

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen

**Baugrunduntersuchung, Baugrundbeurteilung und Angaben
zur Versickerung sowie Erd-, Kanal- und Straßenbau
für die Erschließungsmaßnahme
“südliche Dörrenbitze“ in Much**

Projekt-Nr. 24082500	Schreiben-Nr.: Hu/B0850924	Bearb.: B.Sc.-Geol. Laura Huth		
Datum: 17.09.2024	Seiten: 15	Tabellen: 5	Abbildungen: 1	Anlagen: 3
Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG, Neuenhofer Straße 39, 42657 Solingen				

KPP GmbH & Co. KG
Neuenhofer Straße 39

42657 Solingen

Overath, 17.09.2024
Hu/B0850924
Proj.-Nr. 24082500

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Anlass	3
2. Bauvorhaben.....	3
3. Baugrund.....	4
3.1 Geologische Situation und Erdbebengefährdung.....	4
3.2 Felduntersuchungen.....	4
3.3 Beschreibung des Untergrunds	4
3.4 Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte	5
4. Hydrogeologische Situation.....	6
4.1 Allgemein	6
4.2 Versickerungsversuche und k_f -Wert-Ermittlung	7
5. Hinweise zum Erd- und Kanalbau.....	9
5.1 Erdarbeiten und Bodenaushub	9
5.2 Verbau, Böschungen.....	10
5.3 Aushub- und Gründungssohle	11
5.4 Entsorgungstechnische Überprüfung des Aushubs	11
5.5 Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials.....	12
6. Angaben zur Herstellung der Verkehrsflächen.....	13
7. Schlussbemerkungen.....	15

Anlagenverzeichnis

1. Lageplan (M 1:1.000)
2. Bohrprofile (M 1:25), Koordinaten mit Geländehöhen
3. Auswertung Sickerversuche

1. Anlass

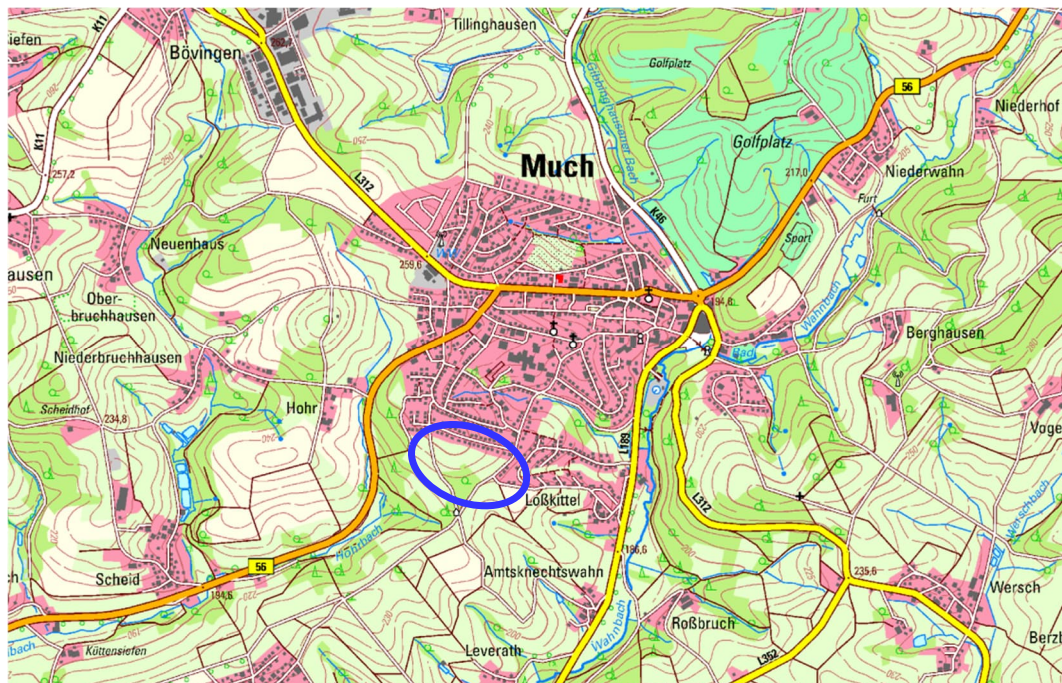
Der KPP GmbH & Co. KG plant die wohnbauliche Erschließung des Klimaquartiers „südliche Dörrenbitze“ in Much.

Zur Ermittlung geotechnischer Randbedingungen und zur Konkretisierung der weiteren Planung wurde unser Büro beauftragt, den Straßenoberbau und die Untergrundverhältnisse im Untersuchungsbereich zu erkunden, zu beurteilen und einen geotechnischen Bericht zu Versickerung, Erd- und Kanalbau auszuarbeiten.

Für die Bearbeitung stand uns ein städtebauliches Konzept i. M. 1:1.000 (Stand 11.06.2024) zur Verfügung. Neben den Ergebnissen der Felderkundungen vom 27.08.2024 und 03.09.2024 wurden geologische Karten und Archivunterlagen berücksichtigt.

2. Bauvorhaben

Das geplante Erschließungsgebiet befindet sich am südwestlichen Rand von Much ca. 250 m östlich der Zeithstraße (Bundesstraße B56) und 550 m westlich der Wahnbachtalstraße (Landesstraße L189). Eine Übersicht über die Lage der Baufäche gibt der nachfolgende Kartenauszug.



Das Gelände im Untersuchungsbereich besitzt ein Gefälle nach Südosten bis Südwesten mit von uns eingemessenen Geländehöhen zwischen ca. 233,1 mNHN und 251,9 mNHN.

3. Baugrund

3.1 Geologische Situation und Erdbebengefährdung

Die geologische Karte (Blatt 5010 Engelskirchen / Blatt 5110 Ruppichteroth) weist im Untersuchungsgebiet unterdevonische Festgesteine der Unteren Bensberger Schichten in Form von Ton- und Schluffstein (häufig Rotschiefer) und schluffigem Sandstein aus.

Das Bauvorhaben liegt in der Gemarkung Much und ist somit gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01 und der Karte zur DIN 4149 des Landes NRW¹⁾ in einem Gebiet der Erdbebenzone 0, der Untergrundklasse R und der Baugrundklasse C. Das Bauvorhaben ist gemäß DIN 1054 in die geotechnische Kategorie GK 2 einzustufen.

3.2 Felduntersuchungen

Zur genaueren Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Bereich des geplanten Bauabschnitts insgesamt zehn Kleinrammbohrungen (KRB) gemäß EN ISO 22475-1 mit Bohrtiefen zwischen 1,8 m und 3,3 m unter GOK durchgeführt.

Die entnommenen Bodenproben wurden qualitativ im Hinblick auf ihren Kornaufbau untersucht und nach Bodenklasse (DIN 18300:2012-09), Bodengruppe (DIN 18196) und Homogenbereich (DIN 18300) klassifiziert. Die Ergebnisse der Felderkundungen sind in der Anlage 2 als Bohrprofile gemäß DIN 4023 dargestellt. Die Ortslage der Sondierungen zeigt der Lageplan in Anlage 1.

Zusätzlich zu den vorgenannten Bohrungen wurden in und neben fünf der Bohrungen je ein flacher und ein tiefer, d.h. insgesamt zehn Sickerversuche durchgeführt. Auf die Ergebnisse wird in Kap. 4.2 dieses Gutachtens eingegangen.

3.3 Beschreibung des Untergrunds

Nach Auswertung der Untersuchungsergebnisse stehen im Bereich der geplanten Baumaßnahme die nachfolgend beschriebenen Baugrundsichten an.

Oberboden (Homogenbereich A)

In allen KRB steht direkt an der Oberfläche eine ca. 10 cm bis 20 cm mächtige Oberbodenschicht aus Fein- bis Mittelsanden mit organischen Beimengungen in lockerer Lagerung an.

Verwitterungslehm/-ton (Homogenbereich B.1)

Unterhalb des Oberbodens schließt sich in allen Bohrungen außer KRB 2 bis in Tiefen zwischen 0,5 m und 0,8 m unter GOK fein- bis mittelsandiger Verwitterungslehm mit geringen Anteilen an Gesteinsbruch in steifer Konsistenz bzw. unterhalb des verwitterten Sandsteins bis zur erreichten Endteufe von 3,3 m unter GOK (KRB 8) Verwitterungston in halbfester Konsistenz an.

¹⁾Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Nordrhein-Westfalen 1:350.000, Ausgabe Juni 2006

Sand-/Tonstein, verwittert (Homogenbereich B.2)

In allen Bohrungen außer KRB 8 wurde bis zur erreichten Endteufe zwischen 1,8 m und 3,2 m unter GOK verwitterter Sand- und Tonstein angetroffen, der bodenmechanisch als sandiger Gesteinsbruch mit variierenden Anteilen an Schluff und Ton bzw. Sand mit variierenden Anteilen an Gesteinsbruch, Schluff und Ton und in mitteldichter Lagerung einzustufen ist.

Alle KRB mussten in der erreichten Endteufe abgebrochen werden, da aufgrund zu hoher Bohrwiderstände kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen war. Unterhalb der erreichten Endteufe stehen nach örtlicher Erfahrung weiterhin Verwitterungsböden über verwittertem Festgestein in abnehmenden Verwitterungsgraden an (Bodenklasse 6 – 7).

3.4 Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte

Die Klassifizierung der angetroffenen Baugrundsichten mit Angabe der zu erwartenden, jeweiligen Schichtunterkanten kann wie folgt tabellarisch wiedergegeben werden:

Homogenbereiche	A	B	
		B.1	B.2
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Verwitterungslehm/-ton	Sand-/Tonstein, verwittert
Schichtunterkante unter GOK [m]	0,1 – 0,2	0,5 – 0,8; > 3,3	> 1,8 – > 3,2
Bodengruppe (DIN 18196)	OH	UL, TL	GW, GT, SW, SE
Bodenklasse (DIN 18300 alt ¹⁾)	1	4	3, 5 (6 – 7)
Frostempfindlichkeit (ZTVE)	F 2	F 3	F 1 – F 2

1) rein informativ; gemäß alter DIN 18300:2012-09, ersetzt durch DIN 18300:2019-09

Die Eigenschaften der gewachsenen Baugrundsichten werden gemäß DIN 18300 und DIN 18301 für die geotechnischen Kategorien GK 1, GK 2 und GK 3 durch die nachfolgenden Kennwerte beschrieben:

Homogenbereiche	A	B	
		B.1	B.2
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Verwitterungslehm/-ton	Sand-/Tonstein, verwittert
Anteil Steine, D > 63 mm ¹⁾ [%]	0 – 3	0 – 3	0 – 7
Anteil Blöcke, D > 200 mm ¹⁾ [%]	n.e.	n.e.	0 – 3
Anteil Blöcke, D > 630 mm ¹⁾ [%]	n.e.	n.e.	n.e.
Korngrößenverteilung	n.d.	n.d.	n.d.
Dichte, feucht [g/cm ³]	1,7 – 1,8	1,95 – 2,05	1,9 – 2,0
Wassergehalt [%]	10 – 80	10 – 60	0 – 20
Konsistenz	-	steif – halbfest	-
Konsistenzzahl I _c [-]	-	0,75 – > 1,0	-

Homogenbereiche	A	B	
		B.1	B.2
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Verwitterungslehm/-ton	Sand-/Tonstein, verwittert
Plastizität	mittel plastisch	leicht plastisch	-
Plastizitätszahl I_p [%]	15 – 30	10 – 20	0 – 5
Lagerungsdichte I_D [%]	-	-	35 – 65 (md)
organischer Anteil [%]	< 15	n.e.	n.e.
Abrasivität	nicht abrasiv	nicht abrasiv	schwach abrasiv
Wichte γ / γ' [kN/m ³]	17 – 18 / 8 – 9	19,5 – 20,5 / 10,5 – 11,5	19 – 20 / 11 – 12
Reibungswinkel φ' [°]	17,5 – 22,5	27,5	30 – 35
Kohäsion c' / c'_u ²⁾ [kN/m ²]	0 – 2 / ≥ 5	2 – 15 / ≥ 15	0 – 2 / 0
Steifemodul E_s [MN/m ²]	1 – 3	10 – 15	20 – 90

- 1) abgeschätzt: gemäß DIN ISO 14688-2 erfordern die Klassifizierungen von sehr grobkörnigen Böden sehr große Probenmengen. Es ist nicht möglich, repräsentative Proben aus Bohrungen zu gewinnen, um diese Klassifizierung anzuwenden.
- 2) dräniert c' , undränniert c'_u
- 3) lo = locker, md = mitteldicht, d = dicht
n.e. nicht zu erwarten
n.d. nicht durchgeführt

Die vorgenannten Angaben sind aus dem Vergleich mit ähnlichen Bodenarten und örtlichen Erfahrungswerten unter Berücksichtigung der angetroffenen Lagerungsdichte bzw. Konsistenz abgeschätzt. Falls erforderlich, sind die vorgenannten Angaben im Verlauf des Bauvorhabens durch Feld- und Laborversuche zu verifizieren.

Für Arbeiten gemäß DIN 18311, DIN 18312, DIN 18313, DIN 18319 und DIN 18324 sind weitere Parameterangaben erforderlich. Die Durchführung der dafür notwendigen Versuche ist mit unserem Büro abzustimmen.

4. Hydrogeologische Situation

4.1 Allgemein

Zum Zeitpunkt der Felderkundungen am 27.08.2024 und 03.09.2024 wurde durch Bohrlochmessungen mit dem Lichtlot in keiner der KRB bis in eine maximale Tiefe von 3,3 m unter GOK ein freier Wasserspiegel festgestellt.

Nach Auswertung der hydrogeologischen Situation bewegt sich der oberste, durchgängige Grundwasserhorizont innerhalb von Kluft- und Schichtflächen des Festgesteins in größerer Tiefe unter GOK und bleibt für die geplante Kanalbaumaßnahme ohne negative Einflüsse.

Im anstehenden Verwitterungston kann das anfallende Niederschlagswasser nicht versickern. Daher kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass sich im ungestörten Zustand in den Senken des Tonhorizonts ggf. lokal Wasser oberhalb des Tons aufstaut.

Für bautechnische Zwecke ist daher zu berücksichtigen, dass sich nach länger andauernden Niederschlagsperioden bzw. Starkregenereignissen auch oberhalb des Grundwasserstands Staunässe bzw. Schichtwasserbereiche ausbilden können.

Das Bauvorhaben liegt innerhalb der Wasserschutzzone III der Wahnbachtalsperre (Nr. 510813).

Gemäß der Starkregengefahrenkarte des Landes NRW liegt das Bauvorhaben bei einem 100-jährigen Starkregen (seltenes Ereignis) bzw. bei einem extremen Starkregen (Wassermenge 90mm/m²/h) nicht in einem Überschwemmungsbereich.

4.2 Versickerungsversuche und k_f -Wert-Ermittlung

Bei der Ermittlung des Wasseraufnahmevermögens nach den Richtlinien des USBR Earth Manual wird vor Messung der Sickerfähigkeit das Bohrloch mit einem Filterrohr ausgebaut und durch Einfüllen von Wasser über 45 Minuten gesättigt. Im Anschluss daran wird die versickernde Wassermenge Q pro Zeiteinheit gemessen.

Die k_f -Werte werden nach USBR Earth Manual über die "Formel 1" oder die "Formel 2" für die ungesättigte bzw. teilgesättigte Bodenzone (k_f -Wert) berechnet:

$$k_f = \frac{Q}{(C_u * r * H)} \quad [1] \quad [\text{cm/s}]$$

$$k_f = 2 * \frac{Q}{((C_s + 4) * r * (T_u * H - A))} \quad [2] \quad [\text{cm/s}]$$

Legende:

k_f	= Durchlässigkeitsbeiwert [cm/s]	T_u	= Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht
Q	= versickerte Wassermenge [cm ³ /s]	H	= Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle
C_u, C_s	= Koeffizient nach USBR	A	= Länge unverrohrtes Bohrloch [cm]
r	= Ausbauradius [cm]		

In Abhängigkeit vom Verhältniswert H/ T_u zu T_u/A wird die "Formel 1" oder die "Formel 2" zur k_f -Wert-Berechnung herangezogen. Aus den gemessenen Versickerungswerten errechnen sich folgende Durchlässigkeitsbeiwerte (s. auch Anl. 3):

Untersuchungspunkt	Bodenart	Tiefe*) [m u. GOK]	k_f -Wert [m/s]
SV 1 _{flach}	<u>Ton-/Sandstein, verwittert</u> (Gesteinsbruch, tonig, sandig)	0,2 – 1,0	$1,5 \times 10^{-6}$
KRB 2 / SV 1 _{tief}	<u>Ton-/Sandstein, verwittert</u> (Gesteinsbruch, tonig, sandig)	0,8 – > 1,8	$8,9 \times 10^{-6}$
SV 2 _{flach}	<u>Sandstein, verwittert</u> (Gesteinsbruch, sandig)	0,5 – 1,2	$< 1,0 \times 10^{-8}$ (keine Versickerung)
KRB 5 / SV 2 _{tief}	<u>Sandstein, verwittert</u> (Gesteinsbruch, sandig, teilw. schwach tonig)	1,0 – > 1,9	$2,3 \times 10^{-5}$
SV 3 _{flach}	<u>Sandstein, verwittert</u> (Sand mit Gesteinsbruch, schwach tonig)	0,2 – 0,8	$3,1 \times 10^{-5}$

Untersuchungspunkt	Bodenart	Tiefe*) [m u. GOK]	k _r -Wert [m/s]
KRB 7 / SV 3 _{tief}	<u>Sandstein, verwittert</u> (Gesteinsbruch, sandig)	1,1 – > 2,1	> 1,0 x 10 ⁻⁴ (keine Sättigung)
SV 4 _{flach}	<u>Sandstein, verwittert</u> (Gesteinsbruch, sandig, schwach schluffig)	0,2 – 1,2	4,5 x 10 ⁻⁶
KRB 9 / SV 4 _{tief}	<u>Sandstein, verwittert</u> (Sand)	1,2 – > 2,2	1,5 x 10 ⁻⁵
SV 5 _{flach}	<u>Verwitterungslehm</u> (Schluff, mit wenig Gesteinsbruch und Feinsand)	0,2 – 0,7	< 1,0 x 10 ⁻⁸ (keine Versickerung)
KRB 10 / SV 5 _{tief}	<u>Sandstein, verwittert</u> (Sand mit Gesteinsbruch)	1,2 – > 3,2	1,4 x 10 ⁻⁶

*) Schichtgrenzen der versickerungswirksamen Schicht(en)

Die von der DWA im Arbeitsblatt A 138 empfohlenen Durchlässigkeitsbeiwerte für die Beseitigung von Niederschlagswasser liegen zwischen 5×10^{-3} m/s und 1×10^{-6} m/s.

Im Verwitterungslehm konnte keine Versickerung ermittelt werden. Der Durchlässigkeitsbeiwert ($k_f \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s) liegt demnach außerhalb des zulässigen Bereichs der DWA.

Die k_r-Werte im verwitterten Sand-/Tonstein liegen zwischen $< 1,0 \times 10^{-8}$ m/s und $> 1,0 \times 10^{-4}$ m/s und somit im oberen Bereich bis außerhalb des zulässigen Intervalls der DWA. Die schlechte Durchlässigkeit im oberflächennahen verwitterten Sandstein (KBR 5) ist ggf. auf einen höheren Feinkornanteil oder eine ungünstige Schichtung zurückzuführen.

Nach den Untersuchungsergebnissen eignet sich der nordöstliche Bereich des Geländes (KRB 9) am besten für die Versickerung. Die nordwestlichen, mittleren und südlichen Bereiche weisen gemäß der ermittelten k_r-Werte, vor allem in den tieferen Schichten (ab ca. 1,0 m unter GOK), ebenfalls gute bis ausreichende Durchlässigkeiten auf.

Aufgrund der Topographie des Geländes bietet sich der südöstliche Teil für eine zentrale Versickerungsanlage (große Mulde, Versickerungsbecken) beispielsweise zur Entwässerung der Straßenflächen an. Für die versiegelten Flächen auf Einzelgrundstücken eignen sich dezentrale Versickerungsanlagen. Aufgrund der Streuung der Durchlässigkeitsbeiwerte sowie der geringen Untersuchungsdichte empfehlen zur Verifizierung der Durchlässigkeit an den potentiellen Standorten ergänzende Sickerversuche bzw. Schurfversickerungen durchzuführen. Grundsätzlich liefern Schurfversickerungen aufgrund der größeren Aufschlussfläche „realistischere“ Durchlässigkeitsbeiwerte und ermöglichen eine genauere Beurteilung des Zersetzungsgrades bzw. Schichtung/Klüftung des Festgesteins.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass das verwitterte Festgestein meist mit zunehmender Tiefe und somit geringeren Verwitterungsgraden an Sickerleistung verliert. Dies ist im überprüften Gebiet unterhalb der erreichten Endteufe ebenfalls zu erwarten. In den Untergrund eingeleitetes Niederschlagswasser bewegt sich dann häufig als hangparalleles Schichtenwasser. Dies entspricht dem natürlichen Abflussverhalten.

Gemäß der Schutzzonenverordnung der Wahnbachtalsperre ist die Versickerung von Niederschlagswasser ausschließlich über die belebte Bodenzone (Mulden, Mulden-Rigolen) zulässig. Zur vorherigen „Abreinigung“ können ggf. Filteranlagen vorgeschaltet werden. Das ist mit der Unteren Wasserbehörde des RSK abzustimmen.

Bei Mulden werden im Schnitt 10 % der zu versickernden Fläche benötigt. Je nach Standort sind die Mulden ggf. über einen Bodenaustausch hydraulisch an den sickerfähigeren verwitterten Ton-/Sandstein anzuschließen.

Im Hinblick auf die Errichtung von dezentralen Versickerungsanlagen, z.B. für einzelne Wohnbaugrundstücke, ist zu beachten, dass der Abstand zwischen den Versickerungsanlagen und der Grundstücksgrenze mindestens 2 m betragen muss. Zu unterkellerten Bauwerken muss ein Mindestabstand von rd. 6 m eingehalten werden. Zu nicht unterkellerten Gebäuden ist zur Sicherstellung der Gebäudestandsicherheit mindestens ein Abstand einzuhalten, der der Sohltiefe der Versickerungsanlage unter der endgültigen GOK entspricht. Es ist sicherzustellen, dass auf dem Grundstück ein bauwerksabgewandtes Gefälle besteht.

Die in diesem Gutachten ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte k_f können zur Dimensionierung von Versickerungsanlagen gemäß den Vorgaben und Richtlinien aus dem DWA Arbeitsblatt A 138 verwendet werden, wenn die Versickerungsanlagen im Nahbereich der Untersuchungspunkte liegen.

Für Bau, Betrieb und Wartung von Versickerungseinrichtungen sind grundsätzlich die Maßgaben des Arbeitsblattes DWA-A 138 (April 2005) zu beachten.

5. Hinweise zum Erd- und Kanalbau

Nach den vorliegenden Informationen wird für die nachfolgende geotechnische Bewertung davon ausgegangen, dass die Kanalbaumaßnahme in offener Bauweise erfolgt.

5.1 Erdarbeiten und Bodenaushub

Bei Ausführung der Erdarbeiten fallen nach den Bohrergebnissen Oberboden, Verwitterungslehm/-ton und verwitterter Sand-/Tonstein als Bodenaushub an (Bodenklassifikation s. Kap. 3.4). Die Art des Baggerlöffels (glatte Schneide oder mit Reißzähnen) ist den Untergrundverhältnissen entsprechend zu wählen.

Der anstehende Verwitterungslehm/-ton ist stark witterungsempfindlich und können bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung in einen weichen bis breiigen Zustand übergehen. Zur Vermeidung von Aufweichungen in Höhe der Grabensohle empfehlen wir deshalb, die Erdarbeiten „vor Kopf“ auszuführen. Die Gräben und Flächen sind mit einem geregelten Gefälle herzustellen, damit Oberflächenwasser kontrolliert abgeführt werden kann.

Die Bauausführung sollte nach Möglichkeit während des Sommerhalbjahrs erfolgen, um Mehrkosten durch ungünstige Witterungseinflüsse zu vermeiden (z.B. Austausch aufgeweichter/aufgelockerter Baugrundbereiche, Schutzmaßnahmen gegen Niederschlags-/Bodenwasser bzw. Frostzutritt, Wasserhaltung).

In den anstehenden, bindigen Böden können sich jahreszeitlich- oder niederschlagsbedingte Staunässezonen bilden, welche nach der Erfahrung nur einen geringen und kurzzeitigen Wasserzufluss bedingen.

Dieser kann voraussichtlich durch die Anordnung einer offenen Wasserhaltung (randliche Gräben, Pumpensümpfe) abgeführt werden. Sollte bei den Aushubarbeiten ein stärkerer Wasserzustrom festgestellt werden, so ist die weitere Vorgehensweise mit unserem Büro abzustimmen.

Das während der Bauarbeiten anfallende Tagwasser ist der öffentlichen Kanalisation zuzuführen. Für die Einleitung des Tagwassers der Baustelle in die örtliche Kanalisation ist eine Erlaubnis der zuständigen Behörden einzuholen. I. d. R. wird dafür eine Gebühr erhoben. Wir empfehlen, die Höhe der Gebühren im Vorfeld abzufragen.

5.2 Verbau, Böschungen

Die Erdarbeiten sind nach den technischen Richtlinien der DIN 4124 „Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau“ zu planen und auszuführen.

Die im Baugruben- und Grabenbereich anstehenden Böden sind als rollig (verw. Sand-/Tonstein) bzw. bindig (Verwitterungslehm/-ton) einzustufen.

Baugruben und Gräben dürfen generell ohne Böschungen und Verbau mit senkrecht abgeschachteten Wänden bis 1,25 m Tiefe hergestellt werden, wenn sie kurzzeitig standsicher sind (dies ist vor Baubeginn durch Probeschürfe zu bestätigen) und keine besonderen Einflüsse (Wasser, dynamische Belastung etc.) die Standsicherheit gefährden.

Bei Tiefen bis 5,0 m unter GOK können Baugruben und Gräben ohne erdstatischen Nachweis der Standsicherheit und ohne Grundwassereinfluss mit einem Winkel von 45° (rollig) bzw. 60° (bindig) ausgeführt werden.

Die Böschungsoberflächen sind vor Wasser- und Frostzutritt zu schützen, z.B. durch Abdecken mit Planen / Frostschutzmatten sowie ggf. Anordnung hangseitiger Gerinne.

An den Böschungsoberkanten sind folgende Schutzstreifen anzuordnen:

- 0,6 m – Stapellast $\leq 1 \text{ t/m}^2$
- 1,0 m – Fahrzeuge $\leq 12 \text{ t}$
- 2,0 m – Fahrzeuge 12 t bis 40 t

Angaben zu Schutzstreifen neben Baugruben mit einer maximalen Höhe von 1,75 m und einer maximalen Belastung von 18 t an der Böschungskrone sind der DIN 4124, Abs. 4.2.5, zu entnehmen.

Bauseits ist zu prüfen, ob die angegebenen Böschungswinkel und Schutzstreifen, bei den vorliegenden Bau- und Grenzabständen eingehalten werden können bzw. weitere Maßnahmen zur Böschungssicherung (Verbau, Winkelstützwände etc.) erforderlich sind.

Sollten beim Aushub lokale Baugrundzonen mit weniger als steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung oder lokale Stau- bzw. Schichtwasseraustritte zeigen, ist ein Verbau vorzusehen (z.B. Verbauplatten, Schleppboxen usw.).

Grundsätzlich müssen vor Durchführung von Baugrubensicherungen alle bestehenden Leitungen im Bereich des Verbaus genau bekannt sein.

5.3 Aushub- und Gründungssohle

Der anstehende Untergrund in mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung ist für eine direkte Auflagerung der Kanalrohre geeignet. Sollten im Bereich der Grabensohle aufgeweichte bzw. aufgelockerte Böden anstehen, sind diese auszukoffern und durch tragfähiges Material (z.B. Kiessand oder Schotter/Brechkorn mit 0/45 mm Körnung) zu ersetzen. Generell sollte das Auflager für den Kanal aus einer Sandbettung hergestellt werden. Nach Erfordernis ist das Auflager des Kanals aus Magerbeton bzw. Flüssigböden herzustellen.

Bei einer ggf. geringmächtigen Aufweichung des Untergrunds kann das Erdplanum durch statisches Eindrücken von sog. „Grobschlag“ (Körnung 100/200 mm) oder die Zugabe von Bindemitteln (Kalk, Zement) stabilisiert werden.

5.4 Entsorgungstechnische Überprüfung des Aushubs

Wir weisen darauf hin, dass für die Entsorgung des anfallenden Bodenaushubs i. d. R. eine Überprüfung gemäß EBV²⁾ und DepV³⁾ erforderlich ist. Eine voreilende Untersuchung an den Rückstellproben der Bohrungen wird angeraten, damit die Zuordnung des Erdaushubs zu den Deponie-/ Verwertungsklassen bereits bei der Ausschreibung berücksichtigt werden kann. Die Proben werden ab dem Zeitpunkt der Bohrung für 3 Monate rückgestellt.

²⁾ EBV: Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV) vom 09. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598), die zuletzt durch Artikel 1 der Verord. vom 13. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 186) geändert worden ist.

³⁾ DepV: Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 09. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598) geändert worden ist

5.5 Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials

Der beim Erdaushub anfallende verwitterte Sand-/Tonstein ist der Verdichtbarkeitsklasse V 1 nach ZTV A-Stb 97⁴⁾ zuzuordnen und daher für den Wiedereinbau grundsätzlich geeignet.

Der Verwitterungslehm/-ton ist der Verdichtbarkeitsklasse V 3 nach ZTV A-Stb 97 zuzuordnen und für den Wiedereinbau hier nur unter bestimmten Bedingungen geeignet. Damit die bindigen Böden wieder eingebaut werden können, sind folgende Maßnahmen einzuhalten:

- Schutz vor Witterungseinflüssen während der Zwischenlagerung
- Einbau mit optimalem Wassergehalt
- ggf. Verbesserung der Verdichtungseigenschaften durch Zugabe von Bindemitteln oder grobkörnigem Bodenmaterial

Beim Wiedereinbau des Aushubmaterials sollte auf eine gute Durchmischung der Kornfraktionen sowie eine trockene Witterung geachtet werden, um eine möglichst hohe Verdichtbarkeit zu erreichen.

Außerhalb der Leitungszone kann die Grabenverfüllung unter den vorgenannten Randbedingungen mit dem Aushubmaterial vorgenommen werden. Dann sind jedoch in regelmäßigen Abständen Tonsperrern vorzusehen, um Wasserbewegungen entlang des Graben- bzw. Leitungsbereichs sicher auszuschließen.

Beim Verfüllen der Leitungsgräben sind die Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-Stb 17⁵⁾, Abs. 9.5 (Leitungszone) und Abs. 4.3.2 (Verfüllzone), einzuhalten.

Für die Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials sind neben den bodenmechanischen Eigenschaften auch die verwertungstechnischen Analysen der Materialien entscheidend. Wir empfehlen daher den Bodenaushub rechtzeitig vor Baubeginn auf die Parameter der EBV zu untersuchen.

Gemäß der Wasserschutzgebietsverordnung Wahnbachtalsperre § 3 (1) Abs. 6 ist der Einbau der natürlichen Böden - nicht nachteilig veränderter Locker- und Festgesteine - mit behördlicher Genehmigung zulässig. Der natürliche Boden (Verwitterungslehm/-ton, verwitterter Sand-/Tonstein) darf somit grundsätzlich wieder eingebaut werden.

Detaillierte Bedingungen/Grundlagen zum Wiedereinbau sind mit der zuständigen unteren Bodenschutz-/Wasserbehörde abzustimmen. Für den Wiedereinbau ist ggf. ein entsprechender Wiedereinbauantrag zu stellen bzw. zu verfassen.

Für die Neuerstellung der Straßenfläche wird empfohlen, die Trag- und Frostschutzschichten mit gut verdichtbarem Material (z.B. Schotter/Brech Korn oder Kiessand) und nicht mit dem Aushubmaterial herzustellen.

⁴⁾ ZTV A-Stb 97: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 1997 / Fassung 2006 (zurückgezogen)

⁵⁾ ZTV E-Stb 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017

6. Angaben zur Herstellung der Verkehrsflächen

Die Befestigung der Straßenflächen sollten generell nach den technischen Richtlinien der RStO 12/24⁶⁾ und der ZTV E-StB 17 konstruiert werden. Gemäß RStO 12/24 ordnen wir die hier geplanten Verkehrsflächen der Straßenkategorie ES V (Wohnstraße) und der Belastungsklasse Bk1,0 zu. Wir gehen davon aus, dass die Straßenflächen mit einer Oberflächenbefestigung aus Asphalt versehen werden.

Die im Erdplanum anstehenden Böden (Verwitterungslehm/-ton, verw. Ton-/Sandstein) sind den Frostempfindlichkeitsklassen F 1 und F 3 nach ZTV E-StB 17 zuzuordnen. Auf der sicheren Seite liegend ergibt sich für die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 und die Frosteinwirkungszone I gemäß den Tabellen 13 und 14 der RStO 12/24 folgender frostsicherer Aufbau:

Belastungsklasse	Bk1,0
Ausgangswert [cm]	60
Frosteinwirkungszone I	± 0
kleinräumige Klimaunterschiede [cm]	± 0
Wasserverhältnisse im Untergrund [cm]	± 0
Lage der Gradiente	± 0
Entwässerung der Fahrbahn [cm]	± 0
Gesamtdicke [cm]	60

Als Voraussetzung für die standardisierte Bauweise wird auf dem Planum für die Frostschuttschicht ein Verformungswert $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zugrunde gelegt. Wir gehen davon aus, dass der verwitterte Sand-/Tonstein die Anforderungen erreicht.

Aus der Erfahrung erreicht der anstehende Verwitterungslehm Verformungsmoduln $E_{v2} \approx 15 \text{ MN/m}^2$. Daher sollte zur Gewährleistung ausreichender Verformungseigenschaften bei bindiger Ausprägung des Planums eine sog. „untere Tragschicht“ vorgesehen werden. Aufgrund einer konservativen Abschätzung kann eine untere Tragschichtmächtigkeit von 30 cm angenommen werden.

Die genaue Dicke der „unteren Tragschicht“ ist anhand von Lastplattendruckversuchen auf dem Erdplanum festzulegen. I.A. ist es vorteilhaft, hierzu Probefelder anzulegen.

Zur Gewährleistung ausreichender Trageigenschaften orientieren wir uns im Folgenden an der Tafel 1, Zeile 1 der RStO 12/24. Hierbei sind im Bereich der Verkehrsflächen folgende Mächtigkeiten sowie Verformungswerte E_{v2} einzuhalten:

⁶⁾ RStO 12/24: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 / Fassung 2024

Straßenaufbau mit Asphaltdecke	Dicke [cm]	Verformungsmodul E_{v2} [MN/m²]
Asphaltdecke	18 ¹⁾	-
Frostschuttschicht	42	≥ 120
Erdplanum / untere Tragschicht	- / 30	≥ 45

1) 4 cm Asphaltdecke + 14 cm Asphalttragschicht

Auf der Frostschuttschicht sind Verhältnisswerte $E_{v2} / E_{v1} < 2,2$ bzw. alternativ $E_{v1} \geq 0,6 \times E_{v2}$ einzuhalten. Der Nachweis einer ausreichenden Verdichtung ist über Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 zu erbringen.

Als Material für die Frostschuttschicht und untere Tragschicht sollte Schotter/Brechhorn (Boden-gruppe GW) in geeigneter Körnung (z. B. 0/45 mm) verwendet werden. Einbau und Verdichtung sind lagenweise in einer Dicke $d \approx 15 \text{ cm} - 20 \text{ cm}$ vorzunehmen.

Steht im Erdplanum bindiger Untergrund an, so ist in diesen Bereichen ein Geotextil zu verlegen.

Entwässerung von Planum und Frostschuttschicht

Um zukünftige Schäden durch Schichtwasser zu verhindern, empfehlen wir das Wasser aus Frostschuttschicht und Böschung gemäß REwS ⁷⁾ zu sammeln und abzuleiten. Die Querneigung des Planums ist mit einem Gefälle mit 4 % auszubilden. Zusätzlich werden am Rand der Fahrbahn Sickerstränge mit Sickerrohren häufig in Verbindung mit Sickerschichten (z. B. Planums- oder Böschungssickerschicht) errichten, die das Wasser aus der Frostschuttschicht sowie Böschung sammeln und abführen.

⁷⁾ REwS: Richtlinie für die Entwässerung von Straßen (FGSV, Ausgabe 2021)

7. Schlussbemerkungen

Dieses Baugrundgutachten wurde auf der Grundlage der zum Erstellungszeitpunkt bekannten Planunterlagen ausgearbeitet. Wir bitten um Benachrichtigung, sofern im Zuge der fortschreitenden Bauplanung Abweichungen von den Annahmen dieses Gutachtens festgestellt werden.

Wir weisen darauf hin, dass die nach den geltenden technischen Richtlinien der DIN EN 1997-2 geforderten Erkundungstiefen mit dem angewandten Aufschlussverfahren teilweise nicht erreicht werden konnten. Die unterhalb der erreichten Endteufe bzw. die im tieferen Untergrund zu erwartenden Baugrundsichten sind aufgrund örtlicher Erfahrungswerte und geologischer Karten hinreichend bekannt und üben keine negativen Einflüsse auf das geplante Bauvorhaben aus.

Abhängig vom Planungskonzept bzw. weiteren Maßnahmen (Verbau etc.) sind ggf. ergänzende Untersuchungen notwendig.

Unser Büro ist bei der Bauausführung, zur Überprüfung der Baugrundverhältnisse und zur Abnahme von Erdplanum und Frostschutzschichten hinzuzuziehen.

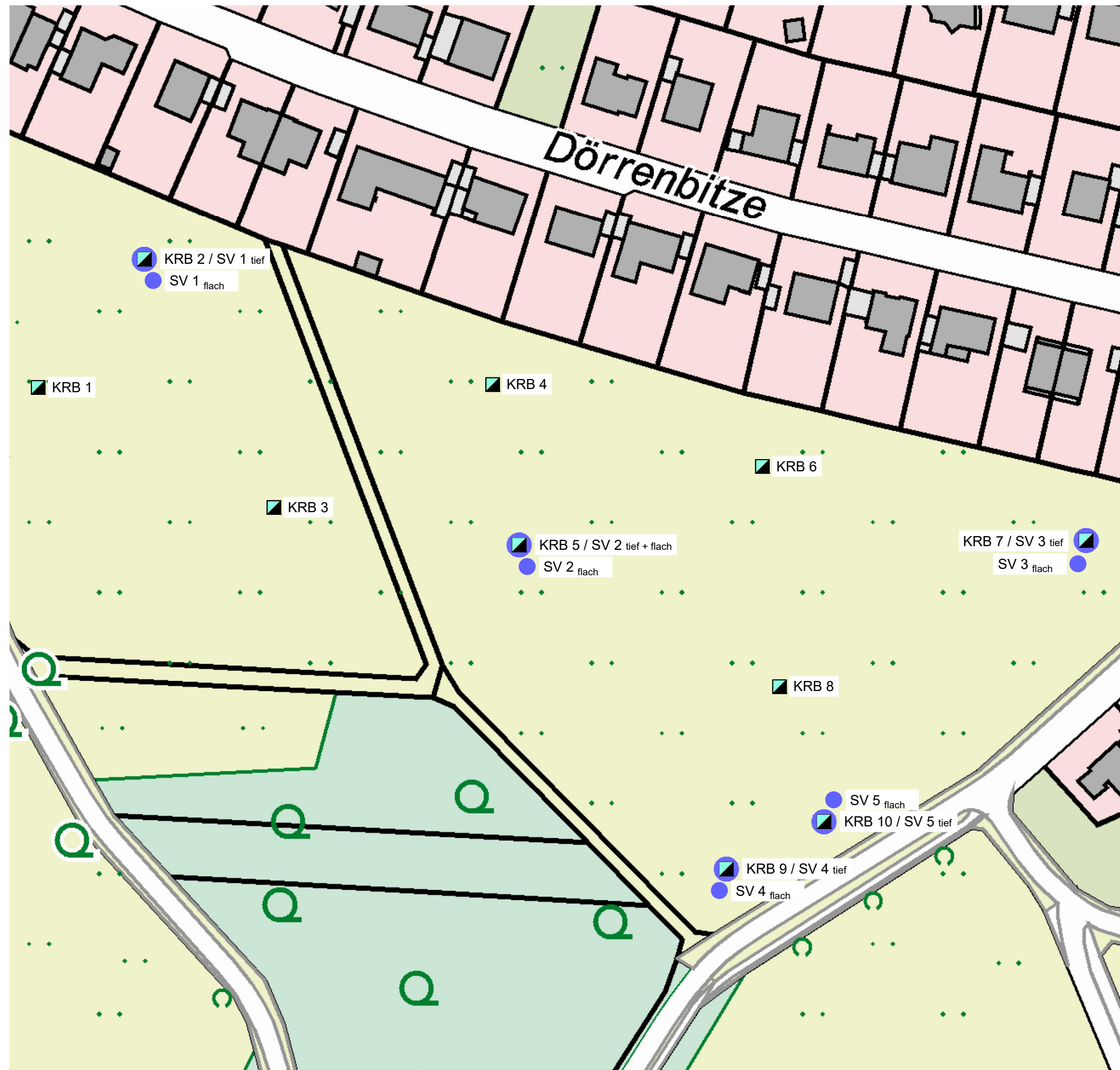
GEO CONSULT
Beratende Ingenieure und Geologen



i.A. Laura Huth
(B.Sc. Geologin)

Anlage 1

Lageplan (M 1:1.000)



- KRB Kleinrammbohrung
- SV Sickerversuch
- KRB/SV Kleinrammbohrung/Sickerversuch

Lage der Untersuchungspunkte

AG: KPP GmbH & Co. KG
 UO: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze", Much

Maßstab: 1 : 1.000 DIN A3	Projekt-Nr.: 24082500
Datum: 26.08.2024	Zeichnungs-Nr.: 304-08-24
Gezeichnet: Wa	Geändert:

Anlage: 1



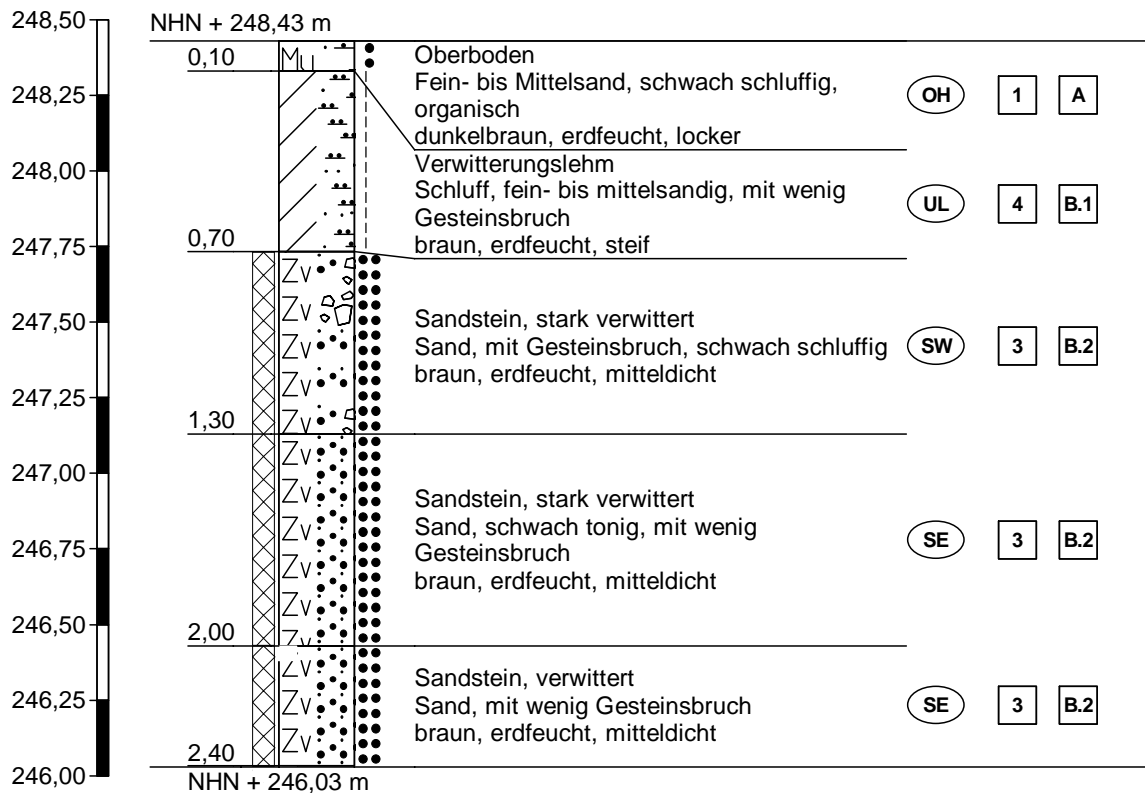
Bach und Rietz Beratende Ingenieure PartG mbB
 51491 Overath
 Maarweg 8
 Tel. 02206 / 9027-30
 Fax 02206 / 9027-33
E-Mail: mail@geo-consult-overath.de
 Internet: www.geo-consult-overath.de
 Eingetragene Partnerschaft
 Amtsgericht Essen PR 3517

Anlage 2

**Bohrprofile (M 1:25)
Koordinaten mit Geländehöhen**

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

KRB 1



kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
Much

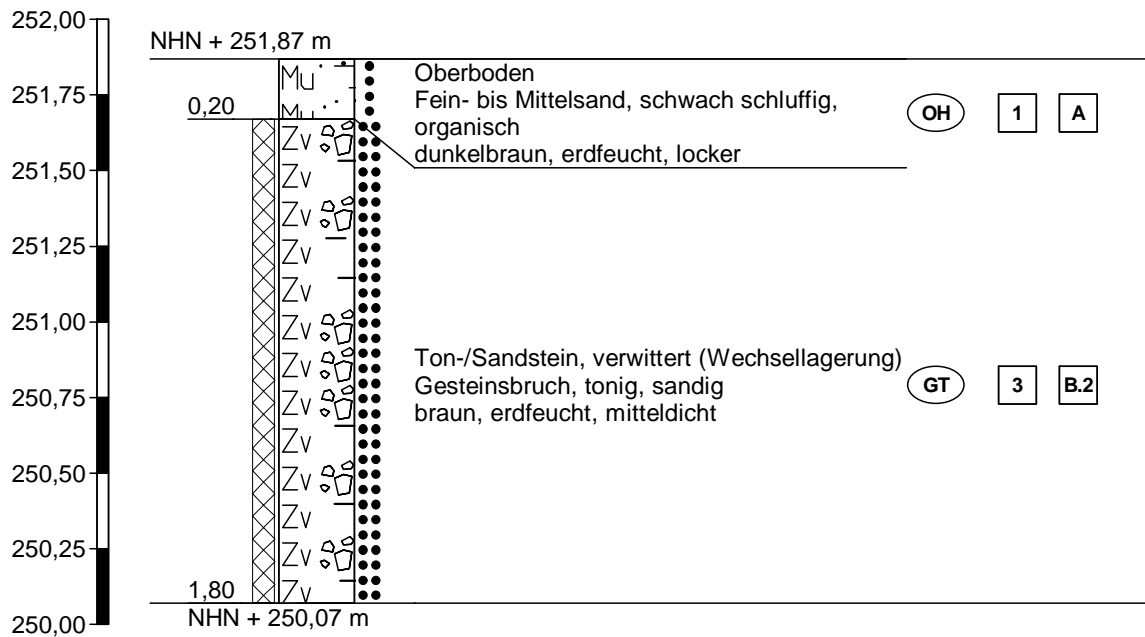
Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Anlage 2

Datum: 27.08.2024

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 2 / SV 1**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
Much

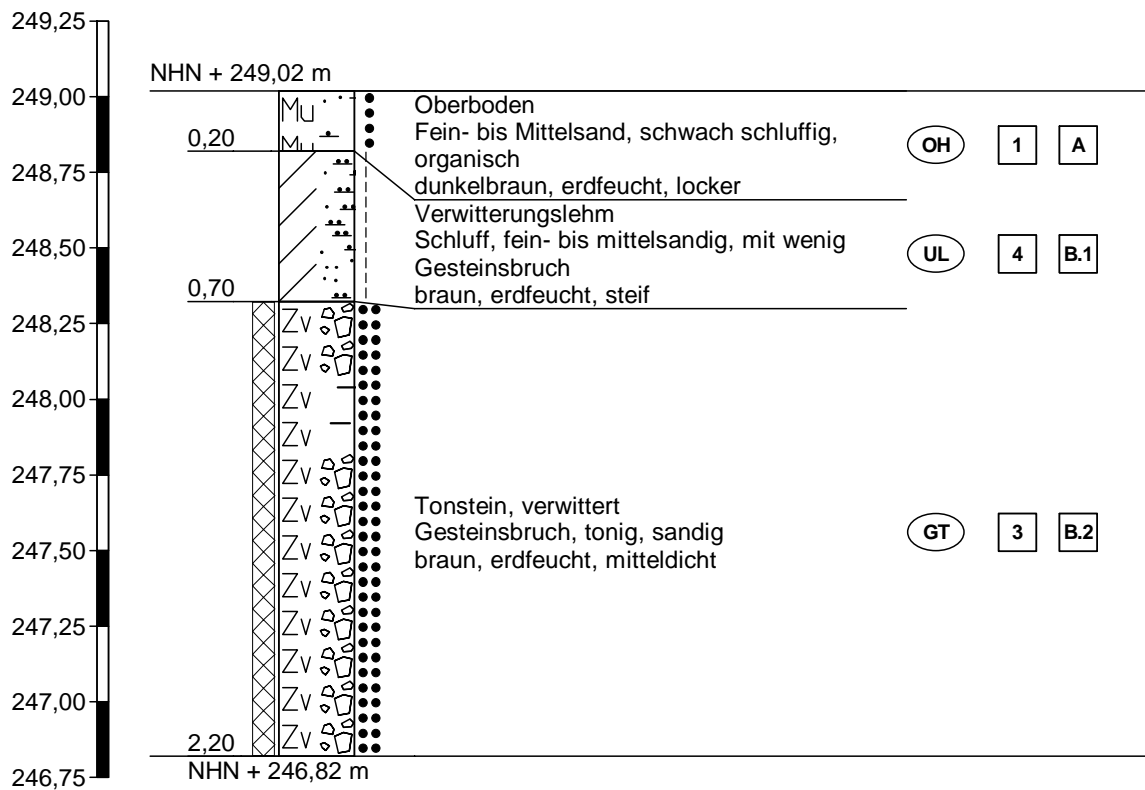
Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Anlage 2

Datum: 27.08.2024

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 3**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULTBeratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
Much

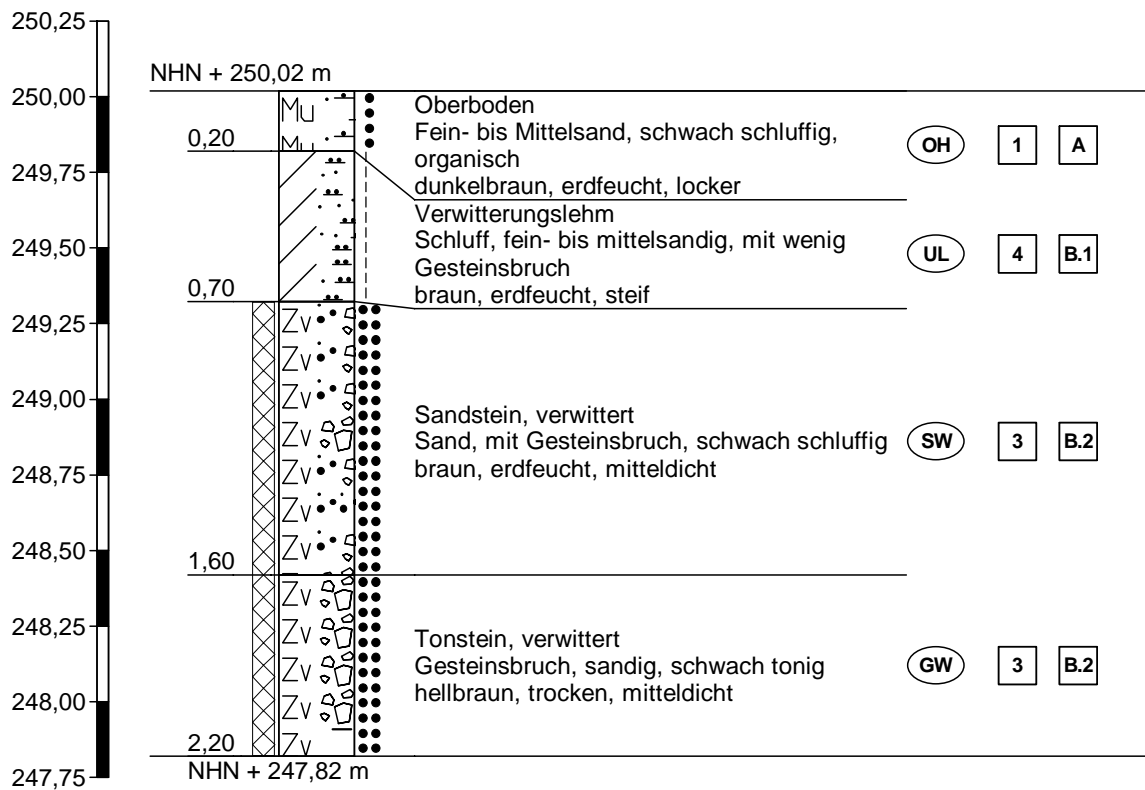
Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Anlage 2

Datum: 27.08.2024

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 4**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
Much

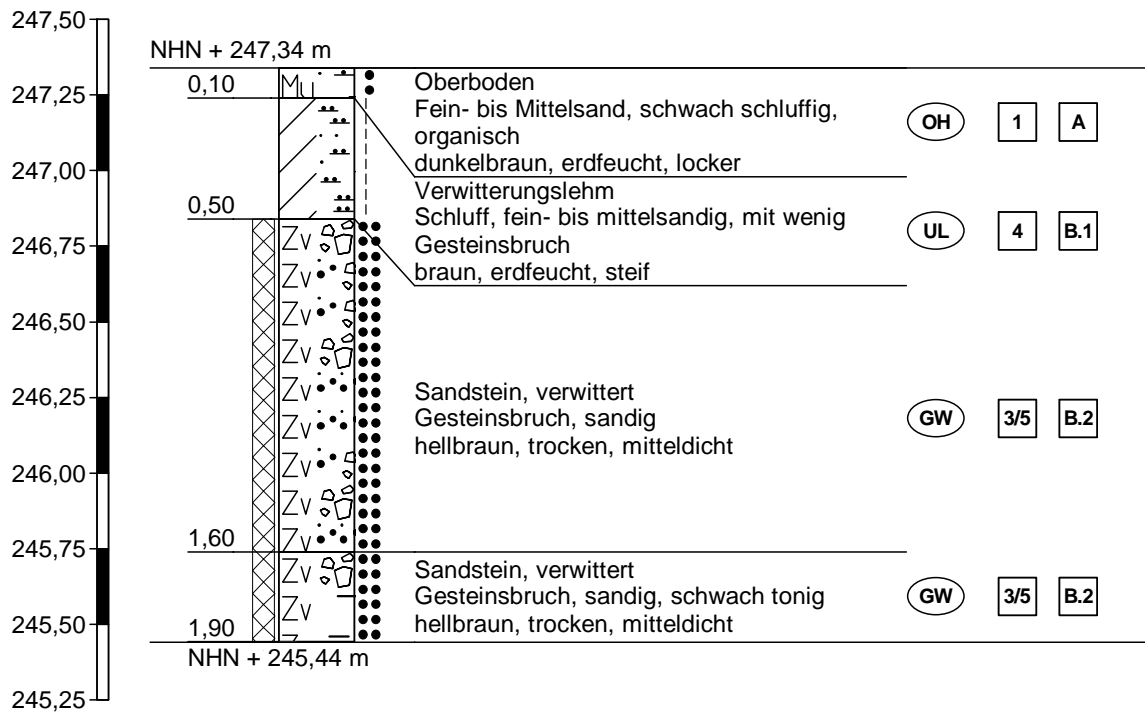
Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Anlage 2

Datum: 27.08.2024

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 5 / SV 2**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULTBeratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
Much

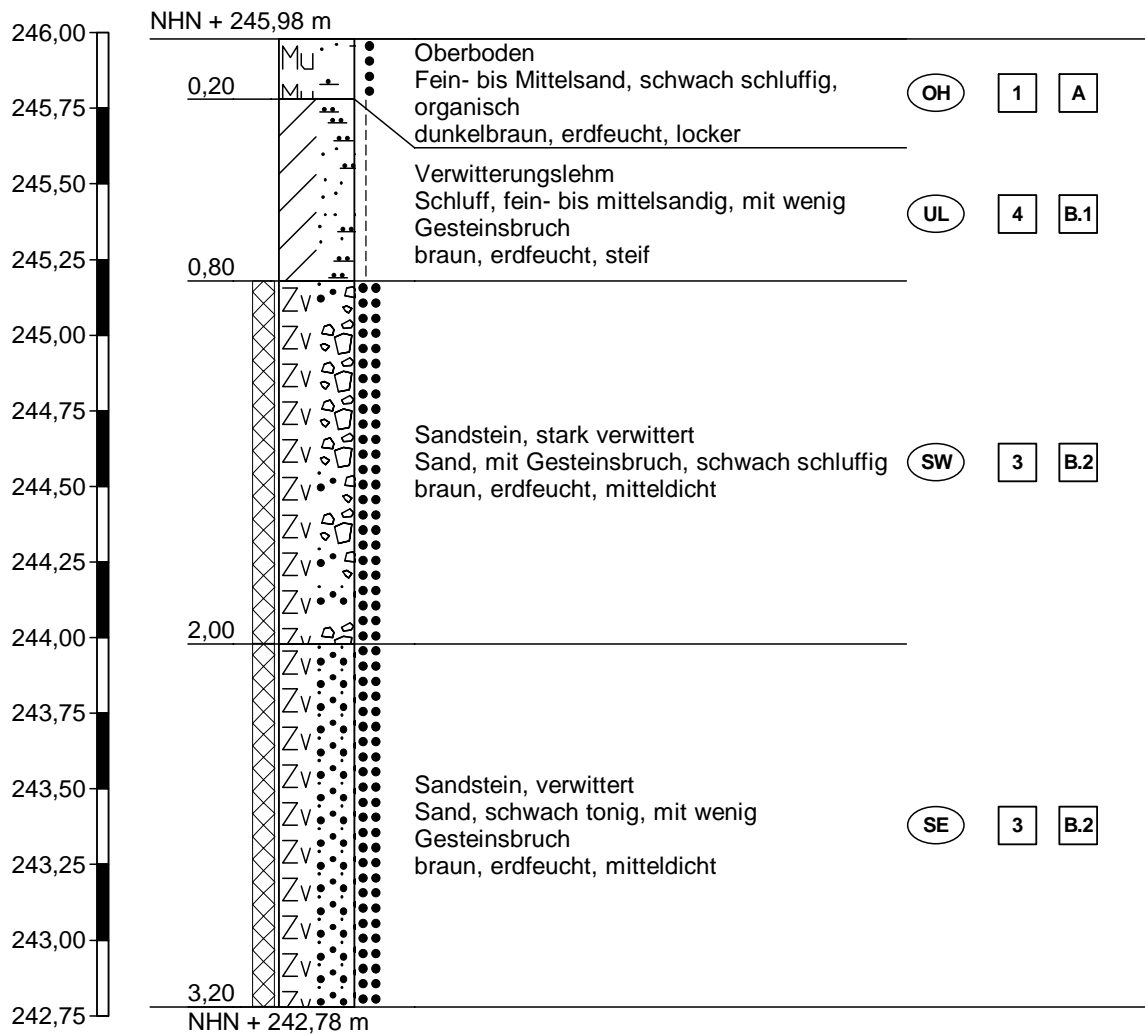
Anlage 2

Datum: 03.09.2024

Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 6**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
Much

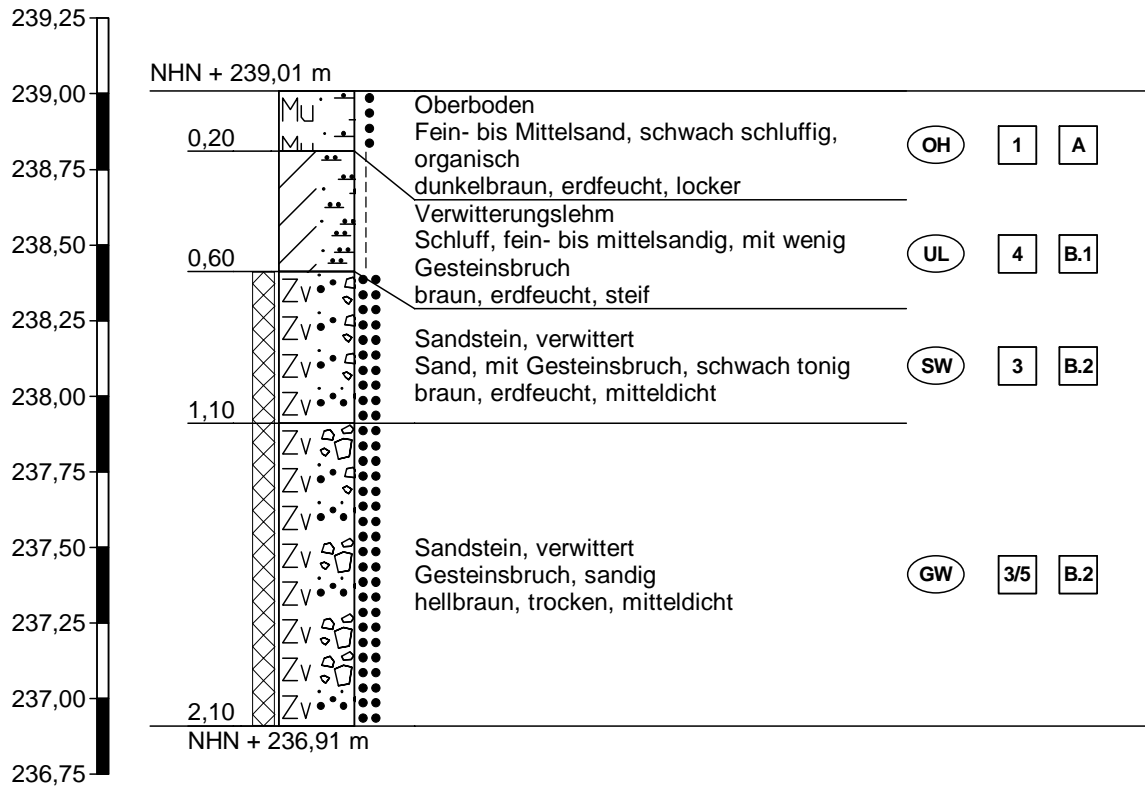
Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Anlage 2

Datum: 03.09.2024

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023**KRB 7 / SV 3**

kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
 Maarweg 8, 51491 Overath
 Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
 Much

Anlage 2

Datum: 03.09.2024

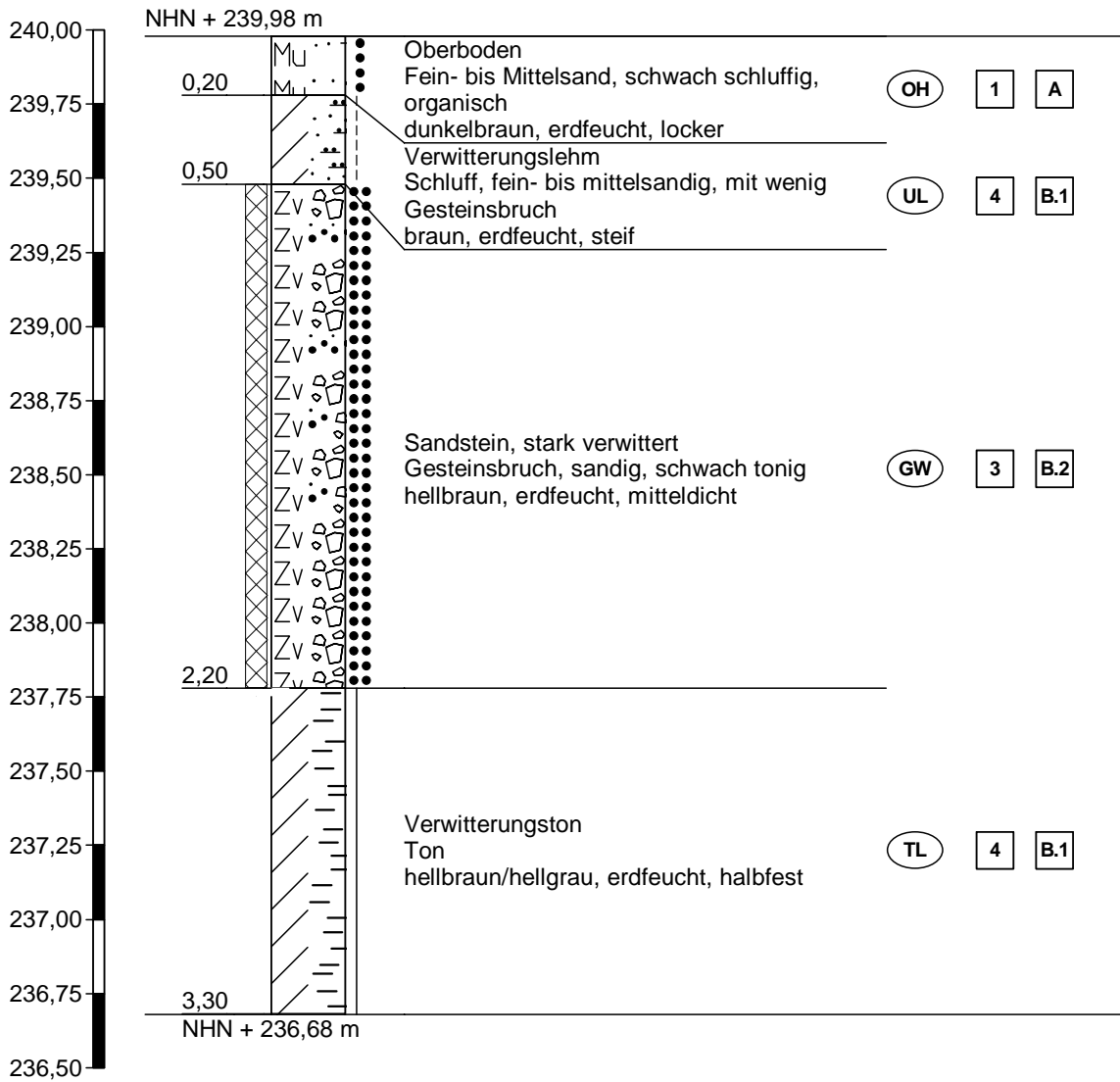
Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

KRB 8



kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
 Maarweg 8, 51491 Overath
 Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
 Much

Anlage 2

Datum: 03.09.2024

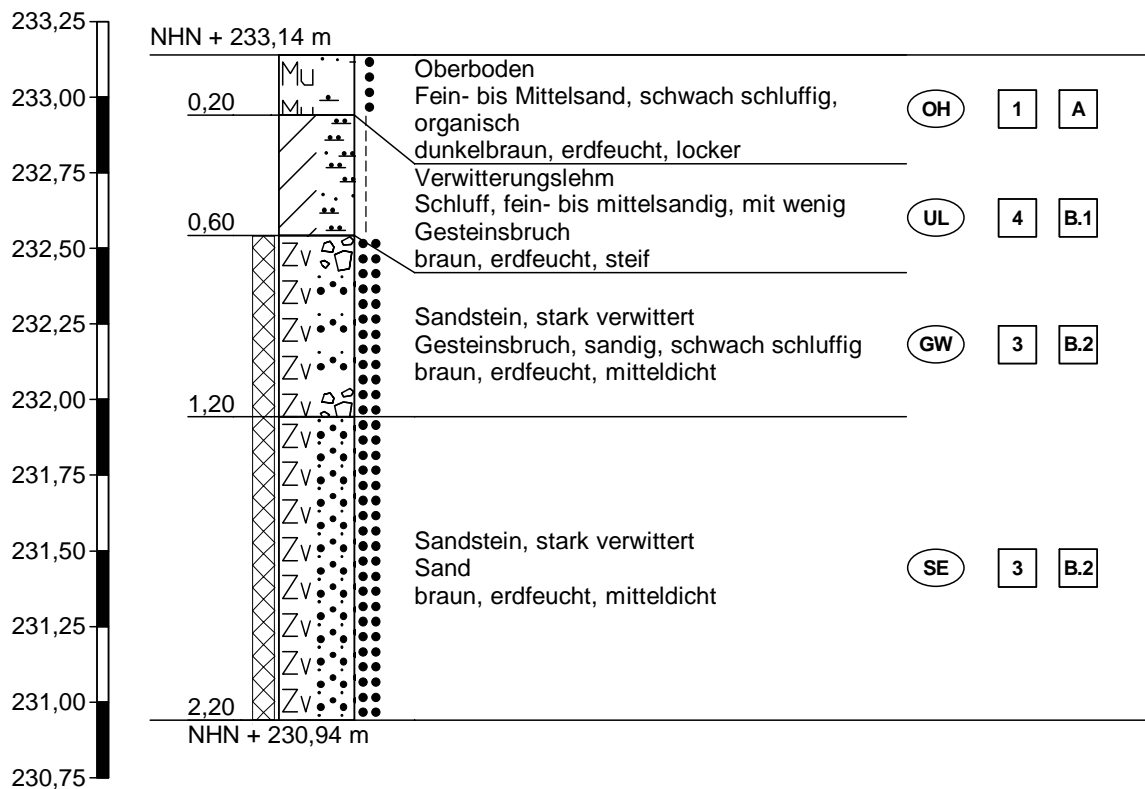
Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

KRB 9 / SV 4



kein Bohrfortschritt

Höhenmaßstab 1:25

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
 Maarweg 8, 51491 Overath
 Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
 Much

Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Anlage 2









Datum: 03.09.2024

Bearb.: Hm



Prj.-Nr: 24082500

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023








Boden- und Felsarten

	Verwitterungslehm, L		Ton, T, tonig, t
	Steine, X, steinig, x		Schluff, U, schluffig, u
	Sand, S, sandig, s		Mutterboden, Mu
	Fels, verwittert, Zv		Feinsand, fS, feinsandig, fs

Bodengruppe nach DIN 18196

	enggestufte Kiese		weitgestufte Kiese
	Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische		enggestufte Sande
	weitgestufte Sand-Kies-Gemische		Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische
	Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm		Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
	Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm		Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
	Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm		Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
	Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm		Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
	leicht plastische Schluffe		mittelplastische Schluffe
	ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff		leicht plastische Tone
	mittelplastische Tone		ausgeprägt plastische Tone
	Schluffe mit organischen Beimengungen		Tone mit organischen Beimengungen
	grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art		grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen
	nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)		zersetzte Torfe
	Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel)		Auffüllung aus natürlichen Böden
	Auffüllung aus Fremdstoffen		

Bodenklasse nach DIN 18300

	Oberboden (Mutterboden)		Fließende Bodenarten
	Leicht lösbare Bodenarten		Mittelschwer lösbare Bodenarten
	Schwer lösbare Bodenarten		Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
	Schwer lösbarer Fels		

GEO CONSULT

Beratende Ingenieure und Geologen
Maarweg 8, 51491 Overath
Tel. 02206/9027-30 Fax 9027-33

Projekt: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze",
Much

Auftraggeber: KPP GmbH & Co. KG

Anlage 2

Datum: 03.09.2024

Bearb.: Hm

Prj.-Nr: 24082500

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023Verwitterungsstufen nach DIN EN ISO 14689-1

frisch



schwach
verwittert



mäßig bis stark
verwittert



vollständig
verwittert

Homogenbereiche nach DIN 18300

Homogenbereich A

Konsistenz

breiig



weich



steif



halbfest



fest

Lagerungsdichte

locker



mitteldicht



dicht



sehr dicht

Koordinaten mit Geländehöhen

Untersuchungsort: Klimaquartier "südliche Dörrenbitze", Much

Projektnummer: 24082500

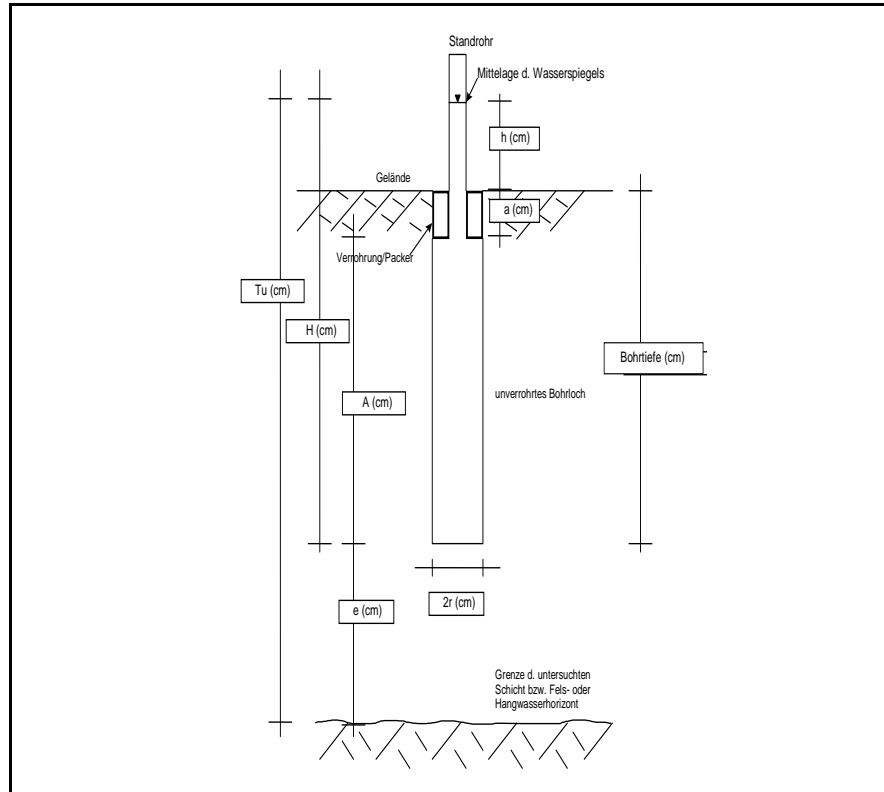
Datum: 27.08.2024 / 03.09.2024

Messpunkt- bezeichnung	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Höhe [mNHN]	Bemerkungen
KRB 1	5639828,557	387179,562	248,43	Kleinrammbohrung
KRB 2 / SV 1	5639860,512	387206,036	251,87	Kleinrammbohrung / Sickervers.
KRB 3	5639798,726	387238,384	249,02	Kleinrammbohrung
KRB 4	5639829,186	387292,696	250,02	Kleinrammbohrung
KRB 5 / SV 2	5639789,405	387299,427	247,34	Kleinrammbohrung / Sickervers.
KRB 6	5639808,944	387360,192	245,98	Kleinrammbohrung
KRB 7 / SV 3	5639790,385	387440,668	239,01	Kleinrammbohrung / Sickervers.
KRB 8	5639754,117	387364,342	239,98	Kleinrammbohrung
KRB 9 / SV 4	5639708,635	387351,084	233,14	Kleinrammbohrung / Sickervers.
KRB 10 / SV 5	5639720,471	387375,516	233,65	Kleinrammbohrung / Sickervers.

Anlage 3

Auswertung Sickerversuche

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	SV 1 flach	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 27.08.2024



$T_u = 66,0 \text{ cm}$
 $H = 66,0 \text{ cm}$
 $A = 66,0 \text{ cm}$
 $a = 34,0 \text{ cm}$
 $h = -34,0 \text{ cm}$
 $Q = 0,61 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

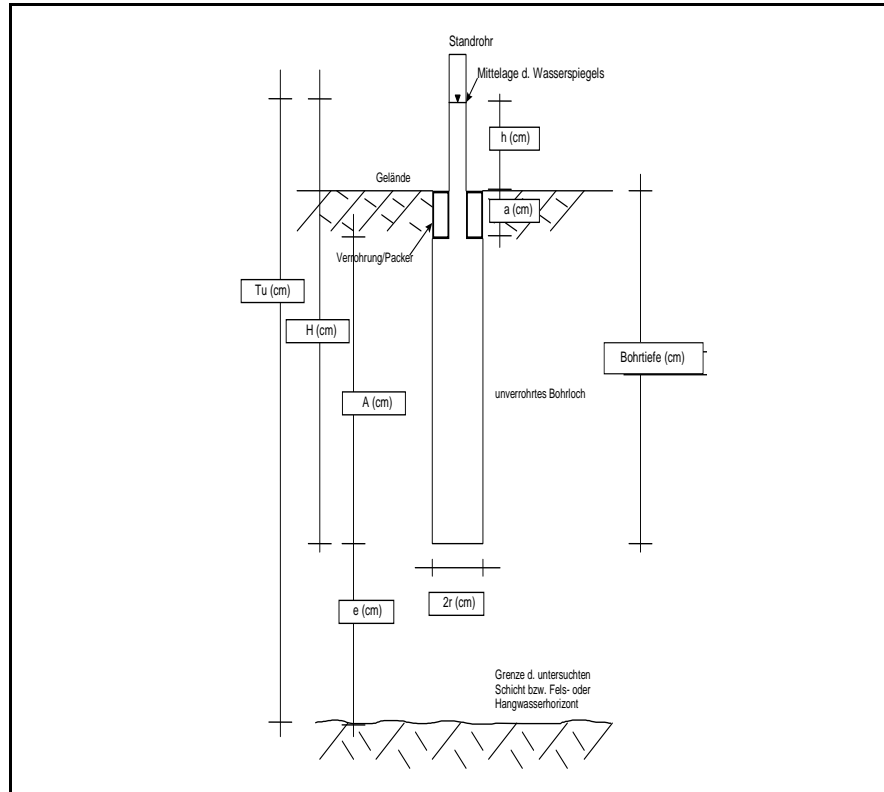
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,0 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 1,0$
 $H / r = 26,4 \Rightarrow$
 $A / r = 26,4$ **$C_s = 44,3$**

Formel II

$$k_r = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 1,5E-06 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 1 / SV 1 tief	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 27.08.2024



$T_u = 80,0 \text{ cm}$
 $H = 80,0 \text{ cm}$
 $A = 100,0 \text{ cm}$
 $a = 80,0 \text{ cm}$
 $h = -100,0 \text{ cm}$
 $Q = 4,26 \text{ cm}^3/\text{s}$
 $\text{Bohrtiefe} = A + a$

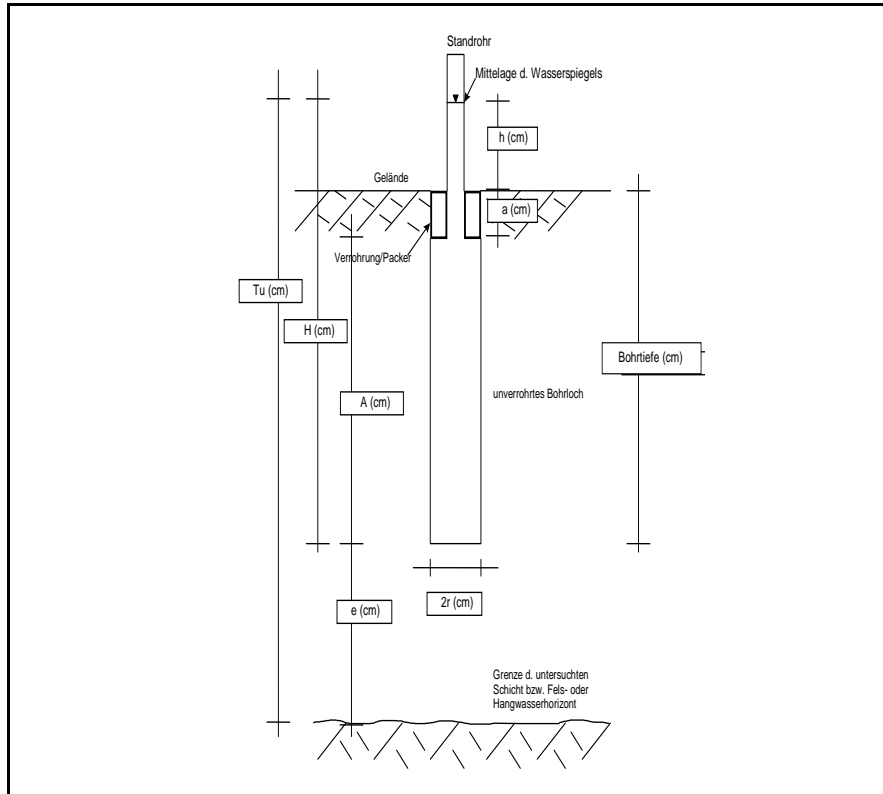
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 0,8 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 1,3$
 $H / r = 32,0 \Rightarrow$
 $A / r = 40,0$ **$C_s = 59,9$**

Formel II

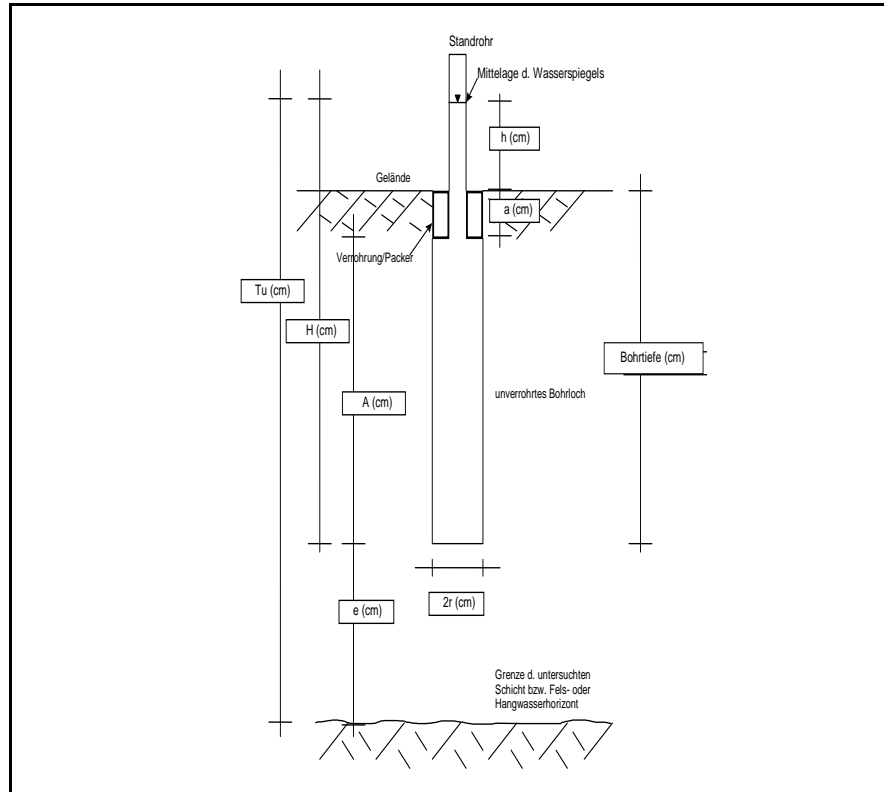
$$k_r = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 8,9E-06 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	SV 2 flach	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 27.08.2024



keine Versickerung ($k_f \leq 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$)

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 5 / SV 2 tief	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 27.08.2024



$T_u = 90,0 \text{ cm}$
 $H = 90,0 \text{ cm}$
 $A = 90,0 \text{ cm}$
 $a = 100,0 \text{ cm}$
 $h = -100,0 \text{ cm}$
 $Q = 15,36 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

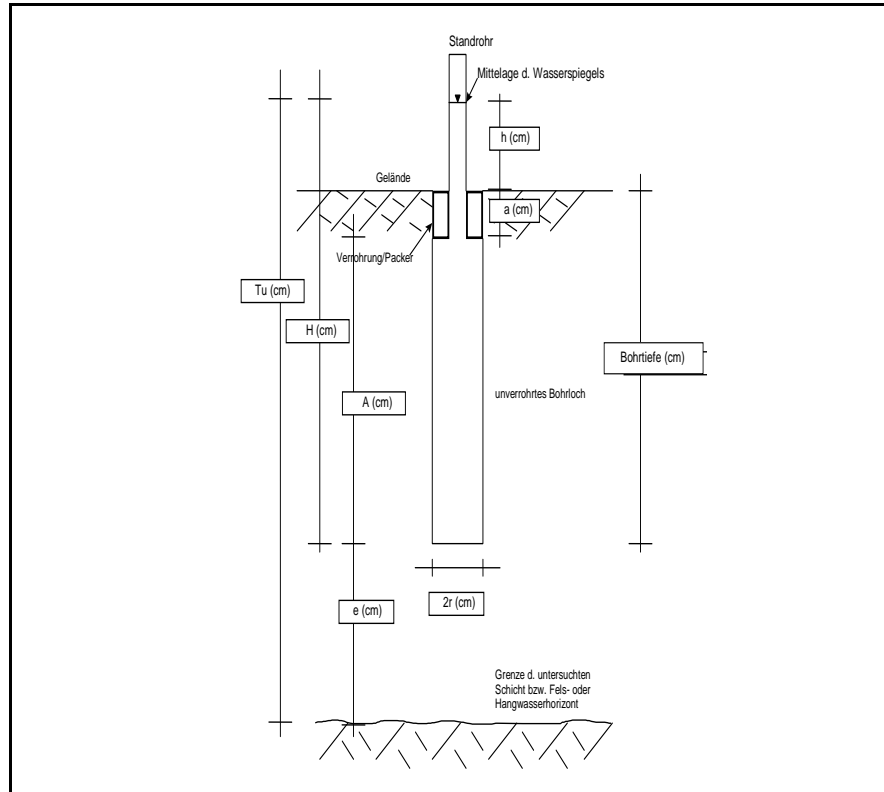
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,0 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 1,0$
 $H / r = 36,0 \Rightarrow$
 $A / r = 36,0$ **$C_s = 55,4$**

Formel II

$$k_r = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 2,3E-05 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	SV 3 flach	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 03.09.2024



$T_u = 70,0 \text{ cm}$
 $H = 70,0 \text{ cm}$
 $A = 70,0 \text{ cm}$
 $a = 30,0 \text{ cm}$
 $h = -30,0 \text{ cm}$
 $Q = 13,56 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

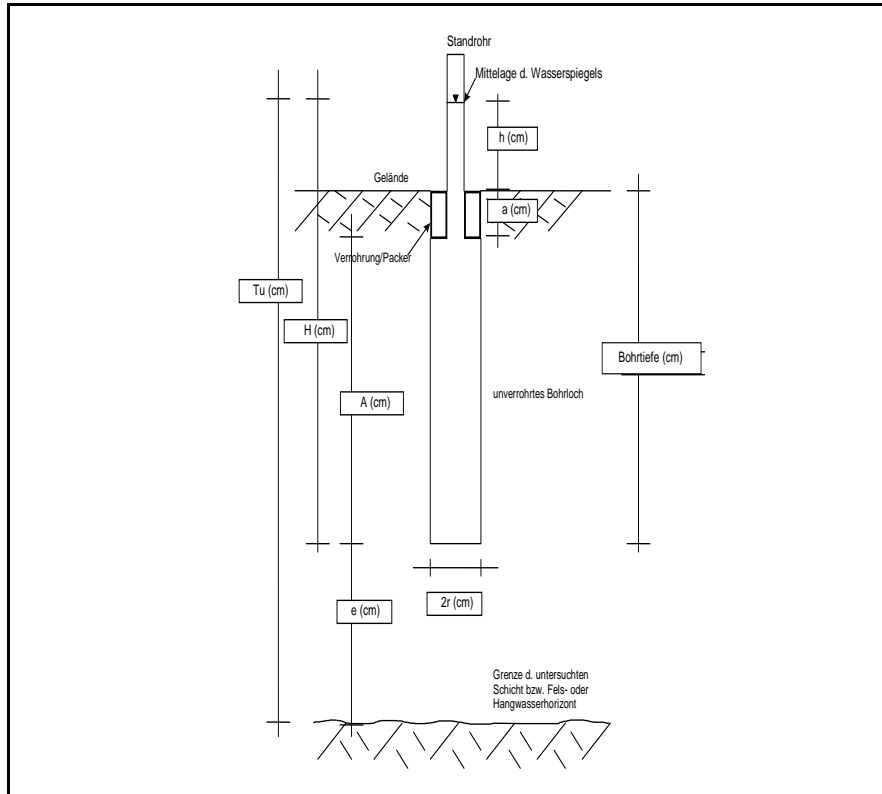
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,0 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 1,0$
 $H / r = 28,0 \Rightarrow$
 $A / r = 28,0$ **$C_s = 46,2$**

Formel II

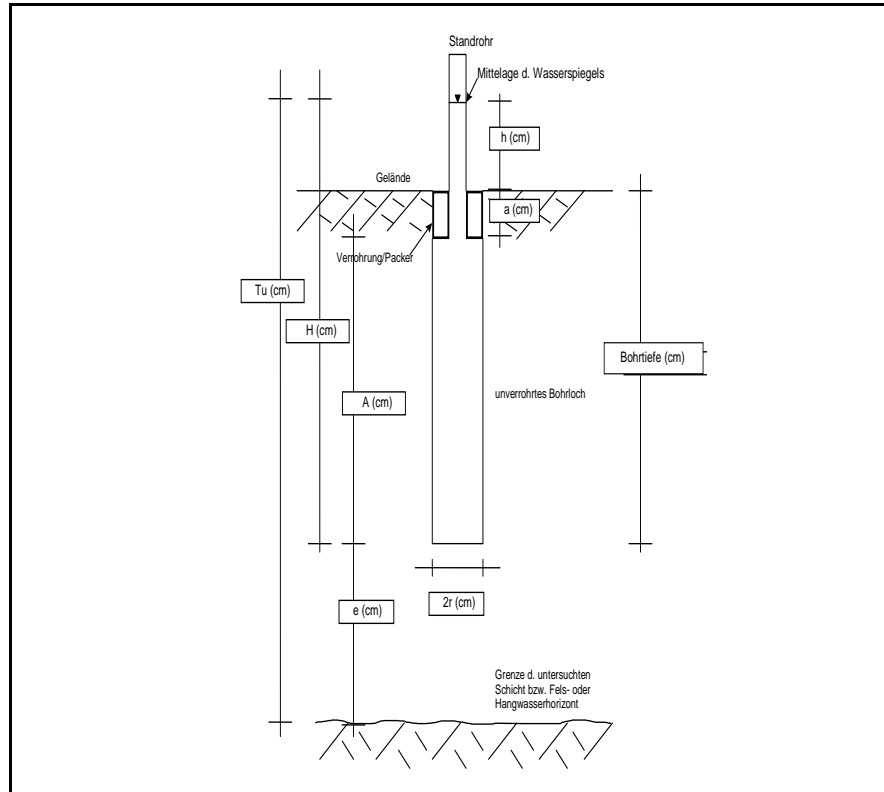
$$k_r = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 3,1E-05 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 7 / SV 3 tief	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 03.09.2024



keine Sättigung ($k_f > 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$)

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	SV 4 flach	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 03.09.2024



Tu = 70,0 cm
 H = 70,0 cm
 A = 70,0 cm
 a = 30,0 cm
 h = -30,0 cm
 Q = 1,98 cm³/s
 Bohrtiefe = A + a

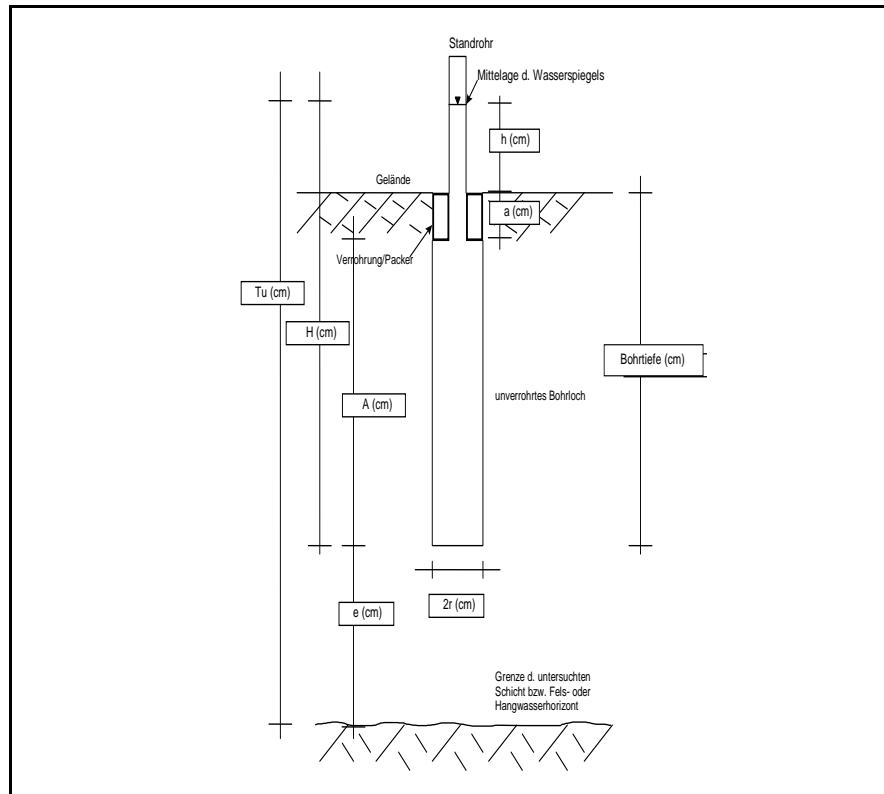
Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

H / Tu = 1,0
 Tu / A = 1,0 ⇒ **Formel II ist maßgebend**
 A / H = 1,0
 H / r = 28,0 ⇒
 A / r = 28,0 **Cs = 46,2**

Formel II

$$k_r = \frac{2 \cdot Q}{(Cs + 4) \cdot r \cdot (Tu + H - A)} = 4,5E-06 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 9 / SV 4 tief	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 03.09.2024



Tu = 70,0 cm
 H = 70,0 cm
 A = 70,0 cm Bohrtiefe = A + a
 a = 150,0 cm
 h = -150,0 cm

 Q = 6,48 cm³/s

Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

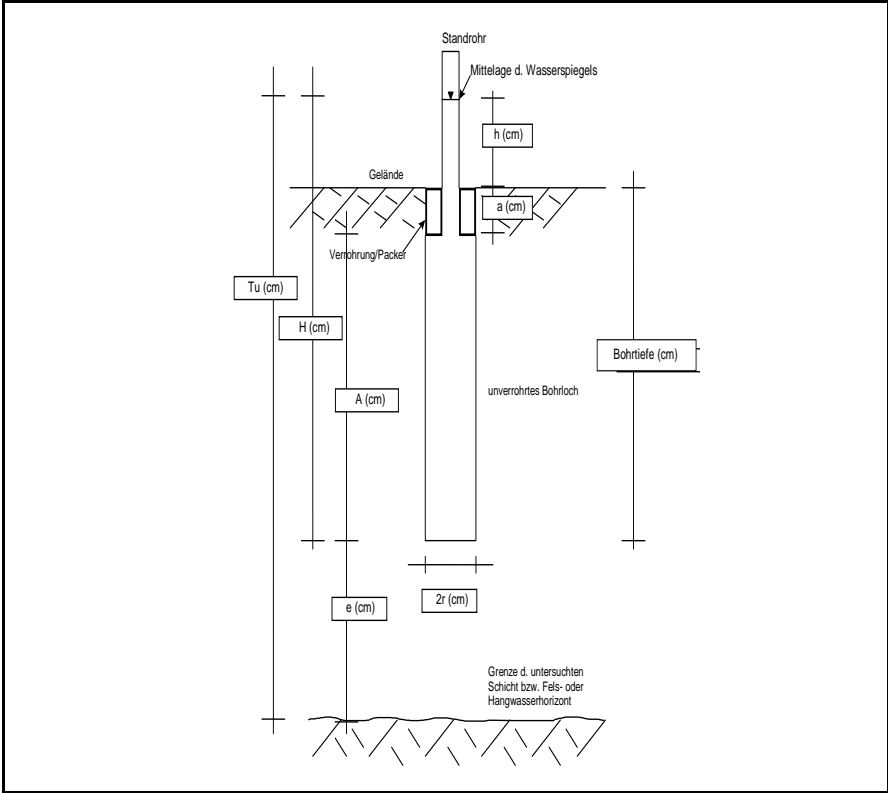
H / Tu = 1,0
 Tu / A = 1,0 ⇒ **Formel II ist maßgebend**

 A / H = 1,0
 H / r = 28,0 ⇒
 A / r = 28,0 **Cs = 46,2**

Formel II

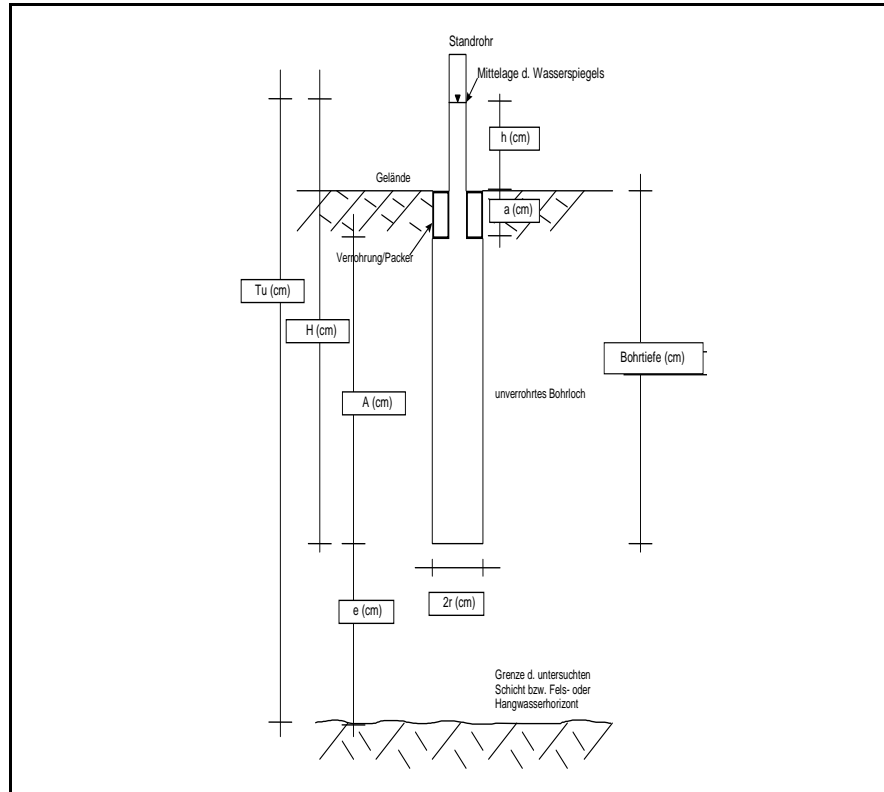
$$k_r = \frac{2 \cdot Q}{(Cs + 4) \cdot r \cdot (Tu + H - A)} = 1,5E-05 \text{ m/s}$$

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	SV 5 flach	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 03.09.2024



keine Versickerung ($k_f \leq 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$)

Sickerversuch (nach USBR Earth Manual / mit fallender Druckhöhe)	KRB 10 / SV 5 tief	Projekt-Nr.: 24082500
		Datum: 03.09.2024



$T_u = 240,0 \text{ cm}$
 $H = 240,0 \text{ cm}$
 $A = 240,0 \text{ cm}$
 $a = 80,0 \text{ cm}$
 $h = -80,0 \text{ cm}$
 $Q = 4,82 \text{ cm}^3/\text{s}$

Bohrtiefe = $A + a$

Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

$H / T_u = 1,0$
 $T_u / A = 1,0 \Rightarrow$ **Formel II ist maßgebend**
 $A / H = 1,0$
 $H / r = 120,0 \Rightarrow$
 $A / r = 120,0$ **$C_s = 140,8$**

Formel II

$$k_r = \frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \cdot r \cdot (T_u + H - A)} = 1,4E-06 \text{ m/s}$$