

BAUGRUNDGUTACHTEN (GEOTECHNISCHER BERICHT)

- Bauvorhaben : **Erschließung eines Wohngebietes**
„Auf der Pferdekoppel“
Wanderslebener Straße
Drei Gleichen OT Mühlberg
- Auftrags-Nr. : B20-224
- Auftraggeber : Gemeinde Drei Gleichen
OT Wandersleben
Schulstraße 1
99869 Drei Gleichen
- über : Planungsgruppe 91 Ingenieurgesellschaft
Jägerstraße 7
99867 Gotha



Geschäftsführer
Dipl.-Geol. Wedekind, U.



Bearbeiter
Dipl.-Geol. Bsteh, R.
Durchwahl 21 69 65 2

Erfurt, den 4. November 2020

Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINES	3
1.1	VORGANG	3
1.2	STANDORT & BAUBESCHREIBUNG	4
2	FESTSTELLUNG	5
2.1	ALLGEMEINES	5
2.2	GEOLOGISCHE SITUATION	5
2.3	BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	8
2.4	HYDROLOGISCHE VERHÄLTNISSE	13
3	GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN	15
3.1	BAUGRUNDEIGNUNG	15
3.2	EINTEILUNG DER ERDSTOFFE IN HOMOGENBEREICHE GEMÄß VOB/C 2019	17
3.3	EMPFEHLUNGEN ZUR GRÜNDUNG	19
3.4	WASSERHALTUNGSMAßNAHMEN UND BAUWERKSABDICHTUNG	25
3.5	TECHNISCHE HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG	26
4	BERATUNG/BAUBEGLEITUNG/BAUÜBERWACHUNG	28
5	BERECHNUNG	30
6	SCHLUSSBEMERKUNGEN	31

Anlagenverzeichnis

A 1	Aufschlussplan
A 2	Aufschlussprofile
A 3	Ergebnis Erdstoffprüfung zzgl. Wassergehalt
A 4	Ergebnis Korngrößenverteilungen zzgl. Wassergehalt
A 5	Einteilung der Erdstoffe in Homogenbereiche

1 Allgemeines

1.1 Vorgang

Im August 2020 wurde dem INGENIEURBÜRO FÜR BAUGRUND JACOBI der Auftrag für Baugrunduntersuchungen in Dreigleichen, OT Mühlberg erteilt. Dabei sollten ein Gutachten erstellt und Laboruntersuchungen durchgeführt werden.

Grundlage des Auftrags war das Angebot K20-397 vom 05.08.2020 mit dem darin enthaltenen Leistungsumfang. Aufgrund von Tierbestand am 16.09.2020 auf dem Baufeld mussten die Untersuchungen unterbrochen werden. Diese wurden am 30.09.2020 fortgesetzt. Die Sondierung RKS 3 musste aufgrund von Bohrhindernissen mehrfach umgesetzt werden

Neben den einschlägigen Vorschriften und Richtlinien standen für die Ausarbeitung des Gutachtens folgende Unterlagen zur Verfügung:

- U 1 Auftrag vom August 2020
- U 2 Lageplan vom Juni 2020
- U 3 12 Schichtenverzeichnisse der am 16. Und 30.09.2020 abgeteuften Rammkernsondierungen
- U 4 Geologische Karte (GK25), Maßstab 1:25.000
- U 5 Ingenieurgeologische Karte der Auslaugungserscheinungen, Maßstab 1:100.000
- U 6 Hydrologische Karte Deutschlands, Maßstab 1:200.000 (HÜK 200) bzw. das landesweite Strömungsmodell im Maßstab 1:50.000 (HK 50)
- U 7 Hintergrundwerte im Grundwasser von Deutschland (HGW) (BGR, 2014-2020)
- U 8 Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (2020) Geoproxy Kartenauszug (GDI-Th): Orthofoto, Liegenschaftskarte, DGM, Schutzgebietskarte, URL: http://www.geoproxy.geoport-th.de/geoclient/start_geoproxy.jsp

Der Plan [U2] war Grundlage unseres Kostenangebotes und der Festlegung der Bohrpunkte.

1.2 Standort & Baubeschreibung

In Mühlberg ist die Erschließung eines Wohngebietes geplant. Das Gebiet befindet sich im nördlichen Teil des Ortes. Das Gelände, derzeitiges als Pferdekoppel genutzt, zeigt ein sehr leichtes Gefälle in nördliche Richtung.

Das Gebiet soll verkehrs- sowie leitungstechnisch über die Wanderslebener Straße sowie die Töpfergasse erschlossen werden. Es sind derzeit 15 Baugrundstücke für 15 Einfamilienhäuser geplant.

Das Bauvorhaben wird, aufgrund der ungünstigen Baugrundverhältnisse, der Geotechnischen Kategorie 2 (GK2, mittlerer Schwierigkeitsgrad) zugeordnet.

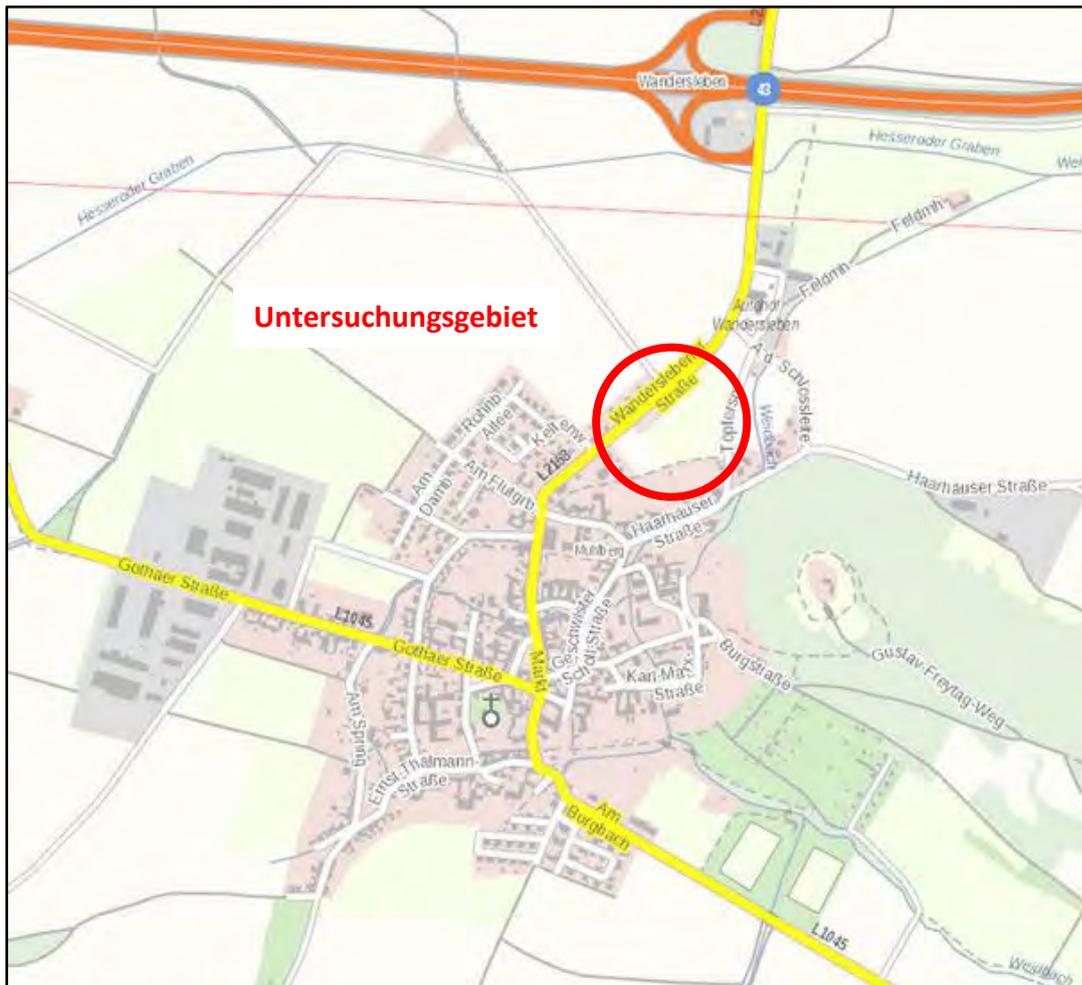


Abbildung 1: Lageübersicht des Untersuchungsgebietes (eingenordet, ohne Maßstab; ©GDI-Th).

2 Feststellung

2.1 Allgemeines

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden am 16. und 30.09.2020 12 Rammkernsondierungen (RKS) für die Erschließung durchgeführt. Dabei wurden die RKS mit einem Durchmesser von $d = 60$ bis 36 mm bis in Tiefen von $0,4$ bis $5,8$ m unter Oberkante (OK) vorhandenes Gelände abgeteuft. Die aufgeschlossenen Bodenschichten wurden in Anlehnung an die DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689 ingenieurgeologisch angesprochen. Es sind gestörte Bodenproben entnommen worden.

Die Aufschlusstiefe der Rammkernsondierungen wurde durch die Dichte/Festigkeit des Untergrundes, bzw. Steine und Blöcke im Untergrund begrenzt.

Die Ansatzpunkte der Sondierungen sind im Aufschlussplan Anlage A 1 dargestellt.

Als lokales Höhensystem gilt die Oberkante (OK) Kanaldeckel auf der Töpfergasse mit $277,23$ m ü. NHN.

Die Höhenkoten dienen ausschließlich dem höhenmäßigen Vergleich der Aufschlüsse untereinander und sind nicht im Sinne einer Ingenieurvermessung, z.B. für Planungszwecke, zu verwenden.

2.2 Geologische Situation

Der Standort befindet sich im zentralen Teil des Thüringer Beckens. Dieses wird von einer weitspannigen Keupermulde gebildet. Südlich von Mühlberg wird diese von einer langgestreckten Störungszone durchlaufen, die von Nordwest nach Südost streicht. Das Bebauungsgebiet befindet sich nördlich dieser Störung, im Bereich der triassischen Festgesteine des Mittleren Keupers, der Grabfeld Formation (kmGr).

Die Grabfeldformation besteht aus Tonmergelsteinen und Tonschluffsteinen von dunkelgrauer, schwarzblauer, hellgrauer, rotbrauner und violettroter Färbung. Einlagerung von oberflächennah

vergipsten und z.T. subrodierten Anhydritstein kommen vor. Lagen von plattigen bis bankigen, weißgrauen, graublauen bis grünlichen Dolomitmergelstein kommen vor.

Im Bereich der Schloßleite ist der Steinmergelkeuper (Arnstadt Formation, kmA) aufgeschlossen. Dieser besteht aus grauen bis rotbraunen Tonmergelstein und Tonschluffstein in Wechsellagerung mit plattigen bis bankigen, weißgrauen, graublauen, grünlichgrauen und rotbraunen Dolomitmergelstein. Stark untergeordnet kommen feinkörnige bis mittelkörnige Sandsteine vor.

Überdeckt werden die Festgesteine durch weichselzeitliche Fließerde aus tonigen, sandige, grusigen Schluff und Schuttablagerungen (qwfl). Im Bereich von Flussläufen kommen fluviatile Ablagerungen (qhf) vor.

Die geologische Karte weist für das Baugebiet holozänen Travertin (qhTr) aus. Dieser setzt sich aus Grus und Sand mit bindigen Bestandteilen sowie porösen bis kavernösen Travertin zusammen. Die Ablagerungen sind bankig bis massiv und von weißer bis gelblicher Farbe.

Nach Norden schließen holozäne Abschwemmmassen (qhz) aus z.T. kiesigen und tonigen Schluffen und Sanden an. Limnische Ablagerungen des Holozäns (qhl) aus Schluff, Ton, Sand, Torf und Mudde schließen an.

Die Ingenieurgeologische Karte weist das Gebiet als B-b-II-1 im Übergang zu B-b-I-4 aus. Das bedeutet, dass sich das Gebiet im Übergangsbereich von einem Gebiet mit möglicher lokaler Bildung von Spalten und Hohlräumen zu einem Gebiet mit sehr weitspannigen, flachen und Bruchlosen Einsenkungen bei Gips-Tonstein-Wechsellagerung liegt.

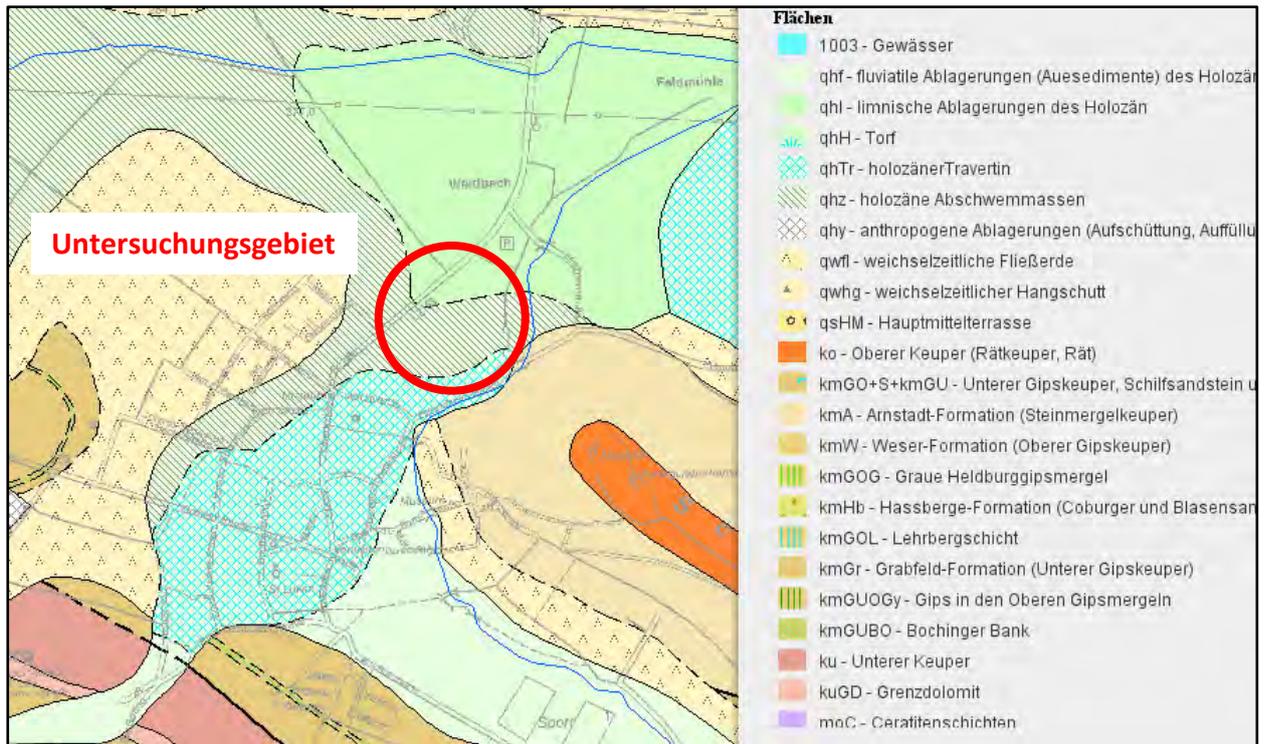


Abbildung 2: Übersicht Geologie (eingenordet, ohne Maßstab; ©TLUBN-Kartendienst).

Erdbebeneinwirkung

Das Baugelände befindet sich nach der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Bild NA.1 in keiner Erdbebenzone.

2.3 Baugrundverhältnisse

Der Baugrund lässt sich im Aufschlussbereich zusammenfassend als ein 5-Schichtsystem beschreiben.

Tabelle 1: Übersicht der Schichten.

Schicht	Kurzbeschreibung	Schichtuntergrenze [m u. GOK]	Aufschluss
1	Oberboden	0,3 bis 1,2	RKS 1, RKS 3 bis 11
2	Auffüllung	0,1	RKS 2
3	Travertin	≥ 0,3 bis 2,8	RKS 1 bis RKS 11
4a	Auelehm	≥ 3,0 bis 3,4	RKS 1, RKS 6
4b	Auekies	5,4	RKS 6
5	Tonstein, zersetzt	≥ 5,8	RKS 6

Bedingt durch das Aufschlussverfahren können die tatsächlichen Tiefen von den gemessenen Tiefen abweichen. Naturbedingt kann der Schichtverlauf im Untergrund Schwankungen unterworfen sein. Grundsätzlich gilt nach DIN 4020:2010-12 Abschn. 2.1.1: „Aufschlüsse in Boden und Fels sind als Stichproben zu bewerten. Sie lassen für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu [...].“

Detaillierte Angaben zur Bodenhauptart, Baugrundsichtung, Beimengungen, Beschaffenheit und Farbe können den Bohrprofilen in Anlage A 2 entnommen werden.

Für die Einteilung und Bewertung der Erdstoffe wurden Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 sowie die Zustandsgrenzen nach DIN 18122 herangezogen. Die genauen Ergebnisse sind der Anlage A 3 und A4 zu entnehmen.

Schicht 1: Oberboden

Als Geländedeckschicht steht mit Ausnahme von RKS 2 ca. 0,3 m mächtiger durchwurzelter **Oberboden** an. Am Ansatzpunkt RKS 4 ist dieser 1,2 m mächtig und umgelagert. In Abhängigkeit der Vornutzung der Fläche ist dieser ggf. anthropogen an weiteren Stellen umgelagert.

Tabelle 2: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 1: Oberboden.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Oberboden (Mutterboden) Schluff, tonig, sandig, schwache organische Beimengungen Fremdstoffe: Einzelfunde an Ziegelbruch
Bodengruppen (DIN 18196)	[OU], OU
Färbung	graubraun, braun, dunkelbraun
Plastizität	leichtplastisch
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	-
Konsistenz	steif
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	groß
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F 3
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	-
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	-
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	$\leq 10^{-5}$ m/s

^A kann in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, Kornverzahnung und dem Feinkornanteil weiter variieren

Schicht 2: Auffüllung

Als Deckschicht wurde durch die Sondierung RKS 2 eine **Auffüllung** mit Dicken von 0,1 m angetroffen. Auffüllungen waren auf dem Gelände in Form von Bodenmieten im Bereich der Neubebauung im Bereich der Wanderslebener Straße vorhanden.

Es ist nicht auszuschließen, dass Bauwerksreste, Betonbruch oder ähnliches in den aufgefüllten Bereichen vorliegen. Diese wurden jedoch bei der Erkundung nicht angetroffen.

Örtlich sind durchaus tiefer aufgefüllte Bereiche und kleine Hohlräume möglich. Im Bereich von Leitungen oder Kanälen sind tiefer aufgefüllte Bereiche zu erwarten.

Die Auffüllungen sind als nicht tragfähig zu charakterisieren.

Tabelle 3: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 2: Auffüllung.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Auffüllung Kies, sandig, steinig
Bodengruppen (DIN 18196)	[GW]
Färbung	grau
Plastizität	-
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	locker
Konsistenz	-
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	gering
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F 1
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	V 1
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	G 1
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	$5 \cdot 10^{-5}$ m/s bis 10^{-3} m/s

^A kann in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, Kornverzahnung und dem Feinkornanteil weiter variieren

Schicht 3: Travertin

Unterhalb des Oberbodens folgen Ablagerungen aus **Travertin**. Diese setzen sich aus kalkigen Schluff-Sand-Gemischen zusammen. Vereinzelt kommen Steine und Blöcke aus Travertin vor und sind ungleichmäßig verteilt. In die sandigen Travertinablagerungen sind tonige Aueablagerungen aus der Schicht 4 und teils organikreiche Sedimente eingeschaltet.

Die Kornzusammensetzung ist dabei über die Baufeldfläche erheblichen Schwankungen unterworfen. Mit Aushuberschwernissen durch Steine, Blöcke oder Bänke muss gerechnet werden.

Mit vereinzelt und kleinen Hohlräumen muss im Travertin gerechnet werden.

Bedingt durch das Aufschlussverfahren sind Bestandteile/Körner mit einem Durchmesser > 36 mm bzw. > 60 mm (Rammkernsondierung) nicht erfasst. Das Vorkommen von Steinen und Geröllen ist wahrscheinlich.

Tabelle 4: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 3: Travertin.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Travertin Sand, schluffig bis stark schluffig, schwach kiesig; Schluff und Sand, schwach kiesig; Kies, sandig, schwach schluffig bis schluffig; Schluff, tonig, organisch; Einschaltungen von Aueablagerungen (Schicht 4) Einlagerung von Steinen, Blöcken und Travertinbänken
Bodengruppen (DIN 18196)	TL, TL-TM, SU*, SU, GU, GU*
Färbung	dunkelgrau, grau, weißgrau, weiß, gelb, graubraun, beigebraun, schwarz
Plastizität	leicht-, mittel-, ausgeprägt plastisch
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	locker bis mitteldicht (SU*, SU, GU, GU*)
Konsistenz	steif (TL-TM)
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	mittel bis groß
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	überwiegend F 3
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	V2 bis V 3
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	G 3 bis G 4
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	10^{-9} m/s bis 10^{-5} m/s

^A kann in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, Kornverzahnung und dem Feinkornanteil weiter variieren

Schicht 4: Aueablagerungen

Unterhalb und teils innerhalb der Travertinablagerungen wurden **Auesedimente** in Form von Lehmen und Kiesen durch die Bohrungen RKS 1 und RKS 6 angetroffen. Diese werden in 2 Schichten Auelehm (Schicht 4a) und Auekies (Schicht 4b) unterteilt. Die Kiese sind wasserführend. Es ist davon auszugehen, dass die Schichten in Wechsellagerung miteinander sowie mit anderen Schichten vorliegen. Mit gespanntem Grundwasser ist zurechnen.

Bedingt durch das Aufschlussverfahren sind mögliche Stein- und Blockanteile im Kies nicht erfasst, diese sind erfahrungsgemäß zu erwarten.

Tabelle 5: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 4a: Auelehm.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Auelehm Schluff, sandig, tonig, teils schwach kiesig bis kiesig
Bodengruppen (DIN 18196)	TL-TM
Färbung	braun
Plastizität	leicht- bis mittelplastisch
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	-
Konsistenz	weich bis steif
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	groß
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F 3
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	V 3
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	G 4
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	10^{-8} m/s bis 10^{-6} m/s

^A kann in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, Kornverzahnung und dem Feinkornanteil weiter variieren

Tabelle 6: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 4b: Auekies.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Auekies Kies, sandig, schwach schluffig bis schluffig
Bodengruppen (DIN 18196)	GU, GU*
Färbung	dunkelbraun, braun
Plastizität	-
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	mitteldicht
Konsistenz	-
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	gering
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F 2 bis F 3
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	V1 bis V 2
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	G 2 bis G 3
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	10^{-8} m/s bis 10^{-4} m/s

^A kann in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, Kornverzahnung und dem Feinkornanteil weiter variieren

Schicht 5: Tonstein, zersetzt

Die Festgesteine Keupers, in Form des **Tonsteins**, wurden nur in Bohrung RKS 6 bis zur Endteufe von 5,8 m angeschnitten.

Oberhalb liegen sie in einem zersetzten bis verwitterten Zustand vor. Nach unten nimmt der Grad der Verwitterung rasch ab.

Tabelle 7: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 5: Tonstein, zersetzt.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Tonstein zersetzt
Kurzform (DIN 4023:2006-02); Bodengruppe (DIN 18196:2011-05)	Tst, Zv
Färbung	grau
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	-
Konsistenz	fest
Plastizität	mittelplastisch
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	gering bis mittel
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F 3
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	V 2 ^B bis V3
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	G 3 bis G 4 ^B
Veränderlichkeit in Wasser (DIN EN 14689-1)	veränderlich - stark veränderlich, Grad 3 - 4
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	$5 \cdot 10^{-10}$ m/s bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s

^A kann in Abhängigkeit von der Klüftigkeit bzw. dem Porenvolumen weiter variieren

^B Auf entsprechende Korngrößenverteilung und ggf. notwendige Brechung des Materials ist zu achten.

2.4 Hydrologische Verhältnisse

Grundwasser wurde durch die Bohrung RKS 6 in einer Tiefe von 3,24 m unter Geländeoberkante (GOK) angetroffen. Dies entspricht einer Höhe von 275,01 m ü. NHN. Das Grundwasser lag zum Zeitpunkt der Geländearbeiten in leichtgespannten Verhältnissen vor.

Die Hydrogeologische Übersichtskarte (HÜK 200) bzw. das landesweite Strömungsmodell im Maßstab 1:50.000 (HÜK 50) gibt einen berechneten Mittleren Grundwasserflurabstand von ≤ 2 m an. Des Weiteren kann der Grundwasserflurabstand erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen.

Oberhalb des Grundwassers ist in jeder Tiefenlage, örtlich und zeitlich begrenzt, mit Schichten- oder Stauwasserbildungen zu rechnen. Der Andrang ist abhängig von den Niederschlagsverhältnissen.

Der Bereich liegt außerhalb eines Trinkwassereinzugsgebietes. Das Grundwasser ist am Standort als „Gewässer mit normalen Schutzbedürfnissen“ einzuordnen.

Aus hydrologischer Sicht bestehen gegen den ausgewählten Standort für eine Bebauung keine Bedenken.

Versickerungsversuch und Siebungen

Die Sondierungen RKS 3 und RKS 9 wurden zum Versickerungsversuch im Bohrloch ausgebaut. Bis in eine Tiefe von 1,2 konnte in der Sondierung RKS 9 ein Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $> 3,4 \times 10^{-3}$ m/s bestimmt werden. Tiefer als 1,2 m u. GOK fand innerhalb von 30 min keine Versickerung statt.

Im Bohrloch der Sondierung RKS 3 wurde ein Durchlässigkeitsbeiwert k_f von $> 3,3 \times 10^{-5}$ m/s bestimmt.

Durch Siebung wurden die folgenden Durchlässigkeiten nach USBR/Bialas bestimmt:

Tabelle 8: Durchlässigkeiten abgeleitet aus Siebungen.

Sondierung	Probe	Tiefe [m]	Durchlässigkeit [m/s]
RKS 3	P 3.1	0,6-1,	$7,2 \times 10^{-5}$
RKS 5	P 5.1	1,6-2,2	$9,3 \times 10^{-7}$
RKS 9	P 9.1	0,5-1,5	$4,4 \times 10^{-7}$

Versickerungsfähigkeit

Der Mittlere Höchste Grundwasserstand (MHGW) wird mit 2,0 m u. GOK angenommen. Bei einem Mindestabstand von 1 m stehen folglich nur der oberste Meter für eine Versickerung zur Verfügung.

Die Wasseraufnahme- bzw. Versickerungsfähigkeit des Bodens ist in den überwiegend sandigen Partien der Travertinablagerungen (Schicht 3) gut. In Bereichen mit überwiegend bindigen Bestandteilen ist die Versickerungsfähigkeit eingeschränkt. Schluffdominierte Lagen fungieren als Wassergeringleiter und führen in einem unbekanntem Maße dazu, dass eine Versickerung komplett verhindert werden kann.

Die Siebungen bestätigen die Ergebnisse der Sickerversuche. Es ist davon auszugehen, dass die Durchlässigkeit mit der Tiefe schnell in der Schicht 3 (Travertin) abnimmt. Des Weiteren ist diese im Baufeld sehr unterschiedlich.

Dezentral kann eine Versickerung nur über Mulden erfolgen. Für Versickerungsschächte oder Rigolen ist der notwendige Abstand von 1 m zum MHGW sowie eine frostsichere Einbindtiefe von 0,8 m nicht gegeben. Aufgrund der Inhomogenität des Travertin kann es zu starken Überdimensionierungen bei der Berechnung von Rigolen kommen.

Aus diesen Gründen empfehlen wir eine direkte Einleitung des Regenwassers in einen Kanal oder den Vorfluter. Die Einleitung kann durch eine Zentrale Versickerungsanlage/Regenrückhaltung mit Drosselabfluss erfolgen.

Beton- und Stahlaggressivität

An dem Standort konnten keine Proben zur Wasseranalyse genommen werden, da aufgrund der Schicht 3 das Bohrloch direkt zugefallen sind.

Anhand der Karte für Hintergrundwerte im Grundwasser (HGW) 1:250.000 sind am Standort Sulfatkonzentrationen von 89,3 mg/l (50 Perzentil) bis 583 mg/l (95 Perzentil) möglich. Dies entspricht der Expositionsklasse für Betonaggressivität \leq XA 1. Das bedeutet, das Grundwasser ist nicht bis schwach Beton angreifend.

3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen

3.1 Baugrundeignung

3.1.1 Eignung als Standort

Der Standort ist für die vorgesehene Bebauung aus baugrundtechnischer Sicht unter Berücksichtigung folgender erschwerender Bedingungen geeignet:

- Wasserempfindlichkeit der Schichten (Tone)
- geringe Tragfähigkeit der anstehenden Auelehme
- nicht auszuschließende Stauwasserbildungen
- Anschnitt von Schicht-/Grundwasser möglich
- mögliche Wasserhaltung
- ggf. benötigter Verbau (Kanalbau)
- Steine, Blöcke und Bänke von Travertin

3.1.2 Eignung der Baugrundsichten zur Gründung

Tabelle 9: Eignung der Baugrundsichten zur Gründung.

Schicht	Kurzbeschreibung	Eignung als Gründungsschicht
1	Oberboden	nicht geeignet
2	Auffüllung	nicht geeignet
3	Travertin	<u>bedingt geeignet</u> (Festigkeit und lastverteilendes Polster sind zu prüfen)
4a	Auelehm	<u>Ab einem mind. steifen Zustand geeignet</u> bzw. bei geringen Konsistenzen ggf. nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung
4b	Auekies	<u>geeignet</u>
5	Tonstein, zersetzt	<u>geeignet</u>

3.1.3 Lösbarkeit und Verwendbarkeit des Aushubes

Lösbarkeit

Für die Kalkulation der Erdarbeiten erfolgt neben der Einteilung in Homogenbereiche gemäß Abschnitt 3.2 die Einteilung der Erdstoffe und deren Lösbarkeit gemäß DIN 18300:2012-09.

Tabelle 10: Übersicht zu Boden-/ Felsklassen nach DIN 18300:2012-09.

Schicht	Bodenart	Boden-/ Felsklasse (DIN 18300:2012-09)
1	Oberboden	Bk. 1
2	Auffüllung	Bk. 3 ^{A,B}
3	Travertin	Bk. 3-4 ^B
4a	Auelehm	Bk. 4 ^B
4b	Auekies	Bk. 3
5	Tonstein, zersetzt	Bk. 6 ^{B,C}

^A Bauwerksreste u.a. in der Auffüllung sind getrennt nach Aufmaß abzurechnen.

^B Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit über 30 % Masseanteil an Steinen sowie Bodenarten mit höchstens 30 % Masseanteil an Blöcken der Korngröße über 200 bis 630 mm sind der Bodenklasse 5 nach Abstimmung mit dem Baugrundgutachter und nach Aufmaß zuzuordnen. Bodenarten mit über 30 % Masseanteil an Blöcken sind der Boden-/ Felsklasse 6 nach Abstimmung mit dem Baugrundgutachter und nach Aufmaß zuzuordnen.

^C Die Bodenklasse 6 beschreibt den Regelfall. Neben dieser kann in Horizonten, die eine erhöhte Festigkeit und eine Platten-/ Bankstärke von $\geq 0,3$ m aufweisen, eine Einstufung in die Bk. 7 erforderlich werden. Die Einstufung hat in Abstimmung mit dem Baugrundgutachter zu geschehen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es zu erschwerter Lösbarkeit des Travertins kommen kann.

Verwendbarkeit des Aushubs

- Der oberhalb anstehende **Oberboden** (Schicht 1) kann als Kulturboden wiederverwendet werden und ist ansonsten nur zur Geländeregulierung von unbelasteten Flächen geeignet.
- Die **Auffüllung** (Schicht 2), sofern fremd- und schadstofffrei, ist nur zur Geländeregulierung von unbelasteten Flächen geeignet. Die Erdstoffe und Auffüllungen sind ggf. entsprechend zu verwerten bzw. zu entsorgen
- Der **Travertin** (Schicht 3), die **bindigen Aueablagerungen** (Schicht 4) und der **Tonstein** (Schicht 5) sind im erdfeuchten steifen bis halbfesten bzw. zersetzten bis verwitterten Zustand zum Wiedereinbau im Bereich der Grabenhauptverfüllzone und als Bauwerkshinterfüllung geeignet. Aufgrund des teilweise hohen Feinkornanteils sind dünne Lagenstärken und knetend wirkende Verdichtungsgeräte (z.B. Schafffußwalze) für einen ausreichend dichten Einbau notwendig.
- Bei einer Verwendung des Materials als Bauwerkshinterfüllung sind eventuell auftretende Steine oder Blöcke, z.B. in Schicht 3 (Durchmesser > 63 mm) in dem Erdstoff im Vorfeld auszusortieren.

Bei einer Zwischenlagerung ist in jedem Fall darauf zu achten, dass die Erdstoffe ordnungsgemäß vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Um die Erdstoffe ordnungsgemäß einbauen zu können, empfehlen wir eine getrennte Lagerung voneinander.

Für einen fachgerechten Einbau sollten die Erdstoffe einen optimalen Wassergehalt besitzen. Um diesen zu erreichen, muss dem Aushub ggf. Wasser hinzugegeben bzw. entzogen werden.

3.2 Einteilung der Erdstoffe in Homogenbereiche gemäß VOB/C 2019

Für die Einteilung in Homogenbereiche wurden die aus unserer Sicht erforderlichen Laborversuche und Felduntersuchungen durchgeführt (gemäß Eurocode 7 und der

Länderanpassung durch die DIN 4020 sowie in Anlehnung an die aktuelle VOB/C). Weiterhin haben wir Erfahrungswerte sowie Kennwerte aus umliegenden Baumaßnahmen herangezogen.

Da der Massenanteil an Steinen und Blöcken nicht mittels Baggerschurf ermittelt wurde, beruht die Angabe lediglich auf Erfahrungswerten. Infolge dessen sind diese Angaben ohne Gewähr.

Die Erdstoffe wurden anhand Ihrer Eigenschaften in folgende Homogenbereiche i.A.a. DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten) und DIN 18320:2019-09 (Landschaftsbauarbeiten) eingeteilt:

Tabelle 11: Übersicht zur Einteilung der Homogenbereiche.

Schicht	Bodenart	Homogenbereich DIN 18300 (Erdarbeiten) ^A		Homogenbereich DIN 18320 (Landschaftsbauarbeiten) ^A
		Lösen und Laden	Einbauen und Verdichten ^B	
1	Oberboden	-	-	LA 1
2	Auffüllung	EA _{LL} 1	EA _{EV} 1 ^C	-
3	Travertin	EA _{LL} 2	EA _{EV} 2 ^C	-
4a	Auelehm	EA _{LL} 4	EA _{EV} 3	-
4b	Auekies	EA _{LL} 5	EA _{EV} 4	-
5	Tonstein, zersetzt	EA _{LL} 6	EA _{EV} 5 ^D	-

^A Homogenbereiche sind nach Festlegung der einzusetzenden Erdbaugeräte durch den Planer zu verifizieren.

^B Die Wiedereinbaufähigkeit ist abhängig von der Zuordnung nach LAGA M 20 im Hinblick auf den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz.

^C Organische Böden bzw. Böden mit Torfen sind für einen Wiedereinbau nicht geeignet

^D Tonstein mit erhöhten Gips-/ Anhydritbeimengungen sowie Gips/Anhydrit sind für einen Wiedereinbau in technischen Bauwerken nicht geeignet.

Die detaillierte Einteilung der Homogenbereiche mit Angabe der Eigenschaften und Kennwerte sowie der sich ergebenden Bandbreiten sind der Anlage A 5 zu entnehmen.

3.3 Empfehlungen zur Gründung

3.3.1 Leitungsbau

3.3.1.1 Freispiegelleitung und Trinkwasserleitung

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist die Verlegung der Freispiegelleitung in offener Bauweise vorgesehen. Angaben zur Verlegetiefe der Trinkwasserleitung liegen nicht vor, sodass von einer frostsicheren Mindestverlegetiefe von 1,2 m unter Gelände ausgegangen wird.

Bei den o. g. Verlegetiefe kommen die Leitungen i. d. R. im Bereich des Travertin (Schicht 3) zum Liegen. Bei Verlegetiefen von > 2,0 m unter Gelände ist mit Aueablagerungen (Schicht 4) zu rechnen.

Die Bettung der Leitungen sollte aufgrund möglicher, kleinräumig stark schwankender und teils hoher Steifigkeiten der Gründungssohle gemäß bzw. i. a. A. DIN EN 1610 als Bettung Typ 1 (Regelausführung) mit anzuordnender Bettungsschicht erfolgen. Aufgelockerte Partien sind nachzuarbeiten.

Es ist aufgrund von Travertinblöcken erhöhtem erdbaulichem Aufwand zu rechnen.

Stehen Lehme (Schicht 3 und 4a) mit geringer, d. h. schlechter als steifer Konsistenz an, so sind diese als Gründungsschicht nur in Verbindung mit einer min. 0,3 m starken Stabilisierungsschicht aus grobkörnigem Materialen (z. B. 0/45) mit Umhüllung aus einem kombinierten Geotextil oder min. einem Geovlies (GRK 3) unterhalb der einzubauenden Bettung geeignet. Ist die Sohle stark aufgeweicht, so ist vor Einbau des Bodenaustauschs eine Lage Grobschlag (z.B. Körnung 50/120) einzuarbeiten. Stehen locker gelagerte nichtbindige Erdstoffe an, so sind diese in der Sohle nachzuverdichten.

3.3.1.2 Schachtbauwerke

Bei der Gründung von Schächten ist darauf zu achten, dass diese auf einem Erdstoff mit annähernd gleichen Tragfähigkeitseigenschaften zu erfolgen hat. Nach den beschriebenen Baugrundverhältnissen wären dies der Travertin (Schicht 3) sowie die Aueablagerungen (Schicht 4).

Stehen unzureichend tragfähige Erdstoffe in sehr lockerer Lagerung oder weicher Konsistenz an, so empfiehlt es sich eine Stabilisierung der Gründungssohle durchzuführen. Dies kann bei locker gelagerten nichtbindigen Erdstoffen durch eine Nachverdichtung erfolgen. Bei Anstehen aufgeweichter bindiger Erdstoffe, empfiehlt sich die Anordnung eines min. 0,4 m starken Schotterpolsters/Bodenaustauschs (0/45).

Eine frostsichere Einbindung ist durch die Schachttiefen zu gewährleisten.

Die Hinterfüllung hat durch den lagenweisen Einbau eines gut verdichtungsfähigen, gemischtkörnigen bis bindigen Erdstoffes (z. B. Vorabsieb, Aushub Schicht 3 und 4) oder mittels Flüssigboden zu erfolgen, um Stauwasserbildungen zu unterbinden. Hierbei ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ einzuhalten. In Bereichen, in denen eine Oberflächenbefestigung auf der Hinter-/Verfüllung vorgesehen ist (z. B. Verkehrsflächen), ist auf UK Oberbau (= Erdplanum Verkehrsflächenaufbau) ein $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ unter Erreichung von $D_{Pr} \geq 98\%$ zu erzielen. Wird diese nicht erfüllt, kann nach Rücksprache mit dem Gutachter/Planer ein zusätzlicher Einbau von Schotter-, Kies- oder Betonrecyclingmaterial erfolgen.

3.3.1.3 Weitere allgemeingültige Angaben

Bei der Planung, Gestaltung und Ausführung zur Verlegung der o. g. Leitungen sind die Richtlinien der DIN 4124, DIN 18300, DIN 18307, DIN EN 805, DIN EN 1610, ZTV E-StB 17, ATV-DVWK-A 127, DWA-A 139, DVGW W 400 etc. zu beachten.

Die Grabensohlen sind vor Einbau der Bettungsschicht nachzuverdichten.

Im Bereich ggf. weicher Erdstoffe sind die Verdichtungsübergänge erst nach Einbau der Stabilisierungslage durchzuführen. Der Verdichtungsgrad der oberen Bettungsschicht muss mindestens dem der unteren Bettungsschicht entsprechen.

Die Grabensohlen sind zur Vermeidung schachtungsbedingter Auflockerungen mit ungezahnter Technik freizulegen bzw. bei Felsanschnitt sind die entsprechenden Partien bei Auflockerung durch das Lösen nachzuarbeiten.

Für den Bereich der **Kanal- und Leitungszone** (Raum zwischen Grabensohle und -wänden bis 0,15 m Höhe über Rohrscheitel) ist gering kompressibles, gut verdichtbares Material bzw. zugelassene Bodenarten nach DIN EN 805 und DIN EN 1610 und nach den Vorgaben der

jeweiligen Leitungsbetreiber zu verwenden. Es wird empfohlen als Baustoff ein Material mit einem Größtkorn von 20 mm einzubauen, wobei der Sandanteil überwiegen muss.

In der Leitungszone ist das Material beiderseitig der Leitung gleichzeitig lagenweise einzubauen und sorgfältig zu verdichten. Dabei ist darauf zu achten, dass die Leitung in ihrer Lage bleibt. Auch die Schachtbaugruben sind in gleicher Weise zu verfüllen. Der zu erreichende Verdichtungsgrad sollte $\geq 97 \% D_{Pr}$ bzw. $\geq 100 \% D_{Pr}$ (bei Lage des Rohrscheitel von ≤ 70 cm unter der Fahrbahn) betragen.

Oberhalb der Leitungszone, d. h. in der **Hauptverfüllzone** können die anfallenden Erdstoffe entsprechend Abschnitt 3.1.3 (ggf. mit Bodenverbesserungsmaßnahmen) oder anderweitig geeignete, gut verdichtbare Erdstoffe oder das zuvor genannte fließfähige Verfüllmaterial verwendet werden. Für Leitungsgräben ist eine lagenweise Verfüllung des Grabenbereiches mit einer geforderten Verdichtung von $\geq 95 \% D_{Pr}$ bei gemischtkörnigen und bindigen Böden und $\geq 98 \% D_{Pr}$ bei nicht bindigen Böden (tiefer 0,5 m unter Planum) bzw. $\geq 97 \% D_{Pr}$ bei gemischtkörnigen und bindigen Böden und $\geq 100 \% D_{Pr}$ bei nicht bindigen Böden (ab OK Planum bis 0,5 m unter Planum) zu erfüllen.

Zum Schutz der Rohre ist bis 30 cm über Rohrscheitel ein feinkörniges Material einzubauen und vorsichtig zu verdichten. Schwere Stampf- und Rüttelgeräte dürfen nach DIN EN 1610 erst oberhalb 1,0 m über dem Rohrscheitel (gemessen im verdichteten Zustand) eingesetzt werden.

Bei der Grabenverfüllung ist darauf zu achten, dass als Verfüllmaterial ein Erdstoff mit ähnlichen bodenmechanischen und Durchlässigkeitseigenschaften wie der umliegende Boden verwendet wird. Stauwasserbildungen sind zu vermeiden. Bei Lage der Leitungszone im Bereich bindiger Böden (z. B. Schicht 4a) und Verfüllung der Leitungszone mit nichtbindigen Böden, ist die Anordnung einer Drainage empfehlenswert. Alternativ kann zur Herstellung von **Leitungszone und Hauptverfüllung** ein bindiger bzw. gemischtkörniger Boden (z. B. Schicht 3 oder 4a) oder ein fließfähiges selbstverdichtendes Verfüllmaterial mit bindigen/geringleitenden Eigenschaften (z. B. Flüssigboden) eingesetzt werden. Zur Gewährleistung der Filterstabilität empfiehlt sich ein Filtervlies (GRK 3) zwischen dem umgebenden bindigen Erdstoff und dem Material der Rohrleitungszone einzubauen.

Böschungs- und Verbaumaßnahmen werden notwendig (s. Abschnitt 3.3.3).

Wird im Rahmen der zukünftigen Planung eine grabenlose Bauweise (bei Druckleitung) präferiert, so ist in Abhängigkeit der Durchörterungs-/Bohrtiefe eine ergänzende Bewertung, v. a. im Hinblick auf die Bohrbarkeit und Bohrbarkeitsunterschiede sowie Tragfähigkeits- und Steifigkeitsunterschiede vorzunehmen.

3.3.2 Gründungsart & Gründungstiefe für Wohnbebauung

Bei der Gründung der Gebäude ist darauf zu achten, dass diese auf einem Erdstoff mit annähernd gleichen Tragfähigkeitseigenschaften zu erfolgen hat. Nach den beschriebenen Baugrundverhältnissen wäre dies der **Travertin (Schicht 3)** oder die mindestens steife **Aueablagerungen (Schicht 4)**. Die Gründungstiefen sind abhängig von den geplanten Gebäude-, Geländehöhen und ggf. Unterkellerungen.

Aufgrund der stark schwankenden Zusammensetzung des Travertins empfehlen wir ein sehr intensives Nachverdichten mit sehr schweren Verdichtungsgeräten der Gründungssohle. Dadurch erfolgt nicht nur eine Nachverdichtung des Erdstoffes, sondern auch die Feststellung von möglichen Hohlräumen.

Für die genaue Festlegung der Gründung sind für jedes Bauobjekt mindestens zwei Rammkernsondierungen und zwei schwere Rammsondierungen notwendig.

Für die Ausführung empfehlen wir nach derzeitigen Kenntnisstand die Gründung über eine **Stahlbetongründungsplatte mit stabilisierenden Kies- oder Schotterpolster**.

Im Falle sehr gering tragfähiger Erdstoffe der Schichten 3 und 4 werden örtlich Bodenverbesserungsmaßnahmen wie z.B. **Rüttelstopfsäulen** oder **Tiefergründungen** auf dem Auekies erforderlich.

Aufgrund der Grundwasserstände muss die Ausführung von Unterkellerungen separat geprüft werden.

3.3.3 Böschungen, Verbau und Arbeitsraumbreiten

Alle Arbeiten an Böschungen, Verbau und Arbeitsräumen müssen gemäß DIN 4124 ausgeführt werden.

Bis in eine Tiefe von 1,25 m können Baugrubenwände senkrecht gestaltet werden. Bei der Ausführung von temporären Baugrubenböschungen sind gemäß DIN 4124 folgende Böschungswinkel einzuhalten:

Tabelle 12: Böschungswinkel.

Schicht	Kurzbeschreibung	Böschungswinkel β [°]
1	Oberboden	≤ 45
2	Auffüllung	≤ 60 (min. steif und mitteldicht) ≤ 45 (weich, locker oder nichtbindig)
3	Travertin	≤ 45
4a	Auelehm	≤ 60 (min. steif und mitteldicht) ≤ 45 (weich)
4b	Auekies	≤ 45
5	Tonstein, zersetzt	≤ 60

Werden lockere bis sehr lockere (z.B. Bauschuttnester), aufgeweichte Bereiche oder Rutschflächen angeschnitten, so ist der Böschungswinkel in Abstimmung mit dem Baugrundgutachter und Bauleiter zu verringern. Ab einer Böschungshöhe von mehr als 5,0 m ist die Standsicherheit nachzuweisen.

Baugeräte und Fahrzeuge bis 12 t Gesamtgewicht müssen einen Abstand von mindestens 1,0 m, Baugeräte und Fahrzeuge mit 12 – 40 t von mindestens 2,0 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Böschungskante einhalten. Zudem ist an den Böschungsoberkanten ein mindestens 1,0 m breiter Streifen lastfrei zu halten. Die Böschungsoberfläche ist vor Erosion zu schützen.

Zum Schutz vor Witterungseinflüssen sind Böschungen bei länger offenstehenden Baugruben mit einer über die Bauzeit UV-beständigen Folie abzuhängen. Die Folie ist an der Böschungskrone und am Böschungsfuß zu befestigen. An der Böschungskrone ist eine Wassersperre zur Vermeidung des Oberflächenwasserabflusses über die Böschung anzuordnen.

In Bereichen, wo die Baufreiheit eingeschränkt ist oder eine zusätzliche Belastung auf die

Böschung ausgeübt wird oder ein Abböschchen nicht präferiert wird, ist nach DIN 4124 ein Verbau auszuführen. Das Einrammen von Verbauteilen ist zur Vermeidung von Erschütterungen nicht empfehlenswert. Verbauträger bzw. -elemente sind in vorgebohrte Öffnungen zu stellen.

3.3.4 Verkehrsflächen und Leitungsgräben

Die Bemessung der Verkehrsflächen hat gemäß der RStO 12 zu erfolgen. Für die Festlegung der Mehr- oder Minderdicken des Aufbaus können die in Tabelle 9 genannten Werte verwendet werden.

Tabelle 9: Mehr- oder Minderdicken für die Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaus gem. RStO 12.

Örtliche Verhältnisse		Mehr- oder Minderdicke
Frosteinwirkung	Zone II	+ 5 cm
Kleinräumige Klimaunterschiede	keine	0 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund	Schichtenwasser zeitweise (< 1,5 m u. derzeitige GOK)	+5 cm
Lage der Gradienten	ebenes Gelände	0 cm
Entwässerung	Rinnen und Abläufe	- 5 cm
Mehr- bzw. Minderdicke insgesamt		+ 5 cm

Die im oberen Horizont anstehenden Erdstoffe sind als Gründungsplanum für die Verkehrsflächen nicht ausreichend tragfähig. Die ab Gründungsplanum geforderten Tragfähigkeitswerte von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nach ZTV E-StB 17 werden hier nicht erreicht.

Unsererseits wird vorgeschlagen, einen zusätzlichen Erdstoffaustausch von etwa 30 cm Dicke durchzuführen. Bodenaustausch und bindiges Rohplanum sind durch ein Geotextil zu trennen (GRK 3). Vor dem Einbau des Austauschmaterials ist das Planum mittels Walzen zu konsolidieren. Für den Erdstoffaustausch ist ein ungleichförmiger Kies oder entsprechend gebrochenes Material zu verwenden, welches mit einer 100 %-igen Proctordichte einzubauen ist. Der maximale Korndurchmesser des Austauschmaterials sollte 2/3 der Schütthöhe nicht überschreiten.

Alle Frost-/Tragschichten für den Wegebau sind mit einem klassifizierten, hoch ungleichförmigen und weit abgestuften Material (möglichst Schotter 0/45) herzustellen. Vor dem Auftrag ist die Schachtsohle jeweils profilgerecht herzustellen. Der Einbau hat lagenweise (Lagen $\leq 0,20 \text{ m}$)

unter Erreichung von 100 % der Proctordichte zu erfolgen. Die Verdichtung ist zu überprüfen (z.B. mittels Plattendruckversuchen: Forderung $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Gründungsplanum; $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ und $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ OK Tragschicht). Der Erdstoff muss eine günstige Einbaufeuchte besitzen. Die Lagen sind mit auf den Erdstoff abgestimmten Maschinen zu verdichten. Die Arbeiten sind zügig und nur bei günstiger, d.h. trockener Witterung durchzuführen. Die notwendigen Dichte- und Tragfähigkeitsnachweise sind aktenkundig festzuhalten. Einbau und Verdichtung haben entsprechend der DIN 18300 und den zusätzlichen technischen Vorschriften der ZTV E-StB 17 zu erfolgen.

3.4 Wasserhaltungsmaßnahmen und Bauwerksabdichtung

3.4.1 Wasserhaltungsmaßnahmen

Zu Zeiten ungünstiger Wasserstände, Einbinde- bzw. Gründungstiefe ist aufgrund des erhöhten Grundwasserstandes sowie des anfallenden Oberflächen- und/oder Schichtenwassers durchaus mit Wasserhaltungsmaßnahmen zu rechnen. In Abhängigkeit vom Grundwasserstand bzw. Wasserandrang sind eine offene bzw. geschlossene Wasserhaltung vorzusehen. Die erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen sind entsprechend des Bauablaufplanes in Verbindung mit den Grundwasserständen separat zu bemessen.

Die Gründungsarbeiten sind zügig durchzuführen bzw. die Gründungssohlen sind vor Witterungseinflüssen zu schützen. Ein Offenstehen von Baugrube und Fundamentgräben ist zu vermeiden.

Die Bemessung der Wasserhaltung ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens, kann jedoch durch unser Büro durchgeführt werden.

3.4.2 Bauwerksabdichtung

Der für die Wahl der Abdichtung maßgebende Bemessungswasserstand ist aufgrund des Sickerwasseraufstaus, bei umliegenden Böden mit $k_f < 10^{-4} \text{ m/s}$, auf Oberkante Gelände festzulegen. Das Bauwerk muss entsprechend abgedichtet werden.

Wir empfehlen eine Abdichtung nach DIN 18533-1 gemäß **W 1.2-E** (Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung) oder gemäß **W2.1-E** (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser $\leq 3 \text{ m}$ Eintauchtiefe).

Weiterhin ist gegen Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden gemäß **W4-E** nach DIN 18533-1 abzudichten.

Die maßgebende Wassereinwirkungsklasse, Abdichtungsbauart sowie die Rissklasse, Rissüberbrückungsklasse, Raumnutzungsklasse und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18533-1 sind vom Fachplaner festzulegen.

Alternativ zu einer Abdichtung nach DIN 18533-1 kann auch eine Abdichtung nach der **WU-Richtlinie** des DAfStB (wasserundurchlässigen Beton mit Rissweitenbeschränkung) erfolgen. Hierbei ist jedoch die Wasserdampfdiffusion durch den WU-Beton zu beachten.

Es ist rechtzeitig für eine fachgerechte Ableitung anfallender Wässer zu sorgen. Spätestens bei Herstellung der Dachfläche ist das anfallende Wasser auch im Rohbauzustand fachgerecht vom Baukörper abzuleiten.

Für Abdichtungen von Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel, im Bereich von etwa 20 cm unter GOK bis ca. 30 cm über GOK (**W4-E**), wird auf die DIN 18533-1 verwiesen.

Bei der Auswahl der Abdichtungsbauart ist vom Planer zusätzlich die Rissklasse, Rissüberbrückungsklasse, Raumnutzungsklasse und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18533-1 zu berücksichtigen.

Es ist rechtzeitig für eine fachgerechte Ableitung anfallender Wässer zu sorgen. Spätestens bei Herstellung der Dachfläche ist das anfallende Wasser auch im Rohbauzustand fachgerecht vom Baukörper abzuleiten.

3.5 Technische Hinweise zur Bauausführung

- Für den Fundamentbeton sind im Grundwassereinflussbereich besondere Schutzmaßnahmen gegen aggressive Böden bzw. Wässer erforderlich (XA 1). Eine Wasseranalyse liegt nicht vor.
- Bei unterschiedlichen Gründungstiefen der Gründungskörper sind diese unter einem Winkel von $\beta \leq 30^\circ$ abzutreten.
- Zur Vermeidung von niederschlagsbedingten Erdstoffdurchnässungen im Gründungsbereich sind die Erd- und Betonierarbeiten zügig durchzuführen. Dies gilt besonders, wenn die Erdarbeiten in ungünstigen Jahreszeiten wie Frühjahr und Winter

ausgeführt werden. Die Baugrubensohle ist schnell zu überdecken oder zu schützen. Aufgeweichte Bereiche unter der Gründungssohle sind grundsätzlich zu entfernen.

- Die Lösegeräte sind zur Freilegung der Schacht- und Gründungssohlen mit ungezahnten Löffeln bzw. Körben auszurüsten, da schachtungsbedingte Auflockerungen nur bedingt durch Verdichtungsmaßnahmen zu beseitigen sind. Es sind im Bereich der bindigen Materialien ausschließlich statisch wirkende Verdichtungsgeräte zu verwenden. Es ist rückschreitend auszuheben und eine dynamische Beanspruchung bei der Verdichtung auszuschließen.
- Bei den Aushubarbeiten muss mit Aushuberschwernissen (Blöcke und Steine) gerechnet werden, deren Beseitigung Mehraufwendungen verursachen kann.
- Werden Erdstoffpolster (z.B. zum Bodenaustausch unter Verkehrsflächen bzw. unterhalb von Gründungen) eingebaut, so sind diese mit einem klassifizierten, hoch ungleichförmigen und weit abgestuften Material (möglichst Schotter oder Betonrecycling 0/45) durchzuführen. Der maximale Korndurchmesser des Austauschmaterials sollte $\frac{2}{3}$ der jeweiligen Schütthöhe nicht übersteigen. Vor dem Auftrag ist die Schachtsohle zu verdichten. Der Einbau hat lagenweise unter Erreichung von $\geq 100\%$ der Proctordichte zu erfolgen. Die Verdichtung und Tragfähigkeit ist i.A.a. die ZTV-E StB (z.B. statische oder dynamische Plattendruckversuche) zu überprüfen. Der Erdstoff muss eine günstige Einbaufeuchte besitzen und ist in Lagen von 0,20 m bis 0,30 m einzubauen. Die Lagen sind mit auf den Erdstoff abgestimmten Maschinen zu verdichten.
- Ein Befahren des fertigen Planums der Gründung bzw. der Verkehrsflächen (außer zum Verdichten) ist zu vermeiden. Nicht überschüttete Geotextilen dürfen auf keinen Fall befahren werden (Vorkopfschüttung).
- Für die Deponierung (Zwischenlagerung) von Erdstoffen ist ein Verdichtungsgrad von etwa 92 % bis 95 % der Proctordichte einzuhalten. Zur Entwässerung der Erdstoffdeponie sind die einzelnen Lagen mit einem leichten Gefälle einzubauen, welches ca. 4% betragen sollte. Die Stärke der eingebauten Lagen richtet sich nach dem Verdichtungsgerät, darf jedoch nie größer als die maximale Einflusstiefe desselben sein.

- Hinter- und Verfüllungen haben mit gemischtkörnigen Materialien (z.B. Aushub Schicht 3 und 4, Vorabsieb etc.) mit einem k_f -Wert $\leq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s zu erfolgen, um das konzentrierte Einsickern von Oberflächenwassern zu verhindern. Hierbei ist ein Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 97 \%$ einzuhalten. In Bereichen, in denen eine Oberflächenbefestigung auf der Hinter-/Verfüllung vorgesehen ist (Fußböden, Terrassen, Verkehrsflächen), ist auf UK Tragschicht (= Erdplanum Verkehrsflächenaufbau) ein $E_{v2} \geq 45$ MN/m² unter Erreichung von $D_{pr} \geq 98 \%$ zu erzielen. Wird diese nicht erfüllt, kann nach Rücksprache mit dem Gutachter/Planer ein zusätzlicher Einbau von Schotter-, Kies- oder Betonrecyclingmaterial erfolgen.
- Werden während der Schachtarbeiten örtlich abweichende Untergrundverhältnisse gegenüber den (punktuellen) Baugrunderkundungen festgestellt, so ist unser Büro umgehend zwecks Abstimmung und ggf. Anpassung der Baugrundempfehlungen zu benachrichtigen.
- Gemäß DIN EN 1997-2:2010-10 (EC 7-2) Abschnitt 2.5 ist eine Inspektion der Baugrubensohle durchzuführen.
- Für die erforderlichen Baugrundabnahmen bzw. Dichteprüfungen sowie fortlaufende Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten stehen wir Ihnen nach Absprache zur Verfügung.

4 Beratung/Baubegleitung/Bauüberwachung

Leistungsverzeichnis

Wir empfehlen die Mitarbeit bzw. Zusammenarbeit zwischen Planungsbüro und Baugrundgutachter beim Erstellen der Ausschreibung im Bereich Erdbauarbeiten. Dadurch können Ausschreibungsfehler minimiert bzw. vermieden werden. Vor allem die Angaben zur Einstufung der Erdstoffe für die Wiederverwendbarkeit und Entsorgung sind häufige Mehrkostenträger.

Bauberatungen

Zu Beginn der Maßnahme empfehlen wir eine Bauanlaufberatung mit Bauherrn, Planungsbüro, Tiefbaufirma und Baugrundgutachter durchzuführen, um den Ablauf und die Koordination abzustimmen. Somit können auf Probleme und Schwierigkeiten bei den Arbeiten früh eingegangen werden und grundlegend vermieden werden.

Fundamente

Eine Überwachung und Abnahme der Gründungssohlen der Fundamente ist zwingend erforderlich, um die Tragfähigkeit und die angenommenen Kennwerte, siehe Abschnitt 5, zu bestätigen.

Schottertragschicht Bodenplatte

Der Einbau der Schottertragschicht unterhalb der Bodenplatte sollte pro 100 m² Wohnhausgrundfläche mittels zwei statischen Plattendruckversuchen (DIN 18134) geprüft werden.

Forderung:

Oberkante Schottertragschicht $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$.

Schottertragschicht Verkehrsflächen

Der Einbau der Schottertragschicht unterhalb der Verkehrsflächen sollte mittels statischen Plattendruckversuchen (DIN 18134) im Raster geprüft werden.

Forderung:

Oberkante Schottertragschicht $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$.

5 Berechnung

Aufgrund der Erkundungs- und Laborergebnisse werden den maßgeblichen Baugrundsichten in sinnvoller Verallgemeinerung folgende charakteristischen Bodenkennwerte zugeordnet. Zu beachten ist die Zuordnung der Tabellenwerte zu bestimmten Lagerungsdichten und Konsistenzen.

Tabelle 13: Übersicht der Bodenkennwerte.

Schicht	Bodenart	Zustand/ Lagerung	natürliche	Wichte	wirksamer	wirksame	Steife-
			Rohwichte	unter	Reibungs-	Kohäsion	modul
			$\gamma_k (\gamma)$ [kN/m ³]	Auftrieb $\gamma_k' (\gamma')$ [kN/m ³]	winkel $\varphi_k' (\varphi')$ [°]	$c_k' (c')$ [kN/m ²]	$E_{s,k} (E_s)$ [MN/m ²]
1	Oberboden	locker	17 (16-18)	7 (6-8)	17,5 (15-18)	4 (3-5)	-
2	Auffüllung	halbfest, locker	18 (15-20)	8 (6-10)	20 (18-25)	3 (2-6)	-
3	Travertin	steif	18 (17-20)	8 (8-11)	24 (20-32)	6 (1-8)	10 (8-15)
4a	Auesedimente (TL-TM)	weich bis steif	18 (17-19)	8 (6-8)	23 (20-26)	5 (0-10)	6 (5-8)
4b	Auekies	mitteldicht	20 (19-21)	10 (9-11)	30 (29-32)	3 (0-4)	27 (25-30)
5	Tonstein zersetzt (TM)	halbfest	20 (19-21)	11 (10-12)	24 (20-26)	15 (12-18)	20 (18-22)
	<i>Schotterpolster</i>	dicht	21	11	34	0	40

() Schwankungsbereich der Bodenkennwerte (z. B. für Grenzwertbetrachtungen sowie abhängig von Lagerung/Konsistenz, Erdstoffart und Tiefenlage)

6 Schlussbemerkungen

Insbesondere unter Berücksichtigung der geologischen Gesamtsituation ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den realisierten Erkundungen um Punktaufschlüsse handelt, weshalb Abweichungen von der erkundeten Bodenschichtung möglich sind. Sollten beim Erdaushub abweichende Bodenverhältnisse festgestellt werden, ist der Gutachter vor dem Fortgang der Arbeiten zu informieren.

Generell ist bei Baumaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen darauf zu achten, dass Nester mit Verunreinigungen oder auffällige Anschüttungen, die durch eine stichprobenartige Untersuchung nicht zu erfassen sind, erst bei den Erdarbeiten angetroffen werden können. Beim Antreffen derartiger Verunreinigungen ist der Gutachter unverzüglich zur Klärung der weiteren Vorgehensweise einzuschalten.

Der Gutachter ist zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern, wenn sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht erörtert wurden.

Die im vorliegenden Gutachten getroffenen Aussagen beziehen sich nur auf die Einstufung des Bodens bezüglich seiner Eignung als Baugrund. Eine Beurteilung eventuell auftretender umweltrelevanter Verschmutzungen wurde nicht vorgenommen.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit gern zur Verfügung.



Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH

Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Alllasten

Straße des Friedens 4 - 99094 Erfurt

Projekt: Erschließung Wohngebiet - Auf der Pferdekoppel in Mühlberg

Projektnr.: B20-224

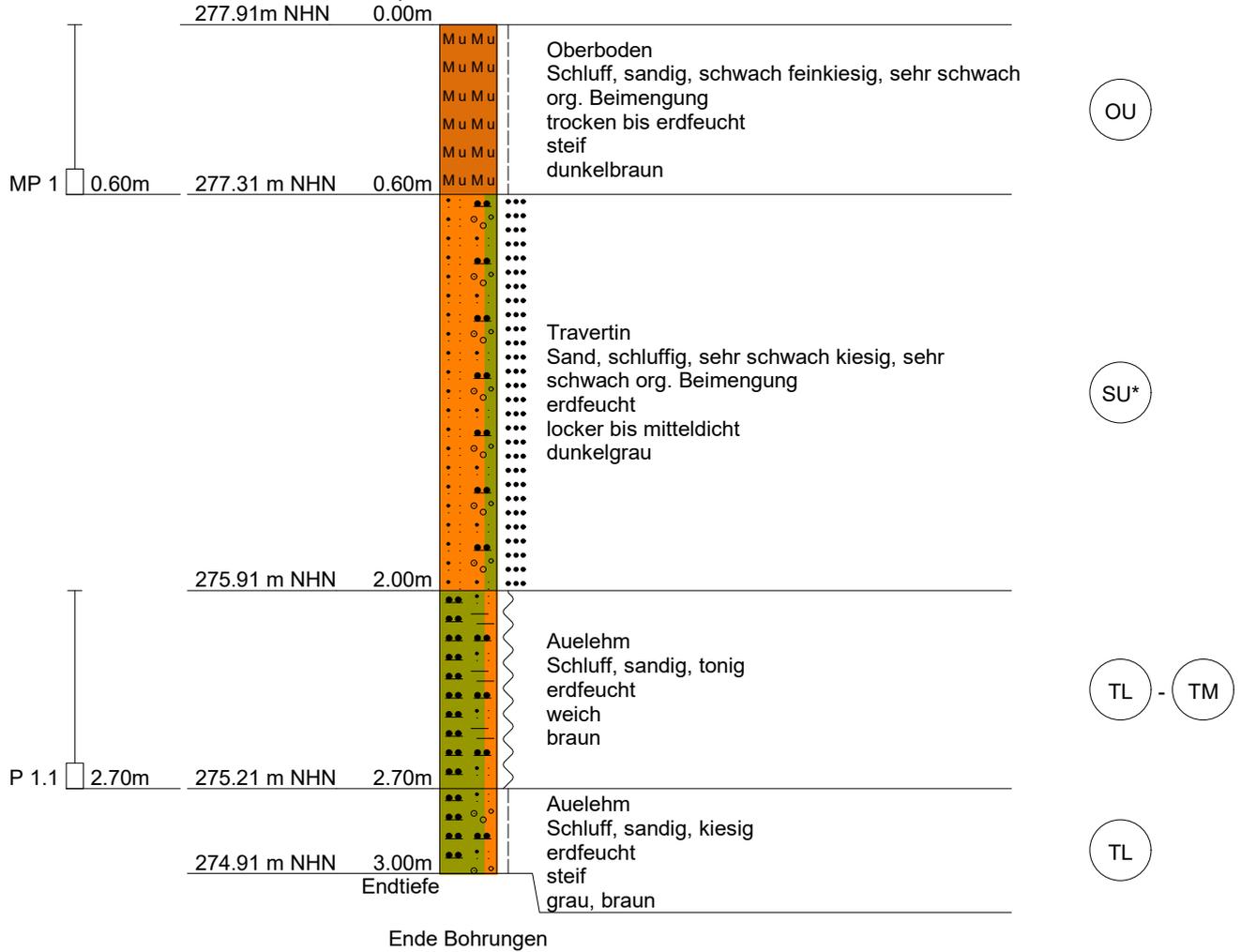
Anlage: 1

Maßstab: ca 1:500

Datum: 16/30.09.2020

RKS 1

Ansatzpunkt: 277.91 m NHN



RKS 2

Ansatzpunkt: 278.98 m NHN

278.98m NHN 0.00m

278.88 m NHN 0.10m

A A

:

Auffüllung
Kies, sandig, steinig
trocken
locker
grau

[GW]

Travertin
Schluff und Sand, schwach kiesig, ab 0,8 m
Travertingrus
trocken bis erdfeucht
steif, mitteldicht
braun, grau

TL - SU*

MP 1 1.30m

277.68 m NHN 1.30m

277.58 m NHN 1.40m

Z Z

:

Travertin
fest
grau

Z

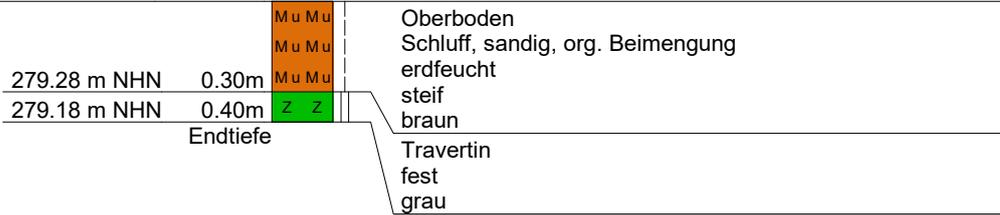
Endtiefe

kein weiterer Bohrfortschritt

RKS 3a

Ansatzpunkt: 279.58 m NHN

279.58m NHN 0.00m



[OU]

X,Y,Z

kein weiterer Bohrfortschritt

RKS 3b

Ansatzpunkt: 279.58 m NHN

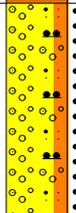
279.58m NHN 0.00m



Oberboden
Schluff, tonig, sandig, schwach org. Beimengung
erdfeucht
steif bis halbfest
graubraun

OU

278.98 m NHN 0.60m



Travertin
Kies, sandig, schwach schluffig bis schluffig
Travertinbruch
mitteldicht
grau, gelb

GU - GU*

P3.1 1.30m 278.28 m NHN 1.30m

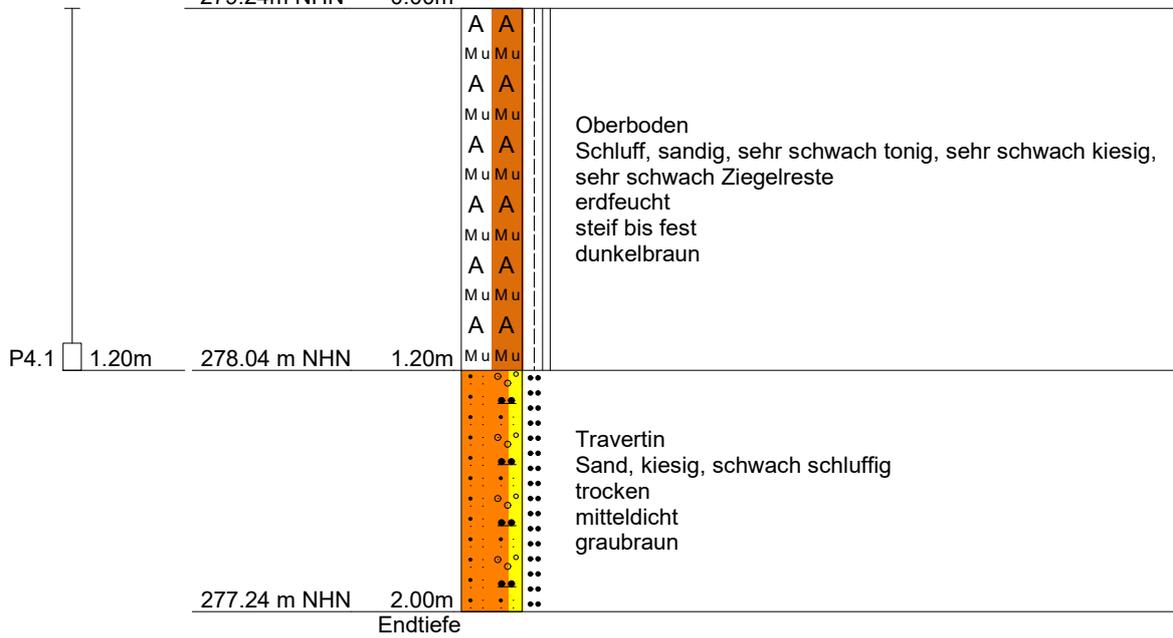
Endtiefe

kein weiterer Bohrfortschritt

RKS 4

Ansatzpunkt: 279.24 m NHN

279.24m NHN 0.00m



kein weiterer Bohrfortschritt

OU

SU

RKS 5

Ansatzpunkt: 279.64 m NHN

279.64m NHN 0.00m



Oberboden
Schluff, tonig, schwach sandig, schwach org.
Beimengung
erdfeucht
steif bis halbfest, leicht bis mittelpastisch
dunkelbraun

OU

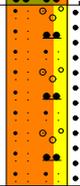
279.24 m NHN 0.40m



Travertin mit Aueablagerungen
Schluff, sandig, sehr schwach tonig, sehr schwach
kiesig
erdfeucht
steif bis halbfest
braun, grau

TL

278.04 m NHN 1.60m



Travertin
Sand, kiesig, schwach schluffig bis schluffig, sehr
schwach steinig
trocken
mitteldicht
weißgrau

SU

SU*

P5.1 2.20m

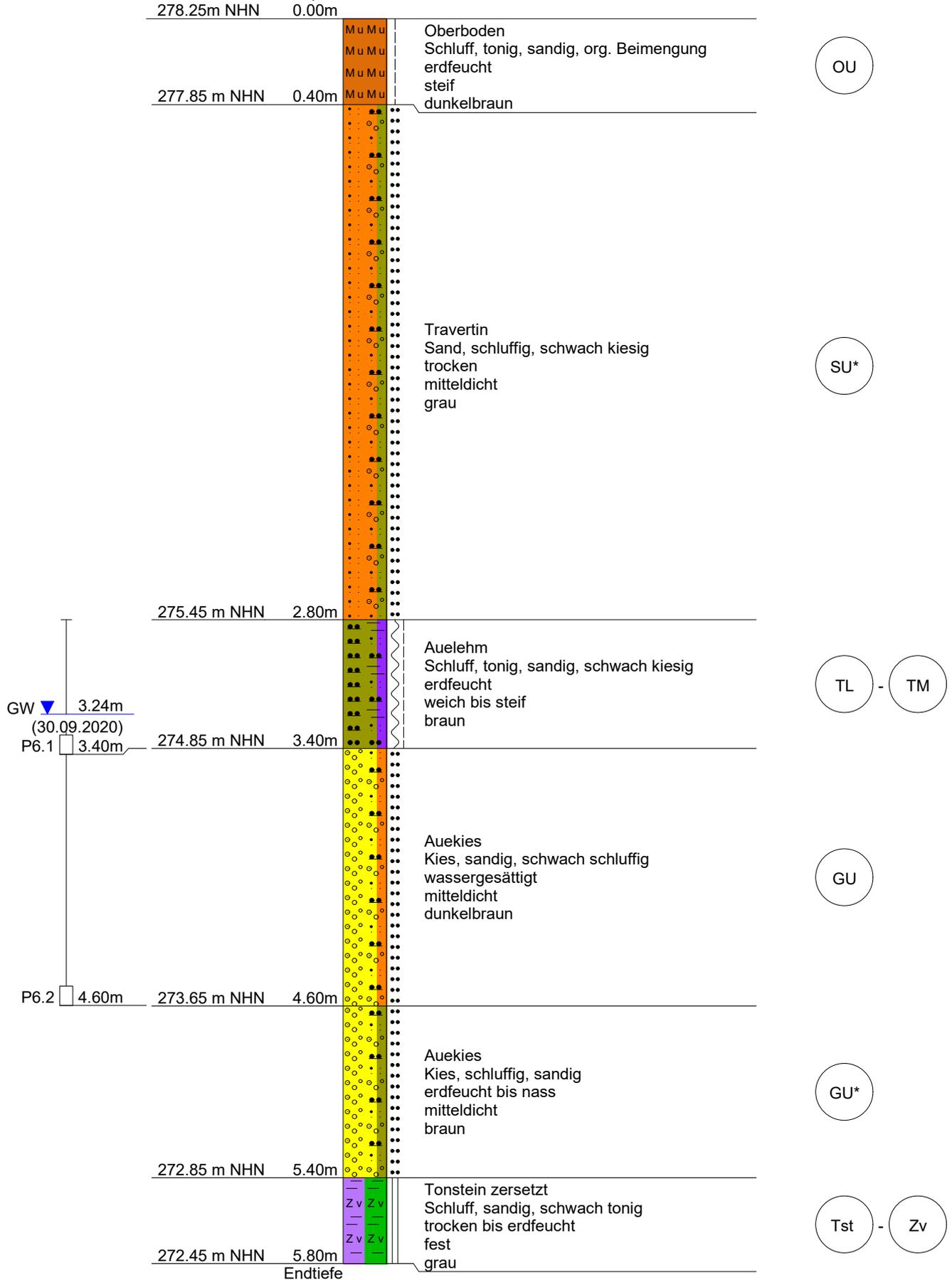
277.44 m NHN 2.20m

Endtiefe

kein weiterer Bohrfortschritt

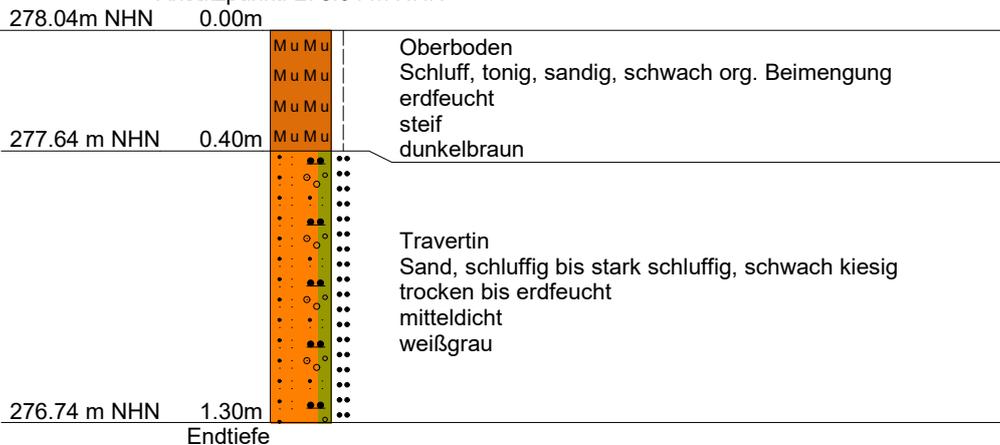
RKS 6

Ansatzpunkt: 278.25 m NHN



RKS 7

Ansatzpunkt: 278.04 m NHN

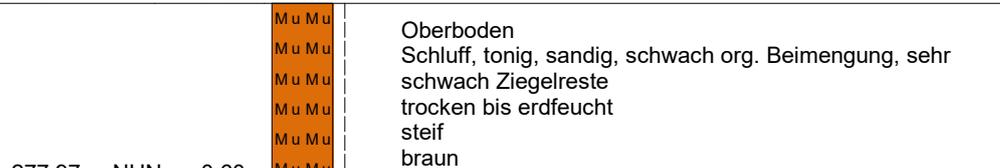


kein weiterer Bohrfortschritt

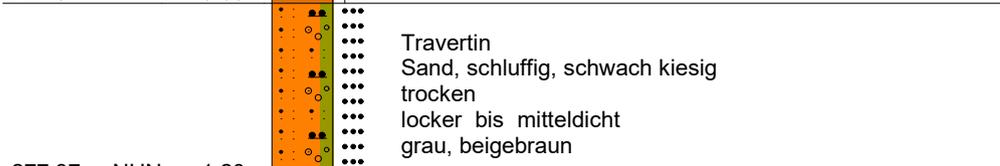
RKS 8

Ansatzpunkt: 278.57 m NHN

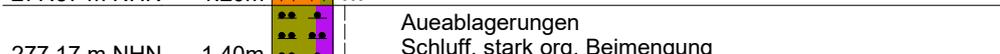
278.57m NHN 0.00m



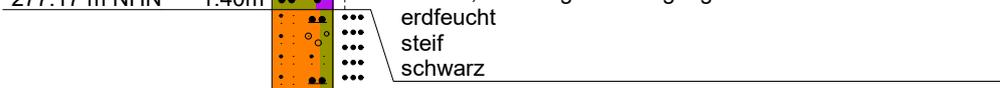
277.97 m NHN 0.60m



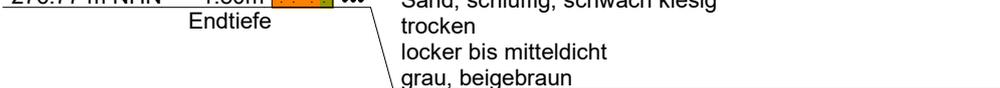
277.37 m NHN 1.20m



277.17 m NHN 1.40m



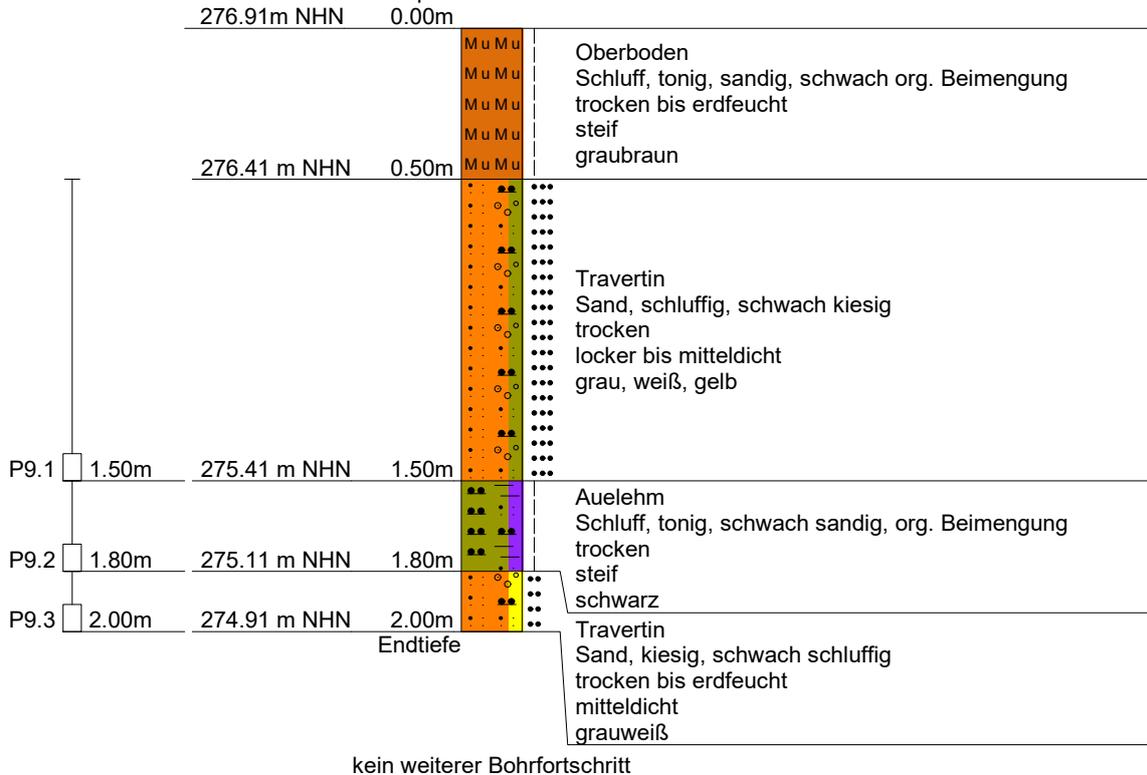
276.77 m NHN 1.80m



kein weiterer Bohrfortschritt

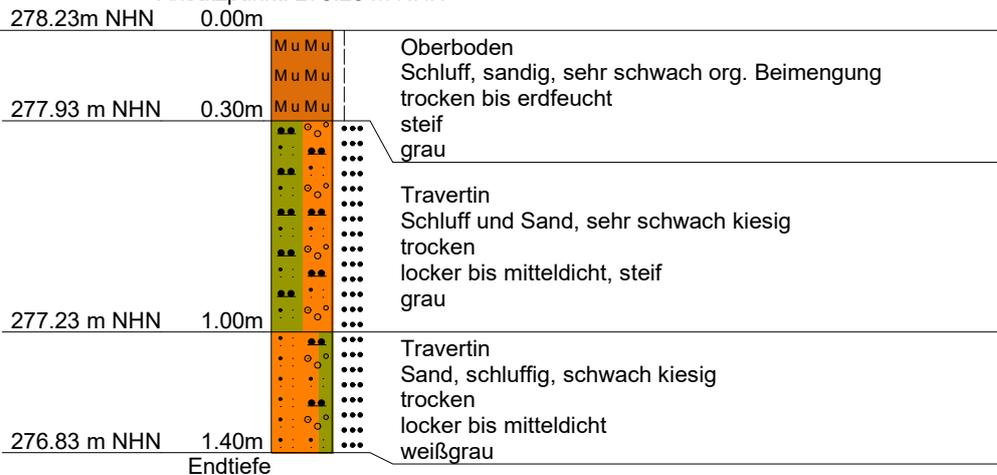
RKS 9

Ansatzpunkt: 276.91 m NHN



RKS 10

Ansatzpunkt: 278.23 m NHN



kein weiterer Bohrfortschritt

RKS 11

Ansatzpunkt: 277.50 m NHN

277.50m NHN 0.00m

277.30 m NHN 0.20m

M u M u

M u M u

Oberboden
Schluff, sandig, sehr schwach org. Beimengung
trocken bis erdfeucht
steif, leicht plastisch
grau

OU

Travertin
Schluff und Sand, sehr schwach kiesig
trocken
locker bis mitteldicht/steif
grau

SU* - TL

276.30 m NHN 1.20m

M u M u

Auelehm
Schluff, tonig, schwach sandig, org. Beimengung
trocken bis erdfeucht
steif
grau

TL - TM

276.00 m NHN 1.50m

M u M u

Travertin
Sand, schwach schluffig, schwach kiesig
trocken
mitteldicht bis dicht
weiß, gelb

SU - SW

Endtiefe

kein weiterer Bohrfortschritt

Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) i.A.a. DIN 18122

Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze zzgl. Wassergehalt

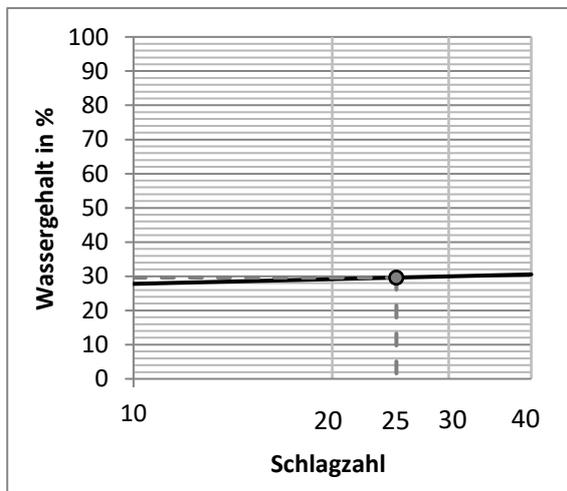
Anlage 3.1

Bauvorhaben : Erschließung Wohngebiet - Auf der Pferdekoppel - Mühlberg

Auftragsnummer : B20-224 Bearbeiter : Schillig

Entnahmedatum : 16.09.2020 Entnahmetiefe : 2,0-2,7 m

Entnahmeort : RKS 1 Ansprache : TL-TM



Wassergehalt $w/w_{\text{Ü}}$: 0,234

Überkornanteil \ddot{u} :

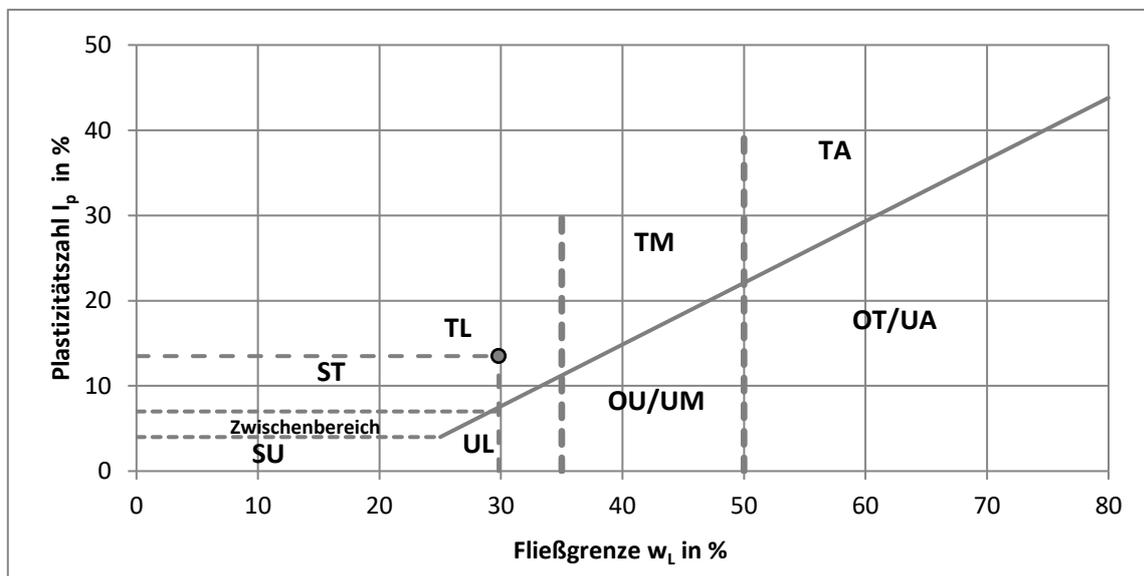
Fließgrenze w_L : 0,298

Ausrollgrenze w_p : 0,163

Plastizitätszahl I_p : 0,135

Konsistenzzahl I_c : 0,477

Bodengruppe nach DIN 18196: TL



Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) i.A.a. DIN 18122

Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze zzgl. Wassergehalt

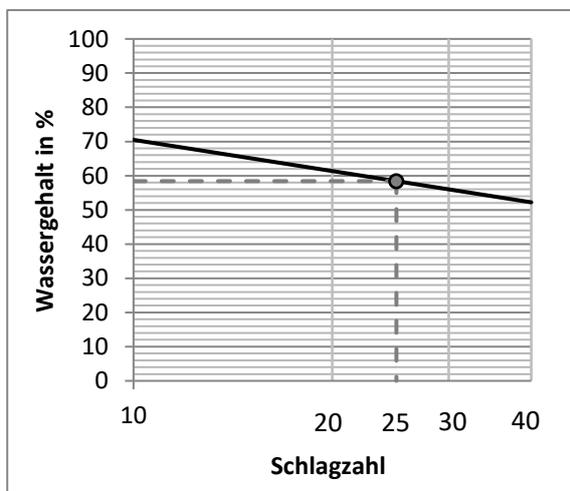
Anlage 3.2

Bauvorhaben : Erschließung Wohngebiet - Auf der Pferdekoppel - Mühlberg

Auftragsnummer : B20-224 Bearbeiter : Budi

Entnahmedatum : 30.09.2020 Entnahmetiefe : 1,5-1,8 m

Entnahmeort : RKS 9 Ansprache : TM-TA



Wassergehalt $w/w_{\text{Ü}}$: 0,253

Überkornanteil \ddot{u} :

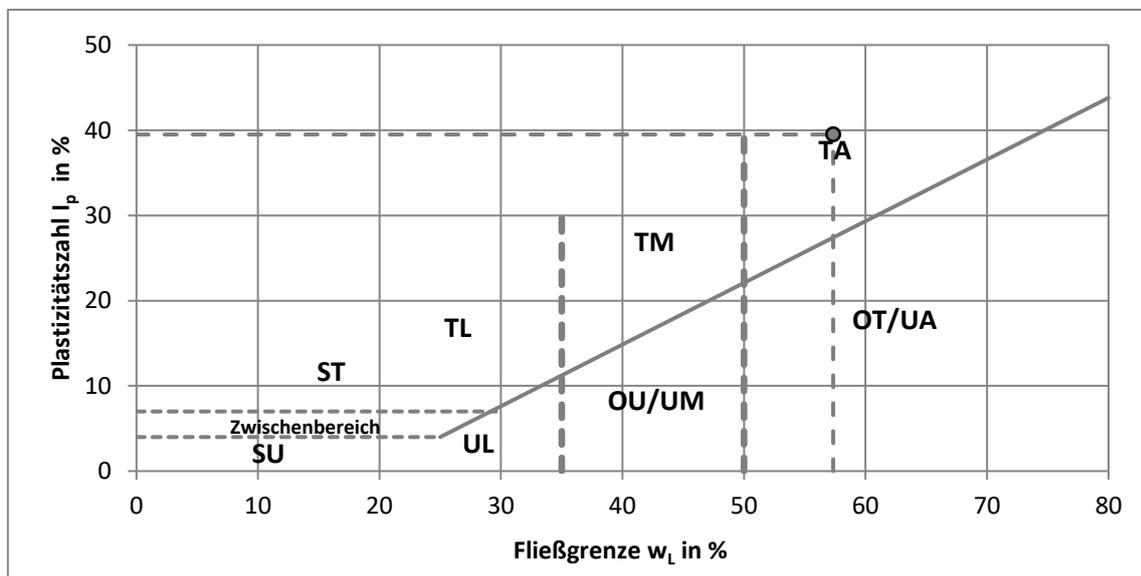
Fließgrenze w_L : 0,573

Ausrollgrenze w_p : 0,178

Plastizitätszahl I_p : 0,395

Konsistenzzahl I_c : 0,810

Bodengruppe nach DIN 18196: TA



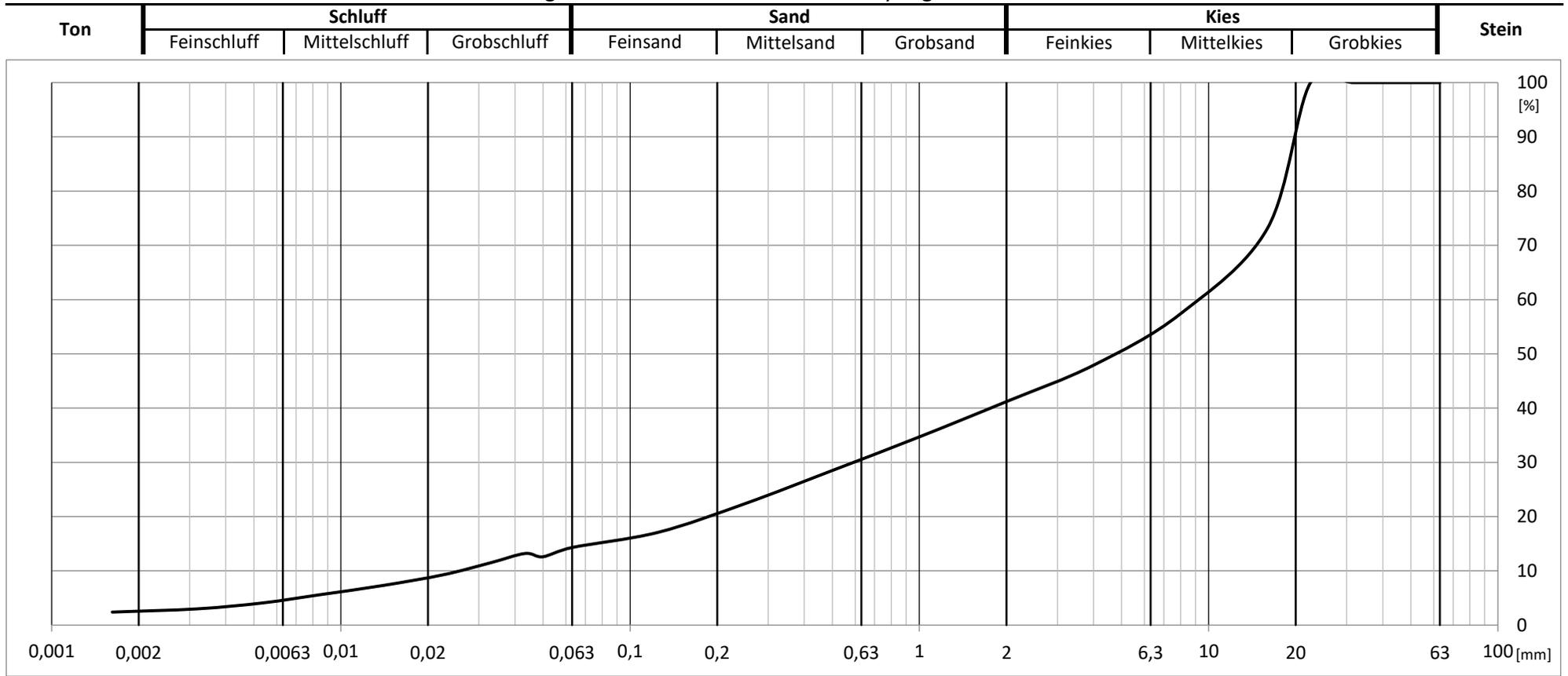
Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH

Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Altlasten
Straße des Friedens 4 - 99094 Erfurt

Auftrags-Nr.	B20-224
Anlage:	4.1
Entnahmedatum:	30.09.2020
Bearbeiter:	Budi

Bauvorhaben: Erschließung Wohngebiet "Auf den Pferdekoppeln" Mühlberg - Drei Gleichen

Körnungslinie durch Sieb- & Schlämmanalyse gemäß DIN 18123



<p>Entnahmestelle: RKS 3 Tiefe: 0,6 - 1,3 m Art der Entnahme: gestört Ansprache: GU-GU*</p>	<p>Massenanteile Kies: 59% Sand: 27% Schluff: 12% Ton: 3%</p>	<p>Bodenart nach DIN 18196: GU Ungleichförmigkeitszahl - C_U: 350,9 Krümmungszahl - C_C: 1,5 Wassergehalt: 11,4% Bodenart: Kies, sandig, schwach schluffig, Durchlässigkeit nach USBR / Bialas: 7,2E-05</p>
---	---	---

Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH

Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Altlasten
Straße des Friedens 4 - 99094 Erfurt

Auftrags-Nr. B20-224

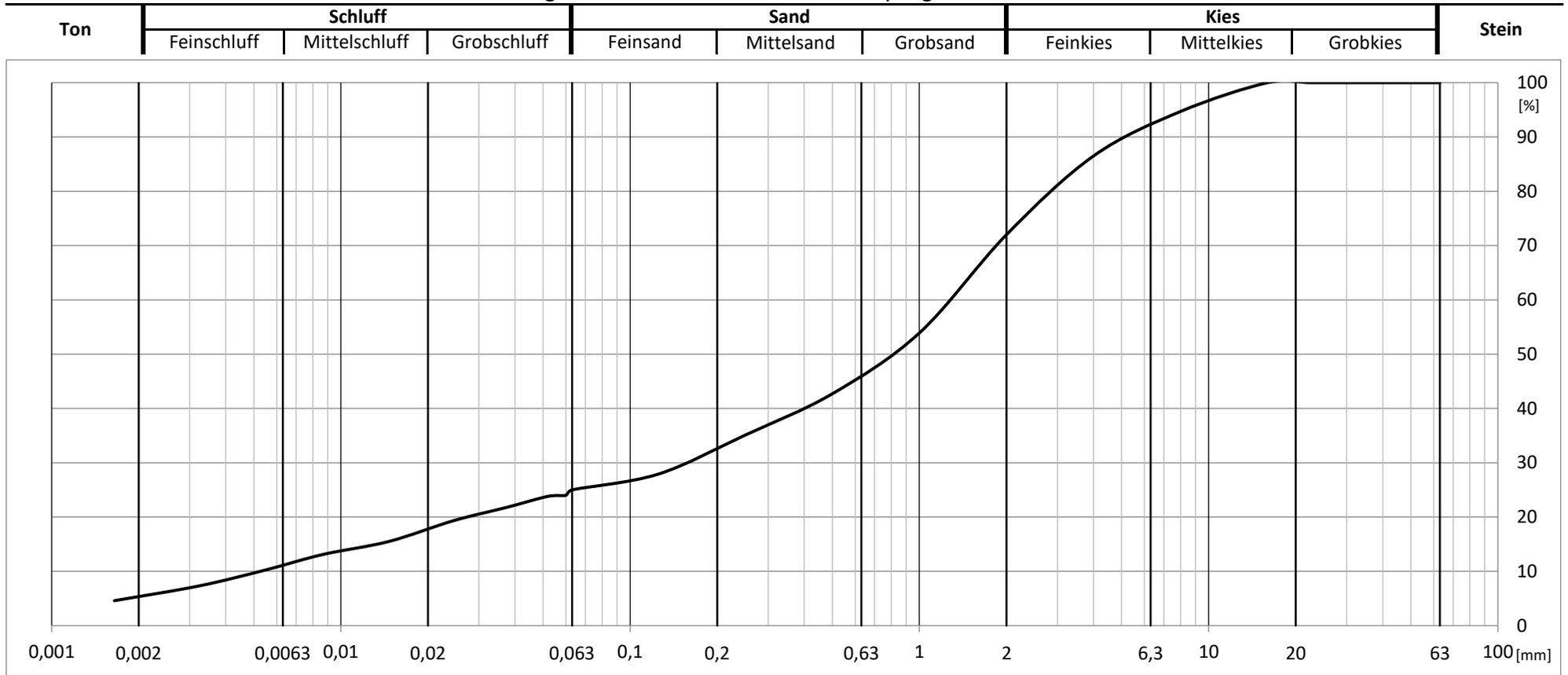
Anlage: 4.2

Entnahmedatum: 30.09.2020

Bearbeiter: Budi

Bauvorhaben: Erschließung Wohngebiet "Auf den Pferdekoppeln" Mühlberg - Drei Gleichen

Körnungslinie durch Sieb- & Schlämmanalyse gemäß DIN 18123



Entnahmestelle: RKS 5 Tiefe: 1,6-2,2 m Art der Entnahme: gestört Ansprache: SU-SU*	Massenanteile Kies: 28% Sand: 47% Schluff: 20% Ton: 5%	Bodenart nach DIN 18196: GU* Ungleichförmigkeitszahl - C_U : 240,7 Krümmungszahl - C_C : 3,5 Wassergehalt: 15,8% Bodenart: Sand, kiesig, schluffig, schwach tonig, Durchlässigkeit nach USBR / Bialas: $9,3E-07$
---	---	--

Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH

Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Altlasten
Straße des Friedens 4 - 99094 Erfurt

Auftrags-Nr. B20-224

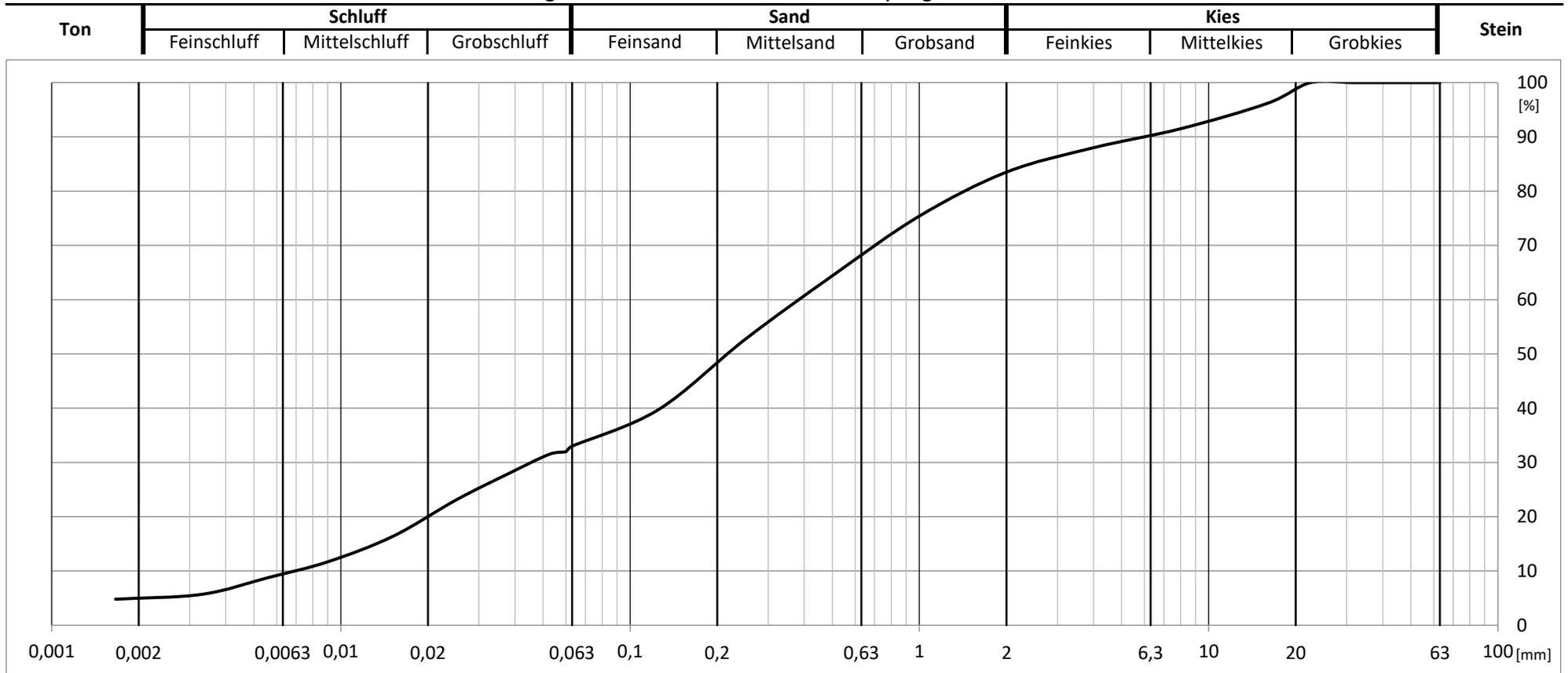
Anlage: 4.3

Entnahmedatum: 30.09.2020

Bearbeiter: Budi

Bauvorhaben: Erschließung Wohngebiet "Auf den Pferdekoppeln" Mühlberg - Drei Gleichen

Körnungslinie durch Sieb- & Schlämmanalyse gemäß DIN 18123



Entnahmestelle: RKS 9 Tiefe: 0,5-1,5 m Art der Entnahme: gestört Ansprache: SU*	Massenanteile Kies: 17% Sand: 51% Schluff: 28% Ton: 5%	Bodenart nach DIN 18196: SU* Ungleichförmigkeitszahl - C_U : 56,3 Krümmungszahl - C_C : 0,8 Wassergehalt: 11,1% Bodenart: Sand, kiesig, schluffig, Durchlässigkeit nach USBR / Bialas: 4,4E-07
--	---	--

Bodenklassifizierungen und -einteilung in Homogenbereiche nach VOB/C

Homogenbereiche i. A. a. ATV DIN 13320:2019-09 (Landschaftsbauarbeiten), ATV DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten)						
Schicht	1	2	3	4a	4b	5
Bodenklassen (DIN 18300:2019-09)	1	3	2-7	4	3	6
Eigenschaften und Kennwerte - Lockergestein/Boden						
ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Auffüllung	Travertin	Auelehm	Auekies	
Bodengruppe (DIN 18196)	A, OU	A, GW	TA, OU, TL, TM, SU*, SU, GU, GU*, Y, X, Z	TL, TM	GU, GU*	
Massenanteil Ton [%] (d < 0,002 mm)	5-30	0-5	0-15	2-20	0-5	
Massenanteil Schluff [%] (d = 0,002-0,063 mm)	40-70	0-10	20-70	30-70	5-30	
Massenanteil Sand [%] (d = 0,063-2 mm)	10-50	10-60	10-70	20-50	20-60	
Massenanteil Kies [%] (d = 2-63 mm)	1-20	60-95	1-60	0-10	40-90	
Massenanteil Steine ^A [%] (d = 63-200 mm)	1-5	0-15	1-15	0-5	5-30	
Massenanteil Blöcke ^A [%] (d = 200-630 mm)	0-1	0-5	1-15	0-1	0-5	
Massenanteil große Blöcke ^A [%] (d > 630 mm)	0-1	0-1	1-15	0-1	0-1	
organischer Anteil [%]	0-8	0-5	0-10	0-5	0-5	
Dichte [g/cm ³]	1,5-1,9	1,7-1,9	18-20	1,8-1,9	1,9-2,1	
Wassergehalt [%]	5-30	5-30	5-30	10-30	2-12	
Plastizitätzahl I _p	0,05-0,20	-	0,10-0,40	0,05-0,25	-	
Konsistenzzahl I _c	0,5-1,0	-	0,5-1,25	0,5-1,5	-	
Lagerungsdichte	-	locker	locker bis mitteldicht	-	locker bis mitteldicht	
Kohäsion in kN/m ²	3-5	0-6	0-8	2-15	0-2	
undrainede Scherfestigkeit in kN/m ²	0-5	0	0-15	0-15	0	
Abrasivität CAI	< 1 (schwach abrasiv)	< 1 (schwach abrasiv)	1,0-3,5 (schwach bis stark abrasiv)	< 1 (schwach abrasiv)	3,5-4,5 (stark bis extrem abrasiv)	
Eigenschaften und Kennwerte – Fels						
Benennung von Fels (DIN EN ISO 14689-1)						Tonstein, zersetzt (sedimentär)
Verwitterung						zersetzt
Veränderlichkeit						stark veränderlich
Trennflächenrichtung						n. b.
Trennflächenabstand						sehr klein bis mittel
Gesteinskörperform						tafel förmig, plattig
einaxiale Druckfestigkeit [MPa]						1-5
Dichte [g/cm ³]						2,0-3,0
Abrasivität CAI						0,6 (schwach abrasiv)
umweltrelevante Inhaltsstoffe						Z 1
Homogenbereiche DIN 18300:2016-09 Erdarbeiten: Lösen und Laden¹	-	EA _{LL} 1	EA _{LL} 2	EA _{LL} 3	EA _{LL} 4	EA _{LL} 5
Homogenbereiche DIN 18300:2016-09 Erdarbeiten: Einbauen und Verdichten¹	-	EA _{EV} 1 ^{2,3}	EA _{EV} 2 ³	EA _{EV} 3	EA _{EV} 4 ⁴	EA _{EV} 5 ⁴
Homogenbereiche DIN 18320:2019-09 Landschaftsbauarbeiten	LA 1	-		-	-	-

^A Angaben ohne Gewähr

¹ unter Beachtung der einsetzbaren Erdbaugeräte (Lösen und Laden → Annahme: Bagger; Einbauen und Verdichten → Annahme: Rüttelplatte). Bei Einsatz abweichender Erdbaugeräte, sind die Homogenbereiche ggf. entsprechend anzupassen.

² Die Wiedereinbaufähigkeit ist abhängig von der Zuordnung nach LAGA M 20 sowie dem Abstand zum Grundwasserstand. Dies ist von Planerseite zu überprüfen.

³ Organische Böden bzw. Böden mit organischen Beimengungen sind für einen Wiedereinbau in technischen Bauwerken nicht geeignet

⁴ Tonstein mit erhöhten Gips-/ Anhydritbeimengungen sowie Gips/Anhydrit sind für einen Wiedereinbau nicht geeignet