Gesellschaft für Altlastenmanagement,
Umwelt- und Geotechnik mbH

Sachverständige nach § 18 BBodSchG | Untersuchungsstelle nach § 18 BBodSchG

17182 - G01

16.02.2018

GEOTECHNISCHER BERICHT

ERSCHLIEßUNG BAUGEBIET WILHELMSBÜHL IN KITZINGEN

PROJEKT: 17182-BG BPlan Wilhelmsbuehl - Kitzingen

AUFTRAGGEBER: Udo Jakubczyk
Stangenbrunnenweg 8
97318 Kitzingen

ORT: Baugebiet Wilhelmsbühl
97318 Kitzingen

PROJEKTLEITER: Dipl.-Ing. N. Oehler

SACHBEARBEITER: Dipl.-Geogr. M. Hofer

Exemplar 1/2 mit 36 Seiten, 7 Anlagen und 3 Anhängen

Inhaltsverzeichnis

a.	**Verzeichnis der Unterlagen**	**IV**
b.	**Auszug der verwendeten Vorschriften und Publikationen**	**V**
c.	**Anlagenverzeichnis**	**VII**
d.	**Verzeichnis der Anhänge**	**VIII**
1.	**Anlass und Aufgabenstellung**	**9**
2.	**Bauvorhaben**	**9**
3.	**Untergrunderkundung**	**10**
4.	**Topographie des Untersuchungsgebietes**	**11**
5.	**Geologischer Überblick**	**12**
6.	**Erdbebenzone**	**13**
7.	**Kampfmittelbelastung**	**13**
8.	**Geotechnische Schichten**	**13**
8.1.	M - Mutterboden	13
8.2.	A - Auffüllungen	14
8.3.	L – Löß	14
9.	**Hydrogeologische Verhältnisse**	**15**
9.1.	Hochwassergefährdete Gebiete	15
9.2.	Grundwasserhorizont	15
9.3.	Versickerungsversuche	16
9.4.	Betonaggressivität	17
10.	**Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften**	**18**
10.1.	Vorbemerkungen	18
10.2.	Schichten	18
10.2.1.	M- Mutterboden	18
10.2.2.	A- Auffüllungen	19
10.2.3.	L – Löß	20
11.	**Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche**	**21**
11.1.	Boden	21
12.	**Bodenklassen – Homogenbereiche**	**22**
12.1.	Bodenklassen DIN 18300:2012	22

12.2. Homogenbereiche DIN 18300:2016 22

13. Erdbautechnische Angaben 23

14. Erdstatische Kennwerte 25

14.1. Vorbemerkungen 25
14.2. A – Auffüllungen 25
14.3. L – Löß 26

15. Baugruben und Böschungen 26

15.1. Wasserhaltung 26
15.2. Baugrubensicherung Leitungsgräben 27
15.2.1. Geböschte Baugruben 27
15.2.2. Baugrubenverbau 27
15.3. Rückverfüllung der Arbeitsräume in Leitungsgräben 28
15.4. Leitungsbettung 29

16. Verkehrsflächen 29

16.1. Frostsicherheit 29
16.2. Tragfähigkeit des Erdplanums 30
16.2.1. Ausgangssituation 30
16.2.2. Bodenaustausch 31
16.2.3. Bodenverbesserung 31

17. Bewertung Versickerungsfähigkeit 32

17.1. Grundlagen 32
17.2. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes 34

18. Zusammenfassung und Empfehlungen 34

18.1. Zusammenfassung 34
18.2. Empfehlungen 35

a. Verzeichnis der Unterlagen

/1/ Lageplan "Bebauungs- und Erschließungskonzept - Varinate 2", arc.grün landschaftsarchitekten.stadtplaner gmbh, Email vom 15.01.2017. Dateien: 03_0_BP-V2_2014-10-27a.pdf

/2/ Digitaler Lageplan, arc.grün landschaftsarchitekten.stadtplaner gmbh, Email vom 15.12.2017. Dateien: Geltungsbereich_Wilhelmsbühl.dwg

b. Auszug der verwendeten Vorschriften und Publikationen

[1] Handbuch Eurocode 7, Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 2011

[2] DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln

[3] DIN EN 1997-2 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

[4] DIN 1055-2: 2010-11, Einwirkungen auf Tragwerke - Teil2: Bodenkenngrößen.

[5] DIN EN 1997-1/NA Nationaler Anhang - EC 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln, 12/2010.

[6] DIN 1054 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, 12/2010.

[7] DIN 1072 Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen.

[8] DIN 4020, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke

[9] DIN 4023, Baugrund- und Wasserbohrungen, Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.

[10] DIN 4124, Baugruben und Gräben; Böschungen, Verbau Arbeitsraumbreiten.

[11] DIN EN ISO 14688-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 1: Benennung und Beschreibung, Januar 2003.

[12] DIN EN ISO 14688-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen, November 2004.

[13] DIN EN ISO 14689-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels, Teil 1: Benennung und Beschreibung, April 2004.

[14] DIN EN ISO 22475-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen, Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, Januar 2007.

[15] DIN EN ISO 22476-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen, Teil 2: Rammsondierungen, April 2005

[16] DIN 18196, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke und Methoden zum Erkennen von Bodengruppen.

[17] DIN 18300, VOB, Teil C , Allgemeine Technische Vertragsbedingungen (ATV) Erdarbeiten

[18] RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012

[19] ZTVE-StB 17, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017.

[20] ZTVA-StB 12, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2012

[21] Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, FGSV 2004

[22] Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus, M Geok E, FGSV 2005

[23] Merkblatt zur Felsbeschreibung für den Straßenbau, FGSV Nr. 543, Ausgabe 1992

[24] Geologische Karte von Bayern, GK 1:25000 Blatt 6226 "Kitzingen", Bayerisches Geologisches Landesamt

[25] Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen, Leitfaden zu den Eckpunkten, 09.12.2005

[26] Merkblatt Umgang mit humusreichem und organischem Bodenmaterial, Vermeidung- Verwertung – Beseitigung, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 04/2016

c. Anlagenverzeichnis

Anlage 1. LAGEPLÄNE

Anlage 1.1. AUSZUG AUS DER TOPOGRAPHISCHEN KARTE

Anlage 1.2. AUSZUG AUS DER GEOLOGISCHE KARTE

Anlage 1.3. ÜBERSICHTSLAGEPLAN MIT LAGE DER AUFSCHLÜSSE

Anlage 2. AUFSCHLÜSSE

Anlage 2.1. DIREKTE AUFSCHLÜSSE (RAMMKERNSONDIERUNGEN)

PROFILE UND SCHICHTENVERZEICHNISSE

Anlage 2.2. INDIREKTE AUFSCHLÜSSE (RAMMSONDIERUNGEN)

RAMMDIAGRAMME

Anlage 3. GEOTECHNISCHE GELÄNDESCHNITTE

Anlage 4. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE

Anlage 5. ABFALLRECHTLICHE UND UMWELTCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

Anlage 6. VERSICKERUNGSVERSUCHE

Anlage 7. FLÜGELSCHERVERSUCHE

d. Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Bewertungsgrundlagen Rammsondierungen
Anhang 2: Tabellarische Zusammenstellung Homogenbereiche
Anhang 3: Fotodokumentation

1. Anlass und Aufgabenstellung

Herr U. Jakubczyk beabsichtigt in Kitzingen ein ca. 1,5ha großes Areal zu erschließen, um eine Bebauung mit Wohnhäusern zu ermöglichen. Die Aufstellung des Bebauungsplanes des Wohngebietes erfolgt durch arc.grün landschaftsarchitekten.stadtplaner in Kitzingen.

Die PeTerra GmbH, Kitzingen, wurde am 17.11.2017 per Mail durch arc.grün namens des Vorhabenhabenträgers auf Grundlage des Angebots Az.-Nr. 17013-BG-AQ-1-oeh vom 17.01.2017 mit der Durchführung der Ersterkundung und Erstellung eines darauf aufbauenden Baugrundgutachten und Umwelttechnischen Berichts beauftragt. Durch arc.grün wurden per Mail am 17.11.2017 zusätzlich 3 Versickerungsversuche (inkl. Baustelleneinrichtung) beauftragt.

2. Bauvorhaben

Das geplante ca. 15.000m² große Baugebiet "Wilhelmsbühl" in Kitzingen soll neu erschlossen werden. Hierzu sollen Ver- und Entsorgungsleitungen sowie vorhandene Verkehrswege erweitert bzw. neu angelegt werden.



Abbildung 1: Bebauungs- und Erschließungskonzept – Variante2, arc.grün

Bisher liegt ein Konzept für die verkehrstechnische Erschließung und Bebauung vor. Es wird davon ausgegangen, dass die Gradiente weitgehend an das Gelände angepasst und die Einbindung der Entwässerungskanäle ca. 3m u. GOK betragen wird.

Das Bauvorhaben wird gem. EC7 in die Geotechnische Kategorie GK1 eingeordnet.

3. Untergrunderkundung

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Rahmen der Baugrunduntersuchung durch die PeTerra GmbH am 20.12. und 21.12.2017 im Bereich der geplanten Erschließung insgesamt drei Rammkernsondierungen (RKS01 bis RKS03) sowie drei Rammsondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH01 bis DPH03) ausgeführt.

Die Rammkernsondierungen wurden mit einem Durchmesser von $D_{Außen}$ = 80 mm auf 1 m vorgebohrt und bis zur Endteufe der Sondierung mit Ø 60/50 mm weitergeführt. Die Sondierungen wurden mit Bohrgut rückverfüllt.

Die Aufschlüsse wurden durch einen Befähigungsscheininhaber nach §20 SprengG kampfmitteltechnisch freigemessen.

Darüber hinaus wurden in den eigens für die Versuche hergestellten Sondierbohrungen V01, V02 und V03 je ein Versickerungsversuch durchgeführt, um die Durchlässigkeit in situ bestimmen zu können (vgl. Anlage 6).

Im direkten Aufschluss RKS02 wurden insgesamt drei Flügelscherversuche gem. DIN4094-4 in der Bohrlochsohle bei jeweils 1,15 / 2,15 und 3,15m u. GOK ausgeführt, um die undrainierte Scherfestigkeit in situ zu bestimmen (siehe Anlage 7).

Nach Abschluss der Versuche wurden die Untersuchungsstellen über ein georeferenziertes GPS (5800 Trimble/R8) eingemessen.

In Tabelle 1 sind die Lage sowie erreichte Endteufe der Aufschlüsse zusammengestellt. Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind in den Übersichtslageplan in Anlage 1.3 eingetragen.

Tabelle 1: Lage, Höhe und Endteufe der Sondierungen

Aufschluss	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNN]	Endteufe [m]
RKS01	4366794	5511476	209,64	5,00
RKS02	4366743	5511377	206,50	5,00
RKS03	4366825	5511374	195,72	5,00
DPH01	4366818	5511527	210,17	5,50
DPH02	4366772	5511433	208,51	4,90
DPH03	4366782	5511348	198,25	4,90
V01	4366829	5511532	208,21	3,00
V02	4366751	5511355	203,25	3,00
V03	4366821	5511376	196,44	3,00

Die Ergebnisse der RKS und DPH sind in Form von Tiefenprofilen bzw. Rammdiagrammen in Anlage 2 zusammengestellt. Rechts neben den Tiefenprofilen der RKS sind die angetroffenen Boden- und Felsarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023, die Farbe, Konsistenz/Lagerungsdichte, die Bodenklassen nach VOB DIN 18300 und die Bodengruppen nach DIN 18196 beschrieben.

Dem Schichtenverzeichnis der RKS können die zugehörigen geologischen Kennzeichnungen sowie weitere bohrtechnische Angaben entnommen werden.

Die Aufschlüsse sind in Anlage 3 in einem geotechnischen Geländeschnitt höhenorientiert dargestellt.

4. Topographie des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet liegt rechtsmainisch am relativ steil abfallenden Südosthang des 242,9mNN hohen Frohnbergs. Am Fuße schließt unmittelbar die St 2270 Richtung Sulzfeld am Main sowie das Industriegebiet am Hafen mit der Staustufe Kitzingen an.



Abbildung 2: Überblick im Bereich des Untersuchungsgebietes, Google Earth

5. Geologischer Überblick

Die großräumigen geologischen Verhältnisse können der Geologischen Karte von Bayern entnommen werden. Nach den Angaben des Kartenblattes 6226 Kitzingen sind im engeren Untersuchungsbereich oberflächlich Lößlehme bzw. Löß (‚Lo(l)) auskartiert, die einen Übergangsbereich aus Schichten des Unteren Keupers (ku) zum tiefer liegenden Oberen Muschelkalk (mo) überlagern (vgl. Anlage 1.2).

Löß ist ein feinkörniges, hauptsächlich grobsiltiges, ockerfarbenes äolisches Sediment, das während der pleistozänen Kaltzeiten (Hautsächlich Würmglazial) durch die damals vorherrschenden Westwinde in geographisch bzw. morphologisch begünstigten Lagen abgelagert wurde. Löß bzw. Lößlehm ist auf den Hochflächen in der Regel in Mächtigkeiten von 3 bis 5m verbreitet. Er besteht vorwiegend aus Quarz, Feldspat, Karbonat, wenig Glimmer und Tonmineralen. Der Kalkgehalt schwankt zwischen 13 und 24 %. Das typische Kornverteilungsband ist durch 20 bis 35 Gew.% Feinstes (Tonfraktion), 60 – 75 Gew.% Schluff und 2 – 9 Gew.% Sand charakterisiert. Die Verwitterung verursacht eine weitgehende Entkalkung (Lößlehm) und Verbraunung dieses Sediments. Die Verlehmung führt zu einer Verringerung der Porosität und einem plastischerem mechanischem Verhalten. Häufig sind diese

Lößlehme durch Solifluktion oder Verschwemmung umgelagert und dadurch mit Fremdkomponenten anderer Korngrößen durchsetzt.

Das gelöste Karbonat setzt sich in tiefer gelegenen Horizonten häufig als konkretionäre Ausscheidung ab (Lößkindl). Lößlehme sind weitgehend kalkfrei und enthalten in der Regel maximal 3-4% Karbonat, wobei der MgO- gegenüber dem CaO - Anteil aufgrund der Löslichkeitsunterschiede überwiegt.

Der Untere Keuper besteht generell aus einer bunten Wechselfolge aus Sand- und Tonsteinen, der Obere Muschelkalk aus Kalkgesteinen, die mit Ton- und Tonmergelsteinen wechsellagern.

6. Erdbebenzone

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb erdbebengefährdeter Gebiete in Bayern. Es sind damit keine besonderen baulichen Maßnahmen zum Erdbebenschutz erforderlich.

7. Kampfmittelbelastung

Angaben zu einer durch Kriegseinwirkungen bedingten Kampfmittelbelastung liegen dem Verfasser nicht vor.

Wir empfehlen die Hinzuziehung eines Fachbüros, um die in diesem Zusammenhang erforderlichen Maßnahmen planungstechnisch berücksichtigen zu können, bzw. einen nach VOB/C erforderlichen Nachweis zu erbringen, dass kein Kampfmittelverdacht besteht.

8. Geotechnische Schichten

8.1. M - Mutterboden

Oberflächennah wurde in allen sechs Sondierbohrungen eine ca. 0,1 - 0,25m mächtige, braun gefärbte Mutterbodenauflage aus stark humosen, tonigen,

feinsandigen Schluffen mit Organikanteilen (Gras- und Wurzelreste) angetroffen. Die Konsistenz wurde als vorwiegend weichplastisch angesprochen.

Die Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen lagen bei ca. N_{10}~0-1. Die Sonde sank durchweg durch Eigengewicht beim Ansetzen bis zu 20cm ein

8.2. A - Auffüllungen

Unterhalb des Mutterbodens im Bereich von RKS01, RKS03, V01 und V03 wurden ca. 0,35 bis 0,6m mächtige Auffüllungen aus stark tonigen, feinsandigen Schluffen mit organischen und schwach humosen Beimengungen erbohrt.

Als anthropogene Bestandteile wurden feinkiesige Kohle, Kalkstein, Schlacke und Ziegelreste festgestellt.

Die Konsistenz wurde mit weich- bis steifplastisch angesprochen, die Färbung mit braun bis ocker.

Die Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen lagen bei N_{10}~2-4

8.3. L – Löß

Im Anschluss an die Auffüllungen bzw. den Mutterboden wurde bis in die erreichten Endtiefen von jeweils 5,0m durchgehend Einheiten des Löß angetroffen.

Der Löß bestand vorwiegend aus feinsandig bis stark feinsandigen Schluffen mit wechselnden Tongehalten. Bereichsweise wurden feinkiesige Kalkkonkretionen (Lößkindel) sowie schlierige, weiße Kalkausfällungen und Manganknötchen festgestellt.

Die Konsistenz wurde mit weich- bis steifplastisch, stellenweise als halbfest bis fest (vgl. RKS01, V01) angesprochen. Die Färbung war vorwiegend braun bis ocker.

Die Sondierwiderstände der Schweren Rammsonde betrugen N_{10}~1-4.

9. Hydrogeologische Verhältnisse

9.1. Hochwassergefährdete Gebiete

Nach amtlicher Karte des Informationsdienst des Bayrischen Landesamt für Umwelt liegt das Untersuchungsgebiet nicht im überschwemmungsgefährdeten Gebiet.



Abbildung 3: Auszug aus dem Informationsdienst für überschwemmungsgefährdete Gebiete, Bayrisches Landesamt für Umwelt

9.2. Grundwasserhorizont

Grundwasser bzw. Schichtwasser wurde im Rahmen der Baugrunduntersuchung in keinem der Aufschlüsse angetroffen.

In Abhängigkeit der Witterung, insbesondere nach langandauernden Niederschlagsperioden und Starkregenereignissen, kann eine witterungsabhängige geringe Sickerwasserführung innerhalb des Löß bzw. an den Schichtgrenzen der Auffüllungen zum Löß erfahrungsgemäß nicht ausgeschlossen werden.

Die Wasserführung wird jedoch nur temporär zu beobachten sein. Es werden zudem insgesamt nur geringe Sickerwassermengen erwartet.

9.3. Versickerungsversuche

Nach Arbeitsblatt DWA-A 138 ist für die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit anstehender Böden in erster Linie ihre Durchlässigkeit maßgebend.

Die für die Versickerung erforderliche Durchlässigkeit des Untergrunds wird mit Hilfe von Versickerungsversuchen ermittelt. Diese Versuche erfassen die in - situ - Eigenschaften des Anstehenden und in seinem Verband nur gering gestörten Untergrunds und lassen praxisnahe Werte zur Dimensionierung von Versickerungsanlagen gewinnen.

Die während des Versickerungsversuchs gemessenen Absenkungsbeträge pro Zeiteinheit sind maßgeblich für die Durchlässigkeit des Nebengesteins und wurden daher für die Auswertung herangezogen.

Mit Hilfe der Abmessungen der Bohrung und der gemessenen Absenkungsrate lässt sich die Durchlässigkeit der erfassten Bodenschichten ermitteln, und zwar im ungesättigten Zustand des Gesteins (Teil 1) und im (teil)gesättigten Zustand des Gesteins (Teil 2).

Die Auswertung erfolgte anhand von Auswertungsverfahren für Bohrlochversuche mit bei fallender Druckhöhe mit folgendem Ansatz (nach EARTH MANUAL):

Formel 1 $$k_F = \frac{\Pi \cdot \Delta h \cdot C_t}{C_U \cdot h_m \cdot \Delta t}$$

Formel 2 $$k_F = \frac{2\Pi \cdot \Delta h \cdot C_t}{(C_g + 4) \cdot (H_m - a + h_m) \cdot \Delta t}$$

Formel 3 $$k_f = \frac{\pi \cdot \Delta H \cdot C_t}{(C_g \cdot +4) \cdot h \cdot \Delta t'}$$

mit Δ h = versickerte Wassersäule zwischen H_1 und H_2 während der Versuchszeit (m)

h_m = mittlere Druckhöhe, näherungsweise: h = $(h_1+h_2)/2$ in [m]

H_m = mittlere Spiegeldifferenz des Wasserspiegels im Bohrloch zum Grundwasserspiegel

Δt = verstrichene Zeit zwischen H_1 und H_2, wobei t' eine Korrektur der Absinkzeit auf eine einheitliche Eingabequerschnittsfläche ist: t' = (t x r2) / r1² [s/m]

C_t = Korrekturfaktor der Temperatur zur Normierung auf k_f - Werte bei 20°C

C_g, C_u = Korrekturfaktoren

In den Bohrungen V01, V02 und V03 wurde ein zweistufiger Versickerungsversuch ausgeführt. Die Ergebnisse der Erst- und Wiederversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 2: Versickerungsrate und Durchlässigkeit

Versuch	Versickerungsrate [m³/s]	Durchlässigkeit [m/s]
V01	$9{,}74 \times 10^{-7}$ $8{,}95 \times 10^{-7}$	$1{,}69 \times 10^{-7}$ $8{,}08 \times 10^{-8}$
V02	$8{,}48 \times 10^{-7}$ $6{,}60 \times 10^{-7}$	$1{,}55 \times 10^{-7}$ $5{,}81 \times 10^{-8}$
V03	$4{,}24 \times 10^{-7}$ $2{,}41 \times 10^{-7}$	$8{,}65 \times 10^{-8}$ $4{,}73 \times 10^{-8}$

Nach Auswertung der Feldversuche wurde für die Lößablagerungen im Untersuchungsbereich eine mittlere Durchlässigkeit von $k_F \sim 10^{-7}$ m/s ermittelt (vgl. Anlage 7). Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erfahrungswerten in Lößböden des unterfränkischen Raums.

Die örtlichen Lößböden sind demnach als schwach durchlässig anzusprechen.

9.4. Betonaggressivität

Es wurden keine Anzeichen für betonaggressive Verhältnisse in den Untersuchungen angetroffen und sind erfahrungsgemäß aufgrund des guten Puffervermögens der Lößsedimente auch nicht zu erwarten.

Im Zweifel ist der Angriffsgrad über eine Analyse des Bodens nach DIN 4030 im Referenzverfahren zu bestimmen.

10. Geotechnische Schichten, bodenmechanische Laborversuche, Eigenschaften

10.1. Vorbemerkungen

Aus den Einzelproben der Sondierungen wurden charakteristische Bodenproben der beschriebenen Schichtglieder im hauseigenen erdbautechnischen Labor untersucht. Die Laborprotokolle der geotechnischen Laborversuche können der Anlage 4 entnommen werden.

Die nachfolgenden Tabellen fassen die Ergebnisse einiger Indexversuche je Schicht im Überblick zusammen. Die erwarteten Bandbreiten der nachfolgend angegebenen Kennwerte wurden auf Basis der Laborversuche in Verbindung mit Erfahrungswerten abgeleitet.

Kennwerte, die versuchstechnisch nicht bestimmt werden konnten, werden mit k.A. gekennzeichnet. Mit Stern sind Kennwerte gekennzeichnet, die über Feldansprache bestimmt wurden.

10.2. Schichten

10.2.1. M- Mutterboden

*Bodengruppe:	OU
Farbe:	braun
*Massenanteil Steine:	<1%
*Massenanteil Blöcke /große Blöcke:	- / -
*Konsistenz:	weich
Plastizitätszahl:	k.A.

Konsistenzzahl:	k.A.
Lagerungsdichte:	k.A.
Schlagzahlen DPH:	N_{10} = 0-1

10.2.2. A- Auffüllungen

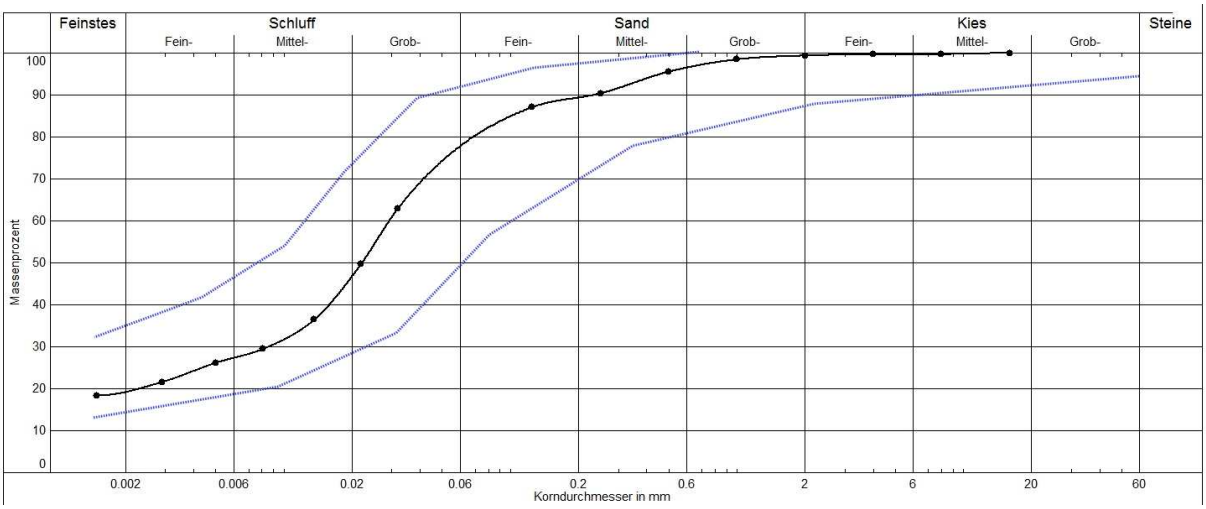


Abbildung 4: Kornverteilung – Auffüllung (Schicht A) - erw. Bandbr. blau gestrichelt

Tabelle 3: Schicht A - Ergebnisse Laborversuche

Probe	Wassergehalt w_N [%]	Kornverteilung T / U / S / G [%]	Konsistenz-grenzen w_L / w_P [%]
RKS03-2	18,43	19,2 + 63,2 / 17,0 / 0,6	34,3 / 19,2

*Bodengruppe:	[UL], [UM], [TM]
Farbe:	ocker bis braun, (dunkelbraun)
*Massenanteil Steine:	<5%
*Massenanteil Blöcke /große Blöcke:	- / -
*Konsistenz:	weich bis steif
Plastizitätszahl:	15,1
Konsistenzzahl:	0,947
*Lagerungsdichte[1)]:	k.A.
Schlagzahlen DPH:	N_{10} = 2-4

10.2.3. L – Löß

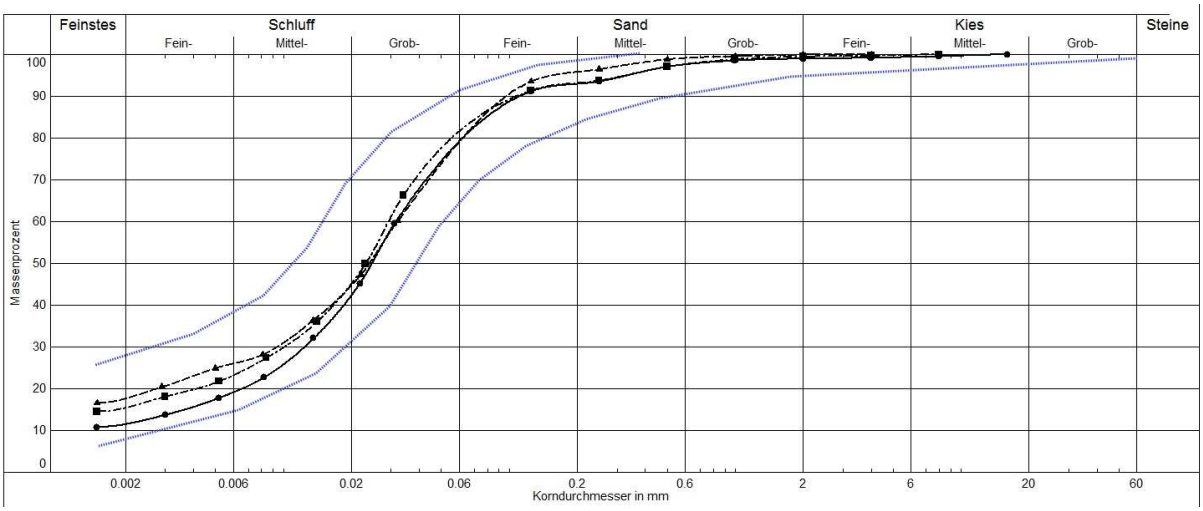


Abbildung 5: Kornverteilung – Löß (Schicht L) - erw. Bandbreite blau gestrichelt

Tabelle 4: Schicht L - Ergebnisse Laborversuche

Probe	**Wassergehalt w_N [%]**	**Kornverteilung T / U / S / G [%]**	**Konsistenz-grenzen w_L / w_P [%]**
RKS01-4	8,84	11,5 / 72,0 / 15,5 / 1,0	28,5 / 18,3
RKS02-4	23,47	17,7 / 67,8 / 14,5 / -	32,8 / 18,7
V01-4	10,21	-	33,1 / 20,0
V03-3	19,14	15,5 / 71,6 / 12,5 / 0,5	30,7 / 19,0

*Bodengruppe:	UL, UM, SU*
Farbe:	ocker, braun
*Massenanteil Steine:	<1%
*Massenanteil Blöcke /große Blöcke:	- / -
*Konsistenz:	weich bis halbfest (fest)
Plastizitätszahl I_P:	10,2 - 14,1
Konsistenzzahl I_C:	0,638 - 1,902
*Lagerungsdichte[1)]:	k.A.
Schlagzahlen DPH:	N_{10} = 1-4

11. Ergebnisse der umweltgeotechnischen Laborversuche

11.1. Boden

Hinsichtlich einer abfallrechtlichen Voreinstufung wurden insgesamt drei Proben orientierend nach den Parametern der Anlage 2 und 3 des sog. Eckpunktepapiers (Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen) in der Fraktion kleiner 2mm untersucht:

- RKS01-2 und V03-2 aus den Auffüllungen
- RKS02-2 aus dem natürlichen Löß-Material

Die Analytik wurde durch das Labor eurofins Umwelt Ost GmbH, Jena ausgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen können dem Prüfbericht AR-18-JE-001286-01 entnommen werden.

Für die Beurteilung nach den Vorgaben zur Verfüllung von Gruben und Brüchen wurde unter Berücksichtigung der bindigen Anteile für die Proben die Bodenart „Lehm/Schluff“ genutzt.

Nachfolgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen. Nicht aufgeführte Parameter sind unauffällig bzw. unterschreiten die Z0-Zuordnungswerte.

Tabelle 5: Ergebnisse Analytik gemäß Eckpunktepapier

Probe	Einzelwerte – Parameter (Konzentration)			Einstufung nach Eckpunktepapier
RKS01-2	*Feststoff:*- *Eluat:*-	- -	- -	Z0
V03-2	*Feststoff:*- *Eluat:* -	- -	- -	Z0
RKS02-2	*Feststoff:* - *Eluat:*-	- -	- -	Z0

Die rechtskonforme Entsorgung des Bodenaushubs erfordert prinzipiell eine haufwerksbezogene Probenahme gem. LAGA PN 98 mit zugehöriger Deklarationsanalytik. Die Haufwerksgrößen sollten 500m³ nicht wesentlich überschreiten.

Vom Zeitpunkt der Probenahme abgeschlossener Haufwerke nach LAGA PN 98 bis zum Vorliegen der Deklarationsanalytik sollte ein Zeitraum von ca. 14 Tagen angesetzt werden

12. Bodenklassen – Homogenbereiche

12.1. Bodenklassen DIN 18300:2012

Nachfolgend werden die erkundeten Schichten nach baubetriebs- und bautechnisch relevanten Merkmalen den Bodenklassen der DIN 18300:2012 zugeordnet. Die Bodengruppen nach DIN 18196 und die Bodenklassen können auch dem Schichtprofil in Anlage 2 bzw. dem geotechnischen Geländeschnitt der Anlage 3 entnommen werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die oben beschriebenen Schichtglieder zusammengefasst und durch Angaben zur Frostempfindlich- und Verdichtbarkeit ergänzt.

Tabelle 6: Bodenklassen des Aushubs - DIN 18300

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Verdichtbarkeitsklasse	Frostempfindlichkeitsklasse ZTVE StB 94	Bodenklasse VOB DIN 18300
M – Mutterboden	OU	-	-	1
A - Auffüllungen	[UL], [UM], [TM]	V3	F3	4
L – Löß	UL, UM, SU*	V3	F3	4

Verdichtbarkeitsklasse analog ZTVA StB 97:

V1 - nicht bindige bis schwachbindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden: gut verdichtbar wenig witterungsanfällig

V2 – bindige, gemischt körnige Böden: höhere Verdichtungsleitung erforderlich, witterungsempfindlich

V3 - bindige feinkörnige Böden: mäßig bis schlecht verdichtbar, sehr witterungsempfindlich

12.2. Homogenbereiche DIN 18300:2016

Für die Festlegung von Homogenbereichen nach DIN 18300:2016 sind die geplanten Eingriffe in den Baugrund, die bautechnischen Eigenschaften der zu lösenden und ggf. wieder einzubauenden Böden sowie die abfallrechtlichen Belange zu berücksichtigen.

Die nachfolgend getroffen Angaben berücksichtigen den derzeitigen Kenntnisstand. In weiteren Planungsschritten sind die nachfolgend getroffenen Angaben durch den Gutachter anhand der dann detaillierteren Grundlagen neu zu bewerten. Zumindest jedoch vor Ausschreibung der Maßnahmen sollte ggf. eine Neubewertung durchgeführt werden.

Im Anhang Nr. 2 ist eine Übersicht der zu beschreibenden Kennwerte und deren erwartete Bandbreiten für die nachfolgend definierten Homogenbereiche angegeben.

Die Bandbreiten wurden auf Basis der Laborversuche in Verbindung mit Erfahrungswerten abgeleitet.

Darüber hinaus werden hier zudem Angaben zu den abfallrechtlich erwarteten Belastungen gemacht.

Für die Aushubarbeiten wurde von einem Hydraulikbagger von mittlerer bis großer Reißkraft ausgegangen.

Die nachfolgende Tabelle gibt an, welche Schichten zu bautechnisch relevanten Homogenbereichen zusammengefasst wurden.

Tabelle 7: Homogenbereiche Erdarbeiten (DIN18300:2016)

Homogenbereich	**ERD-1**	**ERD-2**	**ERD-3**
Schichten	M	A	L

Mutterboden und Auffüllungen müssen aufgrund der besonderen abfall- und bodenschutzrechtlichen Aspekte beim Aushub separiert werden. Sie werden daher als getrennter Homogenbereich ausgewiesen.

13. Erdbautechnische Angaben

Aus abfallrechtlicher Sicht ist Mutterboden- und Auffüllmaterial zwingend vom natürlichen Lockergesteinsmaterial zu trennen.

Aushubmaterial, das nicht vor Ort wiederverwendet werden kann, sollte auf Halde zwischengelagert und in Abstimmung mit der vorgesehenen Entsorgungsstelle fachgerecht deklariert werden.

Bei geringfügigen Eingriffen in den Untergrund sollte geprüft werden, ob das anfallende Aushubmaterial im Rahmen der Baumaßnahme vor Ort verwertet werden kann.

Mutterbodenabtrag sollte aufgrund der besonderen Anforderungen an die Entsorgung bzw. problematischen Verwertung auf z.B. landwirtschaftlichen Flächen vor Ort für die Anlage öffentlicher Grünflächen etc. verwertet werden.

Die bindigen Anteile in den bindigen Auffüllungen und im Löß führen zu einer hohen bis sehr hohen Empfindlichkeit gegenüber Wasserzutritt. Hier können bereits geringe Wassergehaltsänderungen zu einem völligen Aufweichen und Tragfähigkeitsverlust führen. Diese bedürfen daher eines Schutzes vor Vernässung.

Ein Befahren der Erdplanie im Löß und den Auffüllungen (A+L) während und nach Nässeperioden ist zu vermeiden bzw. auf das absolut notwendige Maß zu beschränken. Hier besteht die Gefahr eines tiefgründigen Aufweichens mit der Folge aufwändiger zusätzlicher Stabilisierungsmaßnahmen. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen kann daher partiell die Einstellung der Erdarbeiten, soweit möglich, sinnvoll sein.

Ferner ist durch eine entsprechende Profilierung der Oberflächen bzw. Erdplanie jederzeit sicherzustellen, dass Niederschlagswasser auf kürzestem Weg abgeleitet und stehendes Wasser unter allen Umständen vermieden wird, da dies zu einem massiven Aufweichen der bindigen Böden führt. Aufgeweichte Böden sind abzuziehen, können in der Regel nicht wieder eingebaut und müssen entsorgt werden.

Böden (auch über hydraulische Bindemittel aufbereitete Böden), die für eine örtliche Wiederverwertung genutzt werden sollen, sind in haldenförmigen Mieten witterungsgeschützt zwischenzulagern.

Die Lockergesteine lassen sich durch einen üblicherweise in den örtlichen Verhältnissen eingesetzten Hydraulikbagger mittlerer bis großer Reißkraft problemlos lösen.

Eine stichpunktartige unabhängige Kontrolle des Erdbaus im Rahmen der Fremdüberwachung zur Überprüfung der Tragfähigkeit des Planums, der Verdichtung und der Eignung der Schüttstoffe einschl. Tragschichtenmaterials wird in Ergänzung der Eigenüberwachung des Unternehmers empfohlen.

Bei Einsatz von Recyclingbaustoffen ist die abfallrechtliche Unbedenklichkeit nach der in Bayern eingeführten LAGA M20 Tabelle II.1.2-2 und Tabelle II.1.2-3 bzw. RC-Leitfaden sowie die Eignungsnachweise gem. ZTVT-StB 95 (Widerstand gegen Zertrümmerung, Frostbeständigkeit, Kornverteilung etc.) für die tatsächlichen Lieferchargen nachzuweisen.

Durch den AN ist zudem ein Qualitätssicherungsplan analog ZTVE-StB 17 vorzulegen, in dem die Anzahl und Art der vorgesehenen Eigenkontrollmaßnahmen sowie die zu erreichenden Zielwerte niedergelegt sind. Ferner ist ein aktueller Kalibrierungsnachweis von Lastplattendruckgeräten und dynamischen Fallplattendruckgeräten vorzulegen.

14. Erdstatische Kennwerte

14.1. Vorbemerkungen

Die undrainierte Kohäsion - soweit nicht labortechnisch oder auf Basis von Flügelscherversuchen bzw. der Steifemodul wurde über Korrelationen unter Zuhilfenahme der Rammsondierergebnisse abgeleitet.

Die übrigen angegebenen bodenmechanischen Kennwerte wurden auf Grundlage der Aufschlussergebnisse und Erfahrungswerten abgeschätzt.

In den nachfolgenden Zusammenstellungen werden die erwarteten Bandbreiten und die charakteristischen Bemessungskennwerte angegeben.

14.2. A – Auffüllungen

Feuchtwichte:	γ_{min} = 18 kN/m³	… γ_k = 19 kN/m³	…γ_{max} = 21 kN/m³
Wichte unter Auftrieb	γ'_{min} = 9,5 kN/m³	… γ'_k = 9 kN/m³	…γ'_{max} = 11 kN/m³
Reibungswinkel (dräniert):	φ'_{min} = 22,5°	… φ'_k = 25°	…φ'_{max} = 30°

Kohäsion (dräniert):	c'_{min}= 5 kN/m²	… c'_k=10 kN/m²	…c'_{max}= 15 kN/m²
Kohäsion (undrainiert):	$c_{U,min}$ = 70kN/m²	… $c_{U,k}$ = 150kN/m²	…$c_{U,max}$ = 200kN/m²
Steifemodul:	$E_{S,min}$ = 5 MN/m²	… $E_{S,k}$ = 7,5 MN/m²	…$E_{S,max}$ = 15 MN/m²

14.3. L – Löß

Feuchtwichte:	γ_{min} = 17,5 kN/m³	… γ_k = 19 kN/m³	…γ_{max} = 20 kN/m³
Wichte unter Auftrieb	γ'_{min} = 8 kN/m³	… γ'_k = 9 kN/m³	…γ'_{max} = 10 kN/m³
Reibungswinkel (dräniert):	φ'_{min} = 20°	… φ'_k = 22,5°	… φ'_{max} = 25°
Kohäsion (dräniert):	c'_{min}= 5 kN/m²	… c'_k= 10 kN/m²	… c'_{max}= 15 kN/m²
Kohäsion (undrainiert):	$c_{U,min}$ = 50 kN/m²	… $c_{U,k}$ = 100 kN/m²	… $c_{U,max}$ = 200 kN/m²
Steifemodul:	$E_{S,min}$ = 2,5 MN/m²	… $E_{S,k}$ = 5 MN/m²	… $E_{S,max}$ = 8 MN/m²

15. Baugruben und Böschungen

15.1. Wasserhaltung

Aufgrund der angetroffenen geotechnischen Verhältnisse kann im Rahmen der Kanalbauarbeiten Schichtwasseranfall prinzipiell nicht ausgeschlossen werden. Dieser wird aber aufgrund der überwiegend bindigen Lockergesteinsböden voraussichtlich jedoch so gering sein, dass konventionelle offene Wasserhaltungsmaßnahmen betrieben werden können.

Die Auslegung der Wasserhaltung in den Leitungsgräben wird sich daher auf die Fassung von Tagwasser beschränken können.

Bei Starkregenereignissen kann es aufgrund der steilen Topographie und der geringen Durchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Schichten zu einem verstärkten, bergseitigem Andrang von Oberflächenwasser kommen.

15.2. Baugrubensicherung Leitungsgräben

15.2.1. Geböschte Baugruben

Bis in Tiefen von ca. 4m ab GOK sind im Löß Böschungsneigungen erfahrungsgemäß bis 60° möglich. Bei weichplastischen Verhältnissen sind die Böschungen in Rücksprache mit dem Gutachter abzuflachen. Es ist ein lastfreier Streifen von ca. 1m Breite an den Böschungskronen vorzuhalten.

Die Baugrubenböschungen sollten bei Standzeiten über 3 Wochen in jedem Fall durch Abplanen gegen Witterungsangriff geschützt werden (Erosion, Aufweichen, Austrocknung). Die UV-stabilen Planen sind verwehungssicher auf die Böschungen zu fixieren.

15.2.2. Baugrubenverbau

Bis ca. 1,25m u. GOK wird eine ausreichende Kurzzeitstandsicherheit erwartet, so dass randgestützte Grabenverbausysteme im Einstellverfahren unmittelbar nach dem Aushub eingebracht werden können.

Im Weiteren sollte der Verbau jedoch im Absenkverfahren eingebracht werden, um die mit dem Aushub verbundene Entspannung der anstehenden Böden zu minimieren.

Für die Bereiche, wo kreuzende Leitungen zu erwarten bzw. Leitungsabzweige zu legen sind kann die Grabensicherung je nach Tiefe der Leitungen über einen senkrechten oder waagerechten Verbau erfolgen.

Zur Sicherstellung eines kraftschlüssigen Verbunds sind offene Fugen zwischen Verbauplatte und der Baugrubenwand unmittelbar nach Einbringen des Verbaus mittels Splitt-Sandgemisch zu verfüllen. Alle technischen Sicherungssysteme müssen einen kraftschlüssigen Verbund der Baugrubensicherung gegen das Erdreich gewährleisten.

Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass Niederschlagswasser nicht ungehindert in den Zwischenraum zwischen Verbau und anstehendem Boden eindringen kann. Dies wird die bindigen Böden stark aufweichen, was zu Stabilitätsproblemen am Verbau und späteren Setzungsproblemen in den ehemaligen Leitungsgräben führen kann.

Verbaugeräte müssen für die auftretenden Erddruckbelastungen aus Bodeneigengewicht und Baustellenverkehr zugelassen sein.

Der Verbau darf nur beseitigt werden, soweit er durch das Verfüllen entbehrlich geworden ist. Das Entfernen des Verbaus sollte während der Herstellung der Leitungszone fortschreitend erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, dass durch die Verdichtung des Verfüllbodens eine satte Verbindung mit dem gewachsenen Boden der Grabenwand entsteht.

Im Übrigen sind die Maßgaben der Zulassung des gewählten Verbausystems und die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten.

15.3. Rückverfüllung der Arbeitsräume in Leitungsgräben

Der bindige Bodenaushub (Löß, Auffüllungen) wird aufgrund seiner bodenmechanischen Eigenschaften (z.B. Wassergehalt und hohen Wasserempfindlichkeit) ohne Verbesserungsmaßnahmen als nicht geeignet für die Rückverfüllung der Leitungsgräben eingestuft.

Generell sollte vorzugsweise entweder verdichtungsfähiges Fremdmaterial der Bodengruppen GW, SW, GU, SU eingebaut werden oder alternativ eine Bodenaufbereitung des bindigen Aushubs durch hydraulische Bindemittel vor Ort vorgenommen werden (z.B. über Schaufelseparatoren). Es wird ein Bindemittelanspruch von ca. 2-3 Gew% abgeschätzt (40-60kg/m³).

Die Verfüllung der Leitungsgräben sollte entweder mittels Grabenwalze oder Anbaurüttelplatte verdichtet werden.

Lagenstärken von 20-25cm bei Einsatz von Grabenwalzen und 25-30cm bei Anbaurüttelplatten dürfen nicht überschritten werden.

Die Leitungsgräben sind auf eine Proctordichte von mindestens $D_{Pr} \geq 98$ % bis 1m u. Erdplanum der Straße zu verdichten. Darüber sind 100% Proctordichte nachzuweisen.

Die Leitung sollte generell gemäß den Hinweisen für das Verfüllen von Leitungsgräben gem. ZTVE-StB 17 bzw. ZTVA – StB 12 bis ca. 20 cm über Rohrscheitel vorzugsweise mit Böden der Gruppe G1 (Sand-Kies-Gemische) überdeckt werden. In der Leitungszone wird die Verlegung eines Geotextils (GRK 3,

Flächengewicht > 200g/m²) zum Trennen und Filtern empfohlen.

Die Verfüllung inkl. Verdichtung ist gemäß DIN EN 1610 auszuführen. Die in der statischen Berechnung für die Rohre angenommenen Randbedingungen sind dabei zu beachten.

15.4. Leitungsbettung

Unterlagen zu geplanten Verlegetiefen von Leitungen liegen nicht vor. Es wird eine Sohltiefe der Entwässerungsleitungen von ca. 2,5 - 4m u. GOK bei einer Einbettung der Rohrleitung gem. Typ1 DIN EN 1610 angenommen.

Hierbei steht im Planum vorwiegend der gering tragfähige, kaum verdichtbare Löß (L) an.

Im Bereich der Aushubsohle wird hier deshalb ein Bodenaustausch gegen Mineralbeton (Sand-Splitt-Schotter-Gemisch alternativ Böden der Bodengruppe GW nach DIN 18196 oder vergleichbar) empfohlen.

Es wird derzeit von einer erforderlichen Austauschstärke von 20cm ausgegangen. Art und Umfang der Bodenaustauschmaßnahmen sollten mit den Geotechnischen Sachverständigen im Rahmen der Baumaßnahmen je Haltung/Leitungsstrang vor Ort abgestimmt werden.

Die Maßgaben der DIN EN 1610 und des Merkblattes ATV-DVWK – A127 sind zu beachten.

16. Verkehrsflächen

16.1. Frostsicherheit

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II. Der Untergrund im Erdplanum ist überwiegend der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen.

Gemäß RStO 12, Tabelle 6 ist bei Zugrundelegung der Belastungsklasse von Bk1,0 ein Ausgangswert des frostsicheren Gesamtaufbaus von 60cm für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 erforderlich.

Die örtlichen Verhältnisse sind gem. RStO-12, Tab. 7 wie folgt zu bewerten:

Tabelle 5: Ermittlung der Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse

	Örtliche Verhältnisse	
Frosteinwirkung	Zone II	+5cm
Kleinräumige Klimaunterschiede	keine besonderen Klimaeinflüsse	0cm
Wasserverhältnisse	Kein Grund und Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5m unter Planum	0cm
Lage der Gradiente	geländegleich	0cm
Entwässerung der Fahrbahn / Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Mulden, Gräben und Böschungen	-5cm

Damit ergibt sich eine rechnerisch erforderliche Gesamtstärke des frostsicheren Aufbaus unter Einbeziehung der groß- und kleinklimatischen Verhältnisse sowie der baulichen Randbedingungen und Wasserverhältnisse für den Belastungsklasse Bk1,0 bis BK3,2 von mindestens 60cm.

16.2. Tragfähigkeit des Erdplanums

16.2.1. Ausgangssituation

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Rammsondierungen sowie den bohrtechnischen Ergebnissen der Rammkernsondierungen werden im Bereich der Erdplanie durchgehend unzureichende Tragfähigkeiten vorliegen.

Insbesondere der verdichtungsunwillige, stark bindige Löß im Bereich des zukünftigen Erdplanums bedingt in der Regel eine erheblich eingeschränkte Tragfähigkeit. Der nach RStO-12 geforderte Verformungsmodul im statischen Lastplattendruckversuch von E_{V2} > 45 MN/m² bei einem Verdichtungsverhältnis von Ev_2/Ev_1< 2,5 wird hier durch konventionelle Erdbaumaßnahmen allein nicht erreichbar sein.

Nachfolgend werden Angaben zu zwei Varianten für die Sicherstellung eines ausreichend tragfähigen Unterbaus der Verkehrswege gemacht.

16.2.2. Bodenaustausch

Die Tagfähigkeit des Erdplanums kann über einen Bodenaustausch sichergestellt werden. Als Austauschmaterial ist ein weit gestuftes Kies-Sand-(Stein)-Gemisch (Bodengruppe GW nach DIN 18196 z.B. Schotter 0/56, 0/63 in Verbindung mit Felsklein z.B. Körnung 0/120) einzusetzen und auf $D_{Pr} \geq 100\%$ zu verdichten.

In Anbetracht der vorliegenden Ergebnisse wird derzeit davon ausgegangen, dass ein Bodenaustausch in ca. 35 cm Gesamtstärke erforderlich werden wird.

Im Erdplanum sollte zum Trennen und Filtern ein Geotextil GRK3 mit mind. 300g/m² Flächengewicht verlegt werden.

Bei Rückgriff auf frostsicheres Bodenaustauschmaterial kann der frostsichere Gesamtaufbau des Straßenkoffers um 10cm reduziert werden.

Der Umfang des Bodenaustauschs sollte durch ein Probefeld im Rahmen der Baumaßnahme wirtschaftlich optimiert werden.

16.2.3. Bodenverbesserung

Alternativ kann für die Ertüchtigung der örtlichen Böden eine hydraulische Bodenverbesserung angewandt werden.

Es wird ein Bindemittelanspruch von rund 3-4Gew.-% bei einer Frästiefe von 30cm (i.e. ca. 18 - 24kg/m²) abgeschätzt.

Als Bindemittel werden entweder ein geeignetes Fertiggemisch (z.B. Bodenbinder 700 Fa. Schwenk) oder ein Mischbindemittel aus einem Teil Zement und zwei Teilen Weißfeinkalk empfohlen.

Die erforderliche Kalkzugabe ist abhängig vom Wassergehalt der örtlich anstehenden bindigen Böden. Je Prozent Wassergehalt über dem optimalen Wassergehalt können zusätzlich ca. 1Gew.-% Bindemittel erforderlich werden.

Bei Anwendung einer qualifizierten Bodenverbesserung (Bindemittelgehalt über 3 Gew%) ist zu beachten, dass im Planum dann ein Vorformungsmodul von Ev_2 = 70MN/m² nachzuweisen ist. Der frostsichere Aufbau kann auch hier um 10 cm reduziert werden, wenn durch die Bodenverbesserung zusätzlich die Frostempfindlichkeitsklasse von F3 auf F2 abgesenkt wird. Hierzu ist neben der erforderlichen Tragfähigkeit zusätzlich auch die einaxiale Druckfestigkeit von 0,5

MN/m² (siehe ZTVE-StB 17, Kapitel 12.4.3.1) nachzuweisen. Dies setzt vor Ausschreibung der Baumaßnahmen in der Regel gesonderte Eignungsversuche voraus.

Durch Anlage eines geeigneten Probefelds im Rahmen der Baumaßnahme sollten die erforderlichen Parameter zur Bodenverbesserung, Anzahl der Übergänge mit dem Verdichtungsgerät, Bindemittelgehalt, Frästiefe etc. festgelegt werden.

Generell ist festzuhalten, dass die Menge der Kalkzugabe und der Aufwand zur Herstellung einer Stabilisierungsschicht zum einen sehr witterungsabhängig ist. Zum anderen können aufgrund der schwankenden Wassergehalte der bindigen Böden im Untersuchungsgebiet lokal erhöhte Aufwendungen erforderlich werden. Im Übrigen wird auf die Angaben des FGSV Merkblatts für Bodenverbesserungsarbeiten [21] hingewiesen.

17. Bewertung Versickerungsfähigkeit

17.1. Grundlagen

Prinzipiell stehen nach DWA-A 138 fünf verschiedene Grundverfahren zur Verfügung, anfallendes Regenwasser zu versickern. Diese sind:

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Rigolenversickerung
- Rohrversickerung
- Schachtversickerung

Die Wahl der Versickerungsmethode ist durch mehrere Faktoren bestimmt. Eine Auswahl der wichtigsten Einflussgrößen soll hier kurz gegeben werden:

(a) Durchlässigkeit der anstehenden Böden

(b) Grundwasserflurabstand

(c) Menge des zu versickernden Wassers

(d) Morphologie des Geländes

(e) Platzbedarf der Versickerungsanlage etc.

Aufgrund der unter a) bis e) beschriebenen Einflussgrößen kommen in der Regel Mischformen, wie kombinierte Rohr- und Rigolenversickerung, Flächen und Rigolenversickerung etc. zur Anwendung, um die erforderliche hydraulische Leistung der Versickerungsanlage zu gewährleisten.

Im Zuge der Planung von Versickerungsanlagen ist zudem immer zu prüfen, ob durch Bau und Betrieb einer Versickerungsanlage benachbarte bauliche Anlagen betroffen sein können oder gar die Belange Dritter berührt werden. Probleme können insbesondere durch Vernässung ehemals trockener Keller, Fremdwasseranfall in Entwässerungssystemen, Wasseraustritte an tieferliegenden Punkten im Gelände, Suffosion und dergleichen mehr im Umfeld der Anlagen erwachsen. Eine direkte Einleitung von Niederschlagswasser in das Grundwasser ist prinzipiell nicht zulässig. Allgemein ist ein Grundwasserflurabstand zwischen der Unterkante der Versickerungsanlage und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand von mind. 1 m einzuhalten (Flächen-, Mulden, Rigolen und Rohrversickerungssysteme). Bei Schachtversickerungssystemen soll ein Abstand von 1,5m nicht unterschritten werden (DWA-A 138, Abschnitt 3.3.5). Ziel dieser Vorgaben ist es eine hohe Reinigungsleistung vor Eintritt des Niederschlagswassers in das Grundwasser zu gewährleisten. Damit wird klar, dass Flächenversickerungssysteme prinzipiell eine höhere Reinigungsleistung als Rigolen- oder gar Schachtversickerungssysteme besitzen.

Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich liegt gem. DWA-A 138 bei einer Durchlässigkeit von ca. 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s. Kleinere Durchlässigkeiten stauen die Versickerungsanlagen lange ein. Es bilden sich anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Bodenzone aus, die das Reinigungs- und Retentionsvermögen der belebten Bodenzone ungünstig beeinflussen. Bei größeren Durchlässigkeiten als 1×10^{-3} m/s ist davon auszugehen, dass das Niederschlagswasser nahezu unfiltriert und ungereinigt in das Grundwasser übertritt, somit die Vorgaben des Wasserhaushaltsgesetzes zum nachhaltigen Schutz der Grundwasserqualität nicht erfüllt werden. Hier wären dann geeignete Filteranlagen zu planen und zu unterhalten.

Als weitere maßgebliche Komponente zur Bewertung der Eignung der örtlichen Böden für die Errichtung von Versickerungsanlagen ist die dauerhafte

Leistungsfähigkeit des Sickerraums in Bezug auf die Stabilität des Korngerüsts einerseits und auf das erforderliche Rückhaltevermögen andererseits zu bewerten.

17.2. Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Durch die drei durchgeführten Versickerungsversuche in situ wurden Durchlässigkeiten von im Bereich von 10^{-7} bis 10^{-8} m/s ermittelt. Eine Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser kann somit nicht empfohlen werden.

18. Zusammenfassung und Empfehlungen

18.1. Zusammenfassung

Grundwasser im Sinne eines zusammenhängenden Stockwerks wurde in keinem Aufschluss aufgeschlossen. Geringer temporärer Schichtwasseranfall ist möglich.

Die orientierende abfallrechtliche Untersuchung ergab für die anthropogenen Auffüllungen und natürliches Lockermaterial eine Einstufung als Z0 nach Eckpunktepapier.

Im Rahmen des Rohrleitungsbaus sind in der Sohle des Rohrauflagers Austauschmaßnahmen notwendig

Der örtliche, bindige Bodenaushub (A und L) ist nur nach Aufbereitung für die Rückverfüllung der Leitungsgräben geeignet.

Anhand der Aufschlussergebnisse ist davon auszugehen, dass die Vorgaben an die Tragfähigkeit im Erdplanum der Verkehrsflächen nicht erzielt werden. Hier sind daher weiterführende Maßnahmen zum Erreichen der erforderlichen Tragfähigkeiten erforderlich. Es wird eine qualifizierte Bodenverbesserung durch hydraulische Bindemittel oder ein Bodenaustausch empfohlen.

Die örtlichen Böden sind im Sinne der technischen Vorgaben für Versickerungsanlagen als nicht versickerungsfähig zu beurteilen.

18.2. Empfehlungen

Die Aussagen des Gutachtens beziehen sich auf den bei Erstellung des Gutachtens den Unterzeichnern bekannten Planungsstand. Bei Änderungen ist der geotechnische Gutachter zur Neubewertung der im Gutachten getroffenen Aussagen hinzuzuziehen.

Die Baugrunduntersuchungen basieren auf stichprobenartigen, punktuellen Aufschlüssen und Probenahmen, so dass lokale Abweichungen von den beschriebenen Verhältnissen möglich sind.

In Anlage 3 wurden die Ergebnisse in Form eines geotechnischen Geländeschnitts zusammengefasst. Hier werden Angaben zur vermuteten Verteilung der unten beschriebenen Schichtglieder gemacht, die auf Interpolation zwischen den Aufschlüssen und auf Erfahrungen beruhen. Die gemachten Angaben sollten daher im Zuge der Bauausführung durch den geotechnischen Sachverständigen überprüft und bestätigt werden.

Dipl.-Geogr. M. Hofer
PeTerra GmbH

Dipl.-Ing. N. Oehler
PeTerra GmbH

Verteiler: **- gedruckt Hr. Udo Jakubczyk (2-fache Ausfertigung)**
- elektronisch arc.grün landschaftsarchitekten.stadtplaner.gmbh

Urheberrechtliche Hinweise

Das vorliegende Gutachten einschließlich aller Anlagen darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Erstellers weder im Gesamten noch auszugsweise veröffentlicht, vervielfältigt oder geändert, noch für ein anderes Vorhaben genutzt werden, als für das, das auf dem Deckblatt bzw. Plankopf ausgewiesen ist.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.