

BAUGRUNDGUTACHTEN (GEOTECHNISCHER BERICHT)

Bauvorhaben : **Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen**
Flur 17 und 19
06526 Sangerhausen

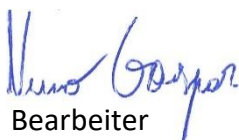
Auftrags-Nr. : B26-005
Projekt-Nr. : 3709

Auftraggeber : Stadt Sangerhausen
Markt 7a
06526 Sangerhausen

über : BjörnSEN Beratende Ingenieure Erfurt GmbH NL Leipzig
Dohnanyistraße 28
04103 Leipzig



Geschäftsführer
Dipl.-Geol. Wedekind, U.



Bearbeiter
B. Sc. Bergbau & Geol. Gaspar, N.

Erfurt, den 27. März 2026

Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINES	4
1.1	VORGANG	4
1.2	STANDORT & BAUBESCHREIBUNG	4
2	FESTSTELLUNG	5
2.1	ALLGEMEINES	5
2.2	GEOLOGISCHE SITUATION	6
2.3	BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	9
2.4	HYDROLOGISCHE VERHÄLTNISSE	13
3	GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN	15
3.1	BAUGRUNDEIGNUNG	15
3.2	EMPFEHLUNGEN ZUR GRÜNDUNG	16
4	TECHNISCHE HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG	20
4.1	BODENKLASSIFIZIERUNG NACH VOB/C 2012	20
4.2	BODENKLASSIFIZIERUNG NACH VOB/C 2019 (HOMOGENBEREICHE)	20
4.3	VERWENDBARKEIT DES AUSHUBS AM ORT DER ENTSTEHUNG	21
4.4	BÖSCHUNGEN, VERBAU UND ARBEITSRAUMBREITEN	22
4.5	WASSERHALTUNGSMAßNAHMEN	24
4.6	WEITERE HINWEISE	24
5	CONSULTING UND QUALITÄTSMANAGEMENT	26
5.1	LEISTUNGSVERZEICHNIS	26
5.2	BAUBERATUNGEN	26
5.3	GRÜNDUNGSSOHLLE	26
5.4	TRAGSCHICHT VERKEHRSFLÄCHEN	26
6	BERECHNUNGSKENNWERTE	27
7	SCHLUSSBEMERKUNGEN	28
8	HINWEISE	28

Anlagenverzeichnis

- A 1 Aufschlussplan
- A 2 Aufschlussprofile der Rammkernsondierungen
- A 3 Prüfberichte Bodenmechanik
- A 4 Einteilung der Erdstoffe in Homogenbereiche
- A 5 Ergebnisse Versickerungsversuche

1 Allgemeines

1.1 Vorgang

Im November 2025 wurde der INGENIEURBÜRO FÜR BAUGRUND JACOBI GMBH der Auftrag für Baugrunduntersuchungen in Sangerhausen, erteilt. Dabei sollten ein Gutachten erstellt und Laboruntersuchungen durchgeführt werden.

Grundlage des Auftrags war das Angebot K25-653-2 vom 27.10.2025 mit dem darin enthaltenen Leistungsumfang.

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

- U 1 Auftrag vom November 2025
- U 2 Skizze Aufschlussplan, Stand: 28.11.2025
- U 3 10 Schichtenverzeichnisse der am 20.02.2026 abgeteufte Rammkernsondierungen
- U 4 Geologische Karte (GK25), Maßstab 1:25.000
- U 5 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2025) Hintergrundwerte im Grundwasser von Deutschland. URL: <https://geoportal.bgr.de/>
- U 6 Geodatenportal.sachsen-anhalt.de/mapapps/resources/app/viewer
- U 7 Bundesamt für Strahlenschutz (2021) Karte: Radon-Vorsorgegebiete, Radon-Potenzial, Radon-222 in Bodenluft (90. Perzentil, Prognose). URL: <https://www.imis.bfs.de/geoportal/>

1.2 Standort & Baubeschreibung

In Sangerhausen ist die Erschließung einer Industriegroßfläche geplant. Der Standort befindet sich westlich der Ortslage. Das Gelände, derzeitige Ackerfläche, ist weitestgehend eben.

Weitere bautechnische Angaben waren zum Bearbeitungszeitpunkt nicht verfügbar.

Das Bauvorhaben wird der Geotechnischen Kategorie 1 (GK1, geringer Schwierigkeitsgrad) zugeordnet.

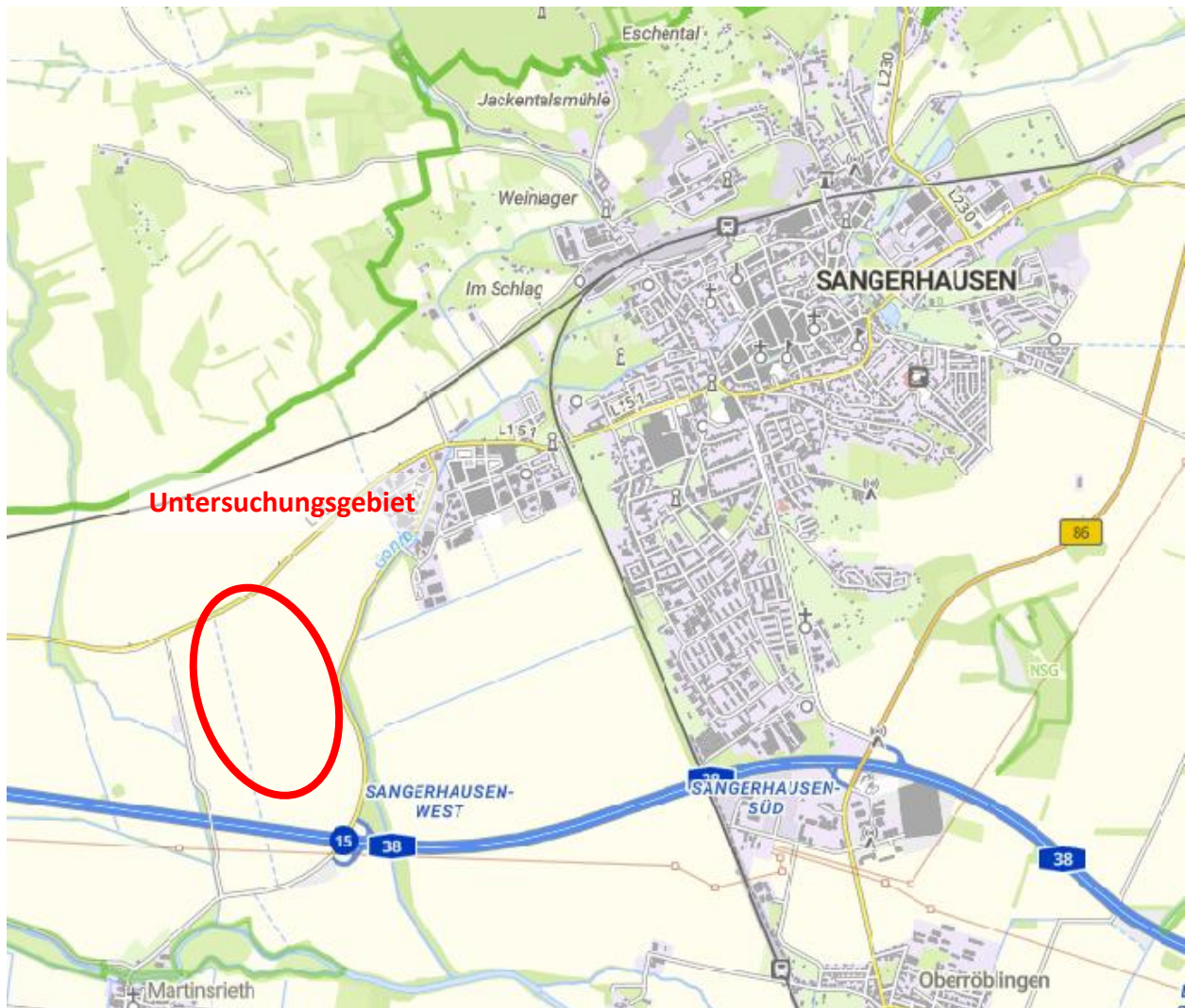


Abbildung 1: Lageübersicht des Untersuchungsgebietes (eingenordet, ohne Maßstab; ©GeoBasis-DE/LVermGeo LSA, 2026).

2 Feststellung

2.1 Allgemeines

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden am 20.02.2026 10 Rammkernsondierungen (RKS) für die Erschließung durchgeführt. Aufgrund erheblicher Bodenunebenheiten auf Flur 19 war ein Befahren der Fläche nicht möglich, sodass die geplanten Rammkernsondierungen RKS 2 und RKS 6 nicht ausgeführt werden konnten. Die restliche RKS wurden RKS im Kleinrammbohrverfahren mit einem Durchmesser von $d = 80$ bis 36 mm nach DIN EN ISO 22475-1 bis in Tiefen von $0,65$ m bis $5,0$ m unter Oberkante (OK) vorhandenes Gelände abgeteuft. Die

aufgeschlossenen Bodenschichten wurden in Anlehnung an die DIN EN ISO 14688-1 ingenieurgeologisch angesprochen. Es sind gestörte Bodenproben entnommen worden.

Die Aufschlusstiefe der Rammkernsondierung RKS 9 wurde durch die Dichte/Festigkeit des Untergrundes begrenzt. Die Geräteauslastung wurde erreicht.

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

Die Höhen wurden von der Vermessungsfirma Messpoint ermittelt.

Der maximale Höhenunterschied zwischen den Aufschlusspunkten beträgt somit 2,62 m.

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 südlich der Gipskarstlandschaft Pölsfeld. Der Untergrund ist geprägt durch Sandsteine der Mittleren und Unteren Buntsandsteinformationen, welche zum größten Teil aus grobkörnigen Sandsteinen aufgebaut sind.

Überlagert werden die Sandsteine lokal durch alluviale Sedimente (Auelehme, Alluviale Schotter) sowie diluviale Schotter oder Geschiebelehme.

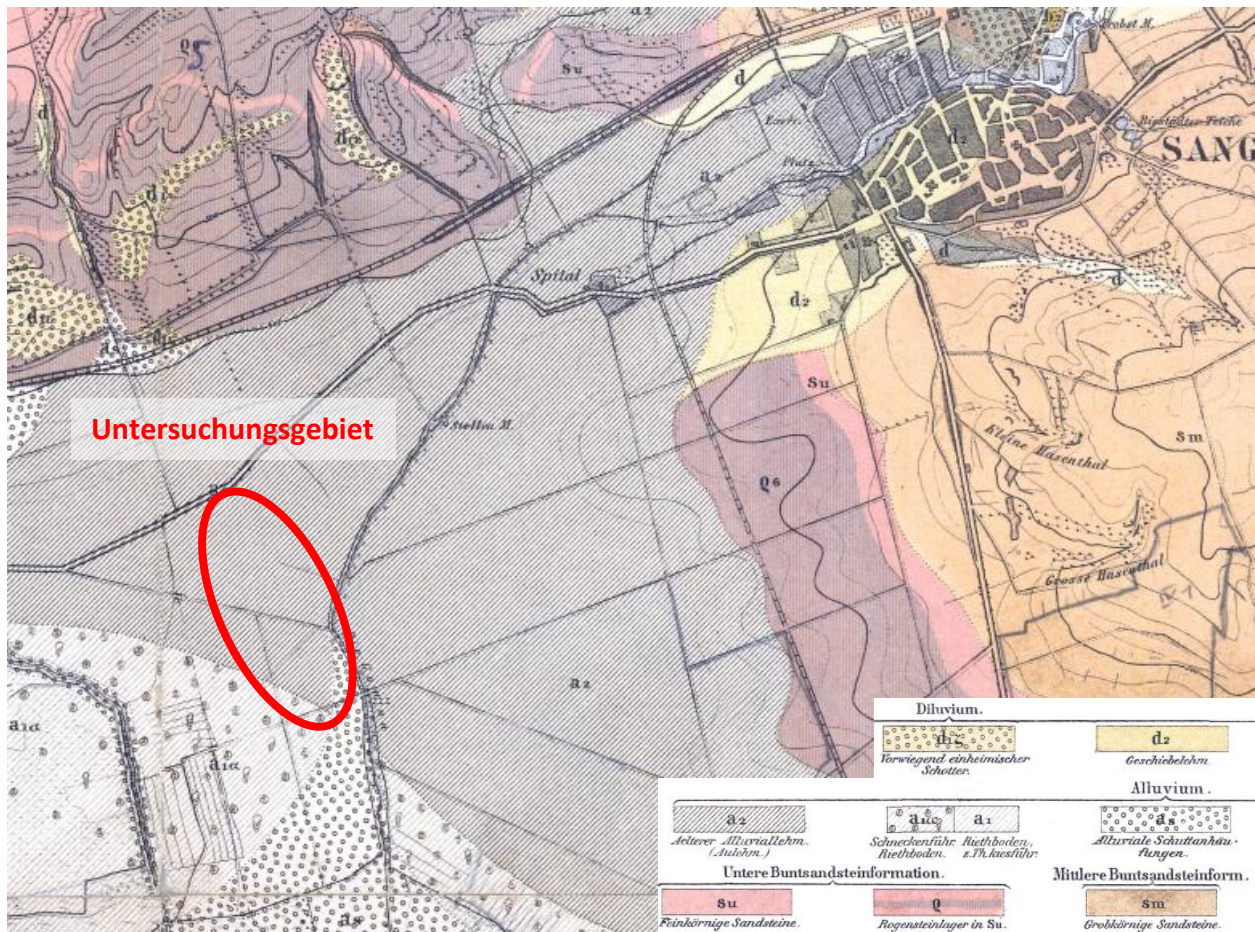


Abbildung 2: Auszug aus der Geologischen Karte GK25 (eingeordnet, ohne Maßstab, [U4]).

2.2.1 Erdfall-/Senkungsgefährdung

Auslaugungsgefährdete Bestandteile sind nicht vertreten. Die Gefahr von Untergrundschwächen besteht nicht.

Für eine genaue Differenzierung der zu berücksichtigenden Parameter (Erdfallwahrscheinlichkeit, Erdfalldurchmesser, Ausdehnung Auflockerungsbereiche) wird empfohlen, das Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz TLUBN zu konsultieren. Des Weiteren empfehlen wir das Hinweisblatt „Hinweise zur geotechnischen Bewertung und zum Umgang mit Subrosion/Erdfällen“ des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen.

2.2.2 Erdbebeneinwirkung

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

2.2.3 Radon-Konzentration im Boden

Die Gemeinde Sangerhausen ist als Radonvorsorgegebiet ausgewiesen.

Das Baugelände befindet sich, nach der Karte "Radon-222 Konzentration in Bodenluft (90. Perzentil, Prognose)" des Bundesamtes für Strahlenschutz [U 7], im Gebiet mit einer Konzentration von geschätzten 70.000 bis 148.000 Bq/m³.

Die o.g. Werte geben eine Orientierung darüber, wie Radon in der Bodenluft einen Meter unter der Erdoberfläche regional verteilt ist. Aussagen zu Einzelgebäuden können ausschließlich nur durch individuelle Messungen getroffen werden.

Erfahrungsgemäß ist bei Radon Bodenkonzentrationen ab 20.000 Bq/m³ radonsicheres Bauen zu empfehlen. Konvektive Eintrittspfade sind zu vermeiden.

Überschreiten die Radon-Konzentrationen 100.000 Bq/m³, ist insbesondere die Radon-Diffusion durch die Bodenplatte und andere Bauteile zu beachten. Eine diffusionssichere Abdichtung sollte ausgeführt werden.

Das Radonpotential liegt gemäß [U 7] bei 28,9. Das Radonpotential ist ein Maß für die Radonverfügbarkeit, ermittelt aus der Radonaktivitätskonzentration (1 m unter GOK gemessen) und der Gasdurchlässigkeit des Bodens.

Entsprechende Maßnahmen zum Umgang mit Radon in Bezug auf die Bauwerksabdichtung können dem Radon-Handbuch Deutschland (Hrsg. Bundesamt für Strahlenschutz) sowie der DIN TS 18117-1:2021-09 entnommen werden.

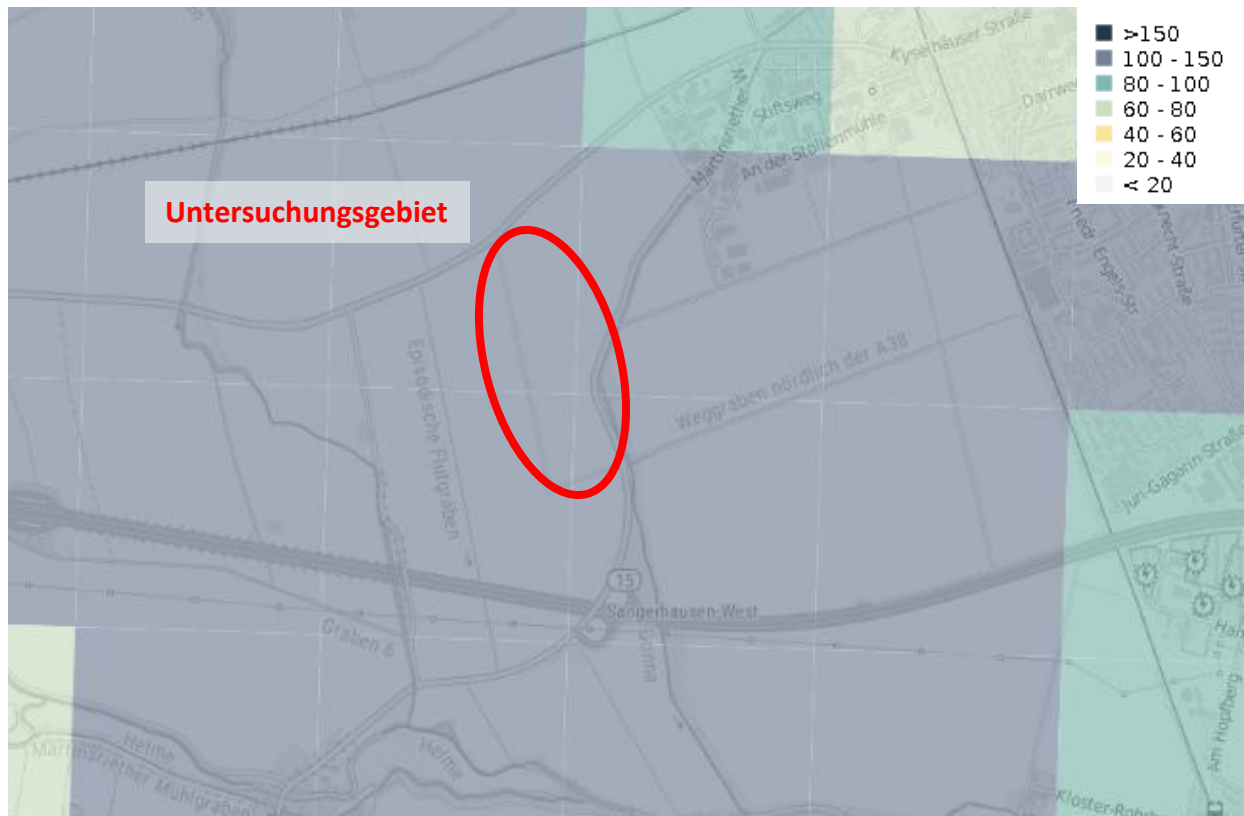


Abbildung 3: Kartenauszug Radon-222-Konzentration in Bodenluft (90. Perzentil, Prognose) in kBq/m³ (eingeordnet, ohne Maßstab, [U 7]).

2.3 Baugrundverhältnisse

Im Aufschlussbereich lassen sich folgende Schichten untergliedern:

Tabelle 1: Übersicht der Schichten.

Schicht	Bodenart		Schichtuntergrenze [m u. GOK]	Aufschluss
1	Oberboden		0,2 bis 0,3	RKS 1, RKS 3 bis RKS 5, RKS 7 bis RKS 10
2	Ehemalig Ackerboden		0,5 bis 1,7	
3	Alluviale Sedimente	Auesand	1,1	RKS 1
		Auelehm	2,2 bis ≥ 5,0	RKS 1, RKS 3 bis RKS 5, RKS 7 bis RKS 10
		Alluviale Schotter	2,4 bis 4,4	RKS 1, RKS 3 bis RKS 5, RKS 7 bis RKS 9

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 Baugrundsichten wurden folgende bodenmechanische Versuche ausgeführt:

- Korngrößenverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4
- Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
- Glühverlust nach DIN 18128

Die Protokolle sind der Anlage A 3 zu entnehmen.

Eine chemische Beurteilung der Schichten erfolgt in dem Bericht zur Abfallcharakterisierung S26-038.

Schicht 1: Oberboden

Als Geländedeckschicht steht ein ca. 0,2 bis 0,3 m mächtiger durchwurzelter **Oberboden** an. Durch die ackerbauliche Vornutzung der Fläche ist dieser anthropogen umgelagert.

Tabelle 2: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 1: Oberboden.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Oberboden Schluff, tonig, sandig, org. Beimengung
Bodengruppen (DIN 18196)	OU
Färbung	dunkelbraun
Plastizität	leichtplastisch
Konsistenz	steif, fest (gefroren)
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	groß
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	$\leq 10^{-5}$ m/s

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

Schicht 2: Ehemalig Ackerboden

Unterhalb des Oberbodens steht der ehemalige Ackerboden mit erkundeten Mächtigkeiten von 0,2 bis 1,5 m an.

Tabelle 3: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 2: Ehemalig Ackerboden

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Ehemalig Ackerboden Schluff, tonig, schwach sandig, org. Beimengung
Bodengruppen (DIN 18196)	TM, OU
Färbung	dunkelbraun, braun
Plastizität	mittelpastisch
Konsistenz	steif bis halbfest
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	groß bis mittel
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.

Schicht 3: Alluviale Sedimente

Im Liegend folgen Alluviale Sedimente bis zur Endteufe. Diese unterteilen sich in Auesande, Auelehme und Alluviale Schotter in Wechsellagerung.

Der erkundete Auelehm ist aufgrund der Korngrößenzusammensetzung als sehr bewegungs- und wasserempfindlich einzustufen. Insbesondere bei Wasserzutritt unter dynamischer Beanspruchung (Befahren, Rammen, Verdichten) kann dieser seinen Zustand ungünstig verändern und zum Fließen sowie Walken neigen. Bedingt durch das Aufschlussverfahren sind mögliche Stein- und Blockanteile in der Alluviale Schotter nicht erfasst, diese sind erfahrungsgemäß zu erwarten. Sand- und Tonlinsen sind möglich.

Tabelle 4: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 3a: Auesand.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Auesand Sand, schwach schluffig Kies-Sand Gemisch, schwach schluffig
Bodengruppen (DIN 18196)	SU, GU
Färbung	rotbraun
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	mitteldicht
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	groß
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	10^{-6} m/s bis 10^{-4} m/s

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

Tabelle 5: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 3b: Auelehm.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Auelehm Schluff, schwachtonig bis tonig, schwach bis stark sandig, schwach kiesig
Bodengruppen (DIN 18196)	TL, TM
Färbung	gelbgrau, rotbraun, grau, graubraun, hellbraun
Plastizität	leicht- bis mittelplastisch
Konsistenz	weich bis halbfest
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	groß bis mittel
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s] ^A	10^{-10} bis 10^{-5}

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

Tabelle 6: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 3c: Alluviale Schotter.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Alluviale Schotter Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis schluffig
Bodengruppe (DIN 18196)	GU, GU*
Färbung	rot, rotbraun
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	mitteldicht
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	groß
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s] ^{Atra}	10^{-7} bis 10^{-4}

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

2.4 Hydrologische Verhältnisse

2.4.1 Hydrogeologie

Am 20.02.2026 wurde Grundwasser bei alle RKS angetroffen.

Folgende Grundwasserstände wurden im Rahmen der aktuellen Untersuchung angetroffen:

Tabelle 7: Grundwasserstände.

Aufschluss	Grundwasserstand nach Bohrende	
	[m NHN]	[m u. GOK]
RKS 1	131,38	1,60
RKS 3	131,92	1,65
RKS 4	132,43	2,15
RKS 5	132,05	2,30
RKS 7	132,15	2,20
RKS 8	133,64	1,40
RKS 9	133,20	2,40
RKS 10	133,28	1,43

Angaben über höchstmögliche Wasserstände und Wassermengen liegen nicht vor und können nur über langjährige Pegelmessungen und Pumpversuche an Grundwassermessstellen ermittelt werden.

Unabhängig vom Grundwasserstand, weisen wir darauf hin, dass aufgrund der umliegenden bindigen Böden Stau- und Schichtwasserbildungen nicht ausgeschlossen werden können.

Für Versickerungsanlagen ist der MHGW von 1,0 m u. GOK maßgebend.

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

2.4.2 Versickerungsfähigkeit

Mit den Versickerungsversuchen im Bohrloch wurde ein k_f -Wert von $3,97 \cdot 10^{-6}$ m/s im Teufenbereich 0,0-0,65 m u. GOK und von $2,57 \cdot 10^{-6}$ m/s im Teufenbereich 0,2-1,2 m u. GOK ermittelt (s. Anlage A 5).

Die Voraussetzungen und technischen Grundlagen zur Planung, zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser sind in dem Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. im Arbeitsblatt DWA-A 138-1 (10/2024) festgelegt. Demnach sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen.

Für Anlagen zur Versickerung von gereinigtem Abwasser einer Kleinkläranlagen sind die Voraussetzungen und technischen Grundlagen zur Planung, Bau und Betrieb in dem Regelwerk der DIN 4261-5 festgelegt. Demnach sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $k_f = 5 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen.

Tabelle 8: Eignung der Baugrundsichten zur Versickerung.

Schicht	Bodenart	Eignung als Sickerschicht	Bemerkung
1	Oberboden	bedingt geeignet	für Mulden-/ Muldenrigolensystem geeignet
2	Ehemalig Ackerboden	schlecht bis nicht geeignet	k_f im Bereich bzw. unterhalb des Grenzwerts nach DWA-A 138-1 (Niederschlagsversickerung) und DIN 4261-5 (Kleinkläranlagen)
3	Alluviale Sedimente	nicht geeignet	Aufgrund Hohe Grundwasserstand

Aufgrund der hohen MHGW ist eine Versickerung am Standort schwer bis nicht ansetzbar. Eine Oberflächennah Versickerung ist aufgrund der geringen Durchlässigkeit der Schicht 2 nur für die Versickerung von kleinen Flächen möglich.

Es empfiehlt sich die Einleitung anfallenden Niederschlagswasser in das öffentliche Kanalsystem.

2.4.3 Beton- und Stahlaggressivität

An dem Standort wurde keine Proben zur Wasseranalyse genommen werden, da diese nicht Teil unser Angebot war.

Anhand der Karte für Hintergrundwerte im Grundwasser [U 5] sind am Standort Sulfatkonzentrationen von 218 mg/l (50 Perzentil) bis 1000 mg/l (95 Perzentil) möglich. Dies entspricht der Expositionsklasse für Betonaggressivität XA1 bis XA2. Das bedeutet, das Grundwasser ist schwach bis mäßig Beton angreifend.

Wir empfehlen dieses bei Erfordernis spätestens zu Beginn der Baumaßnahme überprüfen zu lassen.

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 Faktoren geeignet:

- Bedingte Wiedereinbaufähigkeit der Schichten
- Wasserempfindlichkeit der Schichten
- Anschnitt von Schicht- oder Stauwasser möglich (witterungsabhängig)
- hohe Grundwasserstände
- Mögliche Wasserhaltung
- Ggf. benötigter Verbau
- Erhöhte Radonkonzentration in Bodenluft (s. Abschnitt 2.2.3)
- kleinräumig differierende Untergrundverhältnisse in Bezug auf die Zusammensetzung, Lagerungsdichte, Konsistenz und Tragfähigkeit der Erdstoffe (Schicht 3)

3.1.2 Eignung der Baugrundsichten zur Gründung

Tabelle 9: Eignung der Baugrundsichten zur Gründung.

Schicht	Bodenart	Eignung als Gründungsschicht		
		Leitungsbau	Verkehrsflächen	Hochbau
1	Oberboden	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
2	Ehemalig Ackerboden	<u>geeignet</u> bzw. bei geringen Konsistenzen nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung	<u>bedingt</u> geeignet, Bodenaustausch min. 20 cm erforderlich	<u>geeignet</u> bzw. bei geringen Konsistenzen nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung
3a	Auesand	<u>geeignet</u> bzw. bei geringer Lagerungsdichte nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung	<u>bedingt</u> geeignet, Bodenaustausch min. 20 cm erforderlich	<u>geeignet</u> bzw. bei geringer Lagerungsdichte nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung
3b	Auelehm	<u>geeignet</u> bzw. bei geringen Konsistenzen nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung	<u>bedingt</u> geeignet, Bodenaustausch min. 30 bis 50 cm und Anwendung von Grobschlag erforderlich	<u>nicht geeignet</u>
3c	Alluviale Schotter	<u>geeignet</u> bzw. bei geringen Lagerungsdichte nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung	<u>größtenteils</u> geeignet, lokal Bodenaustausch notwendig	<u>geeignet</u> bzw. bei geringen Lagerungsdichte nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung

3.2 Empfehlungen zur Gründung

3.2.1 Leitungsbau

Angaben zur Verlegetiefe der Leitungen liegen nicht vor. Eine frostsichere Überdeckung von 1 m ist einzuhalten, daraus ergeben sich Verlegetiefe von mind. 1,2 m bis 2,0 m. sodass von einer frostsicheren Überdeckung von 1,0 m ausgegangen wird.

Eine Mindestverlegetiefe gemäß DIN 1998 ist zu gewährleisten.

Bei den o. g. Verlegetiefe kommen die Leitungen i. d. R. im Bereich der Ehemaligen Ackerboden (Schicht 2), Auelehme (Schicht 3b) und Alluviale Schotter (Schicht 3c) zum Liegen. Bei weichen bis sehr weichen Zustand des Auelehms ist mit erheblichen Mehraufwand zu rechnen

Bei der Planung, Gestaltung und Ausführung zur Verlegung der o. g. Leitungen sind die Richtlinien der DIN 1998, 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.

3.2.1.1 Offene Bauweise

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

Stehen Ehemalige Ackerboden (Schicht 2) oder Auelehme (Schicht 3b) 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.

Die Grabensohlen sind vor Einbau der Bettungsschicht nachzuverdichten.

Im Bereich weicher und sehr 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.

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 und Verfüllung der Leitungszone mit nichtbindigen Böden, sind i. A. a. DIN EN 1610 Dichtriegel anzuordnen, um eine Beeinflussung der natürlichen Grundwassersituation zu vermeiden.

Eine Auftriebssicherung im Grund- und Schichtwassereinflussbereich (s. Abschnitt 2.4.1) ist nachzuweisen bzw. zu gewährleisten (Leerrohre, Schutzrohre).

Böschungs- und Verbaumaßnahmen werden notwendig (s. Abschnitt 4.4).

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.

3.2.1.2 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 die Auesand (Schicht 3a), Auelehm (Schicht 3b) und Alluviale Schotter (Schicht 3c).

Stehen unzureichend tragfähige Erdstoffe in sehr lockerer Lagerung oder weicher Konsistenz an, so ist zwingend 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). Im Bereich mächtiger weicher Schichten ist mit erheblichem Mehraufwand zu rechnen. Dort ist vor Einbau des Bodenaustauschs eine Lage Grobschlag (z.B. Körnung 50/120) einzuarbeiten.

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) 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.

3.2.2 Verkehrsflächen

Die Bemessung der Verkehrsflächen hat gemäß der RStO 12 und Anpassungen durch die ZTV E-StB 17 zu erfolgen.

Tabelle 10: Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17, Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A-StB 12 und Tragfähigkeit je Schicht nach RStO 12 und ZTV E-StB 17.

Schicht	Bodenart	Frostempfindlichkeitsklasse	Verdichtbarkeitsklasse	geforderte Tragfähigkeitswerte nach Verdichtung von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
2	Ehemalig Ackerboden	F 3	V 3	<u>nicht</u> erreichbar, Bodenaustausch min. 20 cm
3a	Auesand	F 2	V 1	<u>nicht</u> erreichbar, Bodenaustausch min. 20 cm
3b	Auelehm	F 3	V 3	<u>nicht</u> erreichbar, Bodenaustausch min. 30 bis 50 cm und Anwendung von Grobschlag notwendig
3c	Alluviale Schotter	F 2 bis F 3	V 1 bis V 2	<u>größtenteils</u> erreichbar ^A , lokal Bodenaustausch

^A Aus Erfahrung kann für die Ausschreibung als Kalkulationsansatz ~50% erreichbar und ~50% Bodenaustausch angesetzt werden.

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

Für die Festlegung der Mehr- oder Minderdicken des Aufbaus können die in Tabelle 11 genannten Werte verwendet werden (entspricht Tabelle 14 in RStO 12). Alle Angaben sind vom zuständigen Fachplaner gegenzuprüfen.

Tabelle 11: Mehr- oder Minderdicken für die Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaus gemäß RStO 12.

Örtliche Verhältnisse		Mehr- oder Minderdicke [cm]
Frosteinwirkung	Zone II	+ 5
Kleinräumige Klimaunterschiede	keine besondere Klimaeinflüsse	+ 0
Wasserverhältnisse im Untergrund	Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum	+ 5
Lage der Gradienten	Geländehöhe bis Damm $\leq 2,0 \text{ m}$	0
Entwässerung	Rinnen und Abläufe	- 5
Mehr- bzw. Minderdicke insgesamt		+ 5

Die Anforderungen und Bauweisen von Straßen ist den Tafeln 1 bis 5 sowie für Rad- und Gehwege der Tafel 6 der RStO 12 zu entnehmen.

Die Forderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Verdichtung sind der RStO 12 zu entnehmen. Der lagenweise Einbau sollte mittels statischen Plattendruckversuchen (DIN 18134) im Raster geprüft werden.

Im Bereich der Leitungszone hat die Grabenverfüllung gemäß den Vorgaben der ZTV E-StB 17 zu erfolgen, sodass die Forderungen an das Planum des Verkehrsflächenoberbaus gemäß RStO-12 gewährleistet werden.

4 Technische Hinweise zur Bauausführung

4.1 Bodenklassifizierung nach VOB/C 2012

Für die Kalkulation der Erdarbeiten erfolgt neben der Einteilung in Homogenbereiche gemäß Abschnitt 4.2 die Einteilung von Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen gemäß DIN 18300:2012-09.

Tabelle 12: Übersicht zu Boden-/Felsklassen nach DIN 18300:2012-09.

Schicht	Bodenart	Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09)
1	Oberboden	Bk. 1
2	Ehemalig Ackerboden	Bk. 4 ^A
3a	Auesand	Bk. 3-4 ^A
3b	Auelehm	Bk. 4 ^A
3c	Alluviale Schotter	Bk. 3-4 ^A

^A 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.

4.2 Bodenklassifizierung nach VOB/C 2019 (Homogenbereiche)

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.

Boden und Fels wurde entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in folgende Homogenbereiche i.A.a. DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten), DIN 18301:2019-09 (Bohrarbeiten), DIN 18304:2019-09 (Rammarbeiten) und DIN 18320:2019-09 (Landschaftsbauarbeiten) eingeteilt:

Tabelle 13: Übersicht zur Einteilung der Homogenbereiche^A.

Schicht	Bodenart	DIN 18300:2019-09 Erdarbeiten: Lösen und Laden ^B	DIN 18300:2019-09 Erdarbeiten: Einbauen und Verdichten ^{B,C,D}	DIN 18301:2019-09 Bohrarbeiten	DIN 18304:2019-09 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten	DIN 18320:2019-09 Landschaftsbauarbeiten
1	Oberboden	-	-	-	-	LA 1
2	Ehemalig Ackerboden	EA _{LL} 1	EA _{EV} 1	BA 1	RA 1	-
3	Auesand	EA _{LL} 2	EA _{EV} 2	BA 2	RA 2	-
4	Auelehm	EA _{LL} 3	EA _{EV} 3	BA 1	RA 1	-
5	Alluviale Schotter	EA _{LL} 4	EA _{EV} 4	BA 3	RA 3	-

A

Homogenbereiche sind für angegebenen Zustand vor dem Lösen gültig und nach Festlegung der einzusetzenden Erdbaugeräte durch den Planer zu verifizieren.

- ^B Die Wiedereinbaufähigkeit ist abhängig von der Zuordnung nach LAGA M 20/EBV im Hinblick auf den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz.
- ^C Organische Böden bzw. Böden mit org. Beimengungen sind für einen Wiedereinbau in technischen Bauwerken nicht geeignet.
- ^D Für das Lösen, Laden und Fördern von Haufwerken sind gesonderte Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 auszuweisen.

Die detaillierte Einteilung der Homogenbereiche mit Angabe der Eigenschaften und Kennwerte sowie der sich ergebenden Bandbreiten sind der Anlage A 4 zu entnehmen.

4.3 Verwendbarkeit des Aushubs am Ort der Entstehung

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht zur geotechnischen Eignung der angetroffenen Schichten hinsichtlich der Wiederverwendbarkeit am Ort der Entstehung, nach getrenntem Aushub und bei aktuellem Planungsstand, unberücksichtigt der Beurteilung der umweltchemischen Eignung. Für eine externe Verwertung ist eine Neubewertung der entsprechenden Böden vorzunehmen. Grundsätzlich ist das KrWG zu berücksichtigen. Die

chemische Eignung sowie mögliche Aufbereitungen vor Wiedereinbau sind in Abhängigkeit der Bodenart, dem Wiederverwendungszweck und -ort vor Wiedereinbau zu bestimmen. Eine Orientierung zur chemischen Eignung liefert der Bericht zur Abfallcharakterisierung S26-038.

Erdstoffe, die nicht wiederverwendet werden können, sind entsprechend fachgerecht zu entsorgen.

Tabelle 14: Geot. Eignung der angetroffenen Schichten hinsichtlich der Wiederverwendbarkeit am Ort der Entstehung, nach getrenntem Aushub und bei aktuellem Planungsstand, unberücksichtigt der Beurteilung der umweltchemischen Eignung und ggf. erforderlicher Aufbereitung.

Schicht	Bodenart	Geot. Eignung als				
		Kulturboden	Gelände- regulierung unbelasteter Flächen	Boden- austausch	Bauwerks- hinter- füllung	Leitungs- graben- verfüllung
1	Oberboden	✓	✓	x	x	x
2	Ehemalig Ackerboden	x	✓	x	(✓)	✓
3	Auesand	x	✓	(✓)	✓	✓
4	Auelehm	x	(✓)	x	(✓)	(✓)
5	Alluviale Schotter	x	✓	(✓)	✓	✓

x = ungeeignet, ✓ = geeignet, (✓) = geeignet nach Aufbereitung (Sieben, Brechen, Aussortieren etc.)

Eventuell auftretende Steine oder Blöcke (Durchmesser > 63 mm) sind 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.

4.4 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 15: Böschungswinkel.

Schicht	Kurzbeschreibung	Böschungswinkel β [°]
1	Oberboden	≤ 45
2	Ehemalig Ackerboden	≤ 60 ($\geq$ steif) ≤ 45 ($<$ steif) ≤ 30 ($<$ weich)
3	Alluviale Sedimente	≤ 60 ($\geq$ steif) ≤ 45 ($<$ steif oder nicht bindig) ≤ 30 ($<$ weich)

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.

Bei der Baugrubenplanung sind neben der Baugrubentiefe, die Grundwasserstände, Höchstwasserstände, Schichtwasseranschnitte, Wasserhaltung und Verbauart zu berücksichtigen.

4.5 Wasserhaltungsmaßnahmen

Bei der geplanten Baumaßnahme ist mit dem Anschnitt von Grundwasser zu rechnen.

Zu Zeiten ungünstiger Wasserstände ist aufgrund des erhöhten Grundwasserstandes sowie des anfallenden Oberflächen- und/oder Schichtenwassers durchaus mit Wasserhaltungsmaßnahmen zu rechnen. In Abhängigkeit der Bautiefen, Verbauart sowie 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.

Vor Bauausführung sind zwingend mindestens zwei Pumpversuche durchzuführen, um den Wasseranfall zu ermitteln, um damit die Wasserhaltung 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 Planung und Bemessung der Wasserhaltung ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

Unser Büro steht Ihnen gerne für die Bemessung der Wasserhaltung sowie zum Grundwassermonitoring zur Verfügung.

4.6 Weitere Hinweise

- 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.

- Werden Erdstoffpolster (z.B. zum Bodenaustausch unter Verkehrsflächen bzw. unterhalb von Gründungen) eingebaut, so sind diese mit einem klassifizierten, ungleichförmigen und weitgestuften 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).
- Hinter- und Verfüllungen haben mit gemischtkörnigem oder bindigem Materialien (z.B. Aushub Schicht 2 und 3, Vorabsieb, Flüssigboden 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.
- Wird bei den Erdbauarbeiten unerwartet Grund- oder Schichtwasser angetroffen, sind die Arbeiten sofort einzustellen und der Baugrundgutachter ist umgehend zu informieren. Im Zuge eines Ortstermins, muss die Gründungsempfehlung mit dem Baubeteiligten abgestimmt und ggf. angepasst werden.
- 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. Dichteproofungen sowie fortlaufende Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten stehen wir Ihnen nach Absprache zur Verfügung.

5 Consulting und Qualitätsmanagement

5.1 Leistungsverzeichnis

Wir empfehlen eine frühzeitige und enge Zusammenarbeit zwischen dem Planungsbüro und dem Baugrundgutachter bei der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen für Erd- und Tiefbauarbeiten. Dadurch können potenzielle Ausschreibungsfehler weitgehend vermieden werden. Insbesondere unzureichende oder unklare Angaben zur Einstufung der Erdstoffe im Hinblick auf Wiederverwendbarkeit und Entsorgung führen erfahrungsgemäß zu erheblichen Mehrkosten.

5.2 Bauberatungen

Zu Beginn der Maßnahme empfehlen wir eine Bauanlaufberatung mit Bauherren, Planungsbüro, Tiefbaufirma und Baugrundgutachter durchzuführen, um den Ablauf und die Koordination abzustimmen. Somit kann frühzeitig auf potenzielle Probleme und Schwierigkeiten bei den Arbeiten eingegangen werden.

5.3 Gründungssohle

Eine Überwachung und Abnahme der Gründungssohlen ist zu empfehlen, um die Tragfähigkeit und die angenommenen Berechnungskennwerte, siehe Abschnitt 6, zu bestätigen.

5.4 Tragschicht Verkehrsflächen

Der lagenweise Einbau sollte mittels statischen Plattendruckversuchen (DIN 18134) im Raster geprüft werden.

6 Berechnungskennwerte

Auf Grundlage der durchgeführten Erkundungs- und Laborergebnisse sowie unter Einbeziehung von Erfahrungs- und Literaturwerten werden den maßgeblichen Baugrundsichten in sinnvoller Verallgemeinerung folgende charakteristischen Bodenkennwerte zugeordnet. Zu beachten ist die Zuordnung der Tabellenwerte zu bestimmten Lagerungsdichten und Konsistenzen.

Tabelle 16: Übersicht der Bodenkennwerte.

Schicht	Bodenart	Zustand/ Lagerung	natürliche Rohwichte $\gamma_k (\gamma)$ [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb $\gamma_k' (\gamma')$ [kN/m ³]	wirksamer Reibungs- winkel $\varphi_k' (\varphi')$ [°]	wirksame Kohäsion $c_k' (c')$ [kN/m ²]	Steife- modul $E_{s,k} (E_s)$ [MN/m ²]
1	Oberboden	locker	17 (16-18)	7 (6-8)	17 (15-18)	4 (3-5)	-
2	Ehemalig Ackerboden	steif bis halbfest	18 (18-19)	8 (8-9)	22 (20-25)	5 (4-7)	13 (10-16)
3a	Auesand	mitteldicht	19 (19-20)	9 (9-10)	25 (23-28)	3 (2-5)	18 (12-25)
3b	Auelehm	weich	18 (17-19)	8 (7-9)	22 (20-24)	3 (0-6)	6 (5-9)
		steif bis halbfest	19 (18-20)	9 (8-10)	26 (24-28)	8 (6-10)	15 (12-18)
3c	Alluviale Schotter	mitteldicht	19 (19-21)	9 (9-10)	30 (28-34)	5 (2-8)	27 (15-40)
	<i>Schotterpolster</i>	dicht	21	11	34-38	0	40-60

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

7 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.

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 für ausgewählte Schichten in dem Bericht zur Abfallcharakterisierung S26-038 vorgenommen.

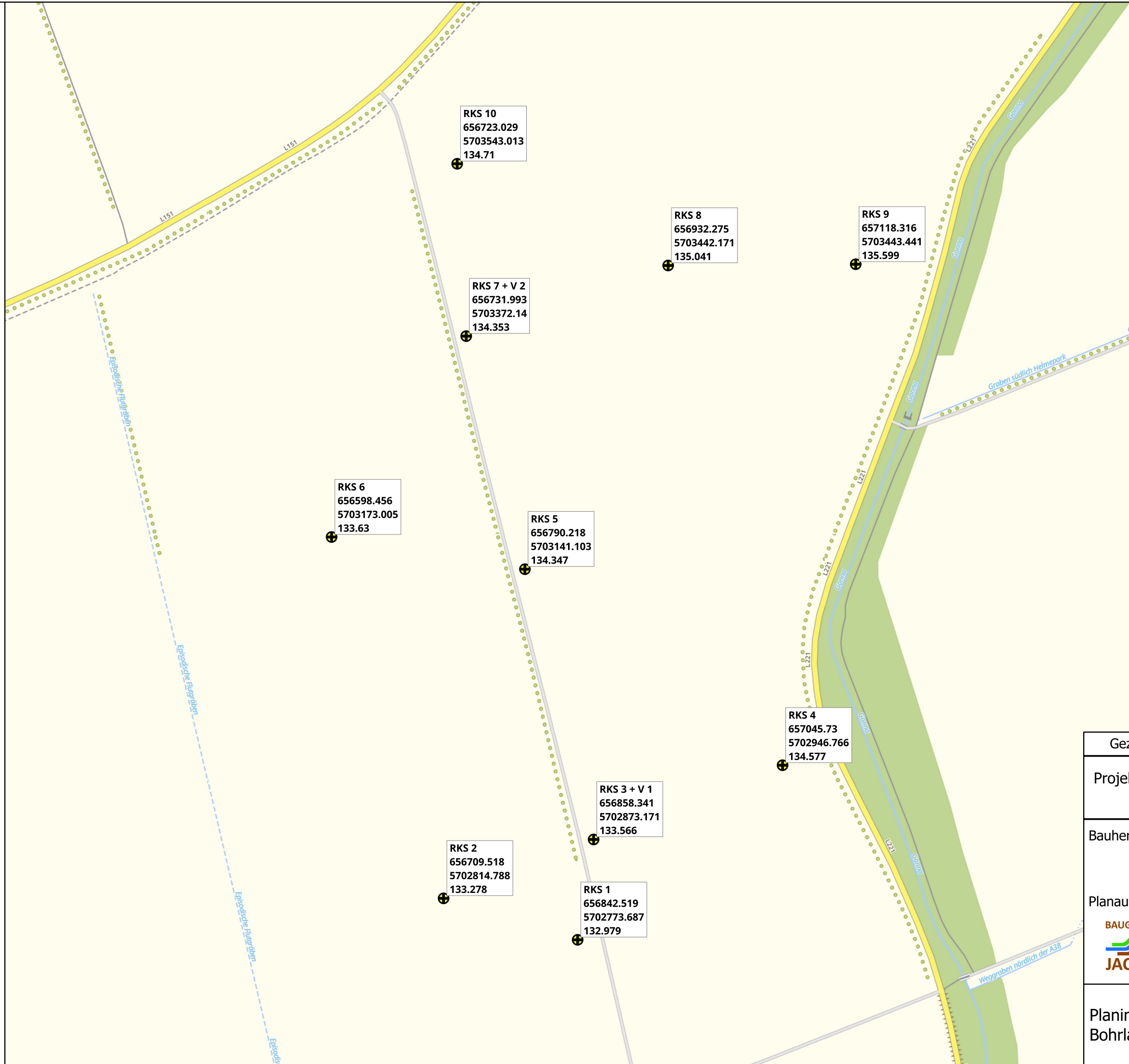
Generell ist bei Baumaßnahmen auf anthropogen genutzten Flächen darauf zu achten, dass Nester mit Verunreinigungen oder auffällige Anschüttungen, die durch eine stichprobenartige Untersuchung nicht zu erfassen sind, erst bei den Erdarbeiten angetroffen werden können. Beim Antreffen derartiger Verunreinigungen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

8 Hinweise

Das vorliegende Gutachten wurde unparteiisch und nach bestem Wissen erstellt. Gutachterliche Aussagen beziehen sich ausschließlich auf Inhalte vorhandener Unterlagen sowie die Dokumentationen von Tatsachen und Untersuchungsergebnissen. Für etwaige Fehler und Mängel durch nicht zur Verfügung gestellte Unterlagen sowie vor Ort nicht erkannte Sachverhalte wird keine Verantwortung übernommen.

Die Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH besitzt das Urheberrecht an diesem Bericht. Er darf nur in Zusammenhang mit dem behandelten Vorhaben und allen dazugehörigen Anlagen und Dokumenten verwendet werden. Die, auch auszugsweise, Vervielfältigung und/oder Weitergabe an nicht am Vorhaben Beteiligte ist nur mit Zustimmung der Verfasser zulässig.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen zur Verfügung.



Legende

WEA

- ⊕ Rammkernsondierung + Versickerung
- Ost Koordinaten
- Nord Koordinaten
- Hohe m NHN

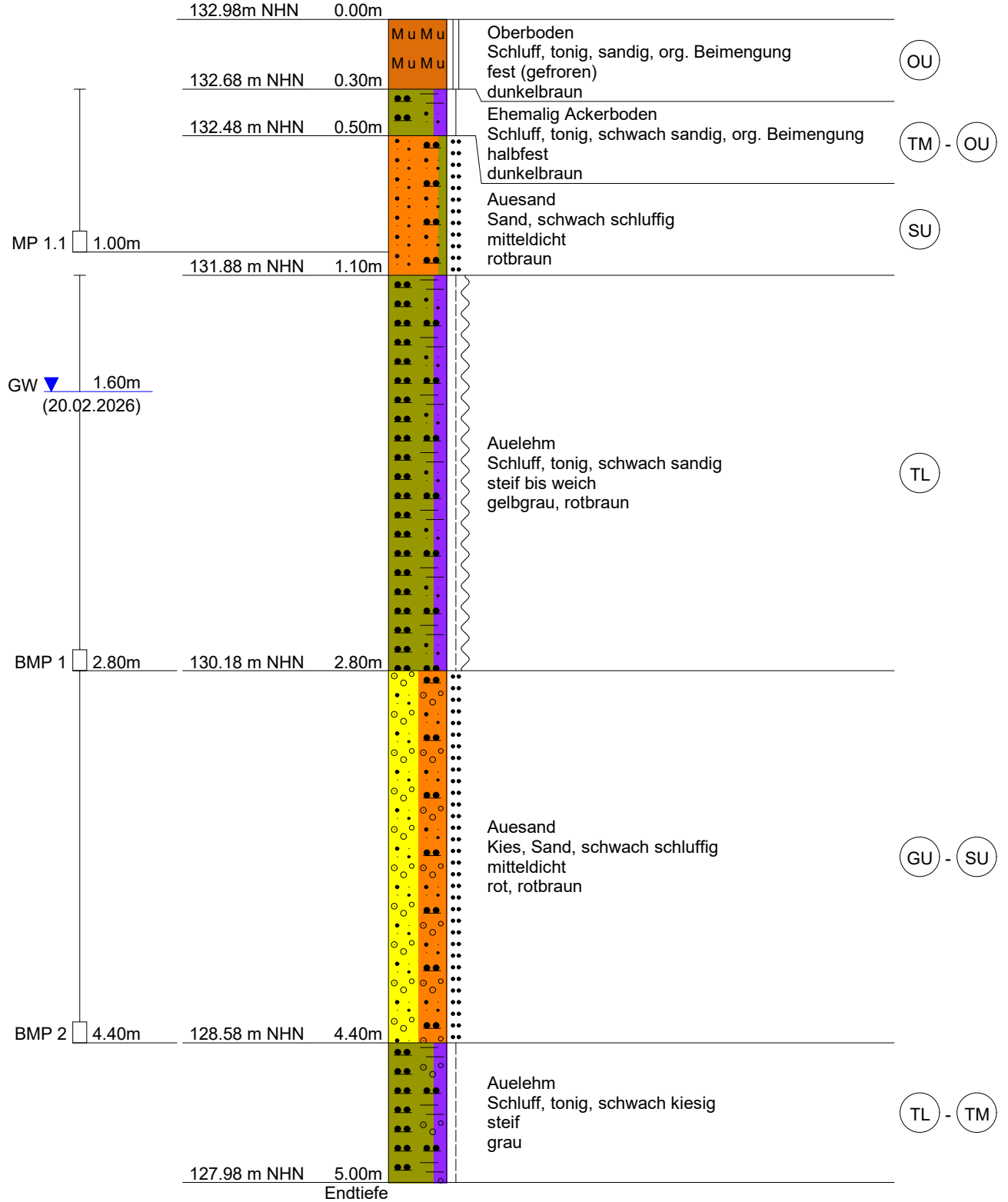


Gezeichnet: 18/03/2026		Auftrags-Nr.: B26-005	
Projekt:		Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen	
Bauherr:		Stadt Sangerhausen Markt 7a 06526 Sangerhausen	
Planaufsteller:		Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH Gustav-Weißkopf-Straße 4 99092 Erfurt	
Planinhalt: Bohrlageplan		Plan-Nr.: A 1	
		0 100 200 m	



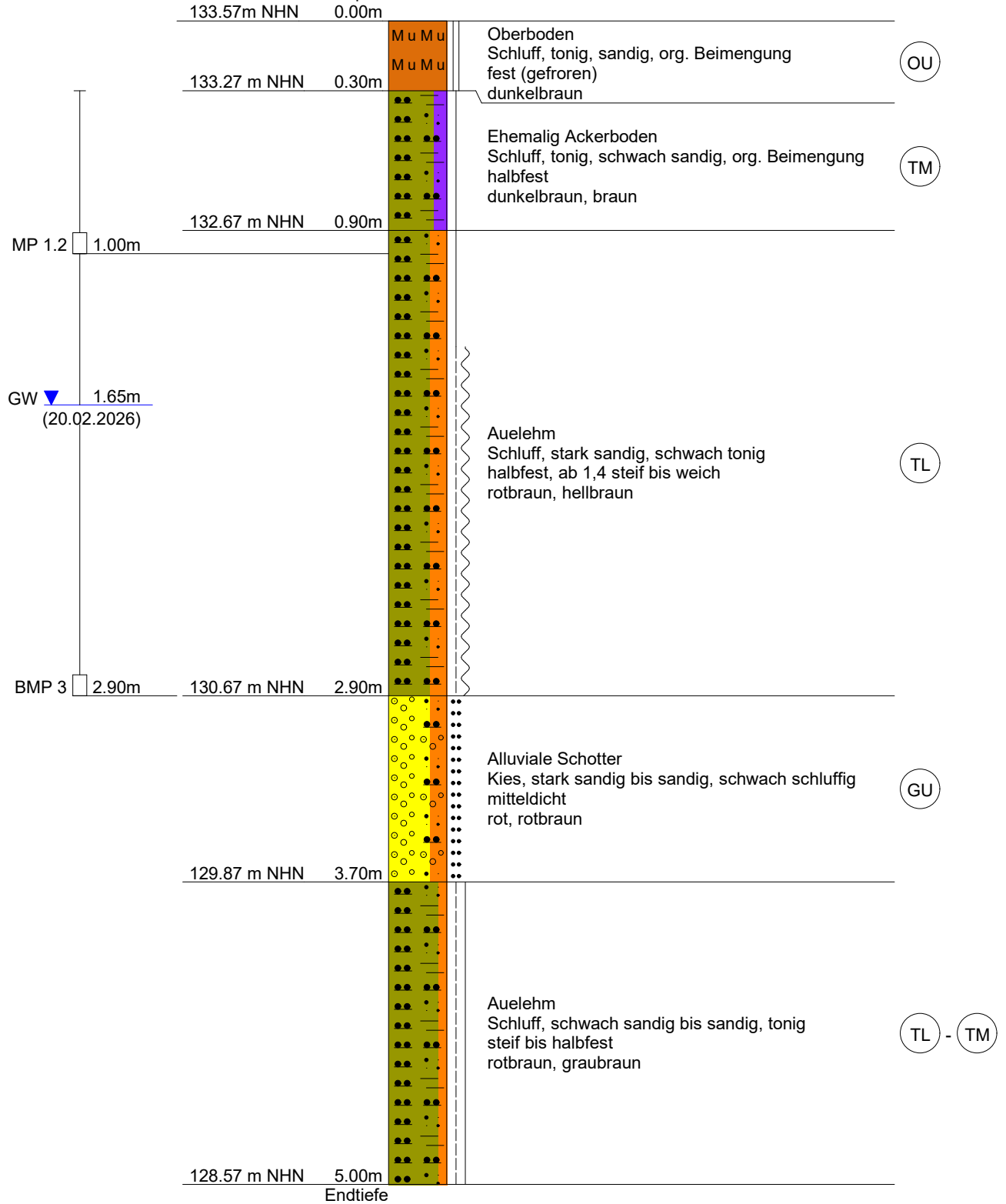
RKS 1

Ansatzpunkt: 132.980 m NHN



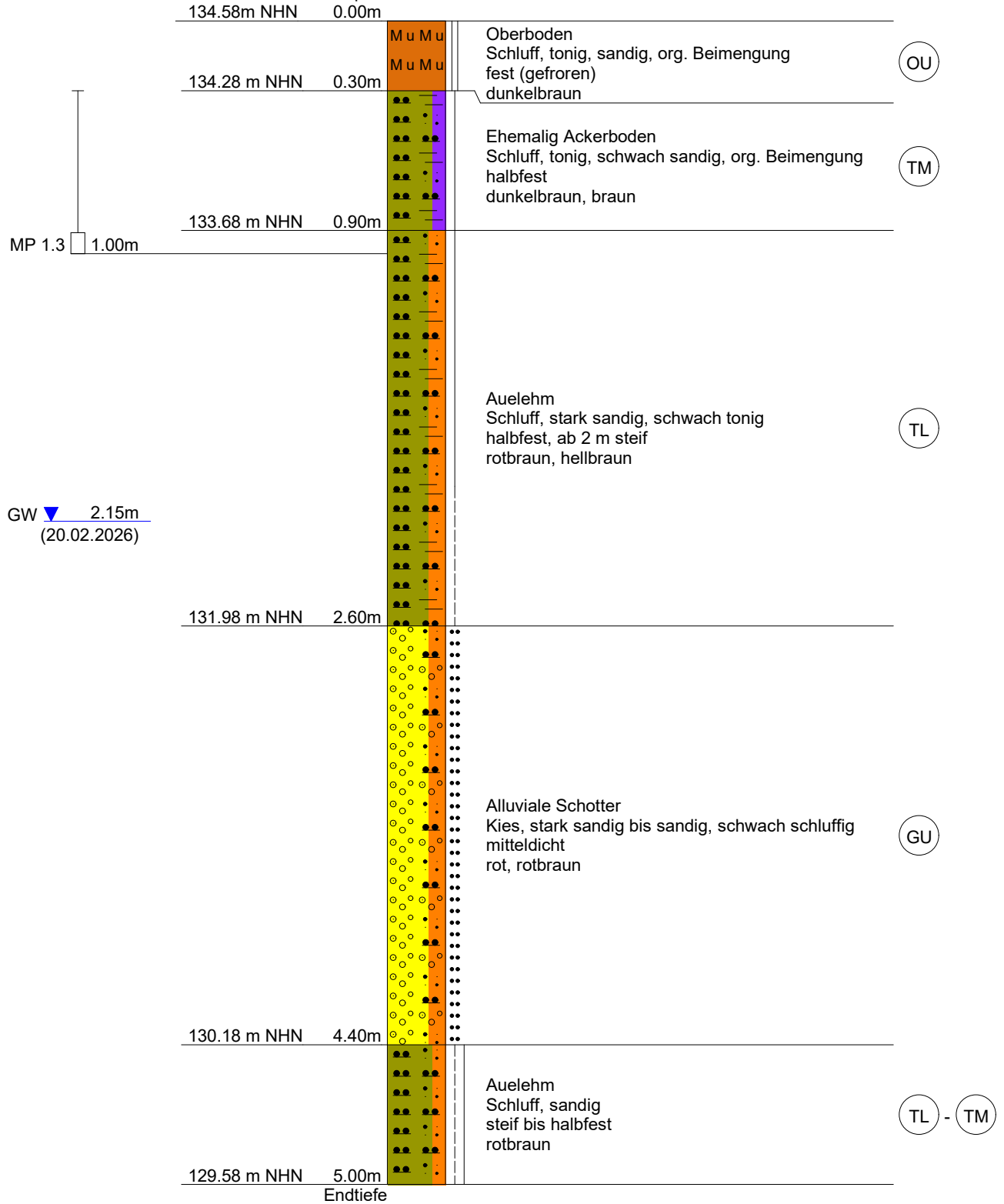
RKS 3

Ansatzpunkt: 133.570 m NHN



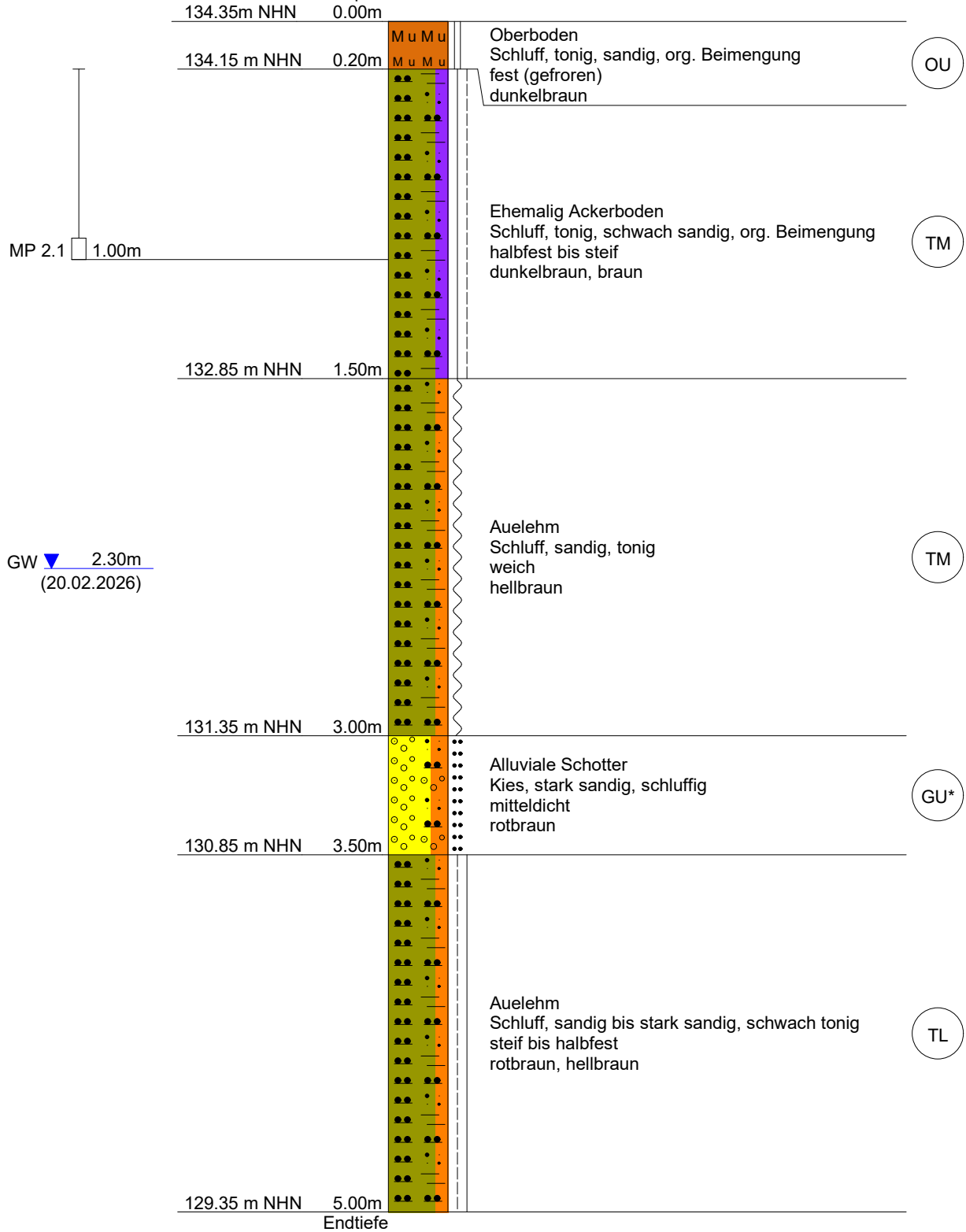
RKS 4

Ansatzpunkt: 134.580 m NHN



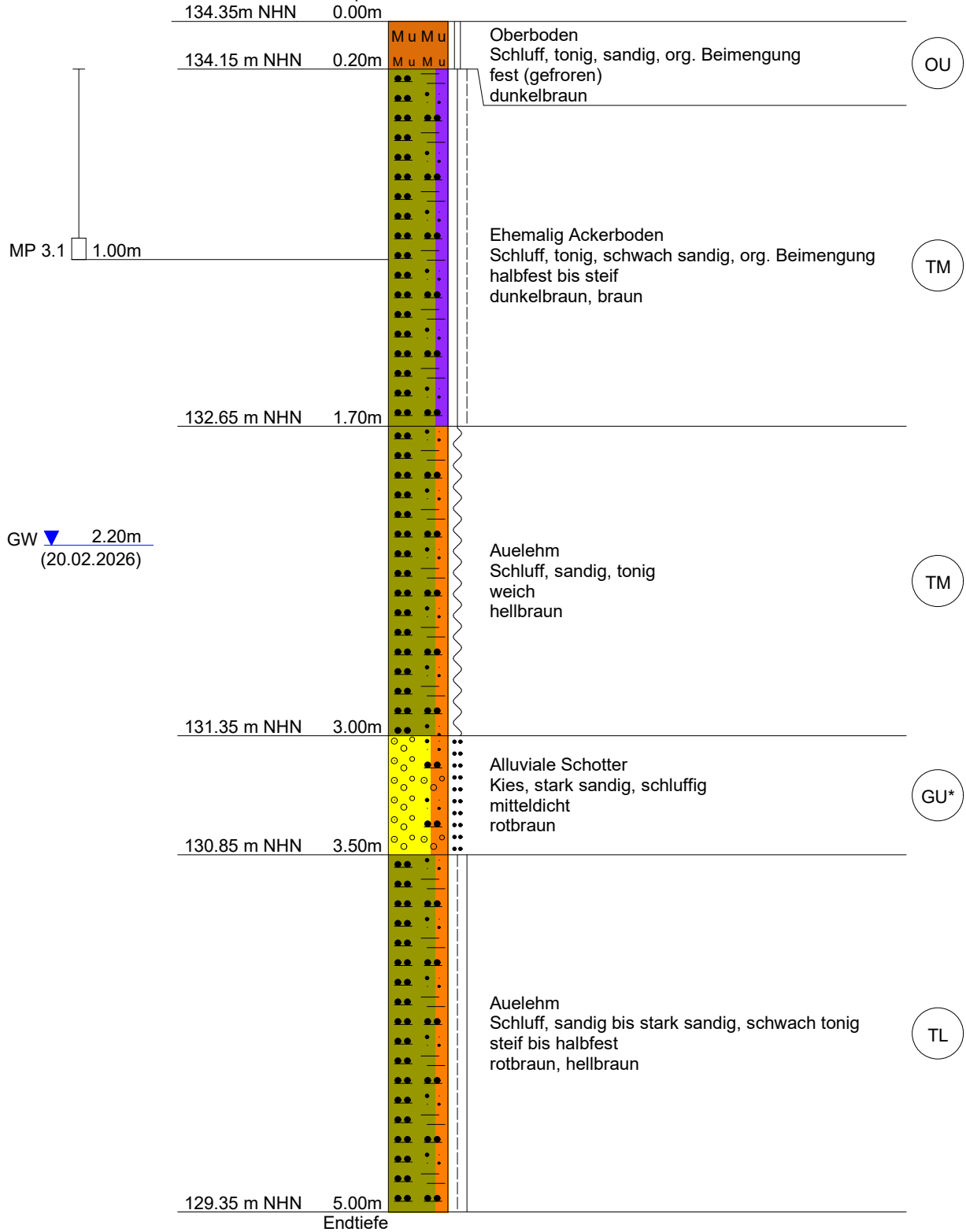
RKS 5

Ansatzpunkt: 134.350 m NHN



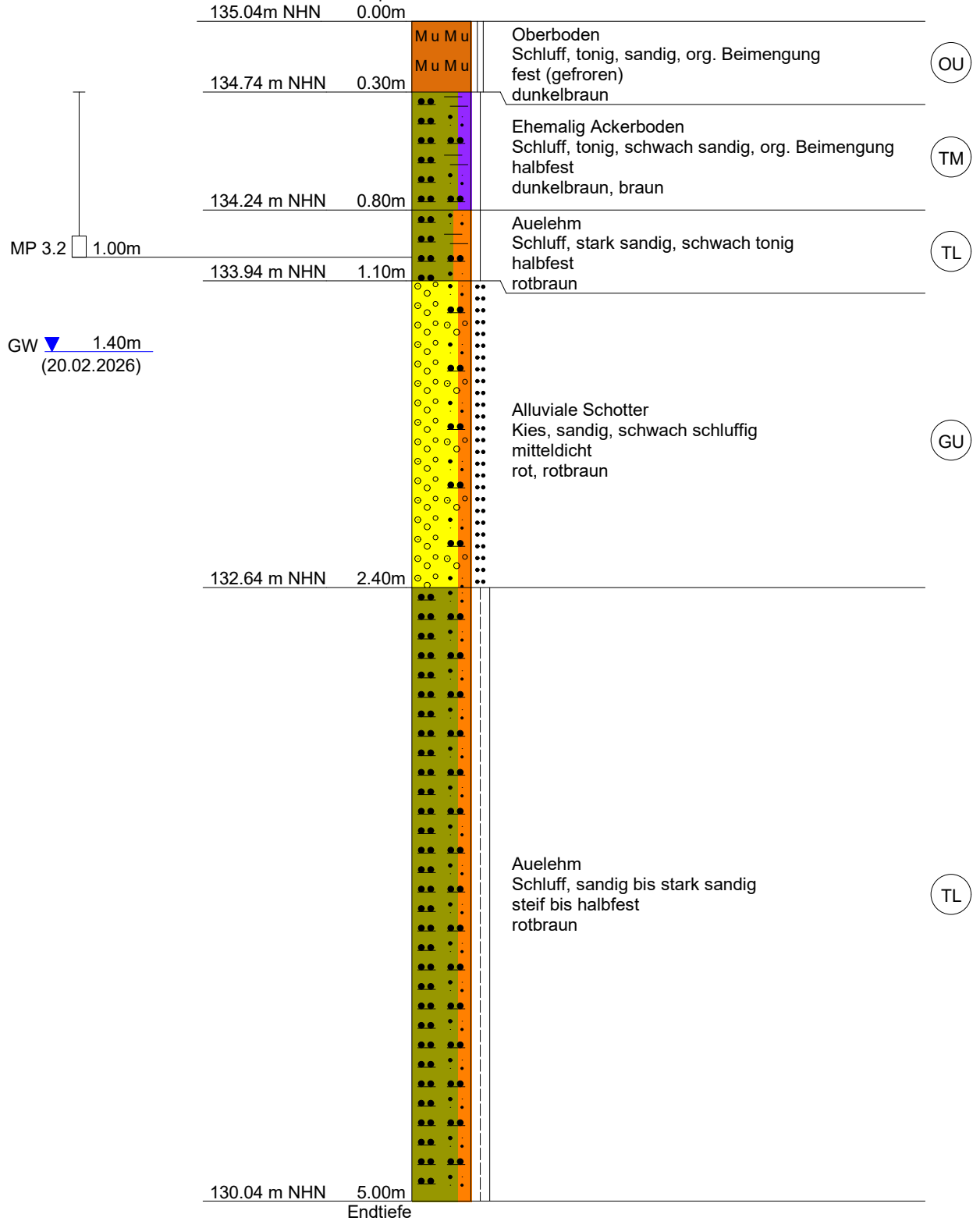
RKS 7

Ansatzpunkt: 134.350 m NHN



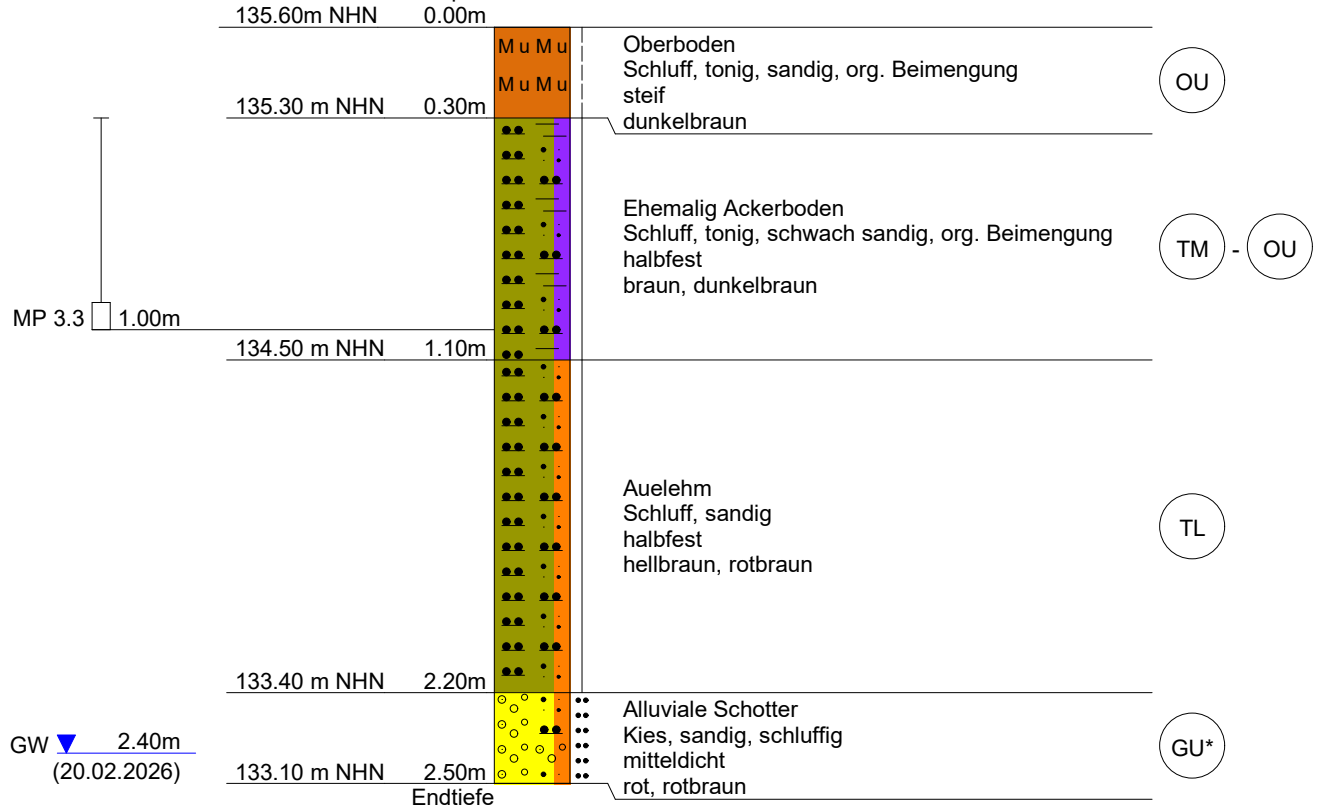
RKS 8

Ansatzpunkt: 135.040 m NHN



RKS 9

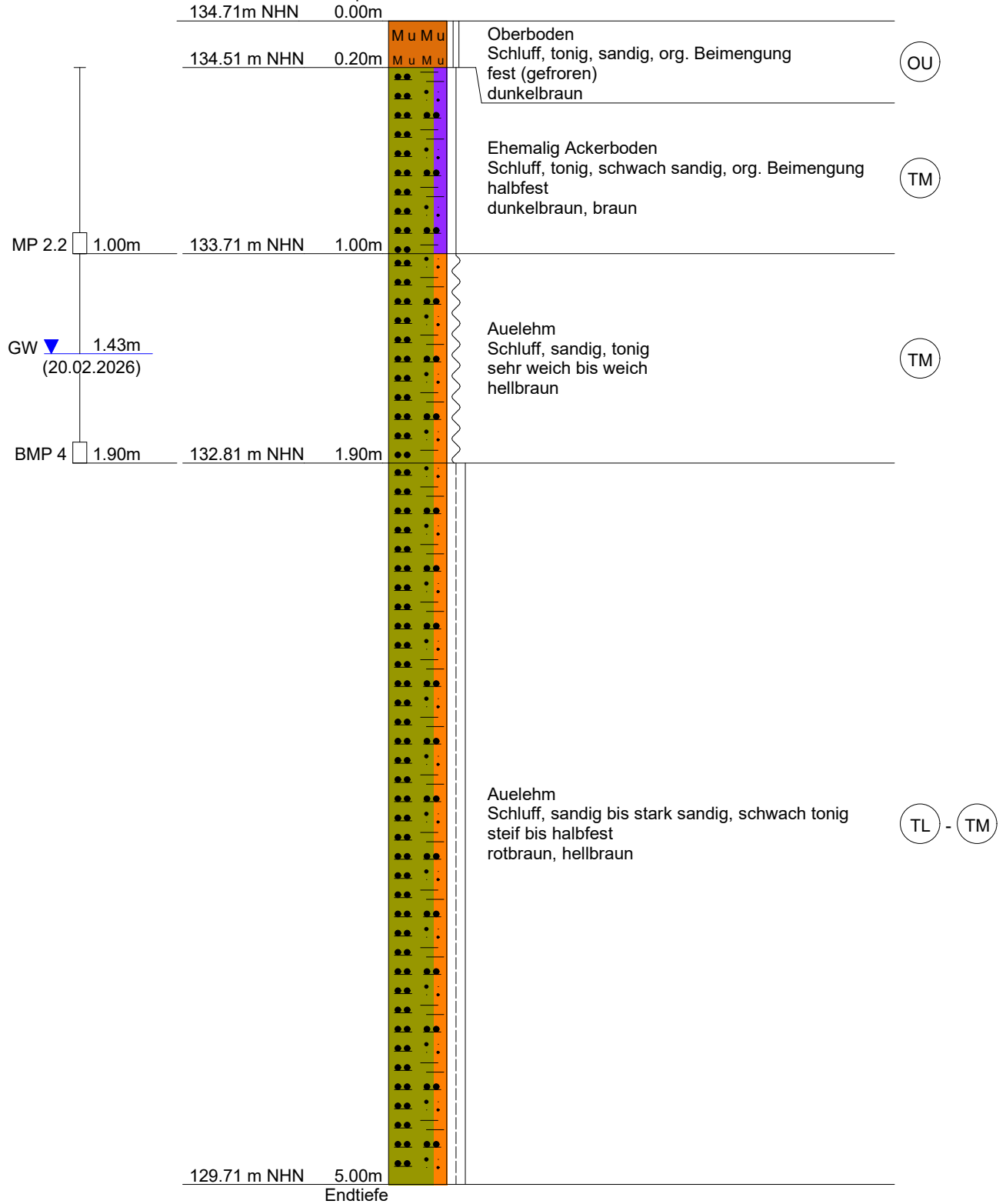
Ansatzpunkt: 135.599 m NHN



Abbruch, nicht mehr rammbaar

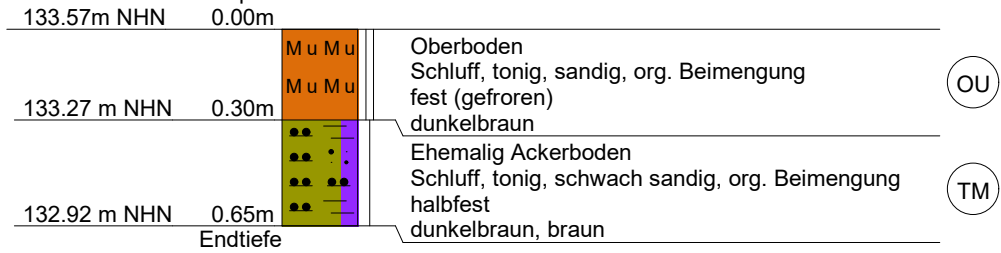
RKS 10

Ansatzpunkt: 134.710 m NHN



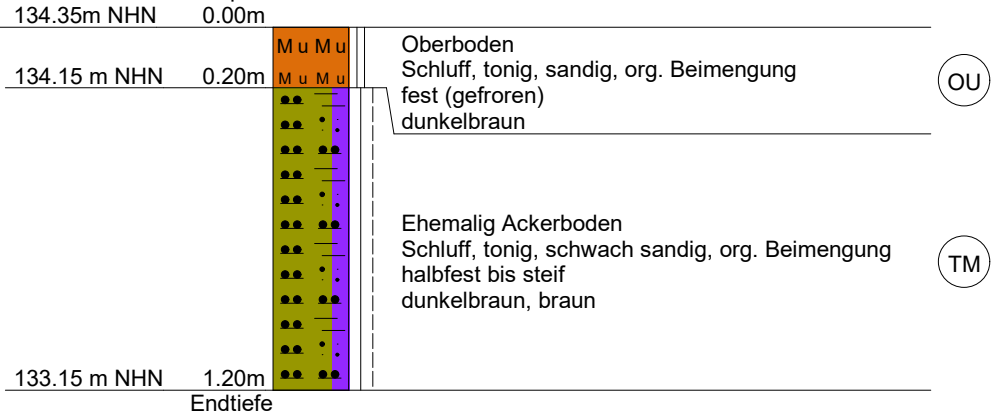
V 1

Ansatzpunkt: 133.570 m NHN



V 2

Ansatzpunkt: 134.350 m NHN



Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) i.A.a. DIN EN ISO 17892-12

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

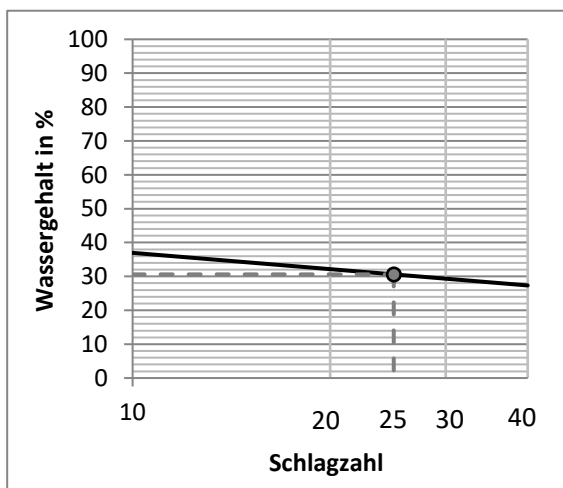
Anlage 3.1

Bauvorhaben : Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen

Auftragsnummer : B26-005 Bearbeiter : Uhlig

Entnahmedatum : 20.02.2026 Entnahmetiefe : 1,1-2,8m

Entnahmeort : RKS 1 Ansprache : Auelehm



Wassergehalt $w/w_{\text{Ü}}$: 0,224

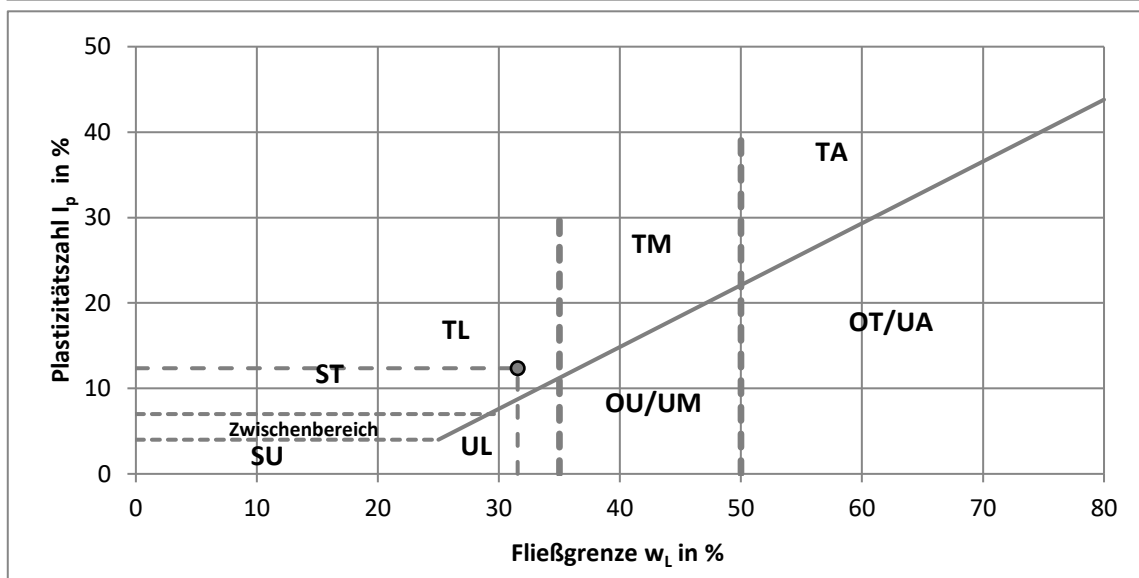
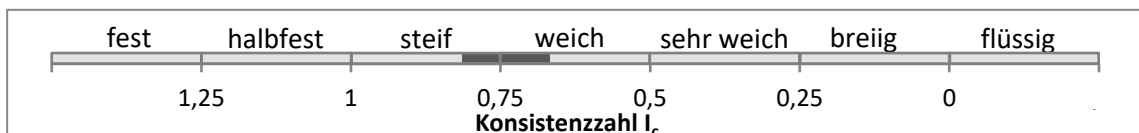
Fließgrenze w_L : 0,315

Ausrollgrenze w_P : 0,192

Plastizitätszahl I_p : 0,124

Konsistenzzahl I_c : 0,742

Bodengruppe nach DIN 18196: TL



Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH

Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Altlasten

Gustav-Weißkopf-Straße 4 - 99092 Erfurt

Auftrags-Nr.

B26-005

Anlage:

3.2

Entnahmedatum:

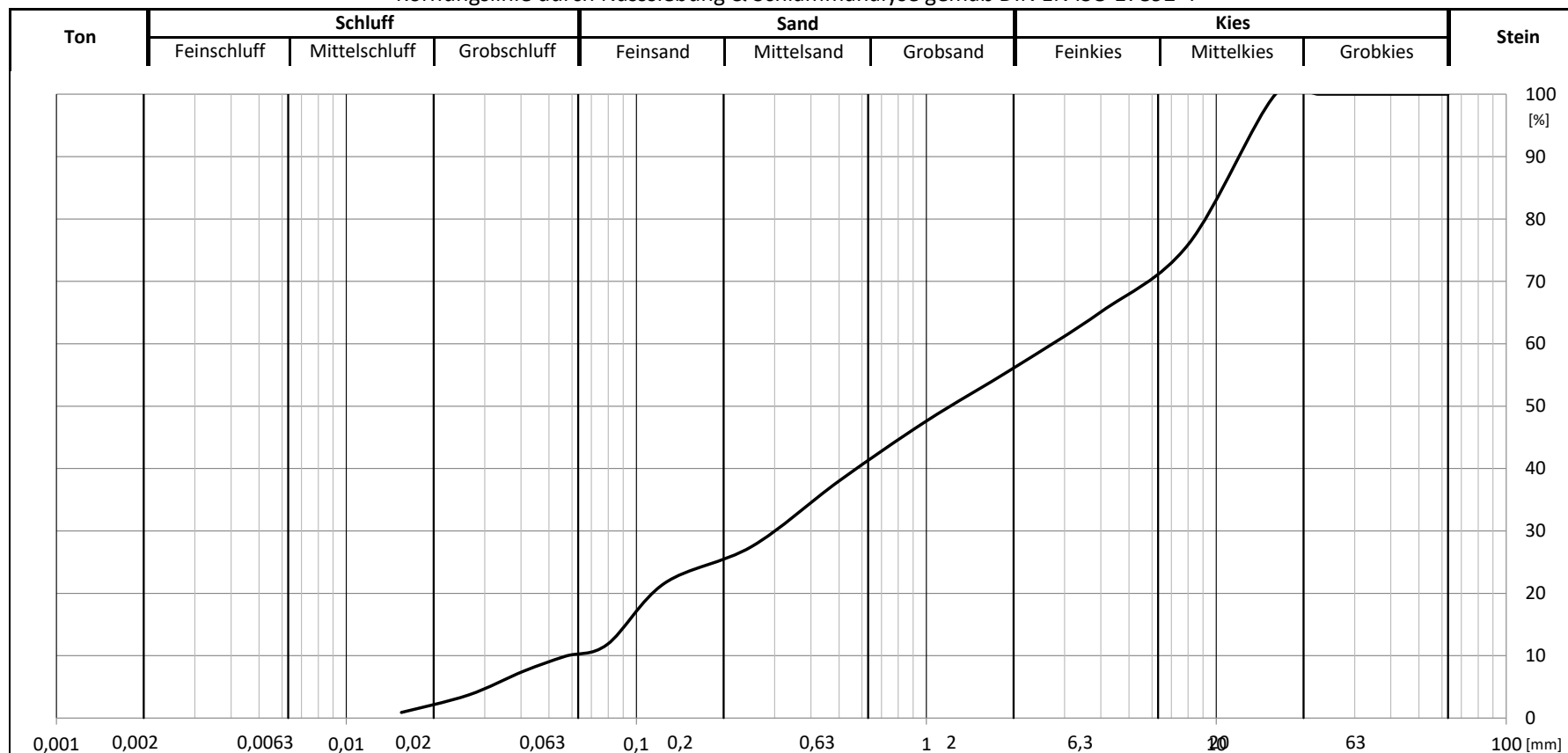
20.02.2026

Bearbeiter:

Uhlig

Bauvorhaben: Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen

Körnungslinie durch Nasssiebung & Schlämmanalyse gemäß DIN EN ISO 17892-4



Entnahmestelle: RKS 1

Tiefe [m]: 2,8-4,4

Art der Entnahme: gestört

Ansprache: Alluviale Schotter

Massenanteile

Kies: 44%

Sand: 46%

Schluff+Ton: 10%

Bodenart nach DIN 18196: GU

Ungleichförmigkeitszahl - C_u : 46,7

Krümmungszahl - C_c : 0,6

Wassergehalt: 11,2%

Durchlässigkeit
 k_f [m/s]

USB / Bialas: 2,5E-05

Bodenart: Kies-Sand-Gemisch, schwach schluffig,

Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH

Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Altlasten

Gustav-Weißkopf-Straße 4 - 99092 Erfurt

Auftrags-Nr.

B26-005

Anlage:

3.3

Entnahmedatum:

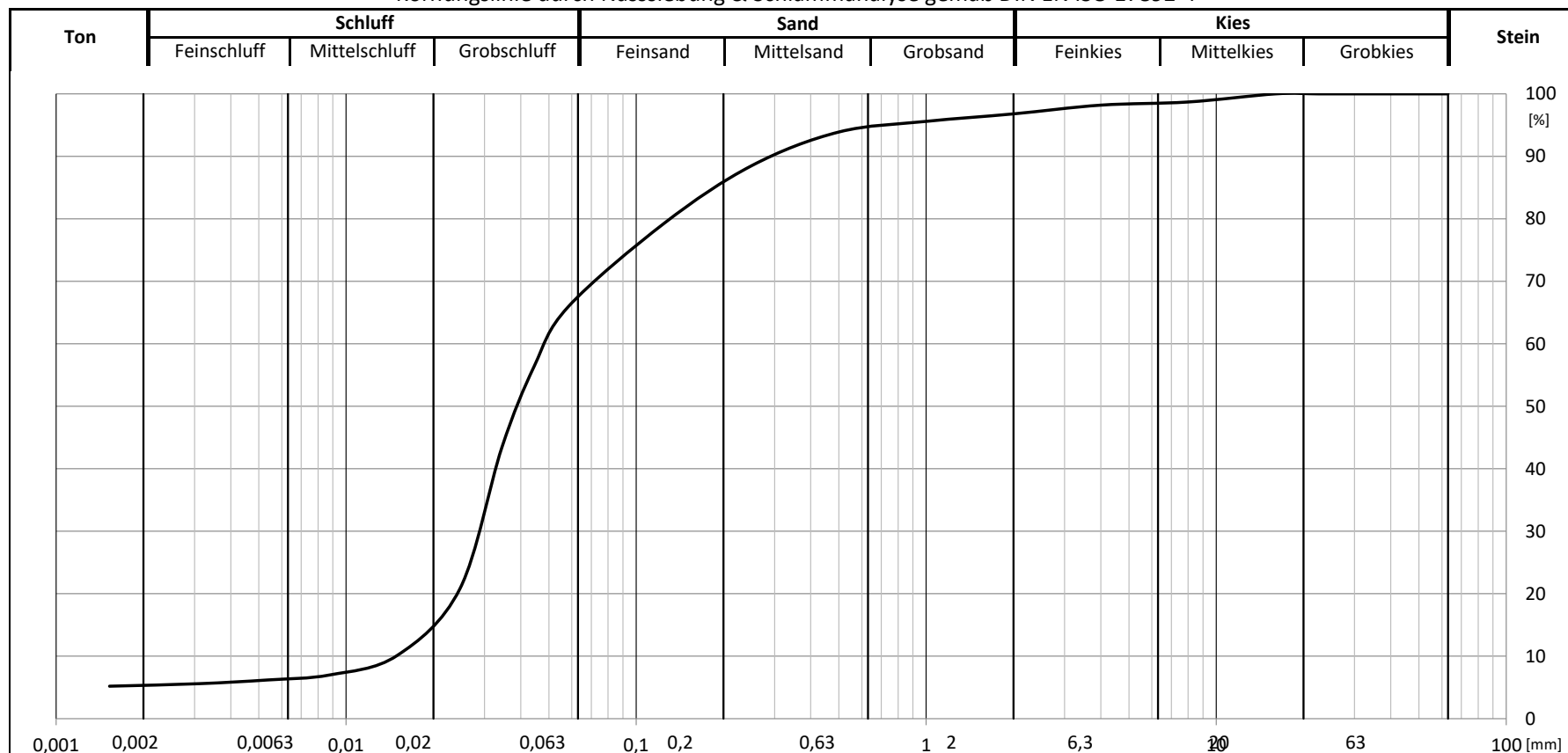
20.02.2026

Bearbeiter:

Uhlig

Bauvorhaben: Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen

Körnungslinie durch Nasssiebung & Schlämmanalyse gemäß DIN EN ISO 17892-4



Entnahmestelle: RKS 3

Tiefe [m]: 0,9-2,9

Art der Entnahme: gestört

Ansprache: Auelehm

Massenanteile

Kies: 3%

Sand: 30%

Schluff: 61%

Ton: 5%

Bodenart: Schluff, stark sandig, schwach tonig,

Bodenart nach DIN 18196: -

Ungleichförmigkeitszahl - C_u : 3,3

Krümmungszahl - C_c : 1,1

Wassergehalt: 20,0%

Durchlässigkeit
 k_f [m/s]

USB / Bialas: 6,6E-07

Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) i.A.a. DIN EN ISO 17892-12

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

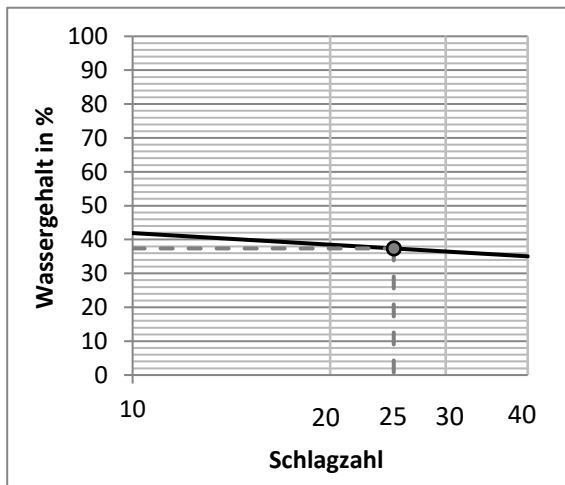
Anlage 3.4

Bauvorhaben : Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen

Auftragsnummer : B26-005 Bearbeiter : Uhlig

Entnahmedatum : 20.02.2026 Entnahmetiefe : 1,0-1,9m

Entnahmeort : RKS 10 Ansprache : Auelehm



Wassergehalt $w/w_{\text{Ü}}$: 0,292

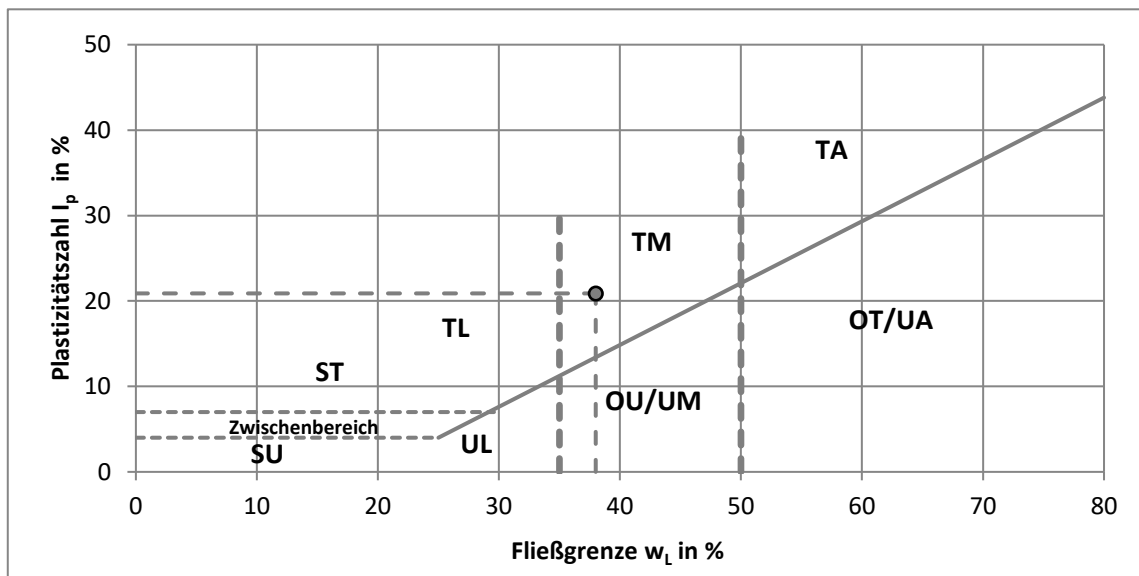
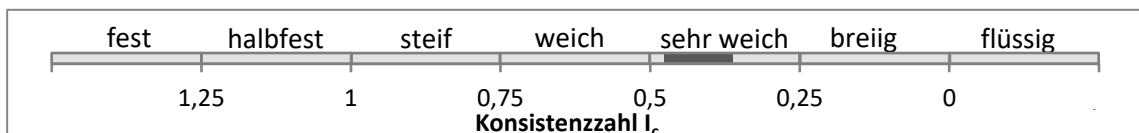
Fließgrenze w_L : 0,380

Ausrollgrenze w_P : 0,171

Plastizitätszahl I_p : 0,209

Konsistenzzahl I_c : 0,420

Bodengruppe nach DIN 18196: TM



Bestimmung des Glühverlusts nach DIN EN 17685

Anlage 3.5

Bauvorhaben	: Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen		
Auftragsnummer	: B26-005	Bearbeiter	: Uhlig
Entnahmedatum	: 20.02.2026	Entnahmetiefe	: 1,0-1,9
Entnahmeort	: RKS 10	Ansprache	: Auelehm

nat. Wassergehalt w : 31,11%

Glühverlust min. : 3,49%

Glühverlust max. : 3,65%

Glühverlust Mittelwert : 3,56%

Erdstoffbenennung : **anorganischer Boden**

Bodenklassifizierungen und -einteilung in Homogenbereiche nach VOB/C

Homogenbereiche i. A. a. ATV DIN 13320:2019-09 (Landschaftsbauarbeiten), ATV DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten), ATV DIN 18301:2019-09 (Bohrarbeiten) und ATV DIN 18304:2019-09 (Rammarbeiten)					
Schicht	1	2	3a	3b	3c
Bodenklassen (DIN 18300:2012)	1	4	3-4	4	3-4
Eigenschaften und Kennwerte - Lockergestein/Boden					
ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Ehemalig Ackerboden	Auesand	Auelehm	Alluviale Schotter
Bodengruppe (DIN 18196)	OU	TM, OU	SU, GU	TL-TM	GU, GU*
Massenanteil Ton [%] (d < 0,002 mm)	n.e.	10-20	5-15	2-20	0-5
Massenanteil Schluff [%] (d = 0,002-0,063 mm)	n.e.	50-80	5-15	30-70	5-20
Massenanteil Sand [%] (d = 0,063-2 mm)	n.e.	5-20	40-70	20-50	20-60
Massenanteil Kies [%] (d = 2-63 mm)	n.e.	0-5	0-45	0-10	40-70
Massenanteil Steine ^A [%] (d = 63-200 mm)	n.e.	0-1	0-5	0-5	0-5
Massenanteil Blöcke ^A [%] (d = 200-630 mm)	n.e.	0-1	0-5	0-1	0-5
Massenanteil große Blöcke ^A [%] (d > 630 mm)	n.e.	0-1	0-1	0-1	0-1
organischer Anteil [%]	n.e.	5-10	0-5	0-5	0-5
Dichte [g/cm ³]	n.e.	1,8-1,9	1,9-2,0	1,7-2,0	1,9-2,0
Wassergehalt [%]	n.e.	25-35	10-25	10-25	5-15
Plastizitätzahl I _p [-]	n.e.	0,15-0,25	-	0,10-0,30	-
Konsistenzzahl I _c [-]	n.e.	0,75-1,25	-	0,5-1,25	-
Lagerungsdichte I _D [%]	n.e.	-	35-65 (mitteldicht)	-	35-65 (mitteldicht)
Kohäsion [kN/m ²]	n.e.	4-7	2-5	0-10	2-8
Abrasivität CAI	n.e.	0,3 - 0,5 (kaum abrasiv)	0,5-2,0 (schwach abrasiv bis abrasiv)	0,3 - 1,0 (kaum bis schwach abrasiv)	1,0 - 4,0 (abrasiv bis stark abrasiv)
umweltrelevante Inhaltsstoffe	s. Bericht zur Abfallcharakterisierung S26-038				
Homogenbereiche DIN 18300:2016-09 Erdarbeiten: Lösen und Laden ^{B,D}	-	EA _{LL} 1	EA _{LL} 2	EA _{LL} 3	EA _{LL} 4
Homogenbereiche DIN 18300:2016-09 Erdarbeiten: Einbauen und Verdichten ^{B,C,D}	-	EA _{EV} 1	EA _{EV} 2	EA _{EV} 3	EA _{EV} 4
Homogenbereiche DIN 18301:2016-09 Bohrarbeiten	-	BA 1	BA 2	BA 1	BA 3
Homogenbereiche DIN 18304:2016-09 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten	-	RA 1	RA 2	RA 1	RA 3
Homogenbereiche DIN 18320:2019-09 Landschaftsbauarbeiten	LA 1	-	-	-	-

n.e. = Angaben nicht erforderlich

^A Angaben ohne Gewähr

^B Gültig für angegebenen Zustand vor dem Lösen. Unter Beachtung der einsetzbaren Erdbaugeräte (DIN 18300, DIN 18311 Lösen, Laden, Fördern → Annahme: Bagger; DIN 18300 Einbauen und Verdichten → Annahme: Rüttelplatte). Bei Einsatz abweichender Erdbaugeräte, sind die Homogenbereiche ggf. entsprechend anzupassen.

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

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

^E Für das Lösen, Laden und Fördern von Haufwerken sind gesonderte Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 auszuweisen.

Bohrlochversickerung (unverrohrt)

nach USBR EARTH MANUAL 1974

Anlage 5.1

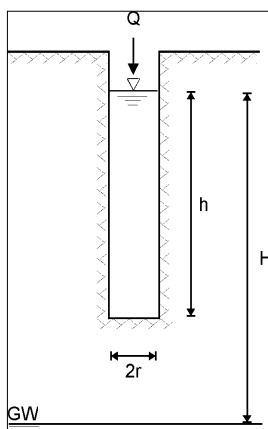
Bauvorhaben : Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen

Auftragsnummer : B26-005 Bearbeiter : Gaspar

Datum : 20.02.2026 Messtiefe : 0,0-0,65 m u. GOK

Bohrung : V 1 Bodenart : OU, TM

Grundlagen



H : Abstand Wasserspiegel im Bohrloch zum Grundwasserspiegel [m]

h : Wasserstand im Bohrloch [m]

r : Bohrlochradius [m]

Q : Schüttung, $Q=q/t$ [m^3/s]

q : Eingefüllte Wassermenge [l]

t : Zeitdifferenz zur Versickerung von q [s]

Versuch

H = 1,7 m
h = 0,7 m
r = 0,03 m
q = 2,0 l
t = 960 s
Q = 2,08E-06 m^3/s

Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes

gültiger Ansatz: 2

Ansatz 1:

$H > 3h$ (ungesättigte Zone)

$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \left[\arcsin \operatorname{Hyp} \left(\frac{h}{r} \right) - 1 \right] =$$

Ansatz 2:

$h \leq H \leq 3h$ (ungesättigte Zone)

$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \frac{\ln(h/r)}{0,1667 + H/3h} \text{ [m/s]} = 3,97E-06 \text{ m/s}$$

Ansatz 3:

$H < h$ (gesättigte Zone)

$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \frac{\ln(h/r)}{H/h - (H/2h)^2} \text{ [m/s]} =$$

Bohrlochversickerung (unverroehrt)

nach USBR EARTH MANUAL 1974

Anlage 5.2

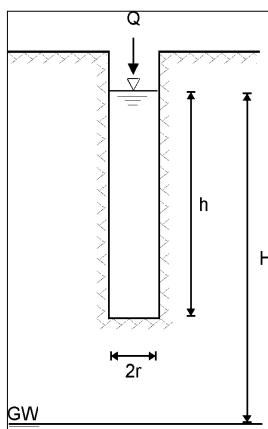
Bauvorhaben : Erschließung Industriegroßfläche Sangerhausen

Auftragsnummer : B26-005 Bearbeiter : Gaspar

Datum : 20.02.2026 Messtiefe : 0,2-1,2 m u. GOK

Bohrung : V 2 Bodenart : TM

Grundlagen



H : Abstand Wasserspiegel im Bohrloch zum Grundwasserspiegel [m]

h : Wasserstand im Bohrloch [m]

r : Bohrlochradius [m]

Q : Schüttung, $Q=q/t$ [m^3/s]

q : Eingefüllte Wassermenge [l]

t : Zeitdifferenz zur Versickerung von q [s]

Versuch

H = 2,0 m
h = 1,0 m
r = 0,03 m
q = 2,0 l
t = 868 s
Q = 2,30E-06 m^3/s

Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes

gültiger Ansatz: 2

Ansatz 1:

$H > 3h$ (ungesättigte Zone)

$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \left[\arcsin \operatorname{Hyp} \left(\frac{h}{r} \right) - 1 \right] =$$

Ansatz 2:

$h \leq H \leq 3h$ (ungesättigte Zone)

$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \frac{\ln(h/r)}{0,1667 + H/3h} \text{ [m/s]} = 2,57E-06 \text{ m/s}$$

Ansatz 3:

$H < h$ (gesättigte Zone)

$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \frac{\ln(h/r)}{H/h - (H/2h)^2} \text{ [m/s]} =$$