsprechend nachzuweisen. Bei Grabentiefen ≥ 2 m sind gemäß ZTVA-StB Eigenüberwachungsprüfungen aller 25 m vorzusehen. Wir empfehlen, ca. 10 % der Prüfungen als Kontrollprüfungen zu vereinbaren.

Die Entfernung des Verbaus soll während der Herstellung der Leitungszone fortlaufend erfolgen, um z.B. spätere Nachsetzungen zu vermeiden. Ist das nicht möglich, sind besondere Maßnahmen erforderlich (besondere statische Berechnungen, verbleibender Verbau, besondere Wahl des Baustoffes).

- Wiederverwendung der Aushubmassen

Gut abgestufte nicht- und schwach bindige Sande und Kiese sind bei separater Entnahme, Prüfung und Lagerung für eine Wiederverfüllung im Bereich $\geq 0,5$ m unter Planum im Regelfall geeignet.

Die bindigen und gemischtkörnigen Böden (Schicht 2) sowie stärker verlehnte Sande und der Tonsteinersatz sowie vergleichbare Auffüllungen sind für eine Wiederverwendung nicht oder nur bedingt geeignet.

Alternativ ist auch eine Bodenverbesserungen mit Bindemitteln möglich (siehe auch Punkt 5.3) oder eine Wiederverwendung im Flüssigbodenverfahren, was entsprechende Eignungsprüfungen voraussetzt.

Für eine grabenlose Verlegung sind wir zu konsultieren.

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 Lasteinträgen aus Stapellasten, Verkehr, Bauwerken usw. sind Baugruben und Gräben generell zu verbauen.

Für die Gründungsarbeiten der Straße 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 Lasteinträgen 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 $\leq 45^\circ$ abgeböschte oder teilverbaut wird.

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

Für einen Verbau wird unter Beachtung der begrenzten Rammbarkeit infolge der z.T. geringen Standsicherheit des z.T. weichen oder lockeren Bodens vorzugsweise ein vertikaler „dichter“ Verbau mittels Spundbohlen oder Kanaldielen empfohlen. Alternativ kann auch ein Träger-Bohl-Verbau oder ein Verbau mit Verbaugeräten erfolgen. Im Lastabtragungsbereich von Bebauung oder Verkehr wird z. B. ein Gleitschienenverbau mit Stützrahmen oder ein Dielenkammerverbau empfohlen, wo auch einzelne Dielen in den Boden eingepresst werden können. Die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) der DGGT sind zu beachten.

Im verwitterten Festgestein muss bei großer Härte ggfs. ein Überschnitt ausgeführt werden, damit die Verbauelemente eingebracht werden können.

Grundsätzlich soll der Verbau stets dem Aushub vorausseilen. Sofern in größerer Tiefe oder im Festgestein kein Eindringen möglich ist, soll der Voraushub nicht tiefer als 0,2 m unter Verbauunterkante erfolgen.

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

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

Hanglehm, zersetztes Festgestein

von mindestens **steifer** Konsistenz ($I_c \geq 0,75$): $\beta = 60^\circ$

Verwittertes Festgestein

$\beta = 80^\circ$

Für größere Standhöhen, bei belasteten Böschungsschultern, bei weicher-breiiger 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.

Grundwasser wurde bis zur Endteufe der Sondierungen nicht festgestellt.

Infolge der Schicht- und Stauwasserproblematik ist eine Wasserhaltung während der Bauarbeiten bedarfsweise vorzuhalten, die als offene Wasserhaltung ausgeführt werden kann. Allgemein ist zu beachten, dass Grundwasser infolge der Morphologie lokal auch quellartig austreten kann.

Infolge der festgestellten Situation bei der Baugrunderkundung wird mit einem relativ geringen Anfall von Tages- und Schichtwasser gerechnet. Die Wasserhaltung wird sich im Wesentlichen auf die Gewährleistung der Arbeitsfähigkeit und damit auf die schnellstmögliche Ableitung der anfallenden Oberflächenwässer und zusitzenden Sickerwässer beschränken lassen.

Dazu sind Baugrubensohlen und Arbeitsplanien mit entsprechendem Quergefälle anzulegen. Gräben sind abschnittsweise herzustellen. Niederschlagswässer sowie zusitzende Sickerwässer sind über Entwässerungsmulden oder Sohldränagen im freien Gefälle abzuführen. Sofern durch den Bauablauf Tiefpunkte entstehen, sind die anfallenden Wässer den Pumpensümpfen an den Tiefststellen zuzuführen und dort abzupumpen. Für Baugruben im Grundwasser sind wir zu konsultieren.

6.3 Nachbarsicherung / Gefahrenabschätzung

Im Einflussbereich von angrenzender Bebauung oder Verkehr (Straße) 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.

Zu beachten ist, dass Grundwasserabsenkungen in den setzungsempfindlichen Böden zu Setzungen führen können.

Bei angrenzender Nachbarbebauung dürfen nur erschütterungsarme Bauverfahren zur Anwendung kommen. Als erschütterungsarme Rammhilfen empfehlen sich z.B. Boden-ersatzbohrungen.

Bei Arbeiten in unmittelbarer Nähe von bestehenden Gebäuden sowie bei einer eventuellen 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 Rammbarkeit (Verbauarbeiten)

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

Schicht Nr.	Bodenart	Bohrbarkeit	Rammbarkeit
1	Auffüllungen/Aufschüttung	leicht bis mittel* ¹	leicht bis sehr schwer* ¹
2	Hanglehm	leicht bis mittel* ¹	leicht bis schwer* ^{1,2}

3	Hangschutt	leicht bis mittel* ¹	leicht bis schwer* ¹
4.1	zersetztes Festgestein	leicht bis schwer* ²	mittel bis nicht rammbar* ^{2,3}
4.2	verwittertes Festgestein	schwer bis sehr schwer* ⁴	nicht rammbar* ⁴

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

*2 erhöhte Haftreibung an Verrohrung möglich

*3 bei halbfester-fester Konsistenz nicht ramm- und pressbar

*4 harte Festgesteinslagen möglich

Bei Schlagzahlen der Schweren Rammsonde von $N_{10} \geq 40 \dots 50$ ist von einer schweren bis schwersten Rammung auszugehen.

Im Hangschutt und im zersetzten Festgestein ist die Eindringtiefe z.T. stark begrenzt und im verwitterten Festgestein nicht gegeben. Bei der Planung muss daher davon ausgegangen werden, dass Rammträger hier in der Regel nur vorgebohrt eingestellt werden können.

7 Umweltrelevante Untersuchungen

- Ausbausphalt

Die gewonnenen Asphaltproben aus dem bituminös gebundenen Straßenoberbau waren organoleptisch unauffällig (kein starker / stechender teertypischer Geruch).

Im Rahmen der Baugrunduntersuchungen wurden 2 stichprobenartige Proben auf PAK und Phenole untersucht. Nach den Ergebnissen der Untersuchungen wurden folgende Bewertungen vorgenommen:

Asphaltkern	Zuordnungs-relevanter Parameter	Zuordnungs-klasse RuVA	AVV-Schlüssel
BS 2 (0,0 - 0,12 m)	-	A	17 03 02
BS 6 (0,0 - 0,12 m)	-	A	17 03 02

Gemäß der Richtlinie für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbausphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01/05) entspricht ein PAK-Wert im Feststoff von ≤ 25 mg/kg und ein Phenolindex von ≤ 25 mg/kg dem Verwertungsbereich A. Danach können diese Proben im Heiß- oder

Kaltmischverfahren unter Beachtung der Voraussetzungen gemäß LAGA hinsichtlich Lage und Bauweise verwertet werden.

- Untersuchungen Boden

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

- EBV-Untersuchungen Boden

Zur orientierenden Untersuchung einer möglichen Kontamination des Bodens wurden insgesamt 2 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 I Auffüllungen	0,09 – 0,6	Chrom (166 mg/kg TS) Nickel (114 mg/kg TS) im Feststoff	BM-F3	17 05 04
MP II Boden	0,4 – 3,0	Zink (219 µg/l) im Eluat	BM-F2	17 05 04

*vorläufige Einschätzung

Nach den Laborergebnissen entspricht die Mischprobe aus dem Boden durch teilweise erhöhte Werte im Eluat dem Materialwert BM-F 2, so dass das Bodenmaterial aus diesem Bereich nach Anlage 2, Tab. 7 in technischen Bauwerken für die Einbauweisen 1 bis 7 uneingeschränkt und für die Einbauweisen 8 bis 17 teilweise eingeschränkt zulässig ist.

Die Mischprobe aus den Auffüllungen entspricht durch stark erhöhte Werte dem Materialwert BM-F 3, so dass das Bodenmaterial nach Anlage 2, Tab. 8 aus diesem Bereich nur in technischen Bauwerken für die Einbauweisen 1 bis 3 uneingeschränkt und für die Einbauweisen 4 bis 17 teilweise eingeschränkt oder teilweise nicht zulässig ist.

- LAGA-Untersuchungen

Zur orientierenden Untersuchung einer möglichen Kontamination des Bodens wurden zudem 2 Mischproben gemäß der *Technischen Regel Boden der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall* (LAGA M 20 – Mindestuntersuchungsprogramm (2004)) untersucht. Da in Thüringen die LAGA M 20 1997 einschließlich Vollzugshinweisen des Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) mit Leitfaden sowie die Ergänzungen sowie Infoblättern

des Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr (TLBV) gelten, wurde dementsprechend die Einordnung in die Zuordnungsklassen vorgenommen.

Gemäß den Ergebnissen wurden folgende Bewertungen vorgenommen:

Probe	Tiefe unter OKG (m)	Zuordnungsrelevante Parameter	Zuordnungsklasse		AVV-Schlüssel*
			LAGA TMUEN + TLBV	LAGA Boden 04	
MP III Auffüllungen	0,09 – 0,6	Arsen (23 µg/l) im Eluat	Z 2		17 05 04
MP IV Boden	0,4 – 3,0	Nickel (20 mg/kg TS) im Feststoff	Z 0*/1.1		17 05 04
MP VI (BS 1, 7)	0,0 – 0,9	TOC	1.1		17 05 04

*Vorläufige Einstufung

Nach den Laborergebnissen weisen die Mischprobe Boden leicht erhöhte Nickel-Werte auf. Der Zuordnungswert für Z 0 Sand wird dabei überschritten, sodass das Material in Z 1.1 einzuordnen ist. Der Grenzwert für Z 0* wird jedoch nicht überschritten. Bodenmaterial, welches den Grenzwert von Z 0* einhält, kann unter bestimmten Voraussetzungen als Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht verwertet werden, andernfalls ist das Material als Boden des Zuordnungswertes Z 1.1 zu verwerten. Es wird eine Abstimmung mit der unteren Abfallbehörde empfohlen.

Die Mischprobe VI aus den Auffüllungen BS 1 und 7 entspricht dem Zuordnungswert Z1.1, so dass das Bodenmaterial aus diesem Bereich in technischen Bauwerken in der Einbauklasse 1: eingeschränkter offener Einbau (wasserdurchlässige Bauweise) in hydrogeologisch günstigen Gebieten verwertet werden kann.

Hydrogeologisch günstig sind u. a. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige Deckschichten mit hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist. Dieses Rückhaltevermögen ist in der Regel bei mindestens 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen gegeben.

Allgemein ist zu beachten, dass alte Gleisschotter erfahrungsgemäß lokal erhöhte Werte z.B. Sulfatgehalte (Kohleentladung), PAK-Gehalte sowie Pflanzenschutzwerte aufweisen können.

Die Mischprobe III aus der Auffüllung entspricht dem Zuordnungswert Z 2, so dass das Bodenmaterial aus diesem Bereich in technischen Bauwerken nur in der Einbauklasse 2: eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (nicht oder gering wasserdurchlässige Bauweise) außerhalb von Wasserschutzgebieten und mit einem

Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand von mindestens 1 m verwertet werden kann.

Bei einer Entsorgung sind die Proben dem Abfallschlüssel (AVV): 17 05 04 - Boden und Steine zuzuordnen.

Die Proben sind vorbehaltlich einer Untersuchung nach DepV alle dem Abfallschlüssel: 17 05 04 - Boden und Steine zuzuordnen.

Bei einer Entsorgung oder bei nicht bodenähnlichen Anwendungen (z.B. bei einem Einbau in Bauwerken entfernt vom Entnahmeort, Abgabe an Dritte etc.) sind in der Regel noch zusätzliche Untersuchungen (z.B. Prüfung nach Deponieverordnung) erforderlich.

Es wird empfohlen, im LV formal alle BM-, bzw. Z-Klassen abzufragen.

-Beton- und Stahlaggressivität Boden

Die MP V Boden ist als nicht beton- und stahlaggressiv einzuschätzen.

Für detaillierte Prüfergebnisse wird auf die Anlage 7 verwiesen.

8 Sonstige Allgemeine Hinweise zur Bauausführung

Die am Standort z.T. oberflächlich anstehenden gemischtkörnigen Böden besitzen allgemein eine mittlere bis hohe Wasser- und Bewegungsempfindlichkeit, die bei Wasserzufuhr zu einer Verringerung oder Nichtgewährleistung sowohl der Einbaufähigkeit als auch der Befahrbarkeit führen kann.

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.

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. 2 m unter OKG (Erdsniveau) erfolgt.

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 ca. 3 % 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 (Z0, ..., >Z2 bzw. BM-0*, ..., >BM-F3) 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 Dr.-Ing. Weissenburg führte auftragsgemäß die Baugrunduntersuchung und –begutachtung für den geplanten Straßenbau in Münchenbernsdorf 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 Bearbeitungsstandes von Oktober 2025 ergeben, die im vorliegenden Baugrundgutachten nicht berücksichtigt werden konnten, dann bitten wir zwecks Prüfung der Gültigkeit der Aussagen um Mitteilung.

Dr.-Ing. Weissenburg

M. Sc. Heyder