

BAUGRUND
GRUNDBAU
UMWELTGEOTECHNIK
SPEZIALTIEFBAU
HYDROGEOLOGIE

GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt-Nr. 1233.19
26.11.2019

Bauvorhaben: Denklingen -Erschließung/Baugebiet
„Unter der Halde II“

Auftraggeber: Gemeinde Denklingen
Rathausplatz 1
86920 Denklingen

Planung: Steinbacher-Consult
Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG
Richard-Wagner-Str. 6
D - 86356 Neusäß

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines	5
1.1	Vorgang und Veranlassung.....	5
1.2	Bestand und Planung.....	5
2	Verwendete Unterlagen	6
3	Feld- und Laboruntersuchungen	7
4	Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung	10
4.1	Allgemeiner geologischer Überblick	10
4.2	Schichtenfolge	11
4.2.1	Schicht 1: Asphaltdeckschicht.....	11
4.2.2	Schicht 2: Straßenoberbau („Frostschuttschicht“, FSS).....	12
4.2.3	Schicht 2a: Straßenunterbau / Kanalverfüllung	14
4.2.4	Schicht 3: Oberboden	15
4.2.5	Schicht 4: Auffüllungen	16
4.2.6	Schicht 5: Deckschichten	17
4.2.7	Schicht 6: Quartäre Kiessande.....	19
4.3	Baugrundbeurteilung und Klassifizierung der anstehenden Böden	20
4.3.1	Schicht 2: Straßenoberbau („Frostschuttschicht“ (FSS))	21
4.3.2	Schicht 2a: Straßenunterbau.....	22
4.3.3	Schicht 4: Auffüllungen	22
4.3.4	Schicht 5: Deckschichten	23
4.3.5	Schicht 6: Quartäre Kiessande.....	24
4.3.6	Homogenbereiche.....	25
5	Bodenkenngrößen und Erdbebenwirkung	26
5.1	Bodenrechenwerte.....	26
6	Hydrogeologische Verhältnisse	27
7	Folgerungen für die Baumaßnahme.....	28
7.1	Bewertung Untersuchungsergebnisse Oberbau.....	28
7.1.1	Schicht 1: Oberbau (Asphaltdecke).....	28
7.1.2	Schicht 2: Oberbau („Frostschuttschicht“ (FSS))	28
7.2	Gründung Straße	28
7.3	Gründung Rohrleitungen.....	29
7.4	Baugrube und Wasserhaltung.....	29
8	Weitere Hinweise zur Planung	32
8.1	Erdbau Allgemein	32
8.2	Wiederverwendbarkeit	33
8.3	Frostsicherheit	34
8.4	Beweissicherung.....	34
8.5	Versickerung.....	34
9	Schlussbemerkungen.....	35

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1:	Lagepläne
Anlage 2:	Geotechnischer Profillängsschnitt
Anlage 3:	Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse
Anlage 4:	Rammdiagramme
Anlage 5	Bodenmechanische Laborversuche
Anlage 6	Chemische Laborversuche
Anlage 7:	Protokoll Kampfmittelfreimessung

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kleinrammbohrungen im Untersuchungsbereich
Tabelle 2:	Schwere Rammsondierungen (DPH) im Untersuchungsbereich
Tabelle 3:	Schichtstärke der Asphaltdeckschicht im Untersuchungsbereich
Tabelle 4:	Ergebnisse chemische Analytik Asphaltdeckschicht
Tabelle 5:	Erkundeter Straßenoberbau („Frostschuttschicht“) im Untersuchungsbereich
Tabelle 6:	Siebanalysen des Straßenoberbaus („Frostschuttschicht“)
Tabelle 7:	Durchlässigkeit des Straßenoberbaus („Frostschuttschicht“)
Tabelle 8:	Zuordnung der chemische Analytik des Straßenoberbaus („Frostschuttschicht“) nach EPP und LfW
Tabelle 9:	Erkundeter Straßenunterbau / Kanalverfüllungen im Untersuchungsbereich
Tabelle 10:	Erkundete Oberböden im Untersuchungsbereich
Tabelle 11:	Zuordnung der chemischen Analytik der Oberböden nach EPP und LfW
Tabelle 12:	Erkundete Auffüllungen im Untersuchungsbereich
Tabelle 13:	Zuordnung der chemischen Analytik der Auffüllungen nach EPP und LfW
Tabelle 14:	Erkundete Deckschichten im Untersuchungsbereich
Tabelle 15:	Siebanalyse der Deckschichten

Tabelle 16:	Durchlässigkeitsbeiwerte der Deckschichten
Tabelle 17:	Zustandsgrenze der Deckschichten
Tabelle 18:	Erkundete Quartäre Kiessande im Untersuchungsbereich
Tabelle 19:	Siebanalyse der Quartären Kiessande
Tabelle 20:	Durchlässigkeit der Quartären Kiessande
Tabelle 21:	Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 2
Tabelle 22:	Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 2a
Tabelle 23:	Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 4
Tabelle 24:	Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 5
Tabelle 25:	Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 6
Tabelle 26:	Charakteristische Bodenkenngößen

1 Allgemeines

1.1 Vorgang und Veranlassung

Die Gemeinde Denklingen plant die Erschließung des Baugebietes „Unter der Halde II“ südlich und westlich der bestehenden Ortsstraße mit dem Namen Unter der Halde. In dem Zuge soll die bestehende Straße wenn möglich saniert und verbreitert oder gegebenenfalls neu gebaut werden, sowie nach Westen hin verlängert und mit einem Wendekreis ausgebaut werden. In dem Zuge soll im westlichen Bereich ein neuer Abwasserkanal gebaut werden und an den bestehenden Kanal angeschlossen werden. Für den Fall eines Straßenneubaus, ist geplant auch den bestehenden Kanal neu zu bauen.

Auf Basis unseres Angebotes A1784.19 vom 13.08.2019 wurde unsere Geotechnikum Ingenieurgesellschaft mit Datum vom 11.09.2019 von der Gemeinde Denklingen beauftragt eine Baugrunduntersuchung durchzuführen und in einem geotechnischen Bericht zu den Untergrundverhältnissen und zur hydrogeologischen Situation Stellung zu nehmen. Bestandteil der Untersuchungen ist es auch, die erkundeten Böden, sowie die bestehende Asphaltdeckschicht und den Straßenoberbau auf Verunreinigungen zu überprüfen, sowie seine Tauglichkeit als „Frostschuttschicht“ oder zur Wiederverwendung zu beurteilen.

Zur Untersuchung der Untergrundverhältnisse wurden Kleinrammbohrungen, Kernbohrungen und Rammsondierungen durchgeführt. Im vorliegenden geotechnischen Bericht werden die Erkundungsergebnisse dargestellt.

1.2 Bestand und Planung

Das Baugebiet „Unter der Halde II“ befindet sich am südwestlichen Ortsrand der Ortschaft Denklingen. Es umfasst einen Bereich von ca. 110 x 50 m Fläche südöstlich der bestehenden Straße mit dem Namen Unter der Halde und schließt die Grundstücke mit der Flurnummer 451 und 451/1 ein. Zum aktuellen Zeitpunkt ist der Bereich unbebaut und ist Wiesen- bzw. Weidefläche. Nordwestlich der Straße „Unter der Halde“ sind die Grundstücke bereits bebaut. Während das Hanglagengelände generell nach Südosten hin abfällt, hat die Straße selbst ein Gefälle nach Nordosten. Anhand der in [U1] gegebenen Höhen lässt sich ein Höhenunterschied von ca. 2,8 m im untersuchten Straßenverlauf ableiten.

Gemäß den Mitteilungen durch den Planer soll die Straße „Unter der Halde“ im Zuge der Erschließung des Baugebietes entweder saniert und verbreitert oder gegebenenfalls neu gebaut werden. An ihrem südwestlichem Ende ist ein Wendekreis mit ca. 21 m Durchmesser geplant. Die Gesamtstrecke des zu untersuchenden Bereichs beträgt etwa 110 m. Die geplanten Kanaltiefen liegen zwischen ca. 3 m im höchsten Bereich und ca. 1,5 m im Nordwesten. Sollte die Straße nur saniert, werden soll nach mündlicher Auskunft des Planers vom 25.11.2019 [U10] der Kanal verbleiben und nur der verlängerte Bereich im Westen neu

gebaut werden. Für den Fall eines Straßenneubaus, soll auch der Kanal neu gebaut werden. Im Bereich des Wendekreises ist eine Rigolenversickerung in einer Tiefe von ca. 3,0 m und ein punktueller Feinkorn-Schlämmschacht mit einer Unterkante bei ca. 3,5 m Tiefe geplant. Für den Wendekreis, sowie bei der geplanten Verbreiterung der Straße auf der hangabgewandten Seite ist mit Geländeaufschüttungen zu rechnen. Die geplante Belastungsklasse der Straße wurde mit Bk 0,3 angegeben.

2 Verwendete Unterlagen

Für die Erstellung dieses Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [U1] Lagepläne 1:250 und 1:500, übermittelt durch den Planer Steinbach Consult, Ingenieurgesellschaft mbH am 12.08 und 10.10.2019
- [U2] Spartenpläne (Gas, Wasser, Fernwärme, Strom, Telekom, Kanal), ermittelt durch Geotechnikum Ingenieurgesellschaft mbH
- [U3] Geologische Karte von Bayern, M 1:500.000, 4. Auflage v. 1996, herausgegeben v. Bayerischen Geologischen Landesamt
- [U4] GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem Bayern), Bayerisches Landesamt für Umwelt (www.bis.bayern.de)
- [U5] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen – Eckpunktepapier - vom 21.06.2001
- [U6] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz und Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: LfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 vom 31.10.2001
- [U7] RuVA-StB 01, Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, Ausgabe 2001, Fassung 2005, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- [U8] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB 17, Ausgabe 2017, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- [U9] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12, Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- [U10] Telefonische Mitteilung der Gründungstiefen und Kanalunterkanten durch Herrn Korbel und Essenwanger (Steinbacher Consult) vom 25.11.2019

3 Feld- und Laboruntersuchungen

Zur Erkundung des Untergrundes wurden im Zeitraum vom 11.10.2019 bis 19.11.2019 die folgenden Untersuchungen durchgeführt.

a) Kleinrammbohrung

Art: Kleinrammbohrungen, nach DIN EN 22475-1, Ø 50-80 mm

Tabelle 1: Kleinrammbohrungen im Untersuchungsbereich

Bohrung	Ausführung	Höhe Gelände ca. [m NN]	Tiefe ca. [m]	Bemerkung
RKS 1	11.10.2019	699,86	2,2	Südwesten, im Wendekreis, wegen Bohrhindernis abgebrochen
RKS 2	16.10.2019	700,55	2,0	in Straße, Abbruch wegen Sparten
RKS 3	16.10.2019	699,75	5,0	zentraler Bereich, südlich der Straße
RKS 4	16.10.2019	698,57	1,2	in Straße, Abbruch wegen Sparten
RKS 5	16.10.2019	698,40	5,0	nordöstl. Bereich, südlich der Straße

Anzahl: 5 Stück
Bohrprofile und
Schichtenverzeichnisse: siehe Anlage 3
Ansatzpunkte: siehe Anlage 1
Ansatzpunkte: siehe Anlage 1

Das mit Hilfe der Aufschlussbohrungen gewonnene Bohrgut wurde im Feld nach DIN 4022 angesprochen. Bei den Aufschlüssen im Straßenbereich wurden die Proben der Oberflächenbefestigung über Kernbohrungen gewonnen. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Bodenansprache wurden aus definierten Teufenabschnitten insgesamt 15 Baugrundproben (8 x 5l Eimer 5 x 1l Becher und 2 Bohrkern) gewonnen.

b) Schwere Rammsondierung (DPH)

Art: Rammsondierung mit der schweren Rammsonde gemäß
DIN EN ISO 22476 Teil 2

Tabelle 2: Schwere Rammsondierungen (DPH) im Untersuchungsbereich

DPH	Ausführung	Höhe Gelände ca. [m NN]	Tiefe ca. [m]	Bemerkung
DPH 1	11.10.2019	699,75	3,2	Südwesten, im Wendekreis
DPH 2	16.10.2019	699,32	3,5	etwa zentraler Bereich, südlich der Straße

Anzahl: 2 Stück
Rammdiagramm: siehe Anlage 4
Ansatzpunkt: siehe Anlage 1

c) Einmessen der Untersuchungspunkte

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden höhenmäßig durch uns eingemessen. Als Höhenbezugspunkt diente der Deckel eines Schachtes im südwestlichen Bereich des Untersuchungsbereichs, dessen Höhe von 700,57 mNN aus [U1] entnommen wurde.

d) Durchgeführte Laboruntersuchungen

An den insgesamt 15 entnommenen Bodenproben wurden nachfolgende bodenmechanische und chemische Laboruntersuchungen durchgeführt:

Durchgeführte Versuche	Anzahl
------------------------	--------

Bodenmechanische Laborversuche:

Bodenansprache nach DIN EN 14688-1:	15
Siebanalyse (Nasssiebung) nach DIN 18123:	2
Siebanalyse (Sieb-Schlämmanalyse) nach DIN 18123	4
Bestimmung Konsistenzgrenzen nach DIN 18122	2
Durchlässigkeiten nach BEYER / SEILER	6
Bodenmechanische Laborversuchsergebnisse:	siehe Anlage 5

Chemische Laborversuche:

PAK nach EPA (Original)	6
Kohlenwasserstoffe (Original)	4
Schwermetalle SM 8 (Original)	4
Phenolindex (Eluat)	2
Chemische Labor Versuchsergebnisse:	siehe Anlage 6

e) Kampfmittelfreimessung

Vor Beginn der Feldarbeiten wurden die Ansatzpunkte auf Kampfmittel untersucht und freigegeben, siehe Anlage 7.

4 Ergebnisse der Untersuchungen und Baugrundbeurteilung

4.1 Allgemeiner geologischer Überblick

Nach [U3, U4] befindet sich das Untersuchungsgebiet im Bereich von quartären Kiesen und Sanden. Es liegt in der Grenzzone zwischen den mindeleiszeitlichen Deckenschottern, die vor allem nördlich, also oberhalb, im Hang anstehen und den würmeiszeitlichen jüngeren Niederterrassenschottern. Beides sind quartäre Kiese und Schotter, die meist aus Kiesen und Sanden mit wechselndem Feinkornanteil aus Schluffen und Tonen bestehen. Unter den quartären Kiesen und Sanden stehen bis in größere Tiefe die Böden der Oberen Süßwassermolasse (OSM) an, die auch als Flinz bezeichnet werden. Nach [U3, U4] reicht ein kleiner Bereich dieser tertiären Böden im Nordosten des Untersuchungsbereiches bis an die Oberfläche und keilt hier nach Südwesten aus.

Die überwiegend aus korngerundeten Kiesen und Sanden bestehenden quartären Schotter setzen sich meist aus Kalkstein und Dolomitstein, daneben auch aus Schluff- und Sandsteinen, sowie Kristallingeröllen zusammen. Aufgrund ihrer Ablagerung im fließenden Wasser sind die Kiese erfahrungsgemäß etwa horizontal und teilweise auch kreuzgeschichtet, wobei Sand-, Feinkorn- oder Rollkieslagen bzw. -linsen zwischengeschaltet sein können. Die Anteile der Kornfraktionen innerhalb der quartären Kiese sind Schwankungen unterzogen und es ist sowohl mit scharfen Schichtgrenzen als auch mit Schichtübergängen und dem Auskeilen von Bodenschichten zu rechnen. Die Bodenschichtung kann dabei horizontal oder vertikal sein. Auch sind Einlagerungen in den Kiesen in Form von humosen Kiesen und Torflagen bekannt. Zudem können auch Verfestigungen zu Nagelfluh mit unregelmäßiger Verteilung, Häufigkeit, Ausdehnung und Festigkeit vorkommen.

Die Schichtunterkante der Quartären Kiessande und damit die Böden des Tertiärs (Obere Süßwassermolasse, OSM) wurden mit den Aufschlüssen nicht erkundet. Nach der allgemeinen Geologie könne die Böden jedoch mit den gegebenen Aushubtiefen erreicht werden.

Der vorgenannte Aufbau wurde mit den durchgeführten Baugrundaufschlüssen im Wesentlichen bestätigt. Nachfolgend werden die bei der Baugrunderkundung angetroffenen Böden in ihren bautechnischen Eigenschaften entsprechend zusammengefasst, beschrieben und beurteilt.

4.2 Schichtenfolge

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen kann der lithologische Aufbau des Untergrundes im Untersuchungsgebiet wie folgt vereinfacht dargestellt werden:

- Schicht 1: Asphaltdeckschicht
- Schicht 2: Straßenoberbau („Frostschuttschicht“)
- Schicht 2a: Straßenunterbau / Kanalverfüllung
- Schicht 3: Oberboden
- Schicht 4: Auffüllungen
- Schicht 5: Deckschichten
- Schicht 6: Quartäre Kiessande

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die ausgeführten Aufschlussbohrungen nur punktförmig über den Baugrund Aufschluss geben können. Der genaue Umfang mit Klassifizierungen ergibt sich erst im Zuge der Bauarbeiten. Daneben lassen sich allgemeine Schichtober- bzw. Schichtunterkanten nicht angeben, da die Schichtgrenzenverläufe unregelmäßig, entsprechend den Ablagerungsprozessen sind. Genauer lassen sich die Schichtgrenzen nur an den einzelnen Bohrprofilen bestimmen.

4.2.1 Schicht 1: Asphaltdeckschicht

Die ausgeführten Aufschlüsse innerhalb der Fahrbahn der bestehenden Straße liegen leicht versetzt zur Längsachse der Straße. Die Schichtstärken der Asphaltdecke sowie die Zusammensetzung der Asphaltkerne bezüglich Schichtenfolge und Schichtdicke wurden in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 3: Schichtstärke der Asphaltdeckschicht im Untersuchungsbereich

Aufschluss Bez.:	Mächtigkeit Asphaltdecke	1.Deck- schicht	2.Deck- schicht	1.Trag- schicht	2.Trag- schicht
	ca. [m]	ca. [cm]	ca. [cm]	ca. [cm]	ca. [cm]
RKS 2	0,10	10,0	-	-	-
RKS 4	0,10	10,0	-	-	-

Gemäß der Beauftragung wurden zwei Proben aus der Asphaltdecke auf die Parameter PAK nach EPA im Feststoff und Phenolindex im Eluat analysiert. Die Ergebnisse der Analysen liegen in Anlage 5 bei. Die Ergebnisse der chemischen Analysen an den Asphaltproben sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 4: Ergebnisse chemische Analytik Asphaltdeckschicht

Schicht 1: Asphaltdecke Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller Belastungswerte dieser Bodenschicht erfassen.				
Probenbezeichnung	Tiefe m u. GOK	Σ PAK nach EPA im Feststoff [mg/kg]	Phenolindex im Eluat [µg/l]	Verwertungsklasse nach RuVA –StB 01
RKS 2, BK1	0 – 0,10	0,94	<10	A
RKS 4, BK1	0 – 0,10	1,11	<10	A

4.2.2 Schicht 2: Straßenoberbau („Frostschuttschicht“, FSS)

Unter der Asphaltdecke wurden in den Aufschlüssen im Straßenkörper aufgefüllte Kiese und Sande bis in die spartenbedingten Endtiefen von 1,2 bzw. 2,0 m angetroffen. Eine Differenzierung dieser Kiese anhand der Kornzusammensetzung und der Schichtmächtigkeiten in Straßenoberbau („Frostschuttschicht“) und Straßenunterbau war lediglich in RKS2 nachzuweisen, wo eine feinkornarme „Frostschuttschicht“ bis ca. 1,5 m Tiefe reicht und danach ein stärker bindiger Kies auf den Straßenunterbau hindeutet. Die Kleinbohrungen wurden aufgrund zahlreicher Sparten in dem Bereich über dem Verlauf eines Entwässerungskanal abgetäuft und mit Erreichen der Kanaltiefe beendet.

Die Mächtigkeit des Straßenoberbaus (Schicht 2) wird in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 5: Erkundeter Straßenoberbau („Frostschuttschicht“) im Untersuchungsbereich

Aufschluss	Mächtigkeit Asphaltdecke ca. [m]	Mächtigkeit Oberbau (FSS) ca. [m]	Gesamtmächtigkeit Asphalt, Oberbau ca. [m]
RKS 2	0,10	>1,9*	> 2,0*
RKS 4	0,10	>1,1*	> 1,2*

*Unterkannte aufgrund des Abbruchs wegen Sparten nicht erreicht

Nach fachtechnischer Ansprache nach DIN 14688 (4022) handelt es sich bei den Böden des Straßenoberbaus überwiegend um sandige Kiese mit schwach schluffigen Nebenbestandteilen. Anthropogene Beimengungen (z.B. Betonreste) wurden in dieser Schicht auch festgestellt. Nähere Einzelheiten zu den als Straßenoberbau bezeichneten Böden können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 und den bodenmechanischen und chemischen Analyseergebnissen in Anlage 5 und 6 entnommen werden.

Die Ergebnisse der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 an zwei Proben aus der Schicht 2 kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 6: Siebanalysen Straßenoberbau („Frostschuttschicht“)

Schicht 2: Ober-/Unterbau („Frostschuttschicht“) Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfassen.					
Proben- bezeichnung	Tiefe m u. GOK	Feinkornanteil Ø > 0,002 mm Ø < 0,063 mm [Gew.-%]	Sandkornanteil Ø > 0,063 mm Ø < 2 mm [Gew.-%]	Kieskornanteil Ø > 2 mm Ø < 63 mm [Gew.-%]	Steine Ø < 63 mm
RKS 2, KP1	0,1 – 1,5	9,6	18	72,4	-
RKS 4, KP1	0,1 – 1,2	6,1	13,9	80,0	-

Die Kiese des Straßenoberbaus sind erfahrungsgemäß nach den Feststellungen aus den Korngrößenanalysen nach DIN 18130 überwiegend als stark durchlässig einzustufen. Eine Abschätzung der Durchlässigkeiten anhand der Korngrößenanalyse nach dem Verfahren von SEILER kann für die zwei untersuchten Proben der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Für eine genaue Bestimmung der Durchlässigkeiten sind im Einzelfall in-situ Versuche durchzuführen.

Tabelle 7: Durchlässigkeit des Straßenoberbaus („Frostschuttschicht“)

Schicht 2: Straßenoberbau („Frostschuttschicht“) Untersuchungsergebnis an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Schicht erfasst.			
Probenbezeichnung	Tiefe m u. GOK	Durchlässigkeiten ca. k [m/s]	Bemerkungen
RKS 2, KP1	0,1 – 1,5	$1,8 \times 10^{-2}$	
RKS 4, KP1	0,1 – 1,2	$1,8 \times 10^{-2}$	

Die analytisch nachgewiesenen Feinkornanteile der Böden der „Frostschuttschicht“ (FSS) reichen von ca. 6 bis ca. 10 %. Damit erfüllen diese Böden das Frostschuttkriterium nach ZTV E-StB teilweise (Feinkornanteil von bis zu 7 Gew.-% im eingebauten Zustand).

Eine sondiertechnische Überprüfung der Schicht 2 hat zum aktuellen Zeitpunkt nicht stattgefunden. Die Eindringwiderstände bei der Kleinrammbohrung deuten auf eine mitteldichte Lagerung hin.

Entsprechend der Beauftragung wurden die aufgefüllten Böden des Straßenoberbaus („Frostschuttschicht“) orientierend auf die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle im Feststoff überprüft und die Ergebnisse nach dem LfW-Merkblatt [U7] und LVGBT (EPP) [U6] ausgewertet. Die Ergebnisse der chemischen Analysen an einer Probe aus der Schicht 2 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 8: Zuordnung der chemischen Analytik Straßenoberbau („Frostschuttschicht“) nach EPP und LfW

Schicht 2: Oberbau („Frostschuttschicht“)					
Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller Belastungswerte dieser Bodenschicht erfassen.					
Bez. Probe:	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Maßgeblicher Parameter	Konzentration maßgeblicher Parameter [mg / kg TS]	Einstufung nach EPP [U6]	Einstufung nach LfW [U7]
RKS 2, KP1	0,1 – 1,5	-	-	Z 0	<HW1

Die genauen Ergebnisse der Laborversuche sind Anlage 6 zu entnehmen.

4.2.3 Schicht 2a: Straßenunterbau / Kanalverfüllung

Unterhalb der Schicht 2 („Frostschuttschicht“, FSS) wurde in RKS 2, ab einer Tiefe von 1,5 m ein stärker verlehmt Kies erkundet, welcher auf einen Straßenunterbau hindeutet. Aufgrund der Lage des Aufschlusses im Bereich eines Entwässerungskanals kann es sich dabei um aufgefüllte Böden des Straßenunterbaus, oder um die Kanalgrabenverfüllung handeln.

Die Mächtigkeit des Straßenunterbaus / Kanalverfüllungen wird in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 9: Erkundeter Straßenunterbau / Kanalverfüllungen im Untersuchungsbereich

Aufschluss	Mächtigkeit Oberbau (FSS) ca. [m]	Mächtigkeit Straßenunterbau / Kanalverfüllung ca. [m]	Gesamtmächtigkeit Straßenunterbau / Kanalverfüllung ca. [m]
RKS 2	1,4	>0,5*	> 0,5*

*Unterkante aufgrund des Abbruchs wegen Sparten nicht erreicht

Nach fachtechnischer Ansprache nach DIN 14688 (4022) handelt es sich bei den Böden des Straßenunterbaus /Kanalverfüllungen überwiegend um sandige, schluffige bis stark schluffige Kiese. Anthropogene Beimengungen (z.B. Ziegelreste) wurden in dieser Schicht nicht festgestellt. Nähere Einzelheiten zu den als Straßenunterbau bezeichneten Böden können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 entnommen werden.

Aufgrund der untergeordneten Bedeutung und der teilweisen Verbreitung der Schicht wurde derzeit auf eine chemische und bodenmechanische Laboruntersuchungen in dieser Schicht verzichtet.

4.2.4 Schicht 3: Oberboden

In den Aufschlüssen RKS 1, 3 und 5, also im Bereich westlich und südlich der bestehenden Strasse, wurde eine ca. 0,1 – 0,4 m mächtige Oberbodenschicht erkundet. Der nachfolgenden Tabelle kann ihre Unterkante sowie die Mächtigkeit entnommen werden.

Tabelle 10: Erkundete Oberböden im Untersuchungsbereich

Aufschluss- Bez.	Unterkante Oberboden unter Ansatz ca. [m]	Mächtigkeit Oberboden ca. [m]	OK Oberboden ca. [mNN]	UK Oberboden ca. [mNN]
RKS 1	0,4	0,4	699,86	699,5
RKS 3	0,4	0,4	699,75	699,4
RKS 5	0,1	0,1	698,40	698,3

Im Gelände wurde dieser Boden als sandiger bis stark sandiger und schwach kiesiger Schluff mit organischen Beimengungen, wie Wurzelresten angesprochen. Die Konsistenz des Oberbodens wurde als überwiegend steif beschrieben. Nähere Einzelheiten zum Oberboden können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 entnommen werden.

Entsprechend der Beauftragung wurden zwei Proben des Oberbodens orientierend auf die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle, sowie ihren Gehalt an Chlorid und Nitrat im Feststoff überprüft und die Ergebnisse nach dem LfW-Merkblatt [U5] und EPP [U4] ausgewertet.

Tabelle 11: Zuordnung der chemischen Analytik der Oberböden nach EPP und LfW

Schicht 3: Oberboden Untersuchungsergebnis an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller Belastungswerte dieser Bodenschicht erfassen.					
Bez. Probe:	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Maßgeblicher Parameter	Konzentration maßgeblicher Parameter [mg / kg TS]	Einstufung nach EPP [U4]	Einstufung nach LfW [U5]
RKS 1, BP1	0,0 – 0,4	-	-	Z 0	<HW1
RKS 3, BP1	0,0 – 0,4	-	-	Z 0	<HW1

Die genauen Ergebnisse der Laborversuche sind Anlage 6 zu entnehmen.

4.2.5 Schicht 4: Auffüllungen

Auffüllungen außerhalb des Straßenkörpers wurden im Aufschluss RKS 5 angetroffen. Ihre erbohrte Mächtigkeit beträgt dort ca. 0,4 m. Grundsätzlich können die Mächtigkeiten in einem breiten Bereich schwanken. Der nachfolgenden Tabelle können die mit den Aufschlussbohrungen erkundeten Mächtigkeiten und Unterkanten der Auffüllungen entnommen werden.

Tabelle 12: Erkundete Auffüllungen im Untersuchungsbereich

Aufschluss- Bez.	Unterkante Auffüllung unter Ansatz ca. [m]	Mächtigkeit Auffüllung ca. [m]	OK Auffüllung ca. [mNN]	UK Auffüllung ca. [mNN]
RKS 5	0,5	0,4	698,3	697,9

Die Auffüllungen im Untersuchungsbereich wurden im Gelände nach der fachtechnischen Ansprache nach DIN 4022 als sandige und schluffige Kiese angesprochen, können aber in ihrer Kornverteilung über einen weiten Bereich schwanken. Anthropogene Bestandteile wie Ziegel- / Beton- und Kohlereste wurden nicht erkundet, die chemische Analytik mit leicht erhöhten Schwermetallgehalten (Tabelle 13) hat uns jedoch dazu veranlasst diese Schicht als Auffüllungen einzustufen. Nähere Einzelheiten zu den Auffüllungen können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 entnommen werden.

Die sondiertechnische Überprüfung in RKS3, wie auch die Eindringwiderstände bei der Kleinrammbohrung RKS 5 ergab für die Auffüllungen eine lockere bis mitteldichte Lagerung.

Entsprechend der Beauftragung wurde eine Probe der Auffüllungen orientierend auf die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle sowie Chlorid und Nitrat im Feststoff überprüft und die Ergebnisse nach dem LfW-Merkblatt [U5] und EPP [U4] ausgewertet.

Tabelle 13: Zuordnung der chemischen Analytik der Auffüllungen nach EPP und LfW

Schicht 4: Auffüllungen Untersuchungsergebnis an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller Belastungswerte dieser Bodenschicht erfassen.					
Bez. Probe:	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Maßgeblicher Parameter	Konzentration maßgeblicher Parameter [mg / kg TS]	Einstufung nach EPP [U4]	Einstufung nach LfW [U5]
RKS5 BP2	0,1 – 0,5	Nickel	17	Z 1.1	<HW1

Die genauen Ergebnisse der Laborversuche sind Anlage 6 zu entnehmen.

4.2.6 Schicht 5: Deckschichten

Unter den Auffüllungen im Aufschluss RKS 5 wurden bis in Tiefen von ca. 1,2 m unter Ansatzpunkt Böden angetroffen, die hier als Deckschichten bezeichnet werden. Aufgrund des Befundes aus den Geologischen Informationsquellen [U3, U4] handelt es sich dabei vermutlich um verwittertes, abgetragenes Hangmaterial. In der nachfolgenden Tabelle ist eine Übersicht über die Unterkanten sowie die Schichtmächtigkeiten der angetroffenen Deckschichten dargestellt.

Tabelle 14: Erkundete Deckschichten im Untersuchungsbereich

Aufschluss- Bez.	Unterkante Deckschichten unter Ansatz ca. [m]	Mächtigkeit Deckschichten ca. [m]	OK Deckschichten ca. [mNN]	UK Deckschichten ca. [mNN]
RKS 5	1,2	0,7	697,9	697,2

Im Gelände wurde dieser Boden nach DIN 4022 als überwiegend aus stark kiesige, schwach schluffige und schwach tonige Sanden mit steinigen Beimengungen angesprochen. Nach der Ansprache im Feld besitzen die angetroffenen Deckschichten eine weich bis steife Konsistenz. Nähere Einzelheiten zu den Deckschichten können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 entnommen werden.

Das Ergebnis der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 an einer Probe aus der Schicht 5 kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 15: Siebanalyse der Deckschichten

Schicht 5: Deckschichten Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfassen.					
Bohrung / Probe	Tiefe unter GOK [m]	Feinstkornanteil $\varnothing < 0,002 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Feinkornanteil $\varnothing > 0,002 \text{ mm}$ $< 0,063 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Sandkornanteil $\varnothing > 0,063 \text{ mm}$ $\varnothing < 2 \text{ mm}$ [Gew.-%]	Kieskornanteil $\varnothing > 2 \text{ mm}$ $\varnothing < 63 \text{ mm}$ [Gew.-%]
RKS 5, KP1	0,5 – 1,2	8,1	14,2	43,9	33,8

Anhand der Korngrößenverteilung wurde die Durchlässigkeit der Schicht 5 nach BEYER näherungsweise bestimmt und die Ergebnisse in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 16: Durchlässigkeitsbeiwerte der Deckschichten

Schicht 5: Deckschichten Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller Durchlässigkeiten dieser Bodenschicht erfassen.		
Probenbezeichnung	Tiefe m u. GOK	Durchlässigkeiten ca. k [m/s]
RKS 5, KP1	0,5 – 1,2	$5,4 \cdot 10^{-8}$

Demnach ist die Durchlässigkeit dieser Böden nach DIN 18130 als schwach bis sehr schwach durchlässig einzustufen. Für eine genaue Bestimmung der Durchlässigkeiten sind im Einzelfall in-situ Versuche durchzuführen.

In der nachfolgenden Tabelle können die im Labor nach DIN 18122 ermittelten Zustandsgrenzen für die untersuchte Bodenprobe der Schicht 5 entnommen werden.

Tabelle 17: Zustandsgrenze der Deckschichten

Schicht 5: Deckschichten Untersuchungsergebnisse an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Bodenschicht erfassen.						
Bez. Probe	Tiefe [m u. GOK]	w_p [%]	w_L [%]	I_c [-]	Konsistenz DIN 18122	Bodengruppe DIN 18196
RKS 5, KP1	0,5 – 1,2	18,73	67,86	0,74	weich - steif	TA

Die sondiertechnische Überprüfung der Schicht wie sie in DPH2 unsere Einschätzung nach angetroffen wurde, wie auch die niedrigen Eindringwiderständen bei der Kleinrammbohrung RKS 5 bestätigen die im Feld angesprochene weiche bis steife Konsistenz.

4.2.7 Schicht 6: Quartäre Kiessande

Unterhalb der Schicht 3 (in RKS 1 und 3), sowie unterhalb der Schicht 5 in RKS 5 wurden quartäre Kiessande erbohrt. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der Tiefen und Mächtigkeiten der in den Aufschlüssen erkundeten quartären Kiese im Untersuchungsbereich.

Tabelle 18: Erkundete Quartäre Kiessande im Untersuchungsbereich

Aufschluss	OK quartäre Kiese unter Ansatz ca. [m]	OK quartäre Kiese unter Ansatz ca. [mNN]	UK quartäre Kiese unter Ansatz ca. [m]	UK quartäre Kiese unter Ansatz ca. [mNN]	Mächtigkeit ca. [m]
RKS 1	0,4	699,5	> 2,2*	< 697,7*	> 1,8*
RKS 3	0,4	699,4	> 5,0*	< 694,8*	> 4,6*
RKS 5	1,2	6987,2	> 5,0*	< 693,4*	> 3,8*

* Unterkante nicht erreicht

Bei den quartären Kiessanden handelt es sich nach der fachtechnischen Ansprache nach DIN 4022 um schluffige bis stark schluffige und sandige Kiese mit zum Teil schwach tonigen Beimengungen. Nähere Einzelheiten zu den quartären Kiesen können den Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in Anlage 3 entnommen werden.

Die Ergebnisse der Korngrößenverteilung nach DIN 18123-5 an drei Proben aus den quartären Kiessanden kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 19: Siebanalyse der Quartären Kiessande

Schicht 6: Quartäre Kiessande					
Untersuchungsergebnis an ausgewählten Stichproben, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Schicht erfasst..					
Bohrung / Probe	Tiefe unter GOK [m]	Feinstkornanteil Ø < 0,002 mm [Gew.-%]	Feinkornanteil Ø > 0,002 mm < 0,063 mm [Gew.-%]	Sandkornanteil Ø > 0,063 mm Ø < 2 mm [Gew.-%]	Kieskornanteil Ø > 2 mm Ø < 63 mm [Gew.-%]
RKS 1, KP1	0,4 – 2,2	4,4	24,0	22,9	48,7
RKS 3, KP2	3,0 – 5,0	2,4	24,9	17,3	55,4
RKS 5, KP2	1,2 – 3,0	5,4	30,1	19,9	44,6

Die quartären Kiese zeigen ablagerungsbedingt meist eine gebänderte Struktur mit erfahrungsgemäß des Öfteren auftretenden Rollkieslagen und Steineinlagerungen. Ebenso können stark sandige Schichten, lehmige Kiespartien und Schlufflinsen angetroffen werden. Bei den gewachsenen quartären Kiesen ist die Wasserdurchlässigkeit entsprechend den

Ablagerungsvorgängen in waagrechter Richtung größer als in lotrechter. Im Bereich von Rollkieslagen sind auch noch höhere Durchlässigkeiten als die anhand der Kornverteilung abgeschätzten zu erwarten. Eine Abschätzung der Durchlässigkeiten anhand der Korngrößenanalyse nach dem Verfahren von SEILER kann für eine untersuchte Probe der Tabelle 20 entnommen werden. Für eine genaue Bestimmung der Durchlässigkeiten sind im Einzelfall in-situ Versuche durchzuführen.

Tabelle 20: Durchlässigkeit der Quartären Kiessande

Schicht 6: Quartäre Kiese Untersuchungsergebnis an einer ausgewählten Stichprobe, die jedoch nicht die volle Schwankungsbreite aller anstehenden Böden dieser Schicht erfasst.			
Probenbezeichnung	Tiefe m u. GOK	Durchlässigkeiten ca. k [m/s]	Bemerkungen
RKS 1, KP1	0,4 – 2,2	$1,6 \times 10^{-5}$	
RKS 3, KP2	3,0 – 5,0	$1,6 \times 10^{-5}$	
RKS 5, KP2	1,2 – 3,0	$5,3 \times 10^{-6}$	

Die sondiertechnische Überprüfung mit der schweren Rammsonde ergab mittlere, zur Tiefe hin ansteigende Eindringwiderstände, was auf eine mitteldichte bis dichte Lagerung hindeutet.

4.3 Baugrundbeurteilung und Klassifizierung der anstehenden Böden

Entsprechend den in Kapitel 4.2 beschriebenen Bodenschichtungen können aufgrund der ausgeführten Untersuchungen und der örtlichen Erfahrungen die einzelnen zu erwartenden Bodenarten und ihre Eigenschaften wie folgt beschrieben, klassifiziert und in tabellarischer Form beurteilt werden. Eine genaue schichtbezogene Abgrenzung der einzelnen Bodengruppen ist wegen der nur punktuellen Aufschlüsse, der heterogenen Zusammensetzung der Lockergesteine und des ausgeprägten Reliefs der Schichtgrenzflächen nur bedingt möglich.

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass die ausgeführten Aufschlussbohrungen nur punktförmig über den Baugrund Aufschluss geben können. Der genaue Umfang mit Klassifizierungen ergibt sich erst im Zuge der Bauarbeiten.

Allgemein ist auf die große Wechselhaftigkeit und häufig enge Wechselfolge der unterschiedlich kornabgestuften Böden hinzuweisen. Bautechnisch wesentlich sind dabei vor allem die häufig auf enge Distanz wechselnden unterschiedlichen Tragfähigkeiten der Böden mit z. T. auch möglichen tiefreichenden Locker- und stärker kompressiblen Schwächezonen.

4.3.1 Schicht 2: Straßenoberbau („Frostschuttschicht“ (FSS))

Die Auffüllungen des Straßenoberbaus („Frostschuttschicht“, FSS) stehen unter der Verkehrsfläche der Straße Unter der Halde an und bestehen überwiegend aus Kiesen mit sandigen und schwach schluffigen Nebenbestandteilen. Auch anthropogene Bestandteile wie Betonreste wurden festgestellt.

Die kiesigen Auffüllungen der Schicht 2 („Frostschuttschicht“, FSS) sind in der Regel gut zu verdichten. Die Rammbarkeit ist als mittel bis schwer zu beurteilen.

Tabelle 21: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 2

Schicht 2: Oberbau („Frostschuttschicht“)	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	Vergleichbar mit GU, GI, GW, GE Generell sind Auffüllungen stark inhomogen und nach DIN 18196 nur eingeschränkt zuordenbar.
Lagerungsdichte	überwiegend mitteldicht
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	mittel bis schwer
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	stark durchlässig bis durchlässig ggf. $k > 1 \cdot 10^{-2}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	mittel bis vernachlässigbar klein
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	F2 (teilweise auch F1)
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	groß bis sehr groß
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	gering bis mittel
Zusammendrückbarkeit	vernachlässigbar klein
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	meist geeignet, in Abhängigkeit des Feinkornanteils
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V1
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	Bei ausreichender Verdichtung brauchbar bis gut geeignet

4.3.2 Schicht 2a: Straßenunterbau

Die Auffüllungen des Straßenunterbaus bestehen aus sandigen und schluffigen bis stark schluffigen Kiesen. Nichtbindige und kiesige Auffüllungen sind in der Regel gut zu verdichten. Die Rammbarkeit ist als mittel bis schwer zu beurteilen.

Tabelle 22: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 2a

Schicht 2a: Straßenunterbau	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	Vergleichbar mit GU*, GU, GI, GW, GE Generell sind Auffüllungen stark inhomogen und nach DIN 18196 nur eingeschränkt zuordenbar.
Lagerungsdichte	überwiegend mitteldicht
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	mittel bis schwer
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	durchlässig ggf. $k < 1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	mittel bis sehr gering
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	F3 (ggf. auch F2)
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	groß bis sehr groß
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	gering bis mittel, bei Wassersättigung auch Neigung zum fließen
Zusammendrückbarkeit	sehr gering bis vernachlässigbar klein
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	meist geeignet, in Abhängigkeit des Feinkornanteils
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V2
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	Bei ausreichender Verdichtung brauchbar bis gut geeignet

4.3.3 Schicht 4: Auffüllungen

Die Auffüllungen sind heterogen und bestehen aus schluffigen und sandigen Kiesen. Die Auffüllungen sind in der Regel stark zusammendrückbar, gering scherfest und aufgrund ihrer Heterogenität nicht zum Abtrag von Lasten geeignet.

Die Rammbarkeit der Schicht 4 ist generell als leicht bis mittel zu bewerten, wobei gerade in den kiesigen Auffüllungen auch schwer rammbare Bereiche möglich sind. Bereichsweise können bei Rammarbeiten Zusatzmaßnahmen erforderlich werden. Grobeinlagerungen oder Einlagerungen von Steinen und Blöcken sind im Zuge unserer Untersuchungen nicht festgestellt worden, können aber mit letzter Sicherheit nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 23: Tabellarische Zusammenfassung der geotechnischen Eigenschaften Schicht 4

Schicht 4: Auffüllungen	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	vergleichbar mit GU*, SU* UM, UL (Generell sind die Auffüllungen stark inhomogen und nach DIN 18196 nur eingeschränkt zuordenbar.)
Lagerungsdichte / Konsistenz	locker (ggf. weich bis steif)
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	gering bis groß, lokal in Bereichen mit Grobeinlagerungen auch sehr groß
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	mäßig durchlässig bis stark durchlässig $k = 1 \cdot 10^{-2}$ bis $< 1 \cdot 10^{-6}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	vernachlässigbar klein bis groß
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	überwiegend F3
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	mittel
Zusammendrückbarkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering bis groß
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	bedingt geeignet
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V3
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	wegen zu erwartender ungleichmäßiger Setzungen und Gefahr von Sackungen nicht geeignet

4.3.4 Schicht 5: Deckschichten

Die Deckschichten der Schicht 5 sind nach den Aufzeichnungen der Rammsondierungen (DPH) und den durchgeführten Laborversuchen meist weicher bis steifer Konsistenz und damit als gering tragfähig und als mittel bis stark kompressibel einzustufen.

Die Böden der Schicht 5 sind grundsätzlich nur für geringe Lasten zur Lastabtragung geeignet und können wegen ihrer stärkeren Zusammendrückbarkeit zusätzliche Maßnahmen zur Abtragung von Bauwerkslasten erforderlich machen. In Schicht 5 ist aufgrund des bindigen Anteils und der damit einhergehenden geringen Durchlässigkeit unter statischer Last mit langanhaltenden Setzungen zu rechnen.

Die Rammbarkeit der Schicht 5 ist als überwiegend leicht bis schwer zu bewerten. In Bereichen mit höheren Konsistenzen können bei Rammarbeiten Zusatzmaßnahmen erforderlich werden. Grobeinlagerungen sind im Zuge unserer Untersuchungen nicht festgestellt worden, mit letzter Sicherheit können sie jedoch nicht ausgeschlossen werden. Wegen der meist leichtplastischen bis plastischen Eigenschaften ergibt sich für die feinkörnigen Böden eine hohe Wasser- und Frostempfindlichkeit.

Tabelle 24: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 5

Schicht 5: Deckschichten	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	GU*, SU, SU* (auch TL, TM, TA, ST, UL, UM, UA)
Lagerungsdichte / Konsistenz	weich bis steif
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	gering bis mittel
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k	durchlässig bis gering durchlässig $k = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $< 1 \cdot 10^{-8}$ m/s
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	groß bis gering
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	F3
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	sehr gering bis sehr groß
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	mittel bis gering, bei Wassersättigung auch Neigung zum fließen
Zusammendrückbarkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	sehr groß bis sehr gering
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	überwiegend nicht geeignet
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V2 (auch V3)
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	bedingt geeignet bis ungeeignet

4.3.5 Schicht 6: Quartäre Kiessande

Die Kiese weisen überwiegend mitteldichte bis dichte Lagerungsverhältnisse auf. Sie sind damit erfahrungsgemäß scherfest, gering bis mittel kompressibel und tragfähig. Diese Böden sind zur Abtragung der Bauwerkslasten grundsätzlich geeignet.

Nicht auszuschließende bindige Zwischenlagen wie auch Rollkieslagen innerhalb der quartären Kiessande sind zur Abtragung der Bauwerkslasten nur bedingt geeignet. Die quartären Kiessande sind, abgesehen von stärker schluffigen Partien, in der Regel gut zu verdichten.

Bei nicht auszuschließenden Einlagerungen von Steinen und Blöcken insbesondere im Schichtwechselbereich sowie diagenetisch verfestigten Zonen, können Rammhindernisse auftreten, so dass rammunterstützende Maßnahmen sowie Austauschbohrungen bzw. das Verschieben von z.B. Spundwandtrassen erforderlich werden können.

Tabelle 25: Tabellarische Zusammenfassung weiterer Eigenschaften Schicht 6

Schicht 6: Quartäre Kiessande	Beurteilung
Bodengruppen (DIN 18196)	GU, GU*, GW, GI, GE, (bei linsenförmigen Einlagerungen aus Sand-, Schluff- und Ton auch ST, ST*, SU, SU* UL, UM, TL, TM möglich)
Lagerungsdichte	mitteldicht bis dicht
Widerstände bei Ramm- und Rüttelarbeiten	mittel bis groß, in Bereichen mit erhöhtem Steinanteil und Verfestigungen auch sehr große Widerstände möglich
Wasserdurchlässigkeit und grob abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte k nach DIN 18130	stark durchlässig bis durchlässig, $k = 1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s in Rollkieslagen auch noch höher
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	sehr gering bis mittel
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17	F3
Scherfestigkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	gering bis sehr groß
kurzzeitige Standfestigkeit, z.B. bei Abgrabungen	im teilgesättigten Zustand mittel bis groß, bei Sättigung und Austrocknung gering, Rollkieslagen sehr gering
Zusammendrückbarkeit (Angabe gemäß DIN 18196)	vernachlässigbar klein bis sehr gering
Wiederverwendbarkeit als Erdbaustoff	als Erdbaustoff mit definierten Qualitätsanforderungen wiederverwendbar
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVA-StB 12 und Verdichtungsfähigkeit	V3 (lokal auch V2 möglich)
Eignung zur Abtragung von Bauwerkslasten	nach Verdichtung in der Regel geeignet

4.3.6 Homogenbereiche

Zur abschließenden Festlegung von Homogenbereichen wird eine enge Abstimmung zwischen Planung, Bauherr und Geotechnikum nach Vorliegen der Ausführungsdetails und der zur Ausführung geplanten Bauverfahren im Rahmen der Erstellung einer Ausschreibungsunterlage empfohlen (Planungskreislauf).

5 Bodenkenngrößen und Erdbebenwirkung

5.1 Bodenrechenwerte

Auf der Grundlage der Erkundungsergebnisse, den Ergebnissen der Laborversuche, nach DIN 1055 und Erfahrungen mit vergleichbaren Böden, können nachfolgend die in Tabelle 16 zusammengefassten charakteristischen Bodenkenngrößen für die beschriebenen Hauptbodenarten angesetzt werden. Die Werte gelten für ungestörte Lagerungsverhältnisse ohne baubedingte Auflockerungen oder Vernässungen. Im Regelfall kann mit Mittelwerten gerechnet werden. Um einen Überblick über die Schwankungsbreite der wahrscheinlichen Setzungen und über mögliche Setzungsunterschiede zu erlangen, sollten Setzungsberechnungen grundsätzlich mit beiden Grenzwerten der angegebenen Bodenkenngrößen durchgeführt werden. In kritischen Fällen sollten die jeweils ungünstigsten Werte für Berechnungen herangezogen werden.

Tabelle 26: Charakteristische Bodenkenngrößen

Schicht	Wichte		Reibung cal ϕ' [°]	Kohäsion		Steifemodul E_s [MN/m ²]
	cal γ [kN/m ³]	cal γ' [kN/m ³]		cal.c' [kN/m ²]	c_u	
Schicht 2: Oberbau, „Frostschuttschicht“ (FSS)	20-22 i.M. 21	10-12 i.M. 11	32-37 i.M. 35	0-2 i.M. 0	-	50-100 i.M. 60
Schicht 2a: Unterbau Kiese und Sande (md)	19-21 i.M. 20	9-11 i.M. 10	30-35 i.M. 32	0 - 2 i.M. 0	-	40-90 i.M. 50
Schicht 4: Auffüllungen	17-21 **	7-11 **	25-30 **	0-5 **	20-60	*/ **
Schicht 5: Deckschichten bindig, weich-steif	17-21 i.M. 18	7-11 i.M. 8	25-30 i.M. 25	3-10 i.M. 5	20 – 60 i.M. 30	2-10 i.M. 3
Schicht 6: Quartäre Kiessande (md-d)	20-22 i.M. 21	10-12 i.M. 11	32-37 i.M. 35	0-2 i.M. 0	-	60-120 i.M. 70

* Gründungen in Auffüllungen sind nur möglich, wenn ihre Zusammensetzung und Homogenität durch detaillierte Untersuchungen belegt ist, eine ausreichend hohe Lagerungsdichte besteht und Fremdeinschlüsse, die Sackungen verursachen können, ausgeschlossen sind. Daher wird Auffüllungen kein Steifemodul zugeordnet.

** je nach örtlicher Ausbildung und Konsistenz

6 Hydrogeologische Verhältnisse

Mit den Untersuchungen wurde in keinem Aufschluss Grundwasser festgestellt. Nach [U 3 und U4] sowie der Auswertung umliegender Bohrungen ist das Grundwasser erst in einer Tiefe > 15 m unter dem Gelände zu erwarten. Eine Beeinflussung des Bauvorhabens durch einen zusammenhängenden Grundwasserleiter ist daher nicht zu erwarten. Die Beobachtung von nassem Bohrgut in RKS3 in einer Tiefe von 3,5 bis 4,5 m unter Gelände deutet auf lokal vorkommendes Schichtwasser hin.

Aufgrund der Hanglage der Straße ist insbesondere nach Niederschlagsereignissen die dauerhafte Speisung durchlässigerer Horizonte mit nachströmendem Schichtenwasser auch in Bereichen möglich, in denen bisher kein Grundwasser angetroffen wurde. In eventuell vorkommenden bindigen Zwischenschichten kann es zur Ausbildung von Stauhorizonten kommen, auf denen sich Oberflächen- oder Niederschlagswasser stauen kann. Da es sich bei den Aufschlüssen um punktuelle und zeitweilige Informationen über den Untergrundaufbau und die Grundwasserverhältnisse handelt, können keine Angaben über z.B. sich temporär einstellende Wasserstände oder Ergiebigkeiten von evtl. Schichtwasserleitern gegeben werden.

Längerfristige Grund- und Oberflächenwasserbeobachtungen für das Untersuchungsgebiet liegen derzeit nicht vor, sodass zunächst keine mittleren und höchsten Grundwasserstände abgeleitet werden können. Um gesicherte Daten von sich einstellenden Grundwasserständen zu erhalten wäre die Einrichtung von Grundwassermessstellen erforderlich.

Grundsätzlich unterliegen die Grundwasserstände nicht nur den jahreszeitlichen und niederschlagsbedingten Schwankungen, sondern auch großräumigen, natürlichen Veränderungen. Außerdem treten anthropogen verursachte Einflüsse auf, so dass in Abhängigkeit davon, je nach Jahreszeit und Niederschlag, längerfristig auch höhere, andererseits aber auch niedrigere Grundwasserstände zu erwarten sind.

7 Folgerungen für die Baumaßnahme

7.1 Bewertung Untersuchungsergebnisse Oberbau

7.1.1 Schicht 1: Oberbau (Asphaltdecke)

Anhand der Ergebnisse der chemischen Analytik erfolgte die Einstufung der untersuchten Asphaltproben in die Verwertungsklassen der RuVA-StB 01 [U7]. Dabei ergaben sich für alle untersuchten Asphaltproben die Verwertungsklassen A (Ausbauasphalte). Bezüglich Verwertungsverfahren und Einbauweisen sind für Ausbaustoffe der Verwertungsklasse A keine erhöhten Anforderungen zu beachten. Die erkundete Mächtigkeit der Asphaltdeckschicht von 10 cm und entspricht nicht den Anforderungen der geplanten Belastungsklasse Bk 0,3.

7.1.2 Schicht 2: Oberbau („Frostschuttschicht“ (FSS))

Die Dicke der „Frostschuttschicht“ schwankt zwischen 1,1 und 1,4 m. Die durchgeführten Laborversuche zeigen, dass der Feinkornanteil der „Frostschuttschicht“ den zulässigen Grenzwert von ca. 7 Gew.-% im eingebauten Zustand (vgl. [U8]) zumindest bereichsweise einhält. Formal sind in Teilbereichen die Anforderungen an das Frostsicherheitskriterium nicht eingehalten.

Aufgrund der Zusammensetzung der angetroffenen Böden der „Frostschuttschicht“ wäre für den Fall einer Sanierung bei einem weitgehend schadensfreien Ist-Zustand der Straße das Belassen mit den oben genannten Feinkornanteilen, als Teil des frostsicheren Oberbaus denkbar. Im Falle einer Neuanlage mit Abtrag der Asphaltdeckschicht empfehlen wir auch die „Frostschuttschicht“ zu erneuern. Die anfallenden Ausbaumassen können für Unterbauten wiederverwendet werden.

7.2 Gründung Straße

Bei der Festlegung des frostsicheren Oberbaus kann auf die Standardbauweisen nach RStO 12 zurückgegriffen werden. Die endgültige Gesamtdicke des Oberbaus kann in Anlehnung an die RStO, Fassung 2012 durch die Mehr- oder Minderdicken des frostsicheren Oberbaus infolge örtlicher Verhältnisse bestimmt werden. Nach RStO / ZTVE liegt das geplante Bauvorhaben im Grenzbereich zwischen den Frosteinwirkungszonen 2 und 3.

Bei einer Gradientenlage nahe der bestehenden Straßenoberfläche wird die Gründung des Straßenkörpers meist in den festgestellten Böden der Schichten 3, 5 und 6 erfolgen. Oberböden sind zu entfernen. Gemäß ZTVE-StB ist bei frostempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Innerhalb der Schichten 5 kann dieses Mindestverformungsmodul ohne zusätzliche Maßnahmen voraussichtlich nicht

erreicht werden. Hier wären zusätzliche Maßnahmen wie z.B. Nachverdichtung, Bodenaustausch oder Bodenverfestigungen mit Bindemitteln erforderlich. Für die Schicht 6 erwarten wir, dass auf einem Planum in dieser Schicht das geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ mit Nachverdichtung erreicht werden kann.

7.3 Gründung Rohrleitungen

Nach Auskunft durch den Planer soll der Kanal in Tiefen von ca. 1,5 bis 3,0 m unter de Gelände zum Liegen kommen. Damit liegt seine Sohle überwiegend in den quartären Kiessanden der Schicht 6. Eventuell im tieferen, nordwestlichen Bereich noch angetroffene bindige Restmächtigkeiten der Deckschichten (Schicht 5) sind zu entfernen und durch geeignetes Bodenaustauschmaterial zu ersetzen.

Die Gründung von Rohrleitungen kann in Anlehnung an die Vorschriften und Empfehlungen der DIN 1610, Verlegung u. Prüfung von Abwasserleitungen, vorgenommen werden. In allen Fällen ist auf eine stabile Bettung zu achten. Bei der Gründung der Rohrleitung in mindestens mitteldichten Böden ist mit Blick auf die zu erwartenden geringen Bauwerkslasten eine verformungsarme Gründung möglich. Diese Böden können, je nach Ausprägung und Feinkornanteil auch witterungsempfindlich sein und bei Wasserzutritt und unter mechanischer Beanspruchung zum Aufweichen neigen. Die Grabensohle ist daher nach dem Freilegen möglichst rasch zu überbauen und es ist stets auf eine geordnete Wasserhaltung sowohl für Sickerwasser als auch für Tagwasser zu achten. Auf eine intensive Nachverdichtung der Aushubsohle mit Prüfung wird dabei hingewiesen.

Um eine Dränwirkung der Leitungsgräben zu verhindern, die zu unkontrollierten Quellaustritten führen kann, sind in regelmäßigen Abständen Grundwassersperren in den Gräben einzubauen. Diese kann zum Beispiel als Betonwände hergestellt werden und mindestens 0,5 m in den umgebenden Baugrund einbinden.

7.4 Baugrube und Wasserhaltung

Nähere Angaben zur geplanten Baugruben liegen derzeit noch nicht vor. Nach der uns vorliegenden Planung [U1] mit einer Kanalsohlentiefe von 3,0 m unter dem bestehenden Gelände im Südwesten bis 1,5 m im Nordwesten, ist abzuwägen, ob bereichsweise geböschte Baugruben technisch und wirtschaftlich sinnvoll sind. Für die Bereiche mit geringen Aushubtiefen kann diese Variante sinnvoll sein.

In mindestens mitteldichten Böden und oberhalb des Grundwasserspiegels können weniger als 5 m hohe Böschungen gemäß DIN 4124 unter einem Winkel von maximal 45° zur Horizontalen ausgebildet werden. Sind auf bzw. neben der Böschung Lasten zu berücksichtigen (z.B. Baustofflager, Baustelleneinrichtung, Kran, sonstige Verkehrslasten) oder liegen Böschungen

im Einflussbereich von Bauwerkslasten, so sind hierfür unter Berücksichtigung der Verkehrs- bzw. ständigen Lasten ggf. Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 erforderlich. Bei Auftreten von besonderen Einflüssen, wie z.B. Erschütterungen oder Wasserzutritten, die die Böschungsstandsicherheit gefährden können, sind Böschungen weiter abzuflachen oder zu sichern bzw. zu verbauen. Die Böschungen sind in jedem Fall gegen Oberflächenerosion und konzentriert eindringendes Niederschlagswasser zu schützen. Bei mehr als 5 m Böschungshöhe oder bei dauerhaften Böschungen ist die Standsicherheit der Böschung rechnerisch z.B. nach DIN 4084 nachzuweisen.

Sollten während der Erdarbeiten fließende bzw. nicht standfeste Bodenschichten angetroffen werden, so sind dort die Böschungen den geostatischen Erfordernissen entsprechend anzupassen und/oder anderweitig zu sichern. Im Zweifelsfall ist der Verfasser des Berichts rechtzeitig einzuschalten. Alle Böschungen sollen vor Erosion geschützt werden (Folien, Spritzbeton). Die Arbeiten zur Herstellung von Böschungen sind sorgfältig auszuführen, um schädliche Auswirkungen auf die Böschungsstandsicherheit zu vermeiden und um ggf. rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

In Bereichen, wo kein ausreichender Platz für eine Böschung zur Verfügung steht oder Böschungen technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll sind, sind verbaute Baugruben auszuführen. Gräben und Baugruben im Bereich größerer Aushubtiefen (hier bis ca. 3 m) sind nach den Regeln der DIN 4124 zu sichern. Aufgrund der zu erwartenden Grabentiefen und der Hanglage des Baufeldes werden voraussichtlich Sicherungen der Gräben durch Verbaumaßnahmen erforderlich. Bei den hier vorliegenden Grabentiefen sind neben Spundwandverbauten auch z.B. Sicherungen der Gräben durch Verbautafeln zweckmäßig.

Beim Einbringen von Spundwänden, insbesondere in den quartären Kiessanden können Zusatzmaßnahmen, wie z.B. Auflockerungs- und/oder Austauschbohrungen, erforderlich werden. Zur Verminderung von Erschütterungsemissionen sollten nur hochfrequente Rüttler eingesetzt werden. Die Schwinggeschwindigkeiten an den benachbarten baulichen Anlagen dürfen die Anhaltswerte nach DIN 4150 nicht überschreiten. In diesem Zusammenhang werden Erschütterungsmessungen empfohlen, um ggf. Zusatzmaßnahmen ergreifen zu können. (z.B. Frequenzsteuerung, Regelung der Unwuchtmassen, Austauschbohrungen).

Außer Nachbarbebauung muss auch die Setzungsempfindlichkeit von nahegelegenen Ver- und Entsorgungsleitungen überprüft und in Abstimmung mit dem Betreiber ggf. in ähnlicher Form berücksichtigt werden.

Nachdem kein zusammenhängender Grundwasserleiter für den Untersuchungsbereich festgestellt wurde, ist nur mit Wasserhaltungsmaßnahmen für Oberflächen- oder Schichtwasser zu rechnen. Anfallende Oberflächen- und Schichtenwässer können z.B. mittels filterstabilen Dräns gefasst und abgeleitet werden. Der genaue Umfang dieser Maßnahmen lässt sich im Vorfeld nur ungenau abschätzen. Grundsätzlich sind die weit verbreitet angewendeten offenen Grundwasserabsenkungen mittels Dräns und Pumpensäumpfen möglich. Für erste Vorberechnungen zur Grundwasserabsenkung sollte zur Bestimmung der Wassermengen ein ungünstiger Durchlässigkeitsbeiwert von:

$$k = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s (Schicht 6)}$$

nicht unterschritten werden.

Die aus den Kornverteilungskurven abgeschätzten Durchlässigkeitsbeiwerte kombiniert mit der Hanglage lassen gegebenenfalls auch große Fördermengen bei einer offenen Wasserhaltung erwarten. Aufgrund der räumlichen Verhältnisse dürften diese Wassermengen aber ableitbar sein. Sollte das anfallende Wasser wieder versickert oder der in einen Vorfluter eingeleitet werden, stellt das grundsätzlich einen Eingriff in den Grundwasserhaushalt dar. Für einen solchen Fall ist daher eine möglichst frühzeitige Abstimmung der Wasserhaltungs- und Versickerungs- bzw. Einleitungsmaßnahmen mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt im Zuge der wasserrechtlichen Genehmigung zu empfehlen.

8 Weitere Hinweise zur Planung

8.1 Erdbau Allgemein

Freigelegte Gründungssohlen und Erdplanien sind nach erfolgtem Bodenaushub generell intensiv nachzuverdichten. Hierbei ist das Verdichtungsgerät auf die Untergrundverhältnisse abzustimmen. Gegebenenfalls anstehende aufgeweichte bindige Böden oder sonstige ungeeignete Böden sind gegen ein gut verdichtbares Kies-Sand-Gemisch auszutauschen, welches in Lagen von max. 0,3 m einzubauen ist. Der Einbau von Schüttstoffen und Bodenaustausch hat grundsätzlich verdichtet zu erfolgen. Es ist ein Mindestverdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu erreichen. Je nach Erfordernis können auch höhere Verdichtungsgrade erforderlich werden. Die Eignung der Schüttstoffe, die Festlegung der Einbauparameter (Probeschüttung) und die erreichte Einbauverdichtung sollen durch einen geotechnischen Sachverständigen überwacht werden.

Bei den Aushubarbeiten empfiehlt sich ein rückschreitender Aushub mit dem Glattlöffel und mit Schüttung von Bodenaustausch vor Kopf um Störungen der Sohlen zu minimieren. Es ist zu beachten, dass die anstehenden Böden überwiegend wasser- und frostempfindlich sind. Bei Arbeiten in der kalten Jahreszeit sind Vorkehrungen zu treffen, dass Niederschlagswasser und Frost nicht in den Baugrund eindringen können, da sonst eine Aufweichung bzw. Frosthebungen in der Baugrubensohle möglich sind, die zu Auflockerungen und einer Verminderung der Tragfähigkeit führen können. Es ist dafür zu sorgen, dass bindige Böden in der Gründungssohle nicht ungeschützt liegen bleiben, da sich bei der Einwirkung von Luft und Wasser ihre bodenmechanischen Eigenschaften weiter verschlechtern. Es muss deshalb darauf geachtet werden, dass nur so große Flächen freigelegt werden, die umgehend überbaut werden können. Die anstehenden Böden verfügen über bodenmechanische Eigenschaften, die höhere Aufwendungen beim Befahren und in Zusammenhang mit dem Baubetrieb erwarten lassen. Auf Maßnahmen zur Herstellung von Baustelleneinrichtungsflächen und/oder Arbeitsflächen wird hingewiesen.

Weiter wird auf eine ausreichende Kornfilterstabilität zwischen allen Schichtlagen verwiesen.

Ferner empfehlen wir, die gesamte Trasse fachtechnisch abnehmen zu lassen. Wir halten dies insbesondere deshalb für notwendig, da die gesamte Fläche nur mit stichprobenartig angesetzten Bohrungen untersucht werden kann und zwischen den Untersuchungspunkten befindliche punkt- und linienförmige Störungen nur zufällig gefunden werden können. Allgemein wird eine baubegleitende geotechnische Beurteilung von möglichen Aushubsohlen empfohlen.

8.2 Wiederverwendbarkeit

Bindiges und feinkörniges Aushubmaterial ist nur eingeschränkt und nach vorheriger Prüfung zum Wiedereinbau geeignet. Die nicht bindigen Böden können i. A. nach vorheriger Prüfung zur Wiederverfüllung verwendet werden. Frostsicheres Material kann ebenfalls wieder zum Einbau gelangen. Hierbei gilt, dass der Feinkorngehalt von 7 % im eingebauten Zustand nicht überschritten werden darf.

Der überwiegende Teil der bei den Aushubarbeiten anfallenden Erdstoffe der Schicht 5 dürfte wegen seiner hohen Anforderungen hinsichtlich der Aufbereitung zum Wiedereinbau (z.B. opt. Wassergehalt) sowie der während der Erdarbeiten herrschenden Witterungsbedingungen (z.B. keine Niederschläge) für die Wiederverwendung nicht bzw. nur eingeschränkt geeignet sein.

Bei den Aushubarbeiten ist besonders darauf zu achten, dass keine Vermischung mit ungeeigneten (u.a. bindige Böden, Auffüllmassen mit Fremdeinlagerungen) Material erfolgt. Beim Antreffen von Verunreinigungen in Form von anthropogenen Resten (Bauschutt, Holz, Metall u.a.) innerhalb der Auffüllungen, sind diese Aushubmassen getrennt zu lagern und nicht für den Wiedereinbau vorzusehen. Der zum Wiedereinbau gelangende Baustoff ist gleichmäßig in Lagen einzubauen und sorgfältig zu verdichten. Bei Verdichtungsarbeiten ist die ZTVE-StB 17 zu beachten. Bei Zwischenlagerung ist das Aushubmaterial gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Nach den bisherigen Umweltuntersuchungen ist lediglich für die Auffüllungen der Schicht 4 mit kontaminiertem Aushub zu rechnen. Für die ordnungsgemäße Verwertung / Entsorgung von Aushubmaterial sind insbesondere die Z-Werte nach LVGBT maßgeblich. Nach den Ergebnissen der chemischen Analytik (Feststoff) sind folgende Materialklassen zu erwarten:

Material 1: Z 0 (uneingeschränkter Einbau)

Material 2: Z 1.1 (eingeschränkter offener Einbau)

Grundsätzlich ist anzumerken, dass sich die vorgenommenen Einstufungen des Bodenaushubs (Auffüllung) nach LVGBT bei einer abschließenden Deklarationsanalytik (vollständige Parameterliste, Feststoff und Eluat) des angefallenen Bodenaushubs (charakterisierende Beprobung des Haufwerks) nach oben bzw. nach unten verschieben kann.

Für die abschließende Deklarationsanalytik sollte das Bodenmaterial auf basal abgedichteten Haufwerken gelagert und hinsichtlich seiner abfallrechtlichen Einstufung gemäß LAGA-Liste oder Eckpunktepapier, und der damit verbundenen Einbaufähigkeit bzw. hinsichtlich des Entsorgungsweges untersucht und bewertet werden. Die Abdeckung der Halden kann zusätzlich erforderlich werden.

Abschließend möchten wir darauf hinweisen, dass diese Feststellungen auf der Grundlage einer stichprobenartigen, orientierenden Untersuchungsmaßnahme getroffen wurden. Eine abschließende Bewertung des gesamten Untersuchungsgeländes auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse ist nicht möglich.

8.3 Frostsicherheit

Als Mindestgründungstiefe für alle Bauteile soll aus Frostsicherheitsgründen 1,2 m unter späterer GOK eingehalten werden. Beim Bauen in kalter Jahreszeit sind Maßnahmen gegen das Eindringen des Frostes in die frostgefährdeten Gründungsbereiche zu treffen.

8.4 Beweissicherung

Wir empfehlen in Bereichen angrenzender Bebauungen, Nachbargrundstücke sowie Bestandsleitungen eine Beweissicherung durchzuführen, um eventuell später auftretende unberechtigte Schadenersatzansprüche abwenden zu können.

8.5 Versickerung

Eine Versickerung ist im Untersuchungsgebiet wegen der gemischtkörnigen Böden mit überwiegend hohem Feinkornanteil im Untergrund nur eingeschränkt möglich. Die Bereiche in denen eine Versickerung stattfinden soll, sind im Zuge der weiteren Planungen gezielt auf deren Eignung hin zu überprüfen. Dies kann bedeuten, dass Bereiche mit ungünstigen Versickerungseigenschaften bis zur Erreichung von Bereichen mit günstigen Versickerungseigenschaften überbrückt werden müssen. Die Bemessung der Versickerung sollte nur auf der Grundlage von weiteren Erkundungen an den geplanten Versickerungsstellen durchgeführt werden. Nur so können die Anlagen zur Versickerung realistisch dimensioniert werden.

Für eine Vorbemessung empfehlen wir zunächst von einem Wert von $k = 5 \times 10^{-6}$ m/s auszugehen. Verminderungen der Sickerfähigkeit infolge Schwebstoffzusetzungen sind dabei nicht berücksichtigt.

Grundsätzlich empfiehlt sich die Versickerung über Sickerschächte, Rigolen und eventuell vorgeschaltete Absetzbecken. Alternativ zu einer Versickerung sollte auch die Ableitung von gesammeltem Oberflächenwasser in den bestehenden und zu verlängernden Abwasserkanal in Erwägung gezogen werden.

9 Schlussbemerkungen

In dem vorliegenden Bericht wurde der zu untersuchende Streckenabschnitt hinsichtlich der Schichtdicken und der Zusammensetzung des „frostsicheren“ Oberbaus sowie der zu erwartenden Tragfähigkeit des Untergrundes beurteilt. Des Weiteren wurden die Asphaltbeläge sowie ausgewählte Proben der aufgefüllten Böden hinsichtlich chemischer Verunreinigungen untersucht und bewertet und Gründungsempfehlungen für die Sanierung erarbeitet.

Wir empfehlen die Beeinflussung der geplanten Baumaßnahme auf Nachbaranlagen prüfen zu lassen. Hierunter sind insbesondere Einflüsse aus der Gründung von Kunst- und Erdbauwerken sowie Einflüsse von Wasserhaltungen zu verstehen. Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den ausgeführten Aufschlüssen sowie Probennahmen um stichprobenartige Untersuchungen handelt und zwischen den Aufschlussstellen bzw. Probenahmestellen Abweichungen von den festgestellten Ergebnissen auftreten können.

In allen Zweifelsfällen bezüglich Baugrund und Gründung ist unser Büro einzuschalten. Unser Büro ist auch von etwaigen wesentlichen Planungsänderungen gegenüber dem Stand bei Erstellung des Baugrundgutachtens zu verständigen, soweit Gründung und Gründungsarbeiten betroffen sind.

Dieses Gutachten umfasst 35 Seiten und 7 Anlagen
Augsburg, den 28.11.2019

Geotechnikum
Ingenieurgesellschaft mbH



Dipl.-Ing. J. Kiesevalter



i.A. Dipl.-Geol. C. Artmann