



IBE GmbH · Bössingerstr. 23 · 74243 Langenbrettach

Stadt Neuenstein
Schlossstraße 20

74632 Neuenstein

**Institut für Baustoffprüfung
und Umwelttechnik GmbH**

Bössingerstraße 23
Langenbeutingen
74243 Langenbrettach

TELEFON (0 7946) 944 98-0
TELEFAX (0 7946) 944 98-10

www.ibegmbh.de
e-mail: info@ibegmbh.de

IHRE ZEICHEN

IHR SCHREIBEN VOM

UNSERE ZEICHEN

DATUM

JH/Zä

25.08.21

Baugrunderkundung

Lab. Nr.: 31977-1

Baumaßnahme: Erschließung BG Rainle II
Neuenstein-Kirchensall

Auftraggeber: Stadt Neuenstein
Schlossstraße 20, 74632 Neuenstein

Handelsregister: Stuttgart HRB 106214

Geschäftsführer: Chem. Ing. Peter Herrmann
Dipl.-Geol. Jan Herrmann

RAP Stra 15 – Anerkennung Fachbereich: A1; A3-4; BB3-4; BE3-4; D0; D3-4; E3-4; F3; G3; H1; H3-4; I1-4

Überwachungsstelle für Beton- und Estrichprüfungen (ÜK II; BWU 05)

CE-Zertifizierungsstelle für Gesteinskörnungen und Asphalt über ZertBauP e.V. (notifizierte Stelle, Kenn-Nr: 2520)

Informationen nach Art. 13 DSGVO finden Sie auf unserer Webseite oder unter dem Link <https://ibe-cloud.ddns.net/index.php/s/KQNJGtvezrWF3> zum Download.



Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen
2. Grund und Zweck der Untersuchung
3. Untersuchungsumfang
4. Darstellung der Ergebnisse
 - 4.1 Bodenkenndaten
 - 4.2 Bodenklassen/Homogenbereiche
 - 4.2.1 Bodenklassen
 - 4.2.2 Homogenbereiche
 - 4.3 Frostempfindlichkeitsklassen
 - 4.4 Verdichtbarkeit
 - 4.5 Hydrogeologische Verhältnisse
5. Erdbebenzonen
6. Wasserhaltung / Bauwerksabdichtungen
7. Baugruben und Böschungen
8. Straßen-/Kanalbau
 - 8.1. Verkehrsflächen
 - 8.2. Kanalgrabensohlen/-verfüllungen
9. Schlussbemerkung

Anlagen:

- *Lageplan der Sondierpunkte*
- *Profile*
- *Darstellung der Sondierprofile nach Ansatzhöhe mit Einteilung der Bodenschichten in Homogenbereiche*
- *Versickerungsversuch*
- *Fließ-/Ausrollgrenzen*
- *Sieb-/Schlammanalysen*



1. Grundlagen

Als Grundlage dienen:

- DIN 1054 Zulässige Belastung des Baugrunds
- DIN 1055-2 Einwirkungen auf Tragwerke - Bodenkenngößen
- DIN 4020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
- DIN EN ISO 14688-1 Benennen und Beschreiben von Boden und Fels
- DIN 4023 Baugrund- und Wasserbohrungen
- DIN 4124 Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
- DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Erdbeben
- DIN 18 196 Erd- und Grundbau
- DIN 18533-1 Abdichtung von erdberührten Bauteilen, Teil 1
- VOB 18 300 (12 bzw.15) Bodenklassen / Homogenbereiche
- ZTVA-StB
- ZTVE-StB
- ZTV SoB-StB
- ETV-StB-BW

Karten und Pläne:

- Lageplan des Erschließungsgebietes



2. Grund und Zweck der Untersuchung

Das Institut für Baustoffprüfung und Umwelttechnik GmbH wurde durch die Stadt Neuenstein für die orientierende Untersuchung der Boden- und Baugrundverhältnisse im Zuge des o.g. Bauvorhabens „Erschließung BG Rainle II, Kirchensall“ beauftragt.

Die Erkundung soll einen Einblick in die vorliegende Bodensituation liefern. Bei der Durchführung sollten die wesentlichen bodenmechanischen Kenndaten ermittelt werden, um somit eine Einschätzung der zum Zeitpunkt der Erkundung vorliegenden Bodensituation aufzuzeigen, um als Grundlage für eine weitere Planung zu dienen.

3. Untersuchungsumfang

Es wurden im Zuge der Feldarbeiten am 11.08.21 und 16.08.21 insgesamt 8 Rammkernsondierungen (Profilbezeichnung: RKS) und 6 Rammsondierungen (DPL/leichte Rammsonde – Profilbezeichnung: RS), mit Erkundungstiefen von bis zu 5,0 m (RKS/RS Nr. 1 bis 13) bzw. 3,0 m (RKS 14) unterhalb der zu diesem Zeitpunkt gegebenen Geländeoberkante durchgeführt. 2 Erkundungspunkte hiervon wurden im Verkehrswegebereich, mit der entsprechenden Öffnung der Oberbauschichten durchgeführt.

Im Rahmen der Feldarbeiten wurden Schichtenverzeichnisse mit der entsprechenden Bodenansprache angelegt. Die Einzelergebnisse der Untersuchungen sowie die zeichnerische Darstellung der Sondierprofile sind in nachfolgenden Kapiteln, sowie im Anhang aufgeführt.

4. Darstellung der Ergebnisse

Geologischer Rahmen:

Der Baugrund befindet sich im geologischen Umfeld der Erfurt-Formation (Unterer Keuper - „Lettenkeuper“, kuE). Die Erfurt-Formation stellt eine Wechsellagerung von grauen, selten rotbraunen, z.T. sandigen Ton-/Schluffsteinen und fein- bis mittelkörnigen, oft tonigen, graugrünen und braunen Sandsteinen, sowie grauen Dolomitsteinen dar. In Knollen oder lokalen Lagen können Gipsstein oder Anhydrit eingelagert sein. Im Süden des Erkundungsareals zeichnet sich der Übergang in Schichten bzw. Verwitterungsböden des Muschelkalks ab. Innerhalb der Erkundungstiefen wurden die entsprechenden Verwitterungsböden dieser geologischen Einheiten angetroffen. Mit zunehmender Erkundungstiefe können Zwischenlagen aus geringer verwitterten Sand-/Schluffsteinen und karbonatischen Bankeinlagerungen bzw. allmähliche Übergänge in geringer verwitterte Ausgangsgesteine vorliegen (kein weiterer Sondierfortschritt erzielbar).



Eine detaillierte Aufgliederung und Schichtenbeschreibung als geologisches Profil findet sich im Anhang. Die entsprechenden Eigenschaften und bodenmechanischen Kenndaten der einzelnen Bodenschichten sind den folgenden Kapiteln zu entnehmen.

Zusammenfassung der Wasserverhältnisse:

Ein freier Grund- bzw. Schichtwasserspiegel wurde zum Sondierende, innerhalb mehrerer Sondierpunkte angebohrt bzw. gelotet. Die angetroffenen Grundwässer stellen Schichtenwasser des Unteren Keupers bzw. Muschelkalks dar, welches sowohl in der horizontalen, als auch vertikalen Ausbreitung deutlichen Wechseln unterworfen sein kann. Aufgrund einer ausgeprägten Wechsellagerung von Schichten, wird insbesondere der Untere Keuper mehrere, voneinander unabhängige Schichtwasserstockwerke aufweisen.

Schichtwasserspiegel werden im Hangbereich, zur Geländeoberfläche hin, bislang durch bindige Verwitterungsböden abgedichtet und schneiden, in Verlängerung, talseitig das Geländeniveau. Werden Schichtwässer durch Aufgrabungen angeschnitten und nicht wieder ausreichend wasserdicht überdeckt, kann dies mitunter zu dauerhaften, quellartigen Wasseraustritten auf das Gelände führen.

Sonstiges:

Abweichend vom derzeitigen Befund können Sulfatanteile innerhalb von geringer verwitterten Keuper- bzw. Muschelkalkschichten (mittels Rammkernsondierungen nicht erkundbar) nicht vollständig ausgeschlossen werden. Vorsorglich empfiehlt sich für entsprechend exponierte Bauwerke/Bauwerksteile die Verwendung von sulfatbeständigem Zement oder es wäre der Sulfatgehalt einzelfallspezifisch zu ermitteln.

4.1 Bodenkenndaten

Die erkundeten, natürlich anstehenden Böden sind gemäß DIN 18196 anzusprechen als:

- Quartäre Böden: Sekundär umgelagerter Löß bzw. lößführende Abschwemmmassen (siehe Homogenbereich Q1), an der Basis mitunter Anreicherungen von Sandsteinbruchstücken (siehe Homogenbereich Q2). Bodengruppe TL und TM, in derzeit weicher bis steifer Konsistenz (mitunter witterungsbedingten Schwankungen unterworfen)
- Verwitterungsböden: TL, TM und TA, mit wechselnden Grobkornanteilen (Kies/Steine, mitunter plattige Komponenten) in weicher bis halbfester, selten breiiger Konsistenz. Bereichsweise stark zerbrochene Einlagerungen an Sandsteinbänken der Bodengruppe GU und GU* innerhalb der Verwitterungsböden (siehe Homogenbereich B1b)



In den Sondierpunkten, innerhalb derer die angestrebte Erkundungstiefe von 5,0 m unter GOK nicht erreicht werden konnte (kein bzw. nur noch sehr geringer weiterer Sondierfortschritt erzielbar), können schichtenweise eingelagerte, mittel bis dickbankige Sand-/Schluffsteinbänke bzw. dünn- bis mittelbankige Karbonatbänke, oder auch abnehmende Verwitterungsgrade mit durchgehend anstehenden Felsschichten unterschiedlicher Zerkernungsgrade vermutet werden (mittels Rammkernsondierungen nicht erkundbar).

Eine detaillierte Zuordnung der einzelnen Bodengruppen findet sich in den Schichtenbeschreibungen der Sondierprofile im Anhang.

Die in der folgenden Tabelle dargestellten Werte stellen die Bodenkenndaten nach DIN 1055 für die entsprechenden Bodengruppen dar.

Bodengruppe TA, TM und TL:

Bodenart	Kurzzeichen nach DIN 18196	Zustandsform	Wichte		Reibungswinkel cal φ' [Grad]	Kohäsion	
			über Wasser cal γ [kN/m ³]	unter Wasser cal γ' [kN/m ³]		cal c' [kN/m ²]	cal c_u [kN/m ²]
Ausgeprägt plastische Tone	TA	weich	17,5	7,5	15,0	5	15
		steif	18,5	8,5	15,0	10	35
		halbfest	19,5	9,5	15,0	15	75
Mittelplastische Tone	TM	weich	18,5	8,5	17,5	5	5
		steif	19,5	9,5	17,5	10	25
		halbfest	20,5	10,5	17,5	15	60
Leicht plastische Tone	TL	weich	19,0	9,0	22,5	0	0
		steif	20,0	10,0	22,5	5	15
		halbfest	21,0	11,0	22,5	10	40

Tab. 1a: Bodenkenngößen der entsprechenden Bodengruppen nach DIN 1055. (Rechenwerte für erdstatische Berechnungen)

Bodengruppe GU*:

Bodenart	Kurzzeichen nach DIN 18196	Zustandsform	Wichte		Reibungswinkel cal φ' [Grad]	Kohäsion	
			über Wasser cal γ [kN/m ³]	unter Wasser cal γ' [kN/m ³]		cal c' [kN/m ²]	cal c_u [kN/m ²]
bindige, gemischtkörnige Böden	GU*	weich	20,0	10,0	25,0	5	5
		steif	21,0	11,0	25,0	10	25
		halbfest	22,0	12,0	25,0	15	60

Tab. 1b: Bodenkenngößen der entsprechenden Bodengruppen nach DIN 1055. (Rechenwerte für erdstatische Berechnungen)

Anmerkung zu den voranstehenden Tabellen: Die nach DIN 1055-2 geltenden Rahmenbedingungen sind zu berücksichtigen. Die für die Wichten γ und γ' sowie für die Scherparameter φ' und c' angegebenen Erfahrungswerte der Tabellen gelten für gewachsene bindige Böden. Ihre Verwendung ist auch bei geschütteten bindigen Böden zulässig, sofern ein Verdichtungsgrad nach DIN 18127 von $D_{Pr} \geq 0,97$ nachgewiesen wird.



Bodengruppe GU:

Bodenart	Kurzzeichen nach DIN 18196	Zustandsform	Wichte			Reibungswinkel cal φ' [Grad]
			erdfeucht cal γ [kN/m ³]	wassergesättigt cal γ_r [kN/m ³]	unter Auftrieb cal γ' [kN/m ³]	
schwach und nichtbindige Böden	GU	locker	17,0	19,5	9,5	30,0
		mitteldicht	19,0	21,0	11,0	32,5
		dicht	21,0	22,5	12,5	35,0

Tab. 1c: Bodenkenngößen der entsprechenden Bodengruppen nach DIN 1055-2. (Rechenwerte für erdstatische Berechnungen)

Vorläufiger Steifemodul der Böden:

Vorläufiger Steifemodul			
Bodenart	Bodengruppe / Konsistenz bzw. Lagerungsdichte		Steifemodul E_s [MN/m ²]
Verwitterungsböden	TL	breiig	<3
		weich	3 - 7
		steif	7 - 11
		halbfest	11 - 15
	TM	breiig	<2
		weich	2 - 5
		steif	5 - 9
		halbfest	9 - 12
	TA	weich	2 - 4
		steif	4 - 7
		halbfest	7 - 10
	GU*	weich	3 - 7
		steif	8 - 12
halbfest		12 - 20	
GU	dicht	20 - 80	
Felsschichtung, brüchig	--	--	>100

Tab. 2: Vorläufiger Steifemodul der entsprechenden Böden.



4.2 Bodenklassen/Homogenbereiche

4.2.1 Bodenklassen

Schichtglied	Boden-/Felsklasse nach DIN 18300 (2012)
Mutterboden	1
Quartäre Umlagerungsböden	4
Verwitterungsböden	3 – 5 lokale Vernässungsbereiche (weich bis breiig): 2 feste Konsistenzen und im Falle einsetzender geringerer Verwitterungsgrade unterhalb der Erkundungsendtiefen ^{*)} : 6 - 7

Tab. 3: Boden-/Felsklassen nach DIN 18300 (2012)

^{*)} In 9 von 14 Sondierpunkten konnte die angestrebte Erkundungsendtiefe von 5,0 m unter GOK nicht erreicht werden – aufgrund abnehmender Verwitterungsgrade mittels Rammkernsondierungen nicht erkundbar

Die Einteilung in Bodenklassen beruht auf der nicht mehr gültigen Fassung 2012 der DIN 18300 und wurde hier nur noch vergleichend aufgeführt.

Anmerkung Bodenklassen:

❖ **Klasse 1: Oberboden**

Oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.

❖ **Klasse 2: Fließende Bodenarten**

Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben.

❖ **Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten**

Nichtbindige bis schwach bindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 M.-% Beimengungen an Schluff und Ton (Korngröße kleiner als 0,06 mm) und mit höchstens 30 M.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt, z. B. feste Torfe.

❖ **Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten**

Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 M.-% der Korngröße kleiner als 0,06 mm. Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und die höchstens 30 % Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt enthalten.

❖ **Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten**

Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 M.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt.

Nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 M.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt. Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.



❖ **Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten**

Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten, Z. B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindungen.

Nichtbindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 M.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt.

❖ **Klasse 7: Schwer lösbarer Fels**

Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügesteifigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke und dergleichen.

Steine von über 0,1 m³ Rauminhalt.

4.2.2 Homogenbereiche nach DIN 18300

Die einzelnen erkundeten Bodenschichten wurden hinsichtlich des Aushubs/Wiedereinbaus in Homogenbereiche unterteilt. Die entsprechende Einteilung findet sich in der zusammenfassenden Darstellung der Sondierprofile im Anhang. Eine weitere Feinunterteilung hinsichtlich Bodengruppen und Konsistenzen ist mit den vorliegenden, inhomogenen, klein- bis kleinsträumigen Schichtwechsell nicht sinnvoll und praktikabel. Die nachfolgende tabellarische Beschreibung bodenmechanischer Eigenschaften der einzelnen Homogenbereiche erfolgte auf Grundlage von Erfahrungs- bzw. Literaturwerten mit einem potentiellen Schwankungsbereich.

Der separate Homogenbereich M1 (Oberboden, Pflughorizont) sowie der vorliegende Verkehrswegeober- und -unterbau (O1, O2 und U1) wurde im Weiteren bodenmechanisch nicht näher beschrieben. Die chemischen Eigenschaften der entsprechenden Homogenbereiche des vorliegenden Verkehrswegeober- und -unterbaus sind dem separaten Prüfbericht Nr. 31977-2 zu den chemischen Untersuchungen zu entnehmen.

Beschreibung der Homogenbereiche:

- M1:** Humoser Oberboden/Pflughorizont (im Weiteren nicht näher beschrieben)
- O1:** Gebundener Verkehrswegeoberbau. Chemische Zuordnung(en) siehe Prüfbericht Nr. 31977-2. (Im Weiteren bodenmechanisch nicht näher beschrieben)
- O2:** Ungebundener Verkehrswegeoberbau aus Kalkgesteinskörnungen. Aus bodenmechanischer Sicht für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} geeignet. Chemische Zuordnung(en) siehe Prüfbericht Nr. 31977-2. (Im Weiteren bodenmechanisch nicht näher beschrieben)



- U1:** Verkehrswegeunterbau aus Kalkgesteinskörnungen Aus bodenmechanischer Sicht für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} geeignet. Chemische Zuordnung(en) siehe Prüfbericht Nr. 31977-2. (Im Weiteren bodenmechanisch nicht näher beschrieben)
- A1:** Künstliche Auffüllung aus Bodenmaterial mit geringen Anteilen an Granulat gebundenen Staßenaufbruchs. Bodengruppe TM, in weicher Konsistenz. Aus bodenmechanischer Sicht, aufgrund eines erhöhten Wassergehaltes, für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} ohne weitere Maßnahmen (z.B. Bodenverbesserung mit Bindemittel) nicht geeignet. Chemische Zuordnung(en) siehe Prüfbericht Nr. 31977-2.
- Q1:** Quartärer Umlagerungsboden aus Löß, der Bodengruppen TM und TL, in steifen bis mäßig steifen, mitunter weichen Konsistenzen. Aus bodenmechanischer Sicht, aufgrund eines bisweilen erhöhten Wassergehaltes, für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} bedingt geeignet. Im Falle erhöhter Wassergehalte (z.B. weich bis mäßig steif) wären bodenverbessernde Maßnahmen (z.B. Bodenverbesserung mit Bindemittel) erforderlich. Chemische Zuordnung(en) siehe Prüfbericht Nr. 31977-2.
- Q2:** Quartärer Umlagerungsboden aus Löß, mit Sandsteinfragmenten vermengt. Bodengruppe TM und TL, in weichen Konsistenzen. Aus bodenmechanischer Sicht, aufgrund eines erhöhten Wassergehaltes, für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} nicht geeignet. Bodenverbessernde Maßnahmen (z.B. Bodenverbesserung mit Bindemittel) erforderlich.
- B1a:** Verwitterungsböden des Keupers in den Bodengruppen TA, TM und vereinzelt TL, mit wechselnden Grobkorngehalten (Beimengungen an Steinen und plattigen Grobkomponenten möglich), in weichen bis halbfesten, selten weich bis breiigen Konsistenzen. Aus bodenmechanischer Sicht, aufgrund eines bisweilen erhöhten Wassergehaltes, für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} bedingt geeignet. Im Falle erhöhter Wassergehalte (z.B. weich bis mäßig steif) wären bodenverbessernde Maßnahmen (z.B. Bodenverbesserung mit Bindemittel) erforderlich. Mäßig weiche bis breiige Konsistenzen wären dann, aufgrund eines stark erhöhten Bindemittelbedarfs ggf. zu separieren. Verdichtungsstörende Grobkomponenten (z.B. Beimengungen an größeren Steinen und plattigen Grobkomponenten) sind ggf. auszusortieren. Chemische Zuordnung(en) siehe Prüfbericht Nr. 31977-2.
- B1b:** Verwitterungsböden des Keupers der Bodengruppe TA, vereinzelt TL-TM, in enger Wechsellagerung mit stark zerbrochenen, mitunter deutlich wasserführenden Sandsteinhorizonten der Bodengruppe GU und GU*. Beimengungen an Steinen und plattigen Grobkomponenten (mitunter bis Blockgröße) möglich. Weiche bis



halfeste, selten weich bis breiigen Konsistenzen. Aus bodenmechanischer Sicht, aufgrund eines bisweilen erhöhten Wassergehaltes, für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} bedingt geeignet. Im Falle erhöhter Wassergehalte (weich bis mäßig steif) wären bodenverbessernde Maßnahmen (z.B. Bodenverbesserung mit Bindemittel) erforderlich. Mäßig weiche bis breiige Konsistenzen wären dann, aufgrund eines stark erhöhten Bindemittelbedarfs ggf. zu separieren. Verdichtungsstörende Grobkomponenten (z.B. Beimengungen an größeren Steinen und plattigen Grobkomponenten) sind ggf. auszusortieren. Chemische Zuordnung(en) siehe Prüfbericht Nr. 31977-2.

B2: Verwitterungsböden des Muschelkalks in den Bodengruppen TM und TA, mit wechselnden Grobkorngehalten (Beimengungen an Steinen und plattigen Grobkomponenten möglich), in weichen bis halfesten Konsistenzen. Aus bodenmechanischer Sicht, aufgrund eines bisweilen erhöhten Wassergehaltes, für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} bedingt geeignet. Im Falle erhöhter Wassergehalte (z.B. weich bis mäßig steif) wären bodenverbessernde Maßnahmen (z.B. Bodenverbesserung mit Bindemittel) erforderlich. Verdichtungsstörende Grobkomponenten (z.B. Beimengungen an größeren Steinen und plattigen Grobkomponenten) sind ggf. auszusortieren. Chemische Zuordnung(en) siehe Prüfbericht Nr. 31977-2.

B3: Schichtenweise eingelagerte, mittel bis dickbankige Sand-/Schluffsteinbänke bzw. dünn- bis mittelbankige Karbonatbänke (Wechselagerung von Felsschichten mit Verwitterungsböden), oder auch abnehmende Verwitterungsgrade mit durchgehend anstehenden Felsschichten unterschiedlicher Zerkleinerungsgrade (mittels Rammkernsondierungen nicht erkundbar - im Weiteren daher bodenmechanisch nicht näher beschreibbar). Aus bodenmechanischer Sicht für qualifizierte Wiederverfüllmaßnahmen $\geq 97\%$ D_{Pr} außerhalb von Gründungsbereichen nur bei ausreichender Zerkleinerung durch Brechen voraussichtlich geeignet.


Beschreibung bodenmechanischer Eigenschaften der Homogenbereiche:

Kennwert/Eigenschaft	Homogenbereich DIN 18300 (2015)		
	A1	Q1	Q2
Korngrößenverteilung [-]	s. Diagr.1a	s. Diagr.1b	s. Diagr.1c
Anteil an Steinen [M.-%]	geschätzt <1 ^{*)}	voraussichtlich keine ^{*)}	geschätzt <10 ^{*)}
Anteil an Blöcken [M.-%]	voraussichtlich keine ^{*)}	voraussichtlich keine ^{*)}	voraussichtlich keine ^{*)}
Anteil an großen Blöcken [M.-%]	voraussichtlich keine ^{*)}	voraussichtlich keine ^{*)}	voraussichtlich keine ^{*)}
Dichte (feucht) [g/cm ³]	1,95 – 2,05	1,95 – 2,05	1,95 – 2,05
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	20 - 60	20 - 200	20 - 60
Wassergehalt [M.-%]	21 - 25	17 - 21	17 - 21
Konsistenz [-]	weich	weich bis steif	weich
Konsistenzzahl [-]	0,5 – 0,75	0,5 – 1,0	0,5 – 0,75
Plastizität [-]	mittelplastisch	leicht- bis mittelplastisch	leicht- bis mittelplastisch
Plastizitätszahl [%]	15 - 30	10 - 25	10 - 25
Lagerungsdichte [-]	--	--	--
Organischer Anteil [M.-%]	<1	<1	<1
Bodengruppe [-]	TM	TM, TL	TL-TM
(Ortsübliche) Bezeichnung	künstliche Auffüllung	Quartärer Umlagerungsboden	

Tab. 4a: Beschreibung der Homogenbereiche auf Grundlage von Erfahrungs- bzw. Literaturwerten

^{*)} geschätzt über den Homogenbereich, im Mittel, lokale Anreicherungen möglich. Mittels Rammkernsondierungen nicht ausreichend erkund- und beschreibbar


Beschreibung bodenmechanischer Eigenschaften der Homogenbereiche:

Kennwert/Eigenschaft	Homogenbereich DIN 18300 (2015)			
	B1a	B1b	B2	B3
Korngrößenverteilung [-]	s. Diagr. 1d	s. Diagr. 1e	s. Diagr. 1f	mittels Rammkernsondierung/Rammsondierung nicht weiter erkund- und beschreibbar weiterführende Erkundung nur über ergänzende Rotationskernbohrungen möglich
Anteil an Steinen [M.-%]	geschätzt <20 ^{*)}	geschätzt <30 ^{*)}	geschätzt <20 ^{*)}	
Anteil an Blöcken [M.-%]	geschätzt <5 ^{*)}	geschätzt <5 ^{*)}	geschätzt <5 ^{*)}	
Anteil an großen Blöcken [M.-%]	voraussichtlich keine ^{*)}	voraussichtlich keine ^{*)}	voraussichtlich keine ^{*)}	
Dichte (feucht) [g/cm ³]	1,95 – 2,20	1,95 – 2,30	2,0 – 2,25	
undrainierte Scherfestigkeit c _u [kN/m ²]	20- 400	20 - 400	20 - 400	
Wassergehalt [M.-%]	14 - 30	10 - 30	14 - 26	
Konsistenz [-]	weich bis halbfest, selten bis breiig	weich bis halbfest, selten bis breiig	weich bis halbfest	
Konsistenzzahl [-]	>0,5, sehr vereinzelt <0,5	>0,5, sehr vereinzelt <0,5	>0,5	
Plastizität [-]	leicht- bis ausgeprägt plastisch	leicht- bis ausgeprägt plastisch, gemischtkörnig	mittel- bis ausgeprägt plastisch	
Plastizitätszahl [%]	10 - 40	10 - 40	15 - 40	
Lagerungsdichte [-]	--	dicht	--	
Organischer Anteil [M.-%]	<1	<1	<1	
Bodengruppe [-]	TA, TM, TL	TA, TM-TL und GU, GU* (Wechselagerung)	TA, TM	
(Ortsübliche) Bezeichnung	Verwitterungsboden			

Tab. 4b: Beschreibung der Homogenbereiche auf Grundlage von Erfahrungs- bzw. Literaturwerten

^{*)} geschätzt über den Homogenbereich, im Mittel, lokale Anreicherungen möglich. Mittels Rammkernsondierungen nicht ausreichend erkund- und beschreibbar



Voraussichtlicher Körnungsbereich^{*)} Homogenbereich A1:

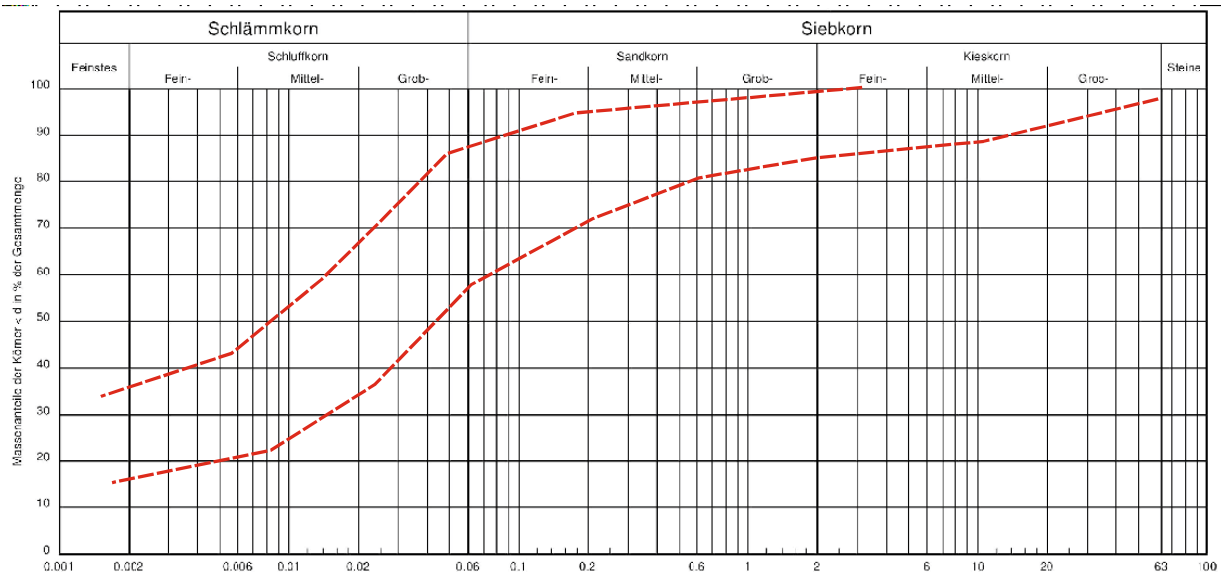


Diagramm 1a: Voraussichtlicher Körnungsbereich Homogenbereich A1

Voraussichtlicher Körnungsbereich Homogenbereich Q1:

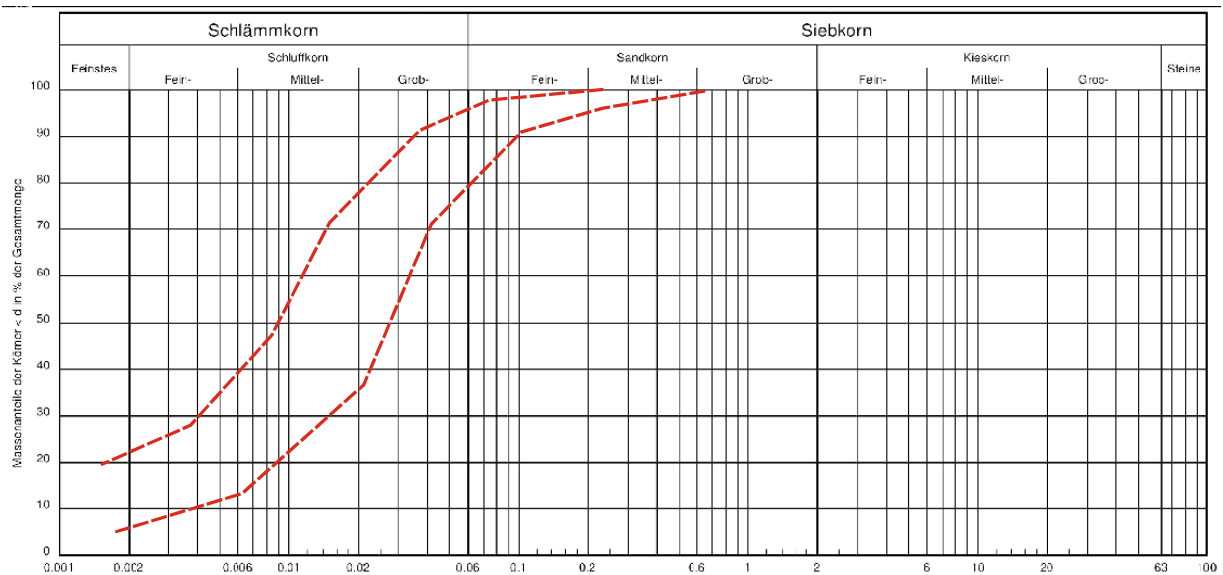


Diagramm 1b: Voraussichtlicher Körnungsbereich Homogenbereich Q1

^{*)} gemittelte Schätzung über den Homogenbereich, zur Orientierung, auch hinausgehende, lagenweise Anreicherung von Grobkorn möglich. Grobkornanteil (insbesondere Stein-/Blockanteil) mittels Sondierungen nicht ausreichend erkundbar.



Voraussichtlicher Körnungsbereich^{*)} Homogenbereich Q2:

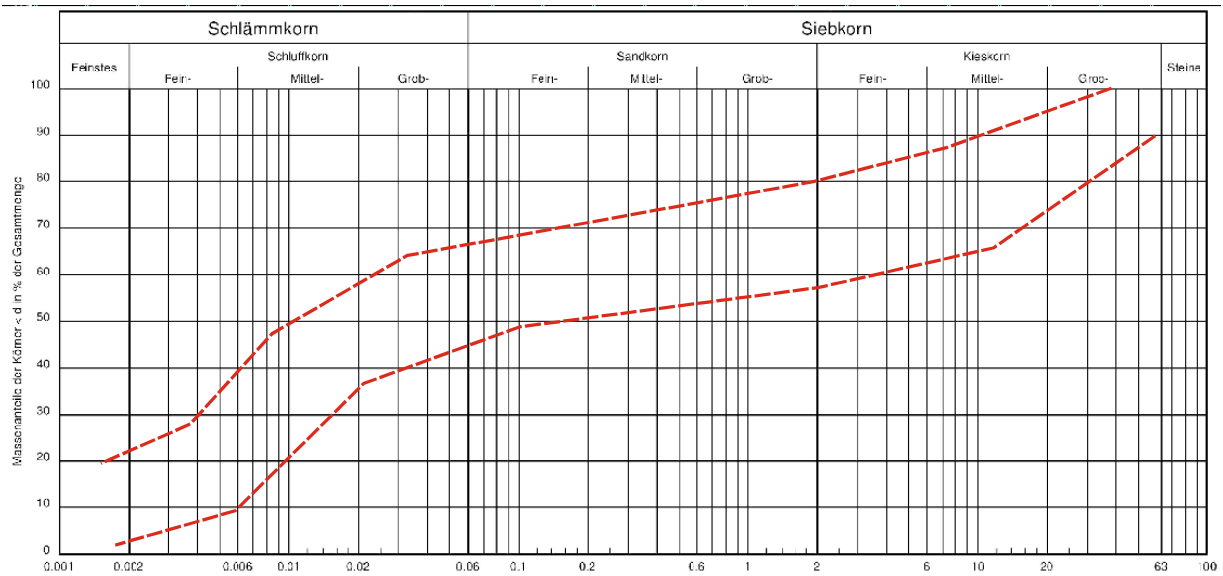


Diagramm 1c: Voraussichtlicher Körnungsbereich Homogenbereich Q2

Voraussichtlicher Körnungsbereich^{*)} Homogenbereich B1a:

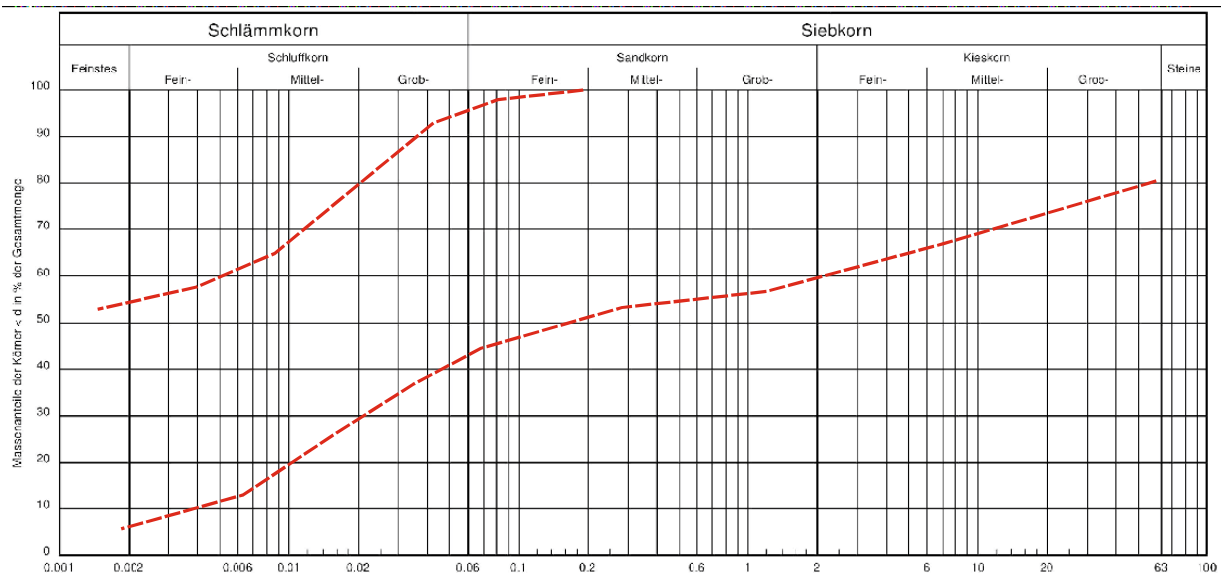


Diagramm 1d: Voraussichtlicher Körnungsbereich Homogenbereich B1a

^{*)} gemittelte Schätzung über den Homogenbereich, zur Orientierung, auch hinausgehende, lagenweise Anreicherung von Grobkorn möglich. Grobkornanteil (insbesondere Stein-/Blockanteil) mittels Sondierungen nicht ausreichend erkundbar.



Voraussichtlicher Körnungsbereich^{*)} Homogenbereich B1b:

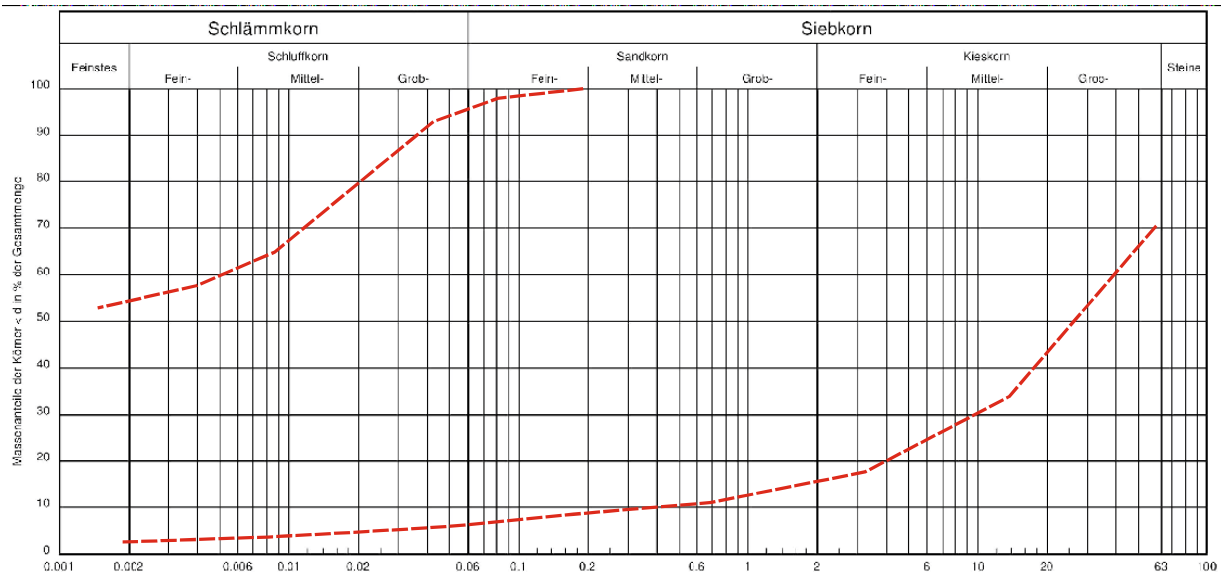


Diagramm 1e: Voraussichtlicher Körnungsbereich Homogenbereich B1b

Voraussichtlicher Körnungsbereich^{*)} Homogenbereich B2:

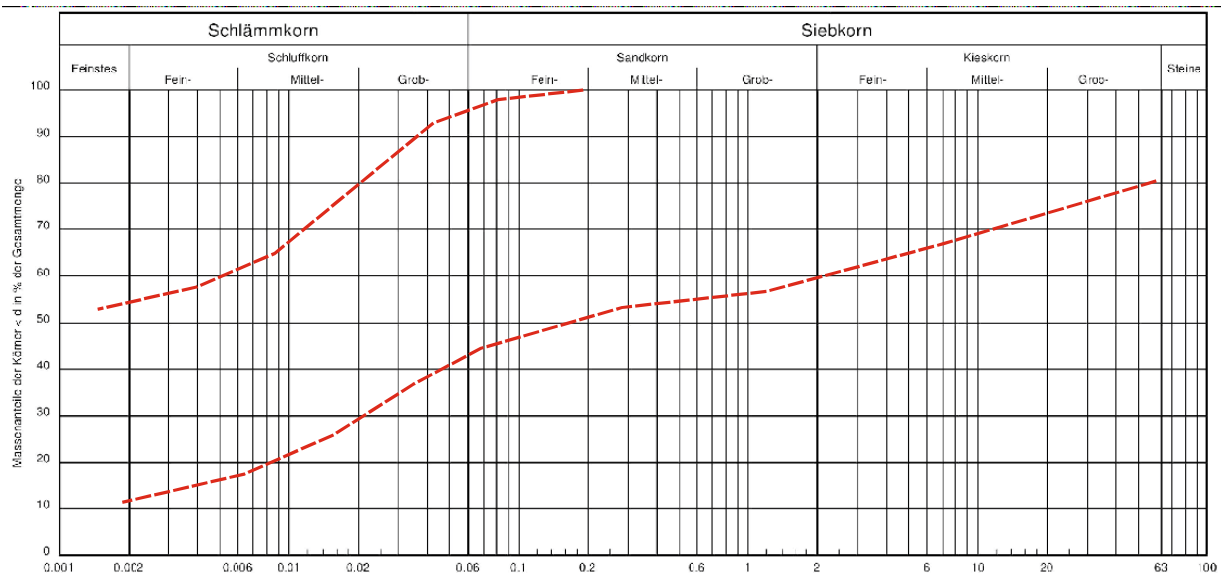


Diagramm 1f: Voraussichtlicher Körnungsbereich Homogenbereich B2

^{*)} gemittelte Schätzung über den Homogenbereich, zur Orientierung, auch hinausgehende, lagenweise Anreicherung von Grobkorn möglich. Grobkornanteil (insbesondere Stein-/Blockanteil) mittels Sondierungen nicht ausreichend erkundbar.



4.3 Frostempfindlichkeitsklassen

Die angetroffenen Böden der Bodengruppen TA und GU sind als gering bis mittel frostempfindlich einzustufen, die Böden der Bodengruppen TM, TL und GU* als sehr frostempfindlich. Für eine Frostsicherungsbemessung wären, aufgrund der inhomogenen Wechsellagerung, die Bodengruppen TM und TL und damit die Frostempfindlichkeitsklasse F3 maßgebend.

Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen		
Klasse	Frostempfindlichkeit	Bodengruppe (DIN 18 196)
F1	nicht frostempfindlich	GW, GI, GE, SW, SI, SE
F2	gering bis mittel frostempfindlich	TA, OT, OH, OK ST ¹⁾ , GT ¹⁾ , SU ¹⁾ , GU ¹⁾
F3	sehr frostempfindlich	TL, TM, UL, UM, UA, OU ST*, GT*, SU*, GU*

Tab. 5: Darstellung der Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 94

Anmerkung: ¹⁾ zu F1 gehören bei einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von <5,0 M.-% bei U =15,0 oder 15,0 M.-% bei U = 6,0.

Die Tatsache, dass es sich hierbei um frostempfindliche Böden handelt, muss besonders auch bei der Ausführung von Gründungsarbeiten bei kalter Witterung berücksichtigt werden. Anhaltender Bodenfrost im Gründungsbereich, vor allem während der Fundamentarbeiten, kann zu erhöhten bzw. unverträglichen Setzungen führen.

4.4 Verdichtbarkeit

Bestehen hinsichtlich eines Wiedereinbaus von Bodenaushub definierte Anforderungen an den Verdichtungsgrad (d.h. qualifizierter Wiedereinbau, z.B. zur Vermeidung von übermäßigen internen Konsolidierungssetzungen in Verfüllkörpern), sollte, um eine ausreichende Verdichtung zu ermöglichen, der Einbauwassergehalt von Bodenmaterial in etwa dem optimalen Wassergehalt (Proctorwassergehalt) entsprechen. Liegt beim Aushub bindiges Bodenmaterial bereits in geringen Konsistenzen vor (z.B. breiig, weich oder mäßig steif), oder wird das ausgehobene Bodenmaterial der Witterung ausgesetzt, kann dieses zwar noch für Auffüllungen ohne definierte Anforderungen an den Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeitseigenschaften verwendet werden, wird sich für eine qualifizierte Wiederverfüllung (definierter Verdichtungsgrad) jedoch als unbrauchbar darstellen und wäre



dann jeweils einer bodenverbessernden Maßnahme (z.B. Bindemittelzugabe) zu unterziehen bzw. durch geeignetes, einbaufähiges Material auszutauschen.

Anmerkung: *Mit mindestens steifen Konsistenzen bindiger Böden können im Zuge von Wiederverfüllungen Verdichtungsanforderungen von ca. 97 % der einfachen Proctordichte geschätzt erreicht werden bzw. kommen im Grenzbereich zum Liegen. Mäßig steife Böden können diese Anforderung bereits unterschreiten*

Wird ausgeprägt plastisches Aushubmaterial (TA) für Wiederverfüllmaßnahmen verwendet, ist zu berücksichtigen, dass der Aushub von Böden höherer Plastizität überwiegend schollig anfällt und somit vor dem Wiedereinfüllen möglichst vorzerkleinert werden sollte. Eine knetende Verdichtung mit lagenweisem Einbau bei geringeren Schütthöhen wäre zu bevorzugen.

Ist ein unmittelbarer Wiedereinbau von geeignetem bindigem Bodenaushub nicht möglich, so ist das für eine Wiederverfüllung vorgesehene Aushubmaterial vor Tagwasser zu schützen (im geringsten Fall Haldenlagerung mit Gefälle und glatter, leicht verdichteter Oberfläche → schneller Niederschlagswasserabfluss), um eine unnötige Verschlechterung durch erhöhte Wassergehalte beim Wiedereinbau auszuschließen.

Bindiges Bodenmaterial kann im Zuge eines eventuellen Wiedereinbaus, auch bei ausreichenden Verdichtungsgraden geringe Tragfähigkeitseigenschaften aufweisen (Konsistenzen können u.a. witterungsbedingten Schwankungen unterworfen sein). Je nach Anforderungen an die Tragfähigkeiten (E-Modul), z.B. unterhalb von befestigten Flächen, wären bei einem Wiedereinbau ggf. entsprechende Stabilisierungsmaßnahmen (Bodenverbesserung/Bodenaustausch) zur Geländeoberfläche hin einzuplanen.

Die vorliegenden bindigen Böden können auf Niederschlag und/oder dynamische Belastungen sensibel reagieren und damit ihre für den ungestörten Zustand geltenden bodenmechanischen Eigenschaften verlieren.



4.5 Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasser wurde innerhalb der nachfolgend aufgeführten Sondierpunkte als vertikal (horizontweise) begrenztes Schichtwasser angetroffen, welches meist gespannte Druckwasserverhältnisse aufweist. Die Wasserspiegel wurden am Erkundungstag, wie folgt gelotet:

- RKS 1: Wasserführender Horizont(e): ab ca. 3,5 m u. GOK
 Wasserstandsnotung: 11.08.21 / nach Sondierende: Anstieg auf 3,34 m u. GOK
- RKS 4: Wasserführender Horizont(e): ab ca. 3,0 m u. GOK
 Wasserstandsnotung: 11.08.21 / nach Sondierende: Abfall auf $\leq 4,2$ m u. GOK
 Anmerkung zu RKS 4: Das zunächst angetroffene, oberste Schichtenwasser versickerte in tiefere, deutlich durchlässigere, ebenfalls wasserführende Schichten, unterhalb von 4,20 m unter GOK (Sondierloch durch Wandungsinstabilitäten ab 4,2 m blockiert)
- RKS 8: Wasserführender Horizont(e): ab ca. 3,0 m u. GOK
 Wasserstandsnotung: 11.08.21 / nach Sondierende: Anstieg auf 2,04 m u. GOK
- RS 5: Wasserführender Horizont(e): (mittels Rammsondierung nicht näher lokalisierbar)
 Wasserstandsnotung: 11.08.21 / nach Sondierende: 2,20 m u. GOK
- RS 10: Wasserführender Horizont(e): (mittels Rammsondierung nicht näher lokalisierbar)
 Wasserstandsnotung: 11.08.21 / nach Sondierende: 2,65 m u. GOK

Witterungsbedingt können höhere Grundwasserspiegel, als derzeit erkundet nicht ausgeschlossen werden. Eine Grundwasserbeobachtung über einen längeren Zeitraum liegt nicht vor. Schichtwässer des Unteren Keupers können mitunter sehr kleinräumigen Wechsellagerungen unterworfen sein.

Das angetroffene Grundwasservorkommen stellt Schichtenwasser des Unteren Keupers bzw. Muschelkalks dar, welches sowohl in der horizontalen, als auch vertikalen Ausbreitung deutlichen Wechsellagerungen unterworfen sein kann. Die Wasserleitfähigkeit innerhalb einer potentiell wasserleitfähigen Schicht kann, abhängig vom Verwitterungsgrad und damit von der Kornzusammensetzung dieser Schicht im horizontalen Verlauf mitunter deutlich schwanken. Aufgrund einer ausgeprägten Wechsellagerung von Schichten kann der Untere Keuper voneinander unabhängige, nicht im hydraulischen Verbund stehende Schichtwasserstockwerke aufweisen.

Die in den Rammkernsondierungen angetroffenen feinkörnigen, mittelplastischen Verwitterungsböden (Bodengruppen TM) sind hinsichtlich ihrer Wasserleitfähigkeiten überwiegend als schwach bis sehr schwach durchlässig (k_f im geschätzten Größenordnungsbereich von ca. $\leq 10^{-7}$ m/s) einzustufen. Leicht plastische, feinkörnige Verwitterungsböden (Bodengruppen TL) werden hinsichtlich ihrer Wasserleitfähigkeiten einen überwiegend durchlässigen bis schwach durchlässigen Charakter aufweisen (k_f im



geschätzten Größenordnungsbereich von ca. $\leq 1 \times 10^{-5}$ m/s). Die Böden der Bodengruppe TA stellen im Regelfall ausgeprägte Wasserstauer dar ($k_f \leq 10^{-10}$ m/s). Horizonte aus gemischt- und grobkörnigen Böden der Bodengruppen GU* und GU werden im Regelfall durchlässige bis stark durchlässige, mitunter auch sehr stark durchlässige Eigenschaften besitzen (k_f im geschätzten Größenordnungsbereich von ca. $\geq 10^{-5}$ m/s) und sind dann meist wasserführend (siehe RKS 4 und RKS 8).

Zum einen bilden sich die angetroffenen Schichtenwässer oberhalb der wasserstauenden Böden der Bodengruppe TA aus. Zum anderen können horizontweise Einlagerungen von reliktschen Gesteinsbruchstücken, in Form von Beimengungen an Grobkornkomponenten (z.B. Kiesanreicherungen in bindigen Böden) bzw. Wechsellagerungen bindig-feinkörniger Böden mit Horizonten stark verwitterter/zerbrochener Ausgangsgesteine wasserleitfähige, durchlässige bis stark durchlässige Partien für die angetroffenen Schichtenwässer, innerhalb von ansonsten schwach bis sehr schwach durchlässigen Böden darstellen.

Die feinkörnigen Böden der, in Hanglagen, im Regelfall diskordant zur Schichtung verlaufenden Verwitterungs- bzw. Quartärböden dichten die Schichtwässer zum Hang hin ab. Im Falle einer Ausdünnung bzw. Abgrabung von Verwitterungs-/Quartärböden auf einem Hangniveau, welches etwa der Höhenlage wasserführender Schichten entspricht (Grund-/Schichtwasserspiegel bzw. Druckwasserspiegel schneidet in Verlängerung des Geländeniveau), können dauerhafte, quellenartige Wasseraustritte im Hang auftreten.

Verbleiben auf Aushubsohlen nur noch geringe Restmächtigkeiten oberhalb wasserführender Schichten, können gespannt vorliegende Schichtwasserverhältnisse zu einem hydraulischen Grundbruch auf Abtrags-/Aushubsohlen führen.

Erläuterung zur Größenordnung von Durchlässigkeitsbeiwerten:

unter 10^{-8} m/s:	sehr schwach durchlässig	<i>(vollständige Versickerung von Niederschlagswasser mit Versickerungsanlagen i.d.R. nicht mehr möglich)</i>
10^{-8} bis 10^{-6} m/s:	schwach durchlässig	
10^{-6} bis 10^{-4} m/s:	durchlässig	
10^{-4} bis 10^{-2} m/s:	stark durchlässig	
über 10^{-2} m/s:	sehr stark durchlässig	



Oberflächennahe Durchlässigkeitseigenschaften:

Ein Versickerungsversuch zur Ermittlung der Versickerungseigenschaften wurde in Verbindung mit dem Erkundungspunkt RKS 14 durchgeführt. Nach zunehmender Versuchsdauer stellte sich eine nahezu konstante Versickerung ein, welche als teilgesättigte Durchlässigkeit k_u zu betrachten ist und von der ausgegangen werden kann, dass sie in einem überschaubaren Versuchs-Zeitrahmen keine grundlegenden Veränderungen mehr erfährt.

Die Durchlässigkeit der oberflächennahen Bodenschichten im Untersuchungspunkt wurde, wie nachfolgend zusammengefasst, bestimmt.

Beschreibung des Bodens	Tiefe der Muldensohle [m u. GOK]	Durchlässigkeits- beiwert (ungesättigt) k_u [m/s]	Durchlässigkeits- beiwert (gesättigt) Korrekturfaktor 0,5 *) k [m/s]
Schluff, feinsandig, schwach tonig bis tonig (Löß)	0,46	$7,7 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$

Tab 6: Durchlässigkeitsbestimmung anhand einer Sickermulde (Feldversuch)

*) Der bei den Berechnungen verwendete Korrekturfaktor 0,5, welcher einem Sättigungsgrad von 85% entspricht, beruht u.a. auf einem Vorschlag der Arbeitsgruppe ATV im Arbeitsblatt A 138 (Januar 1990) "Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser"

Die, ab 2,6 m u. GOK die Umlagerungs-/Abschwemmböden unterlagernden lößführenden Abschwemmmassen der Bodengruppe TL-TM werden voraussichtlich vergleichbare Durchlässigkeitseigenschaften aufweisen.

Durch die Porosität innerhalb des Korngerüsts, vermögen die bis 3,0 m u. GOK erkundeten quartären Umlagerungsböden aus Löß bzw. lößführenden Abschwemmmassen, versickerndes Wasser aufzunehmen und als temporäre Bodenfeuchte zu speichern und gedrosselt abzuleiten. Die Basis der hier rinnenförmig anzunehmenden Ausbildung quartärer Ablagerungen, bilden wasserstauende Verwitterungsböden des Muschelkalks, wobei das Gefälle der Rinnensohle in Richtung der Sall anzunehmen ist. Sobald der entsprechende Sickerwasserhorizont die im weiteren Untergrund vorliegenden, wasserstauenden Verwitterungsböden des Muschelkalks erreicht, wird sich Sickerwasser als ein räumlich und zeitlich veränderlicher Staunässebereich ausbilden. Die Ableitung diese Staunässe wird dann insbesondere in annähernd horizontaler Richtung, entsprechend des anzunehmenden Rinnengefälles, allmählich in Richtung der Sall, als sich dann ausbildendes Schichtenwasser erfolgen.



Betonaggressivität von Grundwasser - Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch Grundwasser:

Für Grundwasseranalysen hinsichtlich einer Bewertung der Betonaggressivität von Grundwasser nach DIN 4030-1 wurde im Bohrpunkt RKS 1 eine Wasserprobe, als Schöpfprobe entnommen.

Parameter	Einheit	Analysenwert	Expositionsklassen		
			XA1	XA2	XA3
Geruch	-	unauffällig	-	-	-
Färbung	-	sehr trüb (entnahmebedingt)	-	-	-
Permanganatindex	mg/l O ₂	0,66	-	-	-
Carbonathärte	mg/l CaO	160	-	-	-
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	40	-	-	-
Gesamthärte	mg/l CaO	200	-	-	-
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l	46	-	-	-
Sulfid	mg/l	<0,02	-	-	-
pH-Wert	-	7,1	≤6,5 und ≥5,5	<5,5 und ≥4,5	<4,5 und ≥4,0
angreifende Kohlensäure (CO ₂)	mg/l CO ₂	<0,5	≥15 und ≤40	>40 und ≤100	>100 bis Sättigung
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	<0,02	≥15 und ≤30	>30 und ≤60	>60 und ≤100
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/l	42	≥200 und ≤600	>600 und ≤3000	>3000 und ≤6000
Magnesium (Mg ²⁺)	mg/l	26	≥300 und ≤1000	>1000 und ≤3000	>3000 bis Sättigung
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l	100	-	-	-

Tab. 7: Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff durch Grundwasser

Die Grundwasseranalysewerte liegen unterhalb der Grenzwerte für die Expositionsklassen XA1 bis XA3.

Innerhalb potentiell sulfatführender Schichten des Unteren Keupers bzw. Oberen Muschelkalks, wäre auch beim Unterschreiten der Grenzwerte für die Expositionsklassen XA1 bis XA3 in den Grundwasseranalysen, die Verwendung von sulfatbeständigem Zement in Betonbauwerkteilen oder Gründungselementen anzuraten. Dies insbesondere auch, da an nicht dauerhaft, vollständig wasserüberdeckten, einzelnen bzw. zusammenhängenden Betonteilen mitunter ein kapillares Saugen und damit eine allmähliche Anreicherung von Sulfaten stattfinden kann.



5. Erdbebenzonen

Bezüglich der Zuordnung von Orten zu Erdbebenzonen der DIN 4149 (Fassung 2005-04) bzw. des nationalen Anhangs zum Eurocode 8, Teil 1 (DIN EN 1998-1/NA:2011-01) unter Zugrundelegung der Koordinaten der Ortsmitte gehört Kirchensall zu keiner Erdbebenzone.

6. Wasserhaltung/Bauwerksabdichtungen

Aus der Situation heraus, dass bei den Sondierarbeiten lotbare Grund-/Schichtwasserspiegel angetroffen wurden, sowie potentielle, temporäre (witterungsbedingte) Schicht-/Stauwasserspiegel, insbesondere an der Grenze des Quartärs zu den Verwitterungsböden auftreten können, sind bei Aufgrabungen innerhalb der entsprechenden Tiefenlagen, während der Bauphase entsprechenden Wasserhaltungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Gründungssohlen bzw. ein Erdplanum sollte während der Bauausführung vor Niederschlagswasser geschützt werden, um eine Verschlechterung des Baugrundes auszuschließen. Ein diesbezüglicher ungehinderter Wasserabfluss ist daher dauerhaft zu gewährleisten. Dies kann nach Möglichkeit durch das Herstellen eines glatten Rohplanums bzw. einer glatten Gründungssohle mit geringem Gefälle und ggf. einem dazu geschalteten Pumpensumpf durchgeführt werden. Bei dem vorhandenen witterungsempfindlichen Schichtenaufbau muss bedacht werden, dass infolge eines vermehrten Anfalls von Wasser (z.B. durch Niederschlag), welches sich innerhalb einer Baugrube bzw. eines Planums sammelt bzw. zur Versickerung gelangt, die Baugrundgüte verschlechtert wird. Eine zügige Versiegelung bzw. Überbauung ist daher anzustreben.

Bauwerksabdichtungen:

Ein Schicht-/Grundwasserspiegel wurde am Erkundungstag, innerhalb der Sondiertiefen gemäß der Beschreibung in Kapitel 4.5 angetroffen und ist mitunter witterungsbedingten Schwankungen unterworfen.

Eine Festlegung des Bemessungswasserstandes ist derzeit nicht eindeutig möglich. Dieser ist abhängig von der Tiefe von Aufgrabungen und der Lage im Gelände.

Sollte im Falle von Auf-/Abgrabungen die Funktion der dichtenden Schichten oberhalb von gespannt schichtwasserführender Schichten dauerhaft erhalten bleiben, wäre im Regelfall die Unterkante der dichtenden Schicht für die Festlegung des Bemessungswasserstandes maßgebend. Sollten druckwasserführende Schichten angeschnitten werden, oder die Gefahr von hydraulischen Leckagen bzw. hydraulischen Grundbrüchen infolge einer Reduzierung der Mächtigkeit dichtender Schichten bestehen, wäre der Druckwasserspiegel mit einer Sicherheit



von i.d.R. +1,0 bis +1,5 m zu beaufschlagen und kann, je nach Betrachtungsort, bisweilen auch bis zur Geländeoberkante reichen.

Für den vorliegenden Baugrund sind oberhalb eines Bemessungswasserspiegels, gemäß DIN 18533-1 hinsichtlich der vorliegenden Durchlässigkeitseigenschaften (wenig wasserdurchlässiger Baugrund, $k \leq 10^{-4}$ m/s) erdberührten Wänden und Bodenplatten mit Drainung¹⁾ die **Wassereinwirkungsklasse W1.2-E** (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Drainung) zuzuordnen.

¹⁾ *Stauwasser muss hierbei durch eine auf Dauer funktionsfähige Drainung nach DIN 4095 zuverlässig vermieden werden. Eine sachgerechte Drainung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten vor den zu schützenden Bauteilen, funktionsfähige, fluchtgerecht verlegte formstabile Dränleitungen, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut. Die unterste Abdichtungsebene muss mindestens 50 cm oberhalb eines Bemessungswasserstands liegen.*

Werden Bauwerksabdichtungsmaßnahmen oberhalb eines Bemessungswasserspiegels ohne Drainung durchgeführt, ist potentiell Stauwasser bis GOK anzusetzen²⁾. Liegt dabei die unterste Abdichtungsebene bis zu 3 m unter Geländeoberkante, ist erdberührten Wänden und Bodenplatten die **Wassereinwirkungsklasse W2.1-E, Situation 1** (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser) zuzuordnen.

²⁾ *Die Höhe und Dauer der Stauwassereinwirkung sind von der Durchlässigkeit des Baugrunds und der Menge des in den verfüllten Arbeitsraum eindringenden Sicker- und Schichtenwassers abhängig. Da beide Einflussgrößen in der Regel nicht genau quantifizierbar sind, wird bei der Planung und Ermittlung des Bemessungswasserstandes bei nicht gedräntem Oberflächen- und Sickerwasser und bei Schichtenwasser die Stauwassereinwirkung bis OK Gelände angesetzt.*

Liegt die unterste Abdichtungsebene bis zu 3 m unter dem Bemessungswasserstand wäre erdberührten Wänden und Bodenplatten ebenfalls die **Wassereinwirkungsklasse W2.1-E, Situation 2** (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser) zuzuordnen



7. Baugruben und Böschungen

Nach DIN 4124, Baugruben und Gräben, dürfen nicht verbaute Baugruben und Gräben bis 1,25 m Tiefe senkrecht hergestellt werden, insoweit die anschließende Geländeoberfläche bei:

- nichtbindigen²⁾ und weichen bindigen Böden³⁾ nicht steiler als 1 : 10 und bei
- mindesten steifen bindigen Böden³⁾ nicht steiler als 1 : 2

geneigt ist und die erforderlichen Abstände von Fahrzeugen und Baugeräten zur Böschungskante eingehalten werden, keine ungünstige Gegebenheit und kein ungünstiger Einfluss vorliegt, sowie vorhandene Gebäude, Leitungen, andere bauliche Anlagen oder Verkehrsflächen nicht gefährdet werden.

Ein Herstellen bis 1,75 m Tiefe (senkrecht) in mindestens steifen bindigen Böden³⁾ kann erfolgen, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich unter einem Mindestwinkel von $\beta = 45^\circ$ abgeböschert oder gesichert wird und die Geländeoberfläche nicht steiler als 1 : 10 ansteigt, die erforderlichen Abstände zur Böschungskante eingehalten werden, keine ungünstige Gegebenheit und kein ungünstiger Einfluss vorliegt, sowie vorhandene Gebäude, Leitungen, andere bauliche Anlagen oder Verkehrsflächen nicht gefährdet werden.

Sollen Baugruben tiefer als 1,25 m bzw. 1,75 m erstellt werden, muss dies mit abgeböscherten Wänden erfolgen, wobei sich die Neigung unabhängig von der Lösbarkeit des Bodens nach dessen bodenmechanischen Eigenschaften ergibt. Der Zeitraum und die äußeren Einflüsse während der offenen Haltungen sind zu berücksichtigen.

Hierbei dürfen bei Böschungshöhen unter 5 Metern die Böschungswinkel ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit folgende Winkel betragen:

- bei nichtbindigen²⁾ oder weichen bindigen Böden³⁾: $\beta = 45^\circ$
- bei mindestens steifen bindigen Böden³⁾: $\beta = 60^\circ$
- bei Fels: $\beta = 80^\circ$

An den Rändern von Baugruben und Gräben, die betreten werden müssen, sind mindestens 0,6 m breite, möglichst waagrechte Schutzstreifen anzuordnen und von Aushubmaterial, Hindernissen und nicht benötigten Gegenständen freizuhalten. Bei Gräben bis zu einer Tiefe von 0,8 m kann auf einer Seite auf den Schutzstreifen verzichtet werden.

Im Bereich benachbarter baulicher Anlagen wäre ein Aushub unter Beachtung von DIN 4123 vorzunehmen. Sofern die Festlegungen der DIN 4123 nicht zutreffen, sind ggf. andere Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

Unter besonderen, die Standsicherheit beeinflussenden Faktoren sind geringere Wandhöhen bzw. geringere Wandneigungen als o.g. vorzunehmen bzw. Gräben entsprechend zu sichern.



Als derartige Faktoren sind insbesondere hier die vorliegenden Schichtenwässer mit den entsprechenden potentiellen Vernässungs- und Aufweichungsbereichen (breiige Konsistenzen) zu betrachten.

Sollten die in der DIN 4124 genannten und hier auszugsweise wiedergegebenen Faktoren nicht erfüllt sein, ist ein Standsicherheitsnachweis nach DIN EN 1997-1, DIN 1054 bzw. DIN 4084 zu erbringen. Die Standsicherheit nicht verbauter Baugrubenböschungen ist ebenfalls nachzuweisen, falls eine Böschung mehr als 5 m hoch ist oder vorhandene Leitungen, Gebäude oder benachbarte bauliche Anlagen durch Aushubmaßnahmen gefährdet werden können.

Die oben gemachten Angaben beziehen sich nicht auf dauerhaft angelegte Böschungen oder Gruben, deren Standzeiten über die übliche Bauzeit hinausreichen.

Anmerkung:

- 2) Nach DIN 1054, Ausgabe 2010, Abschnitt A 3.1.2, ist ein Boden nichtbindig, wenn der Gewichtsanteil der Bestandteile mit Körnern unter 0,063 mm 5 M.-% nicht übersteigt (Bodengruppen GE, GW, GI, SE, SW und SI nach DIN 18196).

Gemischtkörnige Böden der Bodengruppen GU, GT, SU und ST sowie im Einzelfall auch GU*, GT*, SU* und ST*, werden den nichtbindigen Böden zugeordnet, wenn der Feinkorn-Massenanteil das Verhalten des Bodens nicht bestimmt (z.B. wegen fehlender Plastizität)

- 3) Die Überprüfung der Konsistenz stellt sich im Feldversuch wie folgt dar:
- a) weich ist ein Boden, der sich leicht kneten lässt
 - b) steif ist ein Boden, der sich schwer kneten, aber in der Hand zu 3mm dicken Walzen ausrollen lässt, ohne zu reißen oder zu zerbröckeln



8. Straßen-/Kanalbau

8.1. Verkehrsflächen

Aus den ermittelten Daten geht hervor, dass sowohl sehr frost- als auch sehr wasserempfindliche feinkörnige, bindige Böden vorliegen. Somit sind die Witterungsverhältnisse jeder Zeit zu berücksichtigen. Für sämtliche Erd- und Verfüllmaßnahmen müssen die Empfehlungen und Vorgaben der aktuell gültigen ZTV E-StB / ETV-StB-BW bzw. ZTV A-StB beachtet werden.

Die nach den Technischen Vertragsbedingungen (ZTV E-StB / ETV-StB-BW, ZTV A-StB) geltenden Anforderungen an den Einbau müssen durch die Eigen- und Fremdüberwachung entsprechend nachgewiesen und dokumentiert werden. Insbesondere in Verbindung mit möglichen Schichtwasserzutritten verweisen wir, neben dem erforderlichen Verdichtungsgrad, auch auf den hinsichtlich dieser Grundlagen für bindige, nicht qualifiziert verbesserte oder verfestigte Böden empfohlenen maximalen Luftporengehalt von 8 Vol.-% im verdichteten Bodenmaterial. Diese erhöhte Anforderung an den maximalen Luftporengehalt mit 8 Vol.-% ist in der Leistungsbeschreibung festzulegen (ohne eine entsprechende Festlegung wären nur 12 Vol.-% bindend).

Als E_{v2} -Modul ist im Zuge der Planung auf dem Erdplanum mindestens ein Wert von 45 MN/m² anzusetzen. Im vorliegenden Fall ist davon auszugehen, dass dieser Wert auf feinkörnigen bindigen Böden des Untergrundes nicht bzw. nicht durchgängig sichergestellt ist. Zudem können je nach Witterungsverhältnissen im Vorfeld und während der Bauphase die vorliegenden Böden deutlichen Schwankungen hinsichtlich ihrer Tragfähigkeitseigenschaften unterworfen sein. Eine bodenverbessernde Maßnahme sollte daher in jedem Fall in die weitere Planung mit einbezogen werden. Aus wirtschaftlicher Sicht, technischer Machbarkeit sowie in Abhängigkeit von den Wasserverhältnissen (Konsistenzen der Böden) können nachfolgende Möglichkeiten miteinander abgewogen werden. Diese könnten bei Bedarf auch in Kombination bzw. im gegenseitigen Wechsel angewendet werden.

- Verbesserung der Planumsschicht mittels Bindemittelzugabe
- mechanische Bodenverbesserung durch Einarbeitung von enggestuften groben Körnungen
- Bodenaustausch im Bereich des Erdplanums (z.B. durch kornabgestuftes Mineralstoffgemisch) in Abhängigkeit von den gegebenen Tragfähigkeitseigenschaften (E_{v2} -Modul) des Erdplanums. *)

*) Die Dimensionierung und Einsatzmöglichkeit dieser Maßnahme ist abhängig von den angetroffenen Tragfähigkeitseigenschaften auf dem Erdplanum, welche nach dem Bodenabtrag (zu Beginn der Baumaßnahme) zu ermitteln wären. Hieraus würde bei vorgegebener Höhe des Erdplanums ein Mehrabtrag und somit eine Erhöhung der Abtragmassen resultieren.

Leicht plastische Böden wären gemäß den ETV-StB-BW, hinsichtlich einer Reduzierung der

Wasserempfindlichkeit grundsätzlich mit Bindemittel zu verbessern.

Im Schicht-/Grundwassereinflussbereich ist eine Bodenverbesserung mittels Bindemittel im Regelfall nicht möglich. Sollte ein Einfluss von Grund-/Schichtenwasser (z.B. direkt oder als offener Kapillarwassersaum) im Bereich einer erforderlichen Bodenverbesserung vorliegen wäre hier die Anwendung alternativer Methoden erforderlich.

Die erforderliche Mächtigkeit einer bodenverbessernden Maßnahme (Austauschmächtigkeit bzw. Einfrästiefe) richtet sich nach den tatsächlich angetroffenen Tragfähigkeitseigenschaften der Böden und sollte zu Beginn der Maßnahme durch einen entsprechenden Testeinbau („Testfeld“) ermittelt werden.

Der ungebundene Oberbau (Schottertragschicht/Frostschutzschicht) wäre in Hinblick auf die mitunter sehr frostempfindlichen Böden sowohl hinsichtlich einer erforderlichen Tragfähigkeit, als auch hinsichtlich einer erforderlichen Frostsicherung (siehe RStO) zu bemessen. Die sich aus den beiden Bemessungsfällen ergebende größere Mächtigkeit der Frostschutzschicht/Tragschicht ist hierbei maßgebend. Ausgehend von einem (verbesserten) Erdplanum mit einem E_{V2} -Modul von 45 MN/m^2 können auf einer darüber liegenden Schottertragschicht/Frostschutzschicht, in Abhängigkeit von deren Einbaumächtigkeit die erreichbaren E_{V2} -Werte wie folgt abgeschätzt werden (Richtwert für Körnung 0/45, ein entsprechender Sicherheitszuschlag wäre zu berücksichtigen):

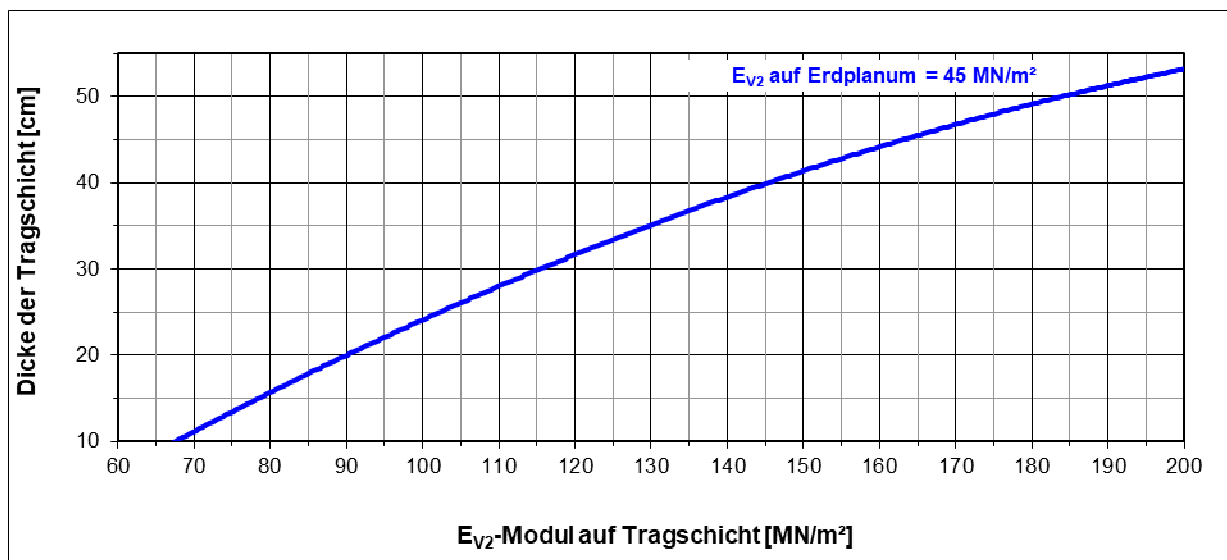


Diagramm 2: Richtwert für die Abhängigkeit des E_{V2} -Modul zur Einbaustärke einer Tragschicht auf einem Erdplanum mit $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$

Sollten mit einer frostsicheren Einbaustärke der Schottertragschicht die erforderlichen Tragfähigkeitseigenschaften (auf OK Tragschicht) nicht erzielbar sein, muss entweder die Einbaudicke der Schottertragschicht entsprechend angepasst, oder die Tragfähigkeitsanforderung an das Erdplanum erhöht werden.

Bemerkungen zur Bodenverbesserung des Planums (als Auflager für Frostschutz-/Schottertragschichten) unter Verkehrsflächen mittels Bindemittelzugabe:

Für die Wahl des geeigneten Bindemittels kann folgende Betrachtung herangezogen werden:

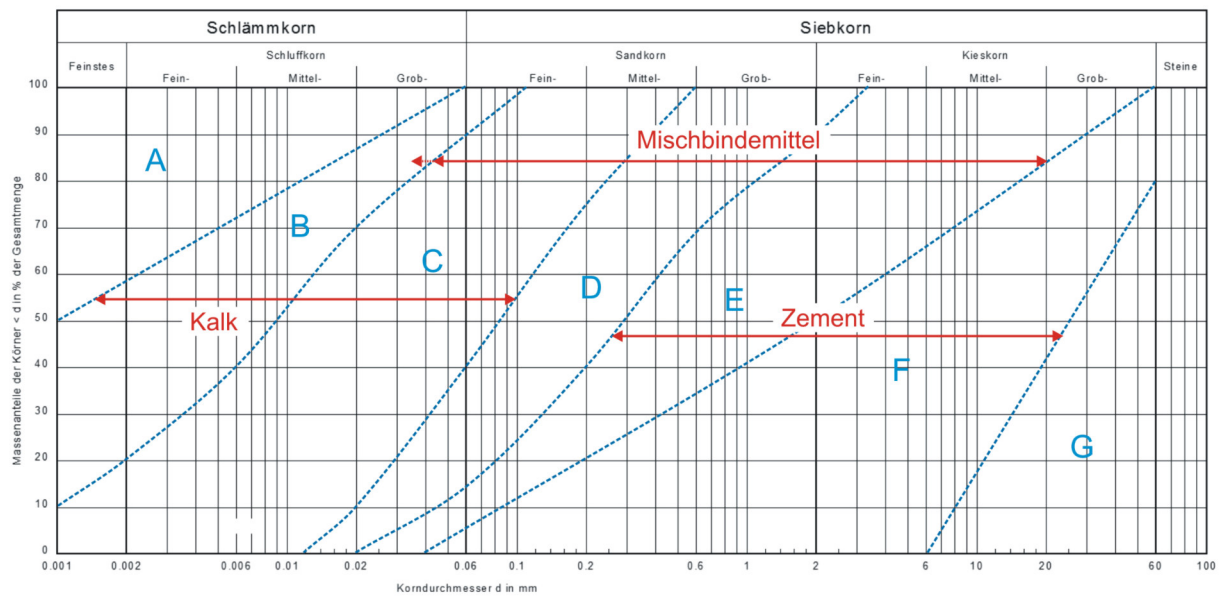


Abb. 1: Eignung von Bindemitteln, in Abhängigkeit von der Bodenart

Bereich A: ungeeignet für Bindemittelstabilisierung, nicht ausreichend zerkleinerbar

Bereich B: i.d.R. Kalk; bedingt Mischbindemittel mit höherem Kalkanteil (ca. 70 Kalk / 30 Zement), jedoch nur falls der Boden mit dem gewählten Einfräsverfahren ausreichend zerkleinerbar

Bereich C: Kalk und Mischbindemittel mit höherem bis mittlerem Kalkanteil (ca. 70 Kalk / 30 Zement bis 50/50)

Bereich D: Mischbindemittel mit mittlerem bis höherem Zementanteil (ca. 50/50 bis 30 Kalk / 70 Zement)

Bereich E: Mischbindemittel mit höherem Zementanteil (ca. 30 Kalk / 70 Zement) und Zement

Bereich F: Zement

Bereich G: ungeeignet für Bindemittelstabilisierung, zu grobes Korngefüge

Für die Wahl des Bindemittels würden sich die bodenmechanischen Eigenschaften der erkundeten bindigen Böden der Homogenbereiche Q1, Q2, B1a und B2 im Bereich B bis C der Abb. 1 widerspiegeln. Die Eigenschaften von Böden des Homogenbereiches B1b werden im Aushubgemenge und bei einer entsprechenden Durchmischung der Wechsellagerung bindiger mit schwach bindiger Schichten im Bereich C bis D der Abb. 1 zu finden sein.

Hinsichtlich der Erhöhung der Tragfähigkeitseigenschaften, sowie der Reduzierung der Witterungsempfindlichkeit könnte für die Verbesserung von Erdplanien unter Verkehrsflächen (Auflager für Frostschutz-/Schottertragschichten) alternativ zu Weissfeinkalk ggf. ein Mischbindemittel mit höherem Kalkanteil und hydraulisch abbindender Komponente (z.B. 70 Kalk / 30 Zement) angedacht werden.

Die dargestellte Eignung des Bindemittels stellt eine Regelfallbetrachtung dar. Die tatsächliche Eignung eines Bindemittels muss durch entsprechende bodenartsspezifische Eignungsprüfungen gemäß ZTV E-StB 17 / TP BF-StB Teil 11.3 nachgewiesen werden.



Die jeweiligen, bindemittelspezifisch erforderlichen bzw. maximal zulässigen Zeitspannen zwischen Einbringung des Bindemittels und Verdichtung des Boden-Bindemittelgemisches sind einzuhalten.

Aufgrund derzeit punktueller Erkundungen (mögliche wechselnde Gegebenheiten im Untergrund bzw. in der Kornzusammensetzung), potentiellen witterungsbedingten Wechseln von Wassergehaltsverhältnissen und auch in Hinblick auf das verwendete Bindemittel ist für spätere Verbesserungen von Erdplanien noch keine exakte, flächenbezogene Angabe von Werten für Bindemittelzugaben möglich.

Als kalkulatorische Grundlage sollte für die oberflächennah, im Erdplanumsbereich überwiegend mindestens steif zu erwartenden Böden vorab eine geschätzte mittlere Bindemittelzugabemenge von ca. 15 bis 20 kg Bindemittel je Kubikmeter Bodenmaterial (im Fall von Weissfeinkalk) angesetzt werden. Für Mischbindemittel mit höherem Kalkanteil (z.B. 70 Kalk / 30 Zement) wären etwas höhere Zugabemengen erforderlich. Die geschätzte mittlere Bindemittelzugabemenge würde hierfür ca. 20 - 25 kg Bindemittel je Kubikmeter Bodenmaterial betragen. Die Betrachtung dieser Bindemittelmengen bezieht sich auf die Verbesserung oberflächennaher Bodenschichten (Erdplanum) in mindestens steifen Konsistenzen. Sollten im Falle von Geländeanschnitten weiche oder geringer als weiche Horizonte angetroffen werden, kann sich die erforderliche Zugabemenge an Bindemittel deutlich erhöhen.

Die Angaben ersetzen keine Eignungsprüfung gemäß den entsprechenden Regelwerken. Die voraussichtlichen Bindemittelzugabemengen beziehen sich auf die Verwendung von Weissfeinkalk oder in ihren wassergehaltsreduzierenden Eigenschaften vergleichbaren Bindemittel, sowie Mischbindemittel mit höherem Kalkanteil (z.B. 70 Kalk / 30 Zement). Im Falle von hiervon abweichenden Bindemitteln/Bindemittelgemischen müssen ggf. höhere Zugabemengen angesetzt werden. Zur genauen Festlegung der Bindemittelmenge empfehlen wir die Durchführung entsprechender bodenartspezifischer Eignungsprüfungen nach ZTV E-StB 17 und TP BF-StB Teil 11.3. zu Beginn der Baumaßnahme.

Da die Werte für die Bindemittelzugabe mit der Abtragstiefe und den Witterungsverhältnissen schwanken können, müssen diese zeitnah im Vorfeld einer Bindemittelzugabe anhand der vorliegenden Wassergehalte nochmals genauer spezifiziert werden. Zudem ist im Zuge der Bauausführung auf entsprechende auffällige Wechsel zu achten. Es empfehlen sich regelmäßige Stichproben des Bodenmaterials hinsichtlich des Wassergehaltes. Die Witterungssituation ist jederzeit zu berücksichtigen.

Nach dem Verdichten von verbessertem Bodenmaterial ist insbesondere zu berücksichtigen, dass vor einem ausreichenden Abbinden des Bindemittels ein übermäßiger, insbesondere spurfahrender Baustellenverkehr, bzw. eine zu früh oder über das nötige Maß hinaus durchgeführte Verdichtung einer darüber liegenden Schottertragschicht zu einer erneuten



Herabsetzung der Tragfähigkeiten führen kann.

Innerhalb der Sondierpunkte wurden bislang keine optisch erkennbaren Gips-/Anhydritanteile angetroffen. Abweichend vom derzeitigen Geländebefund können lokale Sulfatanteile jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Im Zuge einer bodenverbessernden Maßnahme mittels Bindemittelzugabe wäre Verwitterungsboden des Keupers regelmäßig auf potentielle Sulfatgehalte zu prüfen.

Eine Bodenverbesserung mittels Zugabe konventioneller Bindemittel würde i.d.R. bei entsprechend erhöht vorliegenden Sulfatgehalten im Boden ausscheiden, bzw. wäre nur mit einem entsprechenden Eignungsnachweis möglich, da die Reaktion von Bindemittel mit Sulfat Quellhebungen hervorrufen kann (→ Ettringit- bzw. Thaumasitbildung unter Volumenzunahme).

Bemerkungen zum Bodenaustausch:

Hinsichtlich der Witterungsempfindlichkeit (Niederschlag), sowie des Einflusses auf die Tragfähigkeitseigenschaften sollte hier ein Feinteilgehalt (<0,063 mm) von <10 M.-% eingehalten werden. Auf den Wassergehalt des für einen Einbau vorgesehenen Material ist auch hier zu achten (Proctorwassergehalt). Das Größtkorn des Austauschmaterials darf maximal das 0,4-fache der Austauschmächtigkeit betragen.

Für die wirtschaftliche Beurteilung können im Regelfall nachfolgende Anhaltswerte dienen:

Anhaltswert für die Mindestdicke der Austauschmaßnahme mittels gebrochenen kornabgestuftem Gemischen GW bis GU (am Beispiel einer Körnung 0/45) <u>zusätzlich</u> zum vorgesehenen Aufbau der Frostschutz-/Schottertragschicht	
E_{v2}-Modul auf Austauschsohle	E_{v2}-Modul von 45 MN/m² auf Austausch zu erwarten ab einer Austauschmächtigkeit von - <u>zusätzlich</u> -
10 MN/m ²	45 - 50 cm
20 MN/m ²	25 - 30 cm
30 MN/m ²	15 - 20 cm

Tab. 8: Anhaltswerte für die Dicke der Austauschmaßnahme, in Abhängigkeit von den Tragfähigkeitseigenschaften auf dem Erdplanum.

Unterliegt das verwendete kornabgestufte Material keiner Güteüberwachung, ist keine fest definierte Zusammensetzung an den Einzelkornfraktionen gegeben. Bedingt durch Materialschwankungen können die genannten Richtwerte Schwankungen unterworfen sein. Ein Wert für die Austauschmächtigkeit wäre durch repräsentative Prüfflächen zu Beginn der Austauschmaßnahme zu ermitteln und je nach Zusammensetzung und Zustand des angelieferten Materials bzw. der Austauschsohle gegebenenfalls anzupassen. Als kalkulatorische Grundlage kann für mindestens steife Konsistenzen vorab eine geschätzte



Austauschmächtigkeit im Bereich von ca. 20 bis 35 cm angesetzt werden, sofern keine Verschlechterung (witterungsbedingt und/oder durch Befahrung) von offenliegenden Erdplanien erfolgt. Sollten weiche Bodenschichten auf Höhe einer Austauschsohle angeschnitten werden, kann sich diese erforderliche Austauschmächtigkeit auch erhöhen.

Erhöhte Wassergehalte und/oder höhere Feinteilgehalte im Austauschmaterial wirken sich deutlich negativ auf die Tragfähigkeits- und Verdichtbarkeitseigenschaften aus. Aufgrund eines deutlich erhöhten Wassergehaltes, in Verbindung mit höheren Feinteilgehalten kann das Austauschmaterial unbrauchbar werden.

Speziell bei der Durchführung von Austauschmaßnahmen in bindigem Baugrund ist zu beachten, dass ein ungehinderter Wasserabfluss auf der Austauschsohle gewährleistet ist. Dieser muss sowohl hinsichtlich eines Wassereintrags auf die Austauschsohle, als auch hinsichtlich Wasseransammlungen im eingebauten Austauschmaterial gegeben sein. Dies kann durch das Herstellen einer glatten, leicht geneigten Austauschsohlfläche auf dem vorliegenden bindigen Boden erfolgen. Ist im Zuge der Austauschmaßnahmen eine „wannenartige“ Ausbildung der Austauschsohle nicht zu vermeiden, müssen zusätzliche Vorkehrungen getroffen werden, um anfallendes Wasser abzuleiten damit mögliche Ansammlungen im Austausch zu verhindern werden.

Allgemeine Bemerkungen:

Ein Erdplanum darf bezüglich Frostschäden über die Wintermonate nicht offen liegen oder eine zu geringe Überdeckung aufweisen. Eine frostsichere Überbauung muss daher rechtzeitig stattfinden.

Sollte ein Wassereintrag auf das Erdplanum bzw. in einen darüber liegenden Austauschhorizont oder eine Tragschicht stattfinden, ist eine dynamische Beanspruchung zu vermeiden, (z.B. Verdichtungsarbeiten, Befahrung mit schweren Radfahrzeugen → auch auf darüber liegender Tragschicht bzw. Bodenaustauschmasse), um eine dadurch hervorgerufene, unnötige Verschlechterung der Tragfähigkeitseigenschaften zu verhindern. Die vorliegenden Böden können bei dynamischer Beanspruchung äußerst sensibel reagieren und damit ihre, für den ungestörten Zustand geltenden bodenmechanischen Eigenschaften spontan verlieren.

Treten eine witterungsbedingte Verschlechterung der Baugrundbeschaffenheit oder Inhomogenitäten innerhalb des Baugrunds auf, so sind diese entsprechend zu berücksichtigen. Zur relativen Abschätzung der Homogenität bzw. Inhomogenität des Baugrunds könnten, ohne erheblichen Zeitaufwand durchführbare, zeitnahe dynamische Plattendruckversuche (in Verbindung mit statischem Referenzwert) dienen.

**Bemerkung hinsichtlich Wiederverwendung vorliegender Schottertragschichten:**

Eine Wiederverwendung von vorliegenden Schottertragschichten in einem neu zu erstellendem, ungebundenem Oberbau scheidet aufgrund zu erwartender erhöhter Feinanteile $<0,063$ mm (hinsichtlich Frostsicherheit) aus. Für eine eventuelle Wiederverwertung außerhalb von Oberbauschichten sind die chemischen Eigenschaften von Ausbaumaterial zu berücksichtigen. (siehe gesonderter Prüfbericht Nr. 31977-2)

Geländeauffüllungen unter Verkehrsflächen:

Sind Geländeauffüllungen zum Niveaueausgleich im Baufeld geplant, sind im Falle eines Geländeausgleiches mit bindigen Böden unter Verkehrsflächen folgende Anforderungen zu erfüllen:

Der Einbau unter Verkehrsflächen muss mit dem optimalen Wassergehalt (Proctorwassergehalt) erfolgen. Im Falle von zu feuchten Ausgangsböden wäre eine Zugabe von Bindemittel erforderlich. Die Eignung eines Bindemittels für Bodenverbesserungen muss durch entsprechende bodenartspezifische Eignungsprüfungen gemäß ZTV E-StB 17 / TP BF-StB Teil 11.3 nachgewiesen werden.

Für Auffüllungen bzw. Aufschüttungen sind bei bindigem Auffüllmaterial durchgängig mind. 97 bzw. 100 % der einfachen Proctordichte erforderlich. In bindigen Böden ist der maximal zulässige Luftporengehalt auf 8 Vol.-% zu begrenzen. Die Dicke der einzelnen Einbaulagen sowie das Verdichtungsgerät und das Verdichtungsverfahren ist soweit anzupassen, dass diese Verdichtungsanforderung über die gesamte Mächtigkeit einer Aufschüttung durchgängig erreicht wird. Ein entsprechendes Testfeld für eine Probeverdichtung mit Arbeitsanweisung gemäß TP BF-StB E3 ist hierzu erforderlich.

8.2. Kanalgrabensohlen/-verfüllungen

Wichtiger Hinweis: Die angetroffenen Grund-/Schichtwasserspiegel bzw. Druckwasserspiegel des Keupers schneiden in talseitiger Verlängerung das Geländeniveau. Ein Kanalbettungsmaterial bzw. eine Grabenverfüllung kann ggf. höhere Durchlässigkeitseigenschaften, als der umgebende, anstehende Boden aufweisen. Von Anschnitten und entsprechend in Gräben zufließenden bzw. zusickernden Schichtenwässern aus der Keuper-Wechselagerung bzw. den Verwitterungsböden des Muschelkalks, ist auszugehen. Diesbezüglich darf sich ein Kanal-/Leitungsgraben nicht als potentielle Drainage für das vorliegende Grundwasser ausbilden. Insbesondere ist hierbei zu beachten, dass mitunter in Kanalgräben gespanntes Schichtenwasser angeschnitten werden kann. Eine Drainagewirkung von Kanalgräben in Richtung von Gebäuden, z.B. in Hanglagen oder in Verbindung mit gespannten Schichtenwässern und potentiellen (Druck)Wasserspiegeln



oberhalb eines Niveaus von erdberührten Bauwerksteilen bzw. Arbeitsraumverfüllungen („Flutung“ von Arbeitsraumverfüllungen möglich), muss in jedem Fall verhindert werden. Hierzu müssen Gräben und Hausanschlussbereiche ausreichend wasserundurchlässig hergestellt werden, oder abhängig von den Durchlässigkeitseigenschaften des Graben-Verfüll- bzw. Bettungsmaterial ggf. zusätzliche geeignete Vorkehrungen getroffen werden (z.B. Beton-/Lehmriegel, etc.), um dies zu verhindern. Ebenfalls muss hierdurch verhindert werden, dass in Kanal-/Leitungsgräben einfließendes bzw. einsickerndes Material in Hanglagen z.B. zu quellartigen Wasseraustritten aus Grabenverfüllungen unterhalb der Zutrittspunkte führt.

Sollten sich Kanal-/Leitungsgrabensohlen unmittelbar auf Böden in mäßig steifer, weicher oder geringer als weicher Konsistenz befinden, wäre, je nach Anforderung des Rohr-/Leitungsmaterials an das jeweilige Auflager ggf. eine entsprechende Verbesserung der Sohle durch Bodenaustausch (grobkörniges, kornabgestuftes Fremdmaterial, je nach Wasserverhältnissen bedingt verbessertes Bodenmaterial, etc.), oder im Falle sehr geringer Konsistenzen (breiig) eine mechanische Bodenverbesserung durch Einarbeitung von enggestuften groben Körnungen erforderlich. Im Falle einer mechanischen Bodenverbesserung sind die groben Körnungen vollständig in die Böden einzuarbeiten, bis eine dauerhafte, ausreichende Erhöhung der Tragfähigkeitseigenschaften resultiert

Ein eventuelles Bodenaustauschmaterial muss in jedem Fall eine ausreichende Filterstabilität zum umgebenden Boden aufweisen, da Kornumlagerungen aus dem umgebenden Boden in das Bodenaustauschmaterial ggf. Setzungen hervorrufen können.

Auch in einem entsprechenden, potentiell leitfähigen Austauschmaterial ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, dass sich dieses nicht als Längsdrainage für zufließendes Wasser ausbildet.

Im Falle von Erd- und Verfüllmaßnahmen mit definierten Verdichtungsanforderungen sind die Empfehlungen und Vorgaben der ZTV E-StB / ETV-StB-BW, ZTV SoB-StB sowie der ZTV A-StB zu beachten. Im Falle bindiger oder gemischtkörniger Verfüllmaterialien muss zwingend der durch die ZTV E-StB empfohlene maximale Luftporengehalt von 8 Vol.-% im verdichteten Bodenmaterial eingehalten werden. Bei zu hohen Luftporengehalten können selbst bei Einhaltung des nötigen Verdichtungsgrades, infolge von Wasserzutritten in verdichtetes Verfüllmaterial (Grundwasserschwankungen, Zutritte nach Beendigung einer Wasserhaltung, etc.), kurz- bis längerfristige Setzungen/Sackungen sowie „Aufweichungen“ innerhalb von Verfüllungen stattfinden. Diese erhöhte Anforderung an den maximalen Luftporengehalt mit 8 Vol.-% ist in der Leistungsbeschreibung festzulegen (ohne eine entsprechende Festlegung wären nur 12 Vol.-% bindend).

Die nach den Technischen Vertragsbedingungen (ZTV E-StB / ETV-StB-BW, ZTV A-StB, ZTV SoB-StB) geltenden Anforderungen an den Einbau sind durch die Eigen- und Fremdüberwachung entsprechend nachzuweisen und zu dokumentieren.



Verwendung von Bodenaushub für Kanalgrabenverfüllungen:

Erfolgt ein separierter Grabenaushub des Homogenbereiches Q1 und Q2, wird dieser voraussichtlich als Gemenge von leicht bis mittelplastischen Böden in weichen bis steifen Konsistenzen anfallen. Für einen Wiedereinbau mit einer Verdichtungsanforderung von $D_{Pr} \geq 97\%$ wäre voraussichtlich eine Bindemittelzugabe zur Bodenverbesserung erforderlich. Insbesondere leicht plastische, oberflächennah vorliegende Böden können mitunter deutlichen Schwankungen des Wassergehaltes unterliegen.

Aushubmaterial aus dem Homogenbereich B1a, B1b und B2 wird sich für einen Wiedereinbau als lagenweise mitunter zu nass bzw. deutlich zu nass darstellen (z.B. mäßig steife, weiche und breiige Konsistenzen). Aufgrund einer inhomogenen Verteilung erhöhter Wassergehalte ist eine Separierung der entsprechenden Böden mit geringen Konsistenzen aller Voraussicht nach, mit einem vertretbaren wirtschaftlichen Aufwand, nicht durchzuführen. Im Falle einer Wiederverfüllung wären die Aushubböden einer bodenverbessernden Maßnahme (z.B. durch Bindemittelzugabe) zu unterziehen. Die Zugabemengen sind unmittelbar im Zuge der Baumaßnahme genauer zu spezifizieren. Bodenartspezifische Eignungsprüfungen gemäß ZTV E-StB 17 / TP BF-StB Teil 11.3 zu Beginn der Baumaßnahme wären hierbei zu empfehlen.

In den Homogenbereichen B1a, B1b und B2 können zudem verdichtungsstörende Anteile an Grobkomponenten (größere Steine und mitunter plattige Felsbruchstücke) vorliegen, welche dann auszusortieren oder zu zerkleinern sind.

Innerhalb der Erkundungspunkte wurden im Untergrund primär bindige, bzw. im Aushubgemenge kleinräumiger Wechsellagerungen, als bindig resultierende Böden angetroffen. Für die Wahl des Bindemittels wäre entsprechend Abbildung 1 (Kap. „8.1 Verkehrsflächen“) der Bereich B bis D (Gesamtbetrachtung aller Homogenbereiche) maßgebend. Als Bindemittel für die vorliegenden Bodenarten und den Verwendungszweck (Wassergehaltsreduzierung zur Verbesserung der Einbaufähigkeit) wäre somit Weissfeinkalk zu betrachten. Hydraulische Anteile im Bindemittel (Mischbindemittel) wären bei einer Verbesserung von Grabenverfüllungen hinsichtlich des höheren verfestigenden Effektes, in Hinblick auf eventuell spätere Aufgrabungen bzw. einen potentiellen „Stempeleffekt“ auf Rohrleitungen als nicht geeignet anzusehen.

Die dargestellte Eignung des Bindemittels stellt eine Regelfallbetrachtung dar. Die tatsächliche Eignung eines Bindemittels für Bodenverbesserungen muss durch entsprechende bodenartspezifische Eignungsprüfungen gemäß ZTV E-StB 17 / TP BF-StB Teil 11.3 nachgewiesen werden.

Die jeweiligen, bindemittelspezifisch erforderlichen bzw. maximal zulässigen Zeitspannen zwischen Einbringung des Bindemittels und Verdichtung des Boden-Bindemittelgemisches sind einzuhalten.



Innerhalb der Sondierpunkte wurden bislang keine optisch erkennbaren Gips-/Anhydritanteile angetroffen. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist innerhalb der Verwitterungsböden das Risiko für Sulfatreiben bei einer Bindemittelverbesserung als gering einzuschätzen. Abweichend vom derzeitigen Geländebefund (optische Ansprache der Schichten), können lokale Sulfatanteile jedoch, insbesondere bei abnehmenden Verwitterungsgraden nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Im Zuge einer bodenverbessernden Maßnahme mittels Bindemittelzugabe wäre Verwitterungsboden des Keupers regelmäßig auf potentielle Sulfatgehalte zu prüfen.

Eine Bodenverbesserung mittels Zugabe konventioneller Bindemittel würde i.d.R. bei entsprechend erhöht vorliegenden Sulfatgehalten im Boden ausscheiden, bzw. wäre nur mit einem entsprechenden Eignungsnachweis möglich, da die Reaktion von Bindemittel mit Sulfat Quellhebungen hervorrufen kann (→ Ettringit- bzw. Thaumasitbildung unter Volumenzunahme).

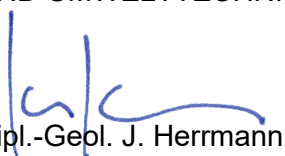
9. Schlussbemerkung

Die auf der Grundlage von 14 Erkundungspunkten ermittelten Schichtlagerungs- und Grundwasserverhältnisse, sowie die daraus resultierenden Bodenkenndaten beziehen sich auf die Untersuchungspunkte und stellen einen punktuellen Einblick in die vorhandene Situation dar.

Abweichungen von dem hier geschilderten Befund sind daher nicht vollständig auszuschließen. Treten im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen im Zuge der Baumaßnahmen Widersprüchlichkeiten auf, sollte unser Institut rechtzeitig zu einer begleitenden Begutachtung verständigt werden.

Die Angaben beziehen sich auf eine überblicksmäßige Erfassung der Baugrundsituation und ersetzen zu keinem Zeitpunkt ggf. erforderliche Einzelfalluntersuchungen.

INSTITUT FÜR BAUSTOFFPRÜFUNG
UND UMWELTTECHNIK


Dipl.-Geol. J. Herrmann

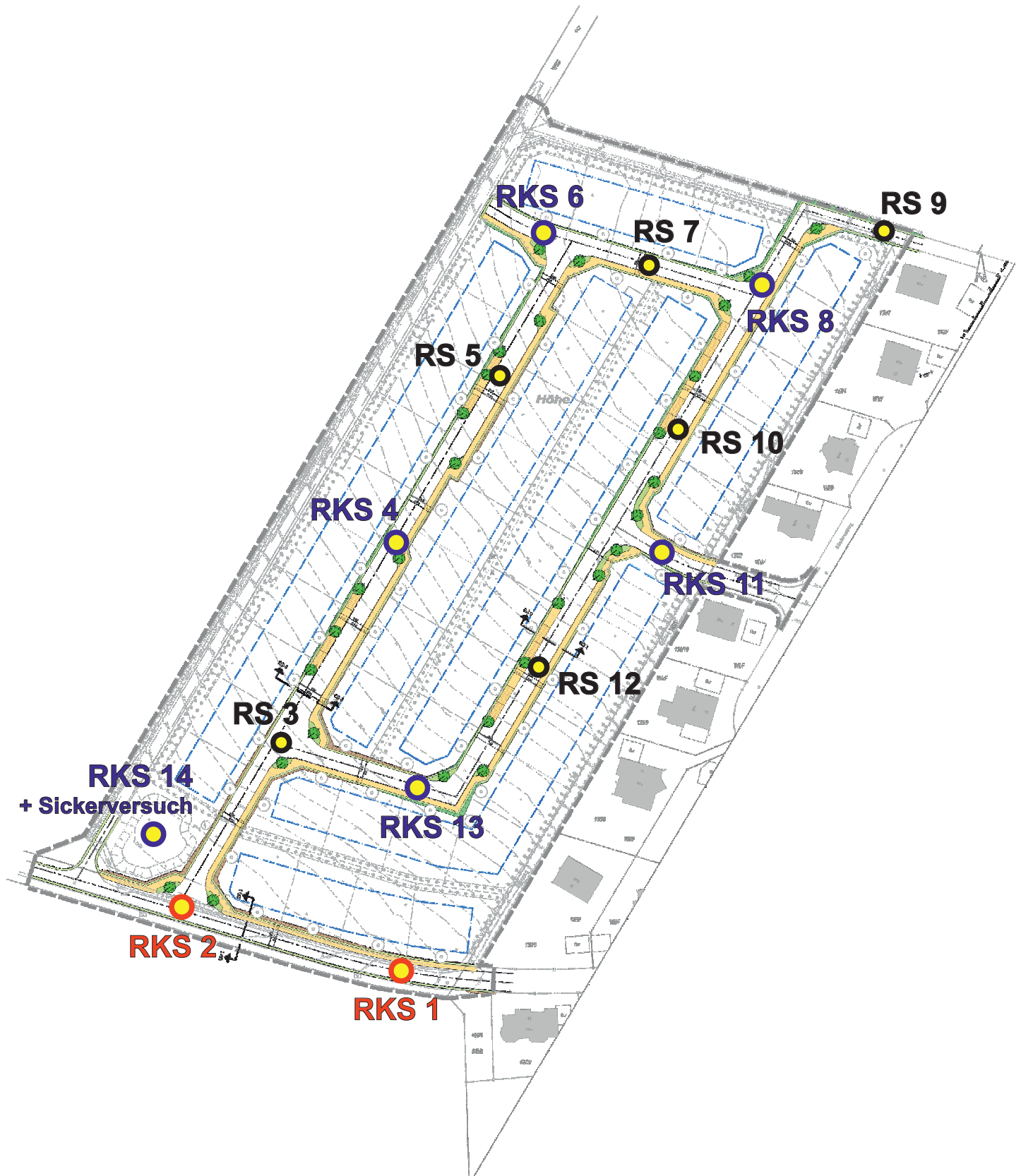



Dipl.-Geol. S. Zäh



Anlagen

- *Lageplan der Sondierpunkte*
 - *Profile*
- *Darstellung der Sondierprofile nach Ansatzhöhe mit Einteilung der Bodenschichten in Homogenbereiche*
 - *Versickerungsversuch*
 - *Fließ-/Ausrollgrenzen*
 - *Sieb-/Schlammanalysen*





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutungen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

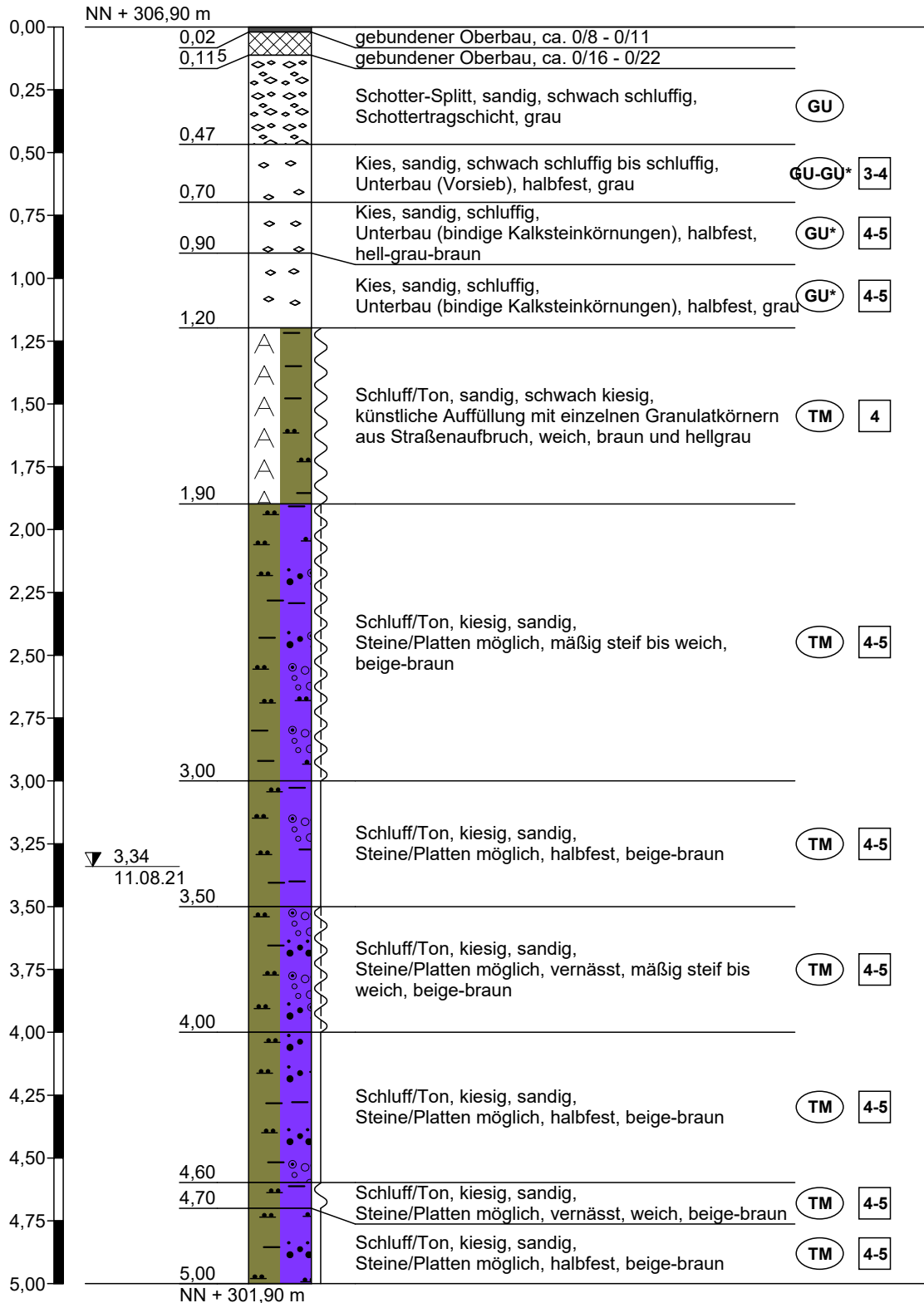
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

RKS 1





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutungen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

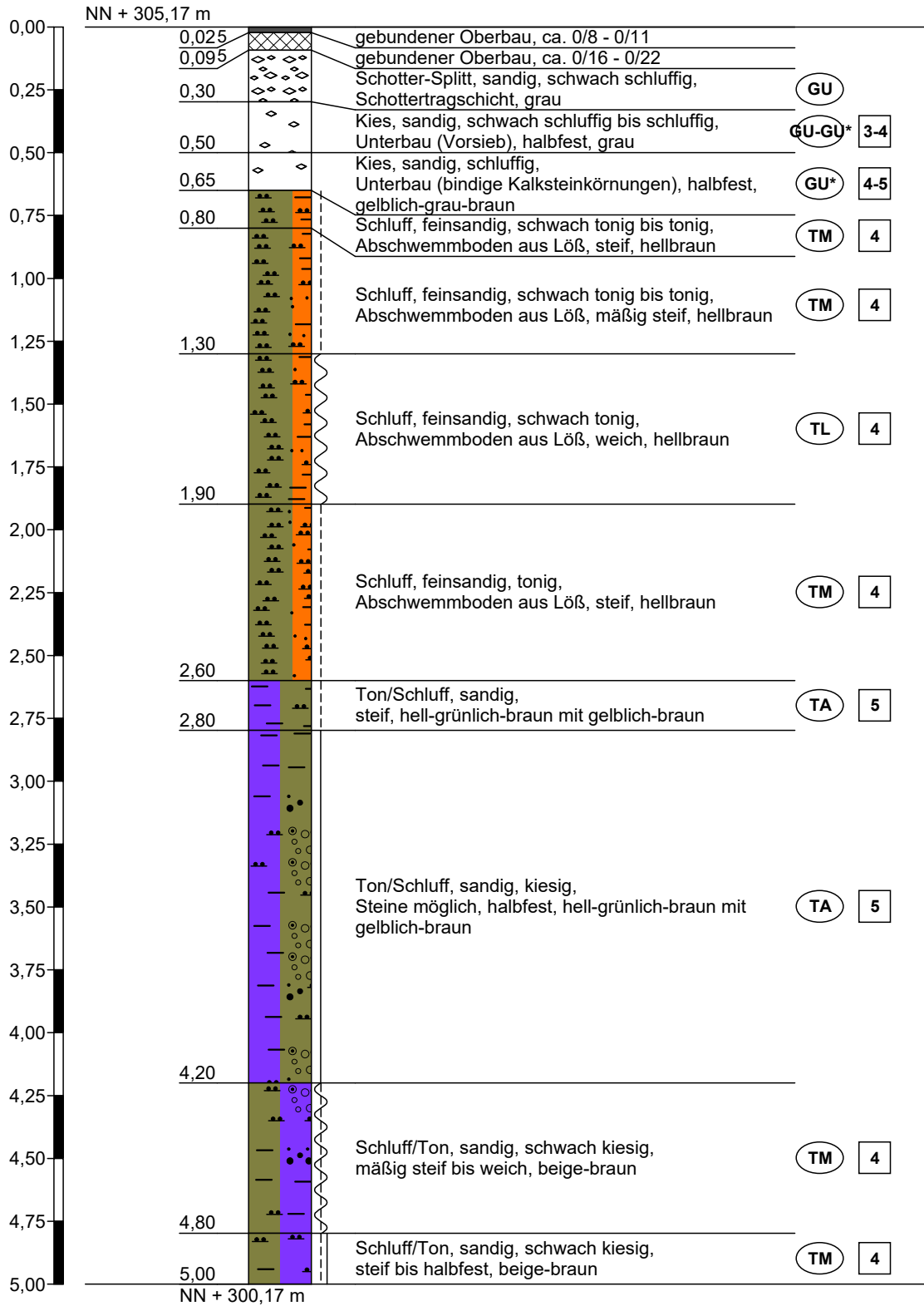
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

RKS 2





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutingen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

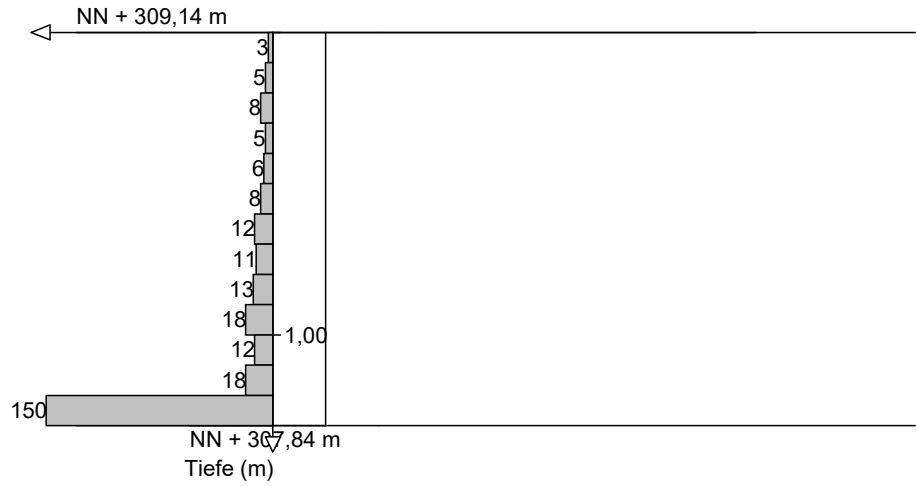
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 16.08.21

RS 3





IBE GmbH
 Bössingerstraße 23
 74243 Langenbeutungen
 Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
 Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
 4023

Anlage:

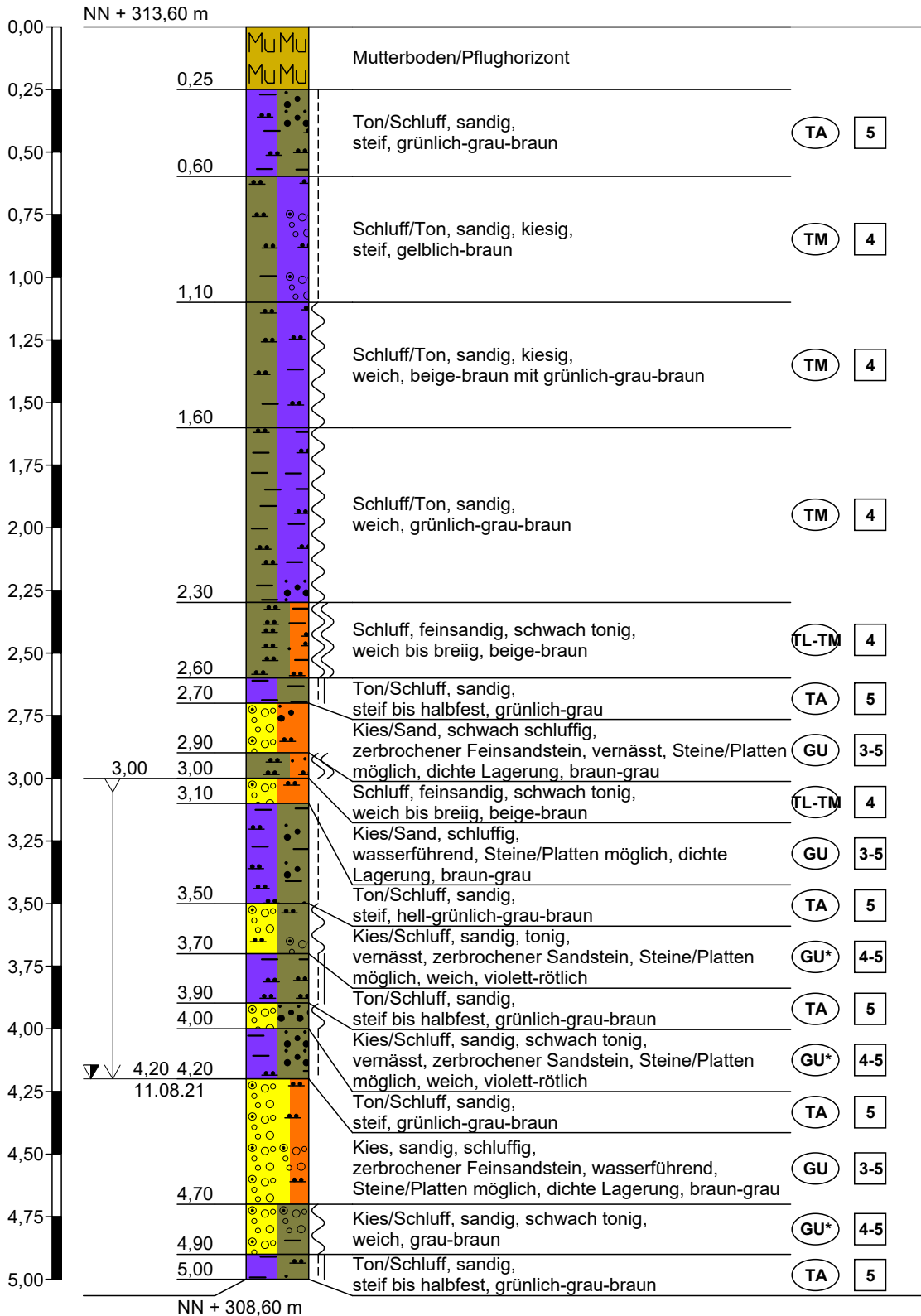
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

RKS 4





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutingen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

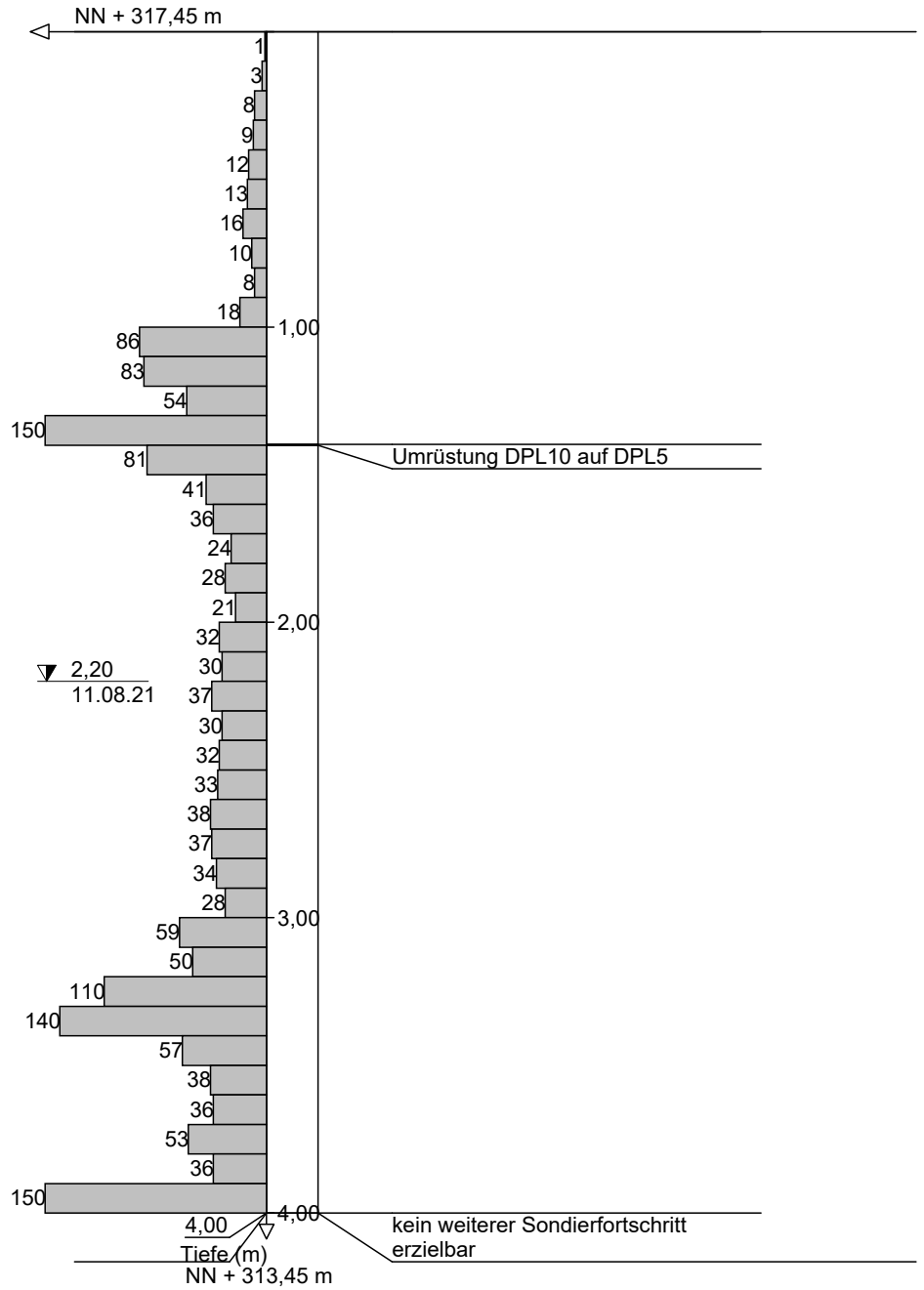
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 16.08.21

RS 5





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutungen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

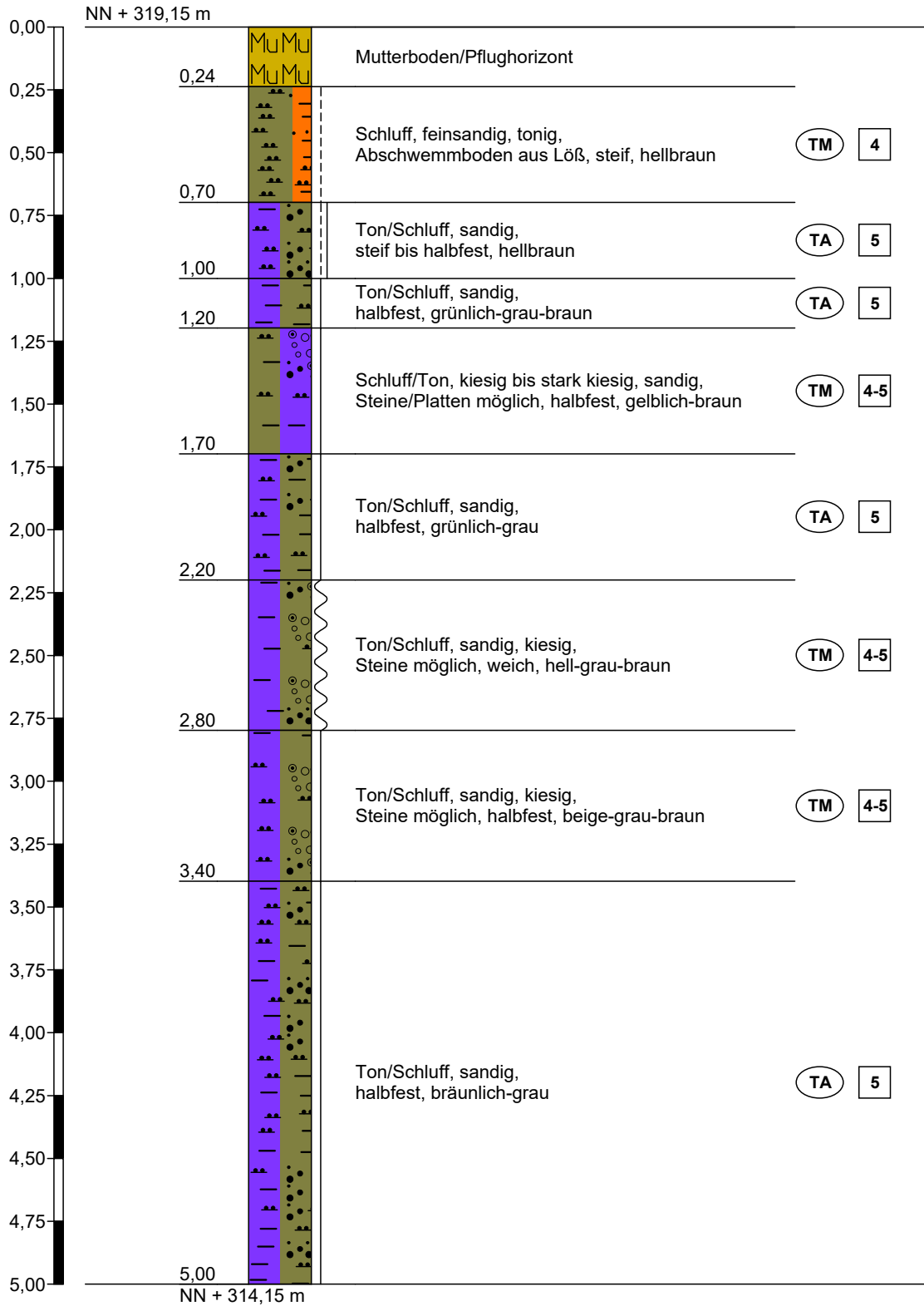
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

RKS 6





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutingen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

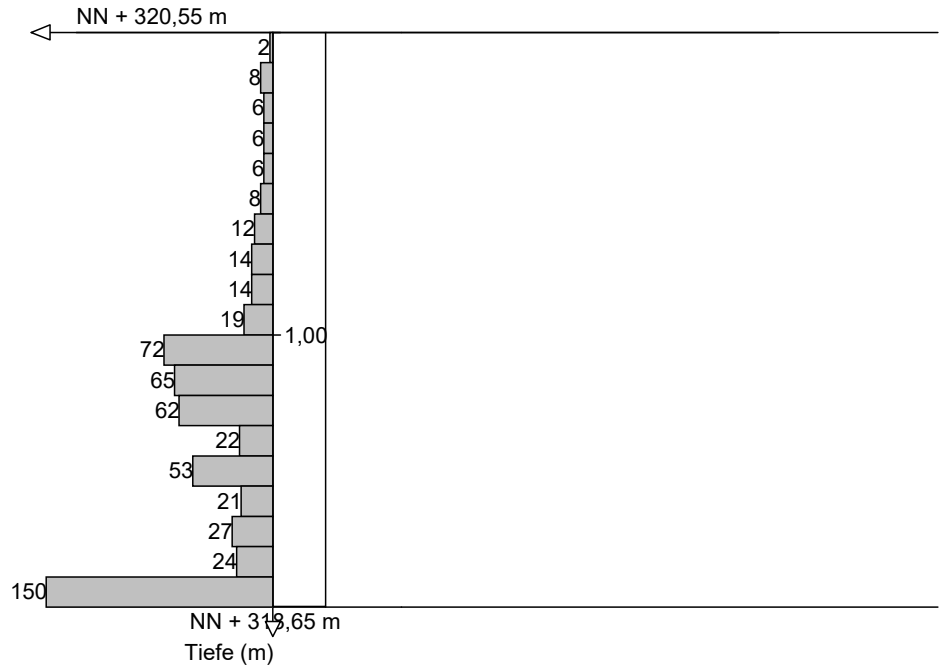
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 16.08.21

RS 7





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutungen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

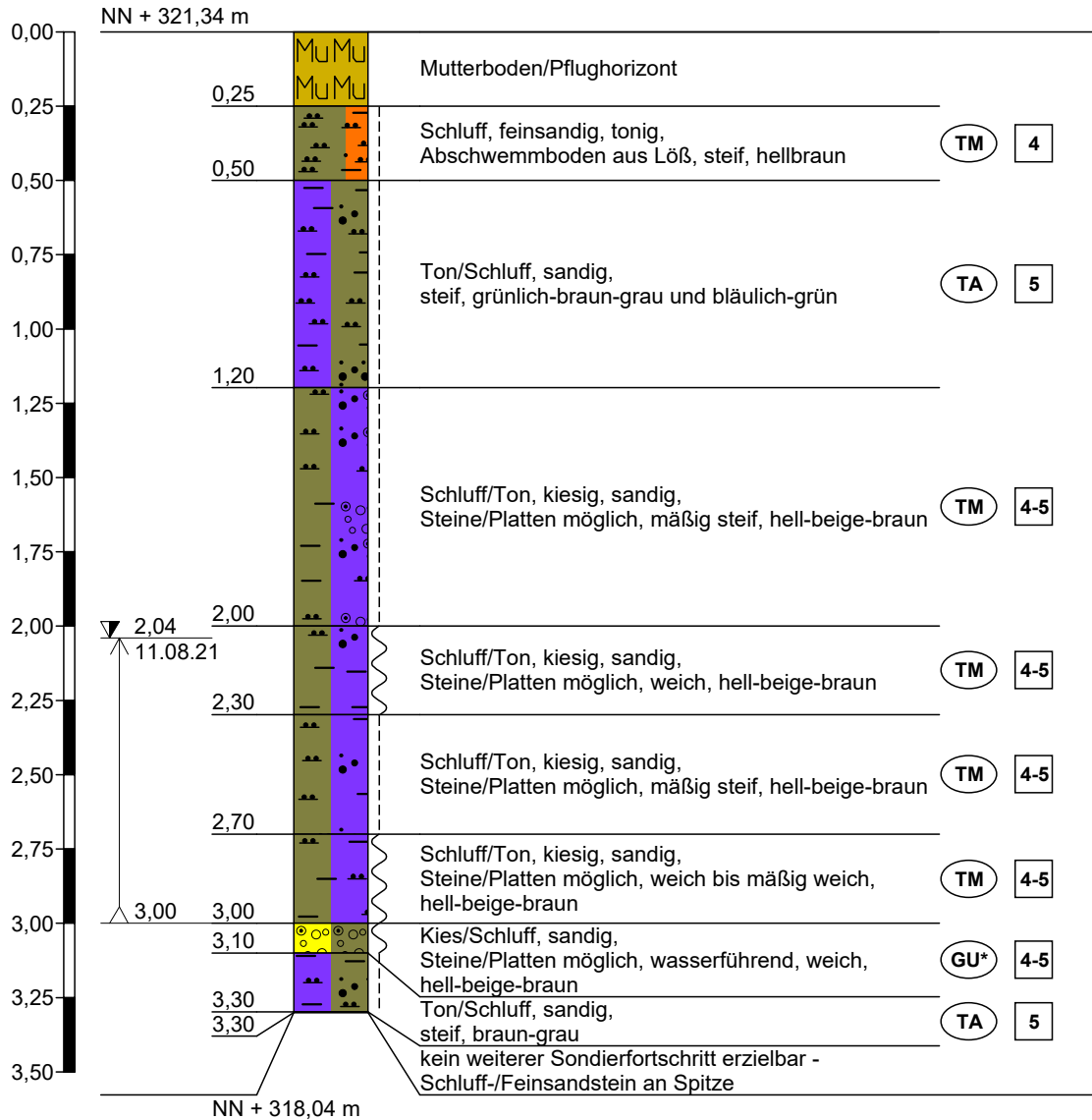
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

RKS 8





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutingen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

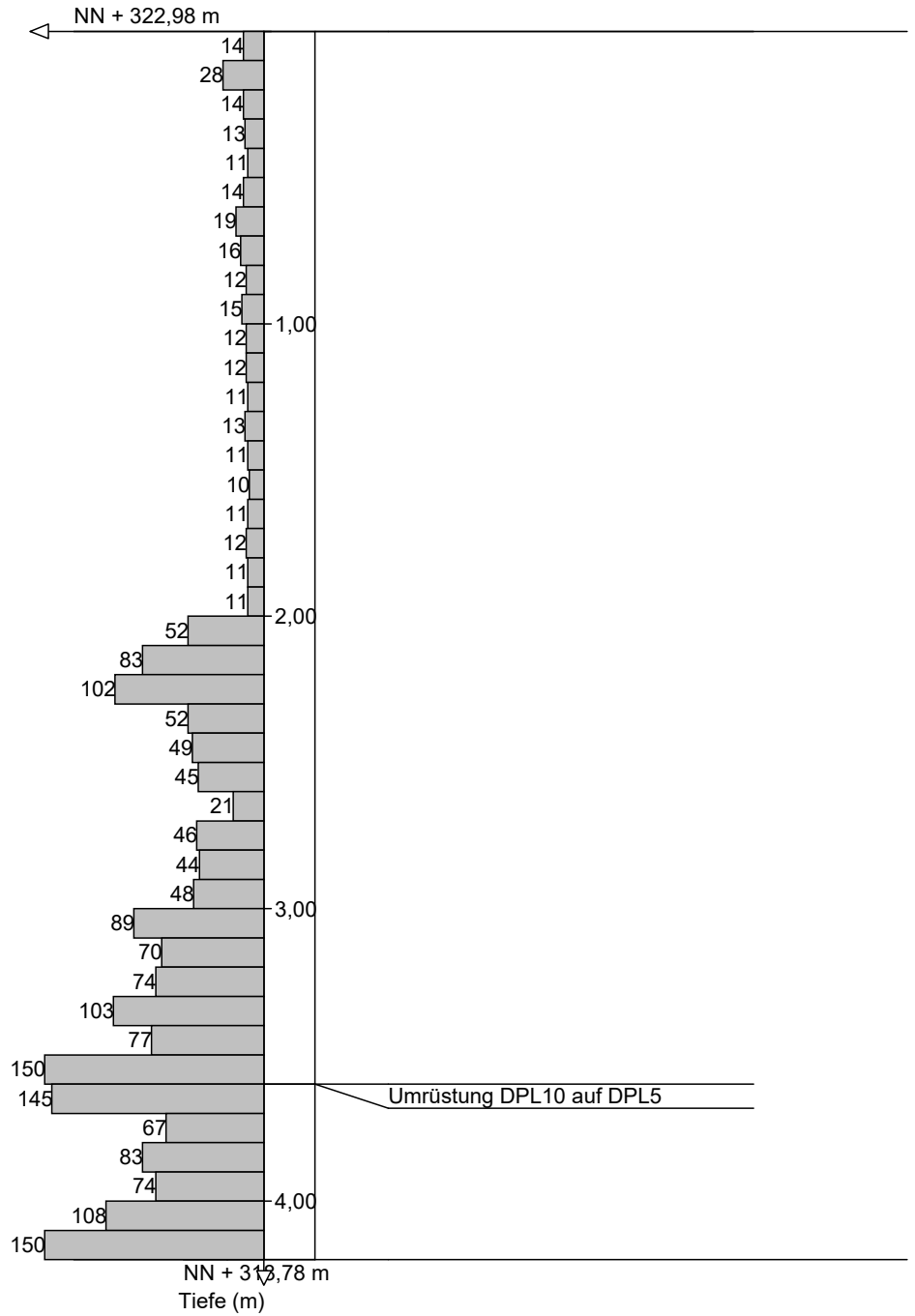
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 16.08.21

RS 9





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutingen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

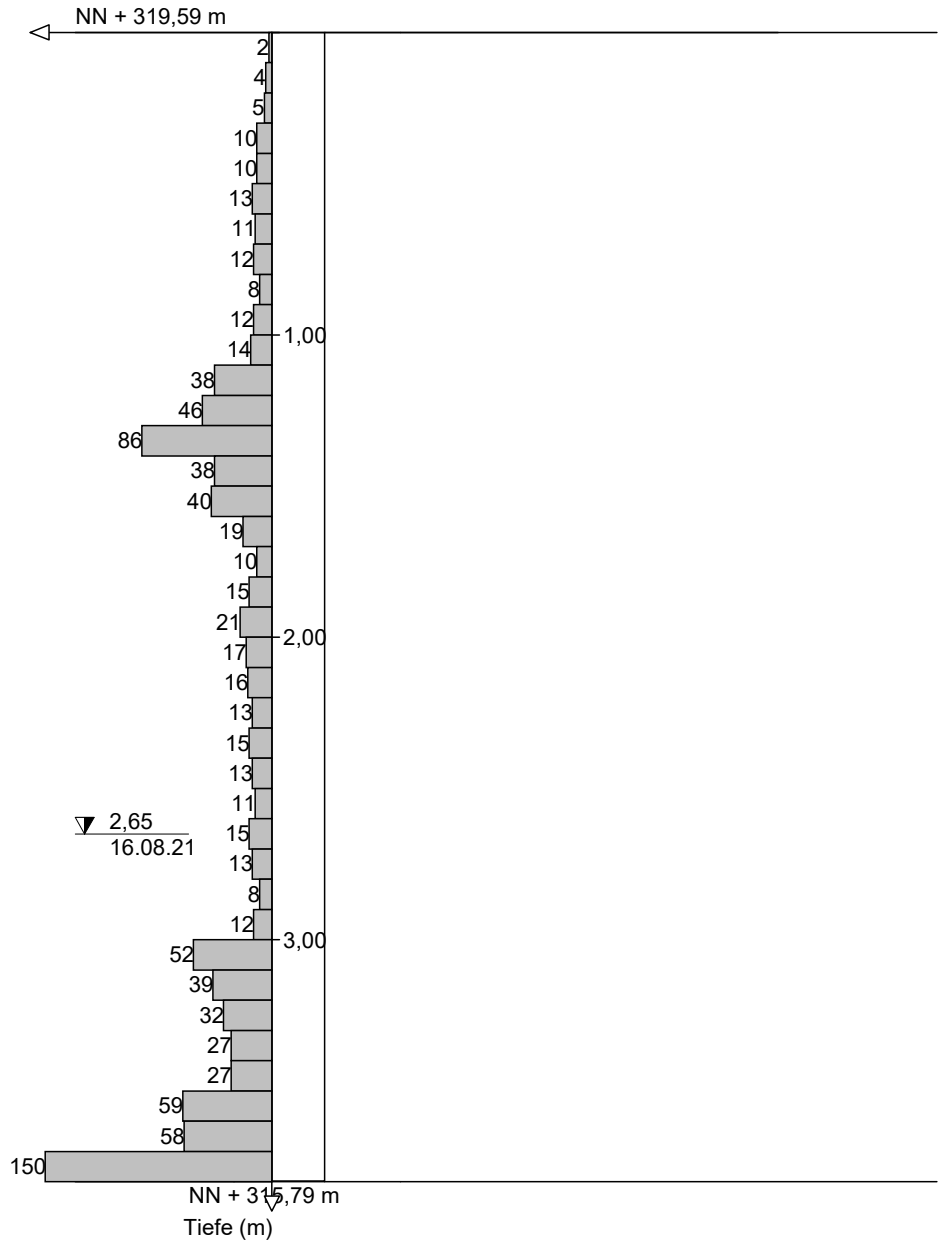
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 16.08.21

RS 10





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutungen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

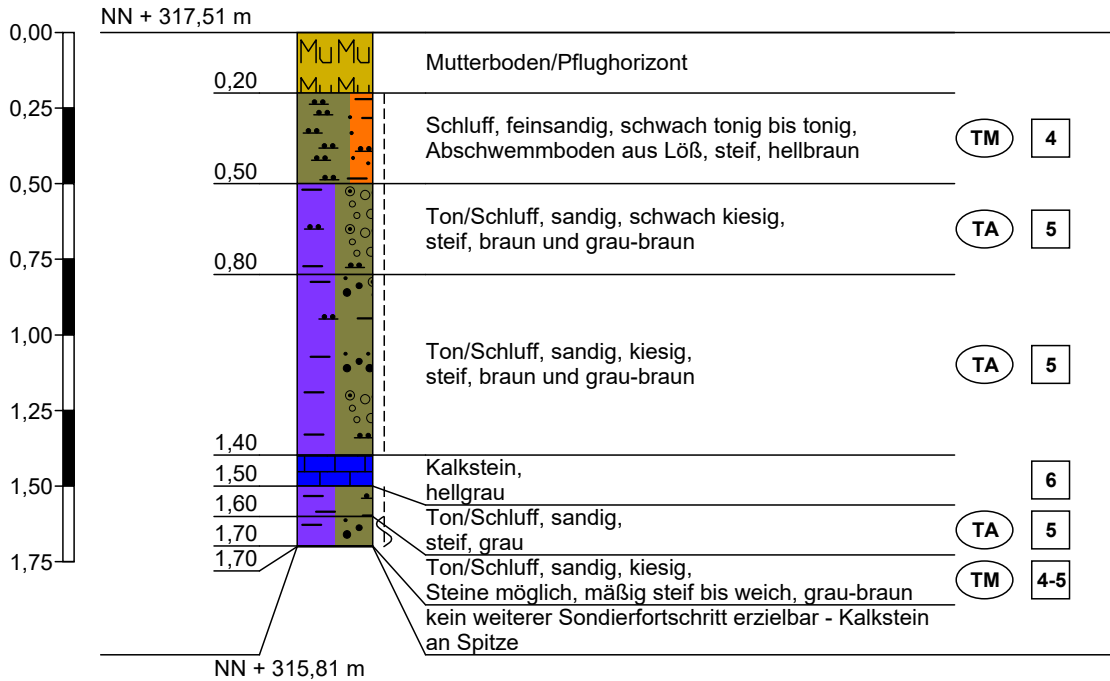
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

RKS 11





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutingen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

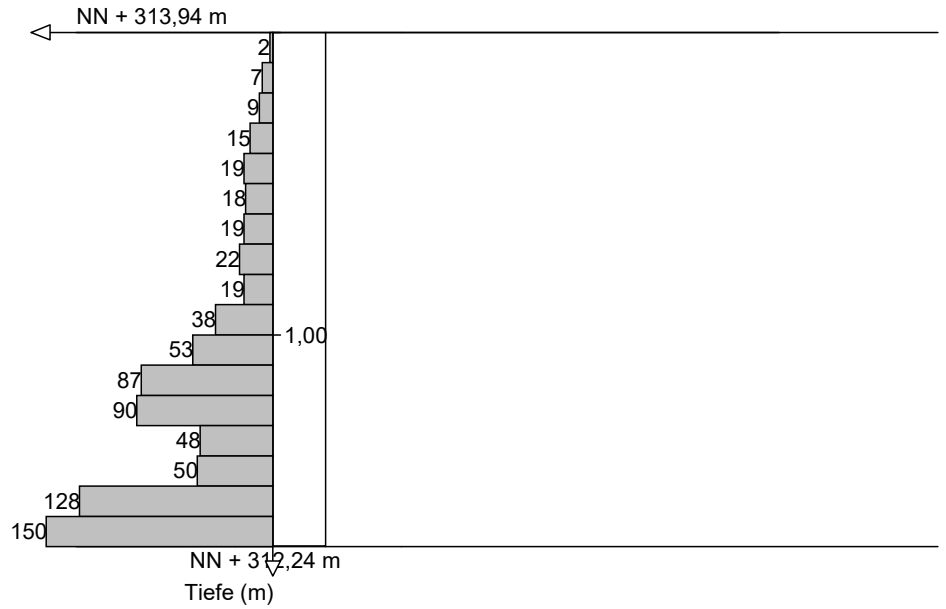
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 16.08.21

RS 12





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutingen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

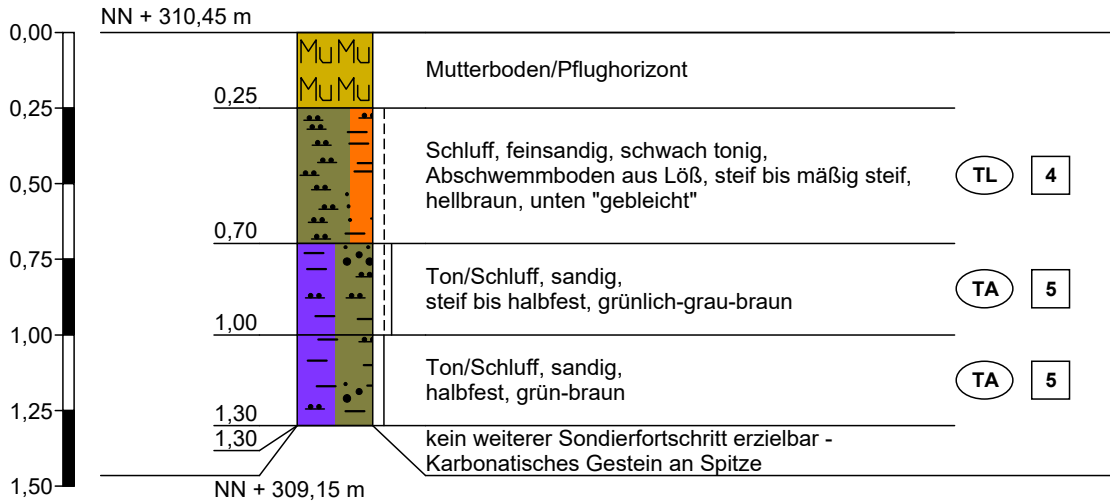
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

RKS 13





IBE GmbH
Bössingerstraße 23
74243 Langenbeutingen
Tel. 07946 / 944 98-0

Zeichnerische Darstellung von
Bohr-/Sondierprofilen nach DIN
4023

Anlage:

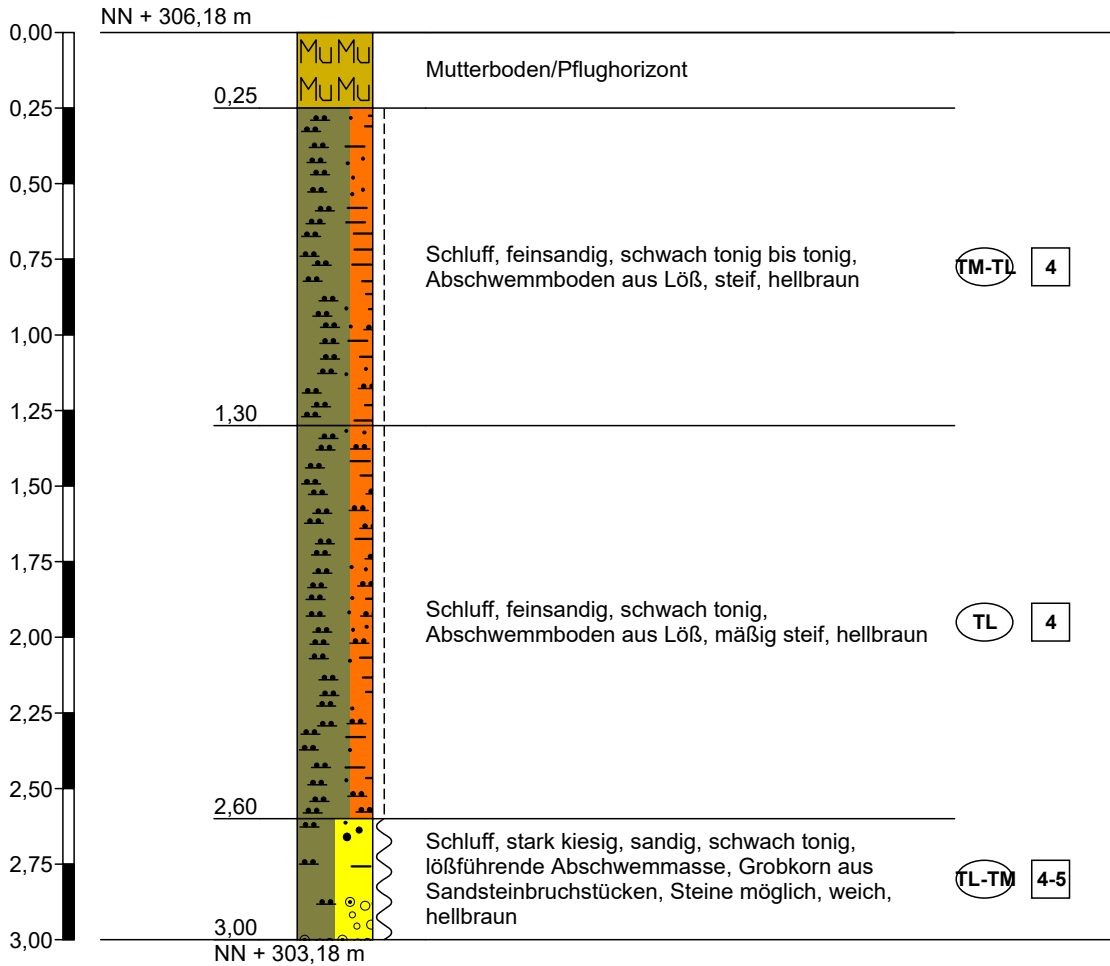
Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

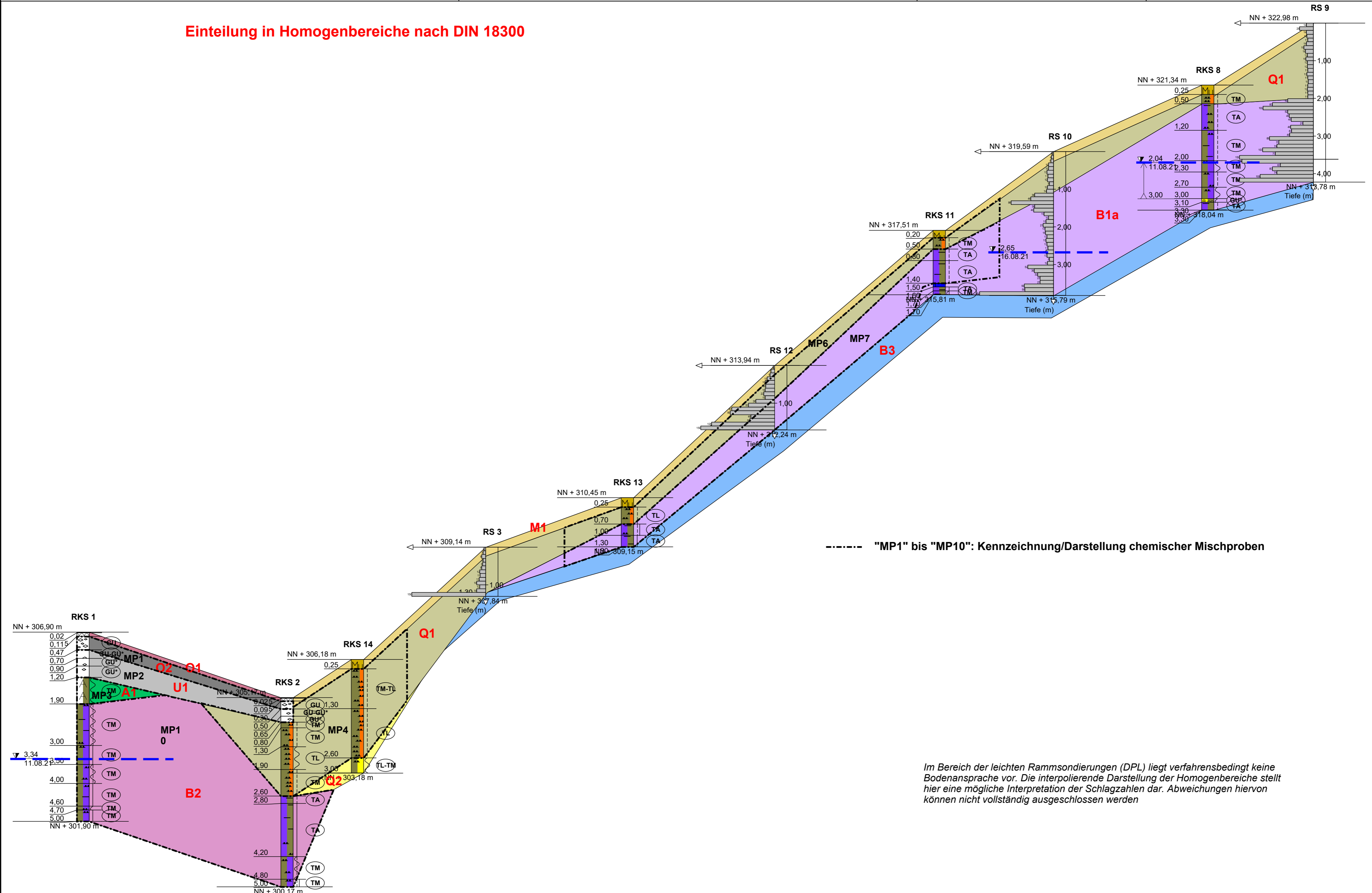
Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

RKS 14



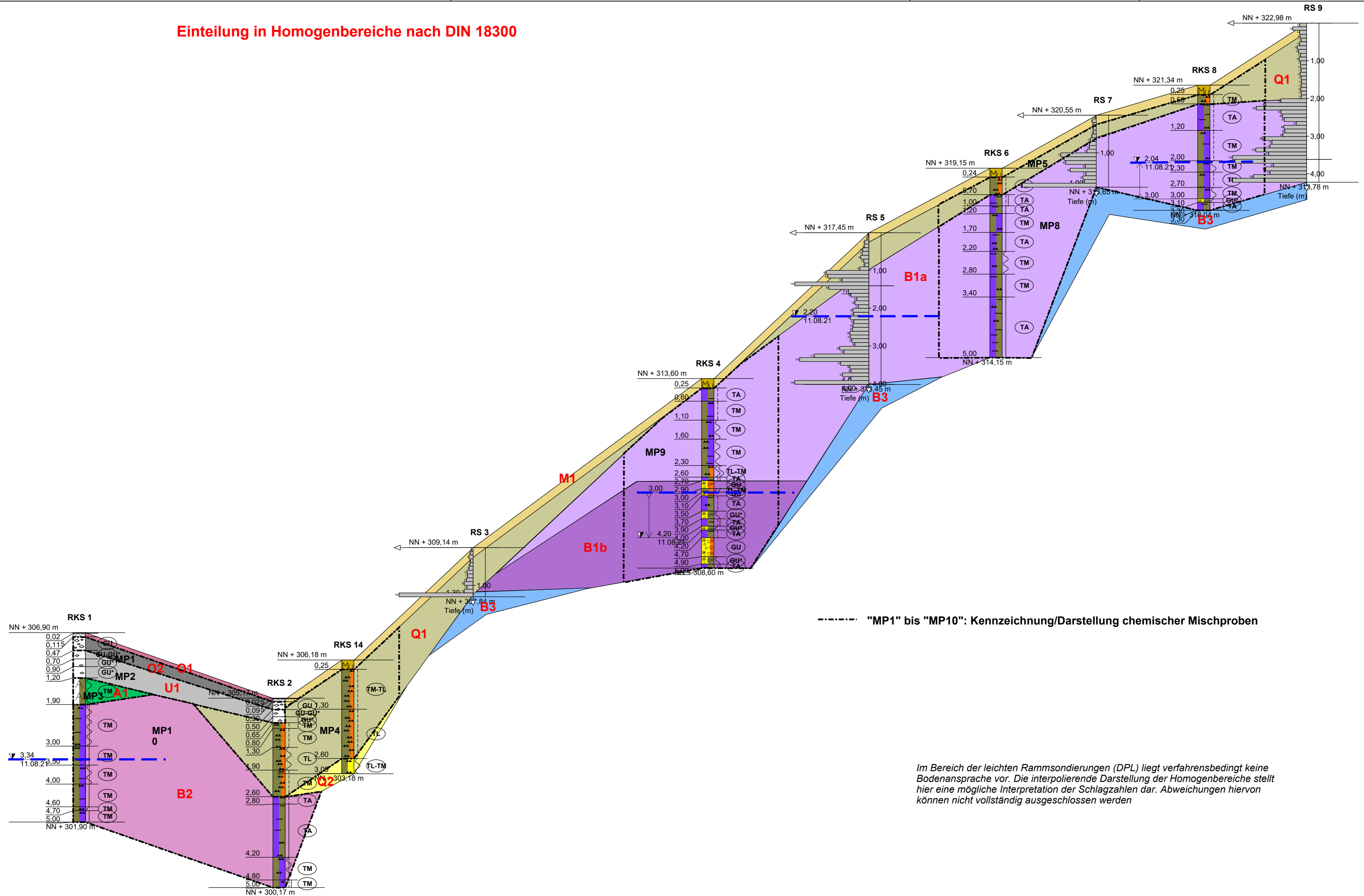
Einteilung in Homogenbereiche nach DIN 18300



----- "MP1" bis "MP10": Kennzeichnung/Darstellung chemischer Mischproben

Im Bereich der leichten Rammsondierungen (DPL) liegt verfahrensbedingt keine Bodenansprache vor. Die interpolierende Darstellung der Homogenbereiche stellt hier eine mögliche Interpretation der Schlagzahlen dar. Abweichungen hiervon können nicht vollständig ausgeschlossen werden

Einteilung in Homogenbereiche nach DIN 18300



----- "MP1" bis "MP10": Kennzeichnung/Darstellung chemischer Mischproben

Im Bereich der leichten Rammsondierungen (DPL) liegt verfahrensbedingt keine Bodenansprache vor. Die interpolierende Darstellung der Homogenbereiche stellt hier eine mögliche Interpretation der Schlagzahlen dar. Abweichungen hiervon können nicht vollständig ausgeschlossen werden



IBE GmbH
 Bössingerstraße 23
 74243 Langenbeutungen
 Tel. 07946 / 944 98-0

**Legende und Zeichenerklärung
 nach DIN 4023**

Anlage:

Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

Boden- und Felsarten



Auffüllung, A



Mutterboden, Mu



Feinsand, fs, feinsandig, fs



Schluff, U, schluffig, u



Kalkstein, Kst



Kies, G, kiesig, g



Sand, S, sandig, s



Ton, T, tonig, t

Signaturen der Umweltgeologie (nicht DIN-gemäß)



Schotter-Splitt-Sand, ca. , KG



gebundener Oberbau, ca. , gOT



Korngemische, unklassifiziert,



gebundener Oberbau, ca. , gO

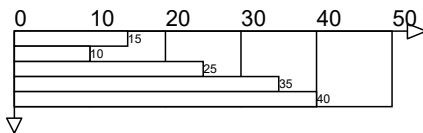
Korngrößenbereich

f - fein
 m - mittel
 g - grob

Nebenanteile

' - schwach (<15%)
 - - stark (30-40%)

Rammdiagramm



Bodenklassen nach DIN 18300

1

Oberboden (Mutterboden)

3

Leicht lösbare Bodenarten

5

Schwer lösbare Bodenarten

7

Schwer lösbarer Fels

2

Fließende Bodenarten

4

Mittelschwer lösbare Bodenarten

6

Leicht lösbarer Fels und vergleichbare
 Bodenarten



IBE GmbH
 Bössingerstraße 23
 74243 Langenbeutingen
 Tel. 07946 / 944 98-0

**Legende und Zeichenerklärung
 nach DIN 4023**

Anlage:

Projekt: Kirchensall, BG Rainle II

Auftraggeber: Stadt Neuenstein

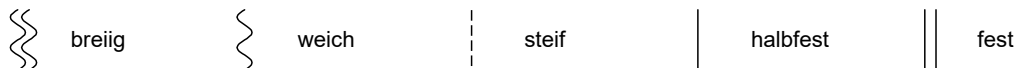
Bearb.: Zä

Datum: 11.08.21

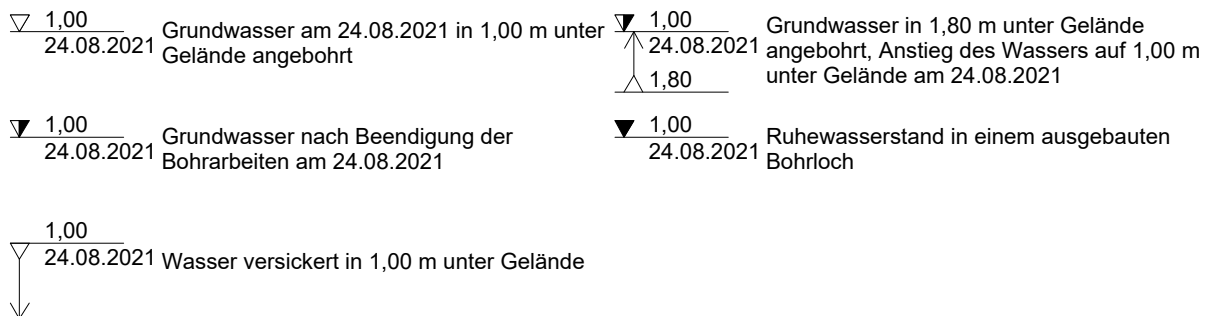
Bodengruppen nach DIN 18196

- | | |
|--|--|
| GE enggestufte Kiese | GW weitgestufte Kiese |
| GI Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische | SE enggestufte Sande |
| SW weitgestufte Sand-Kies-Gemische | SI Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische |
| GU Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm | GU* Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm |
| GT Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm | GT* Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm |
| SU Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm | SU* Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm |
| ST Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm | ST* Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm |
| UL leicht plastische Schluffe | UM mittelplastische Schluffe |
| UA ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff | TL leicht plastische Tone |
| TM mittelplastische Tone | TA ausgeprägt plastische Tone |
| OU Schluffe mit organischen Beimengungen | OT Tone mit organischen Beimengungen |
| OH grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art | OK grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen |
| HN nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus) | HZ zersetzte Torfe |
| F Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytija, Dy, Sapropel) | [I] Auffüllung aus natürlichen Böden |
| A Auffüllung aus Fremdstoffen | |

Konsistenz



Grundwasser





VERSICKERUNGSVERSUCH in Anlehnung an ATV 138 / Reitmeier '95			
Projekt:	Erschließung BG Rainle II, Neuenstein-Kirchensall		Grubengeometrie:
Labor Nr. :	31977-1		Länge L: 0,34 m
Mulde Nr.:	1		Breite B: 0,225 m
Bearbeiter:	Zäh		Tiefe T: 0,16 m
ausgeführt am :	11.08.21	durch : Zäh	Schulter Ls: 0,00 m
			Höhe Wasserstand hw_0 : 0,148 m

Höhe Wasserstand zur Zeit t_1 [m]	Höhe Wasserstand zur Zeit t_2 [m]	Länge Grubensohle [m]	Breite Grubensohle [m]	Tiefe der Grube [m]	Länge Grubenschulter [m]	Winkel alpha [°]	Zeitintervall t_1 bis t_2 [s]	Zeit Gesamt Summe dt [s]	Abstand Grubensohle bis GW-Oberfläche [m]	hydraulischer Gradient [-]	Korrekturfaktor ungesättigte Zone [-]	Durchflossene Fläche [m²]	Wassermenge im Zeitintervall t_1 bis t_2 [m³]	Durchlässigkeitsbeiwert (ungesättigt) [m/s]	Durchlässigkeitsbeiwert (gesättigt) [m/s]
hw_1	hw_2	L	B	T	L_s	α	dt	T	l_s	i	c	A	dV	k_u	k
0,148	0,1430	0,34	0,225	0,16	0	0,0	120	120	4,0	1,02	0,5	0,241	0,00038	1,3E-05	2,6E-05
0,143	0,1385	0,34	0,225	0,16	0	0,0	120	240	4,0	1,02	0,5	0,236	0,00034	1,2E-05	2,4E-05
0,139	0,1344	0,34	0,225	0,16	0	0,0	120	360	4,0	1,02	0,5	0,231	0,00031	1,1E-05	2,2E-05
0,134	0,1306	0,34	0,225	0,16	0	0,0	120	480	4,0	1,02	0,5	0,226	0,00029	1,1E-05	2,1E-05
0,131	0,1270	0,34	0,225	0,16	0	0,0	120	600	4,0	1,02	0,5	0,222	0,00028	1,0E-05	2,0E-05
0,127	0,1202	0,34	0,225	0,16	0	0,0	240	840	4,0	1,02	0,5	0,216	0,00052	9,9E-06	2,0E-05
0,120	0,1140	0,34	0,225	0,16	0	0,0	240	1080	4,0	1,01	0,5	0,209	0,00047	9,3E-06	1,9E-05
0,114	0,1005	0,34	0,225	0,16	0	0,0	600	1680	4,0	1,01	0,5	0,198	0,00103	8,6E-06	1,7E-05
0,101	0,0883	0,34	0,225	0,16	0	0,0	600	2280	4,0	1,01	0,5	0,183	0,00093	8,4E-06	1,7E-05
0,088	0,0773	0,34	0,225	0,16	0	0,0	600	2880	4,0	1,01	0,5	0,170	0,00084	8,2E-06	1,6E-05
0,077	0,0631	0,34	0,225	0,16	0	0,0	900	3780	4,0	1,01	0,5	0,156	0,00109	7,7E-06	1,5E-05
0,063	0,0505	0,34	0,225	0,16	0	0,0	900	4680	4,0	1,01	0,5	0,141	0,00096	7,6E-06	1,5E-05
0,051	0,0390	0,34	0,225	0,16	0	0,0	900	5580	4,0	1,01	0,5	0,127	0,00088	7,7E-06	1,5E-05
0,039	0,0285	0,34	0,225	0,16	0	0,0	900	6480	4,0	1,00	0,5	0,115	0,00080	7,8E-06	1,6E-05

Anmerkung: Die Auswertung des Sickerungsversuches erfolgt in Anlehnung an ATV 138, Reitmeier 1995 und Frinken 1995 unveröff.

Optionale ergänzende Bemerkungen:

Legende Grubengeometrie:

Versickerungsdiagramm

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Kirchensall

BG Rainle II

Bearbeiter: Zä

Datum: 19.08.21

Prüfungsnummer: 31977-1

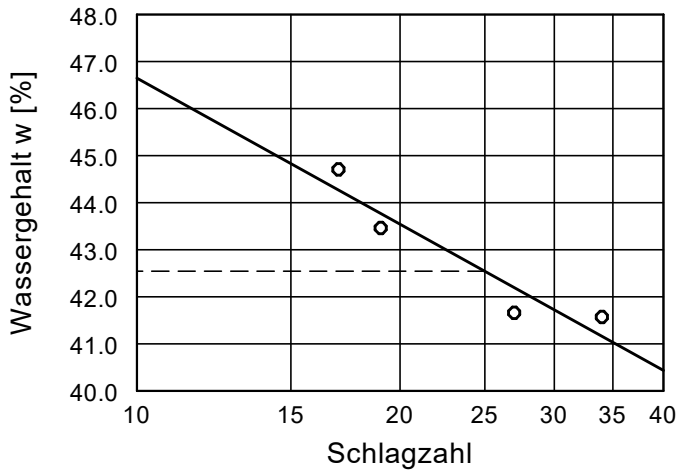
Entnahmestelle: RKS 1

Tiefe: 1,9 - 3,0 m

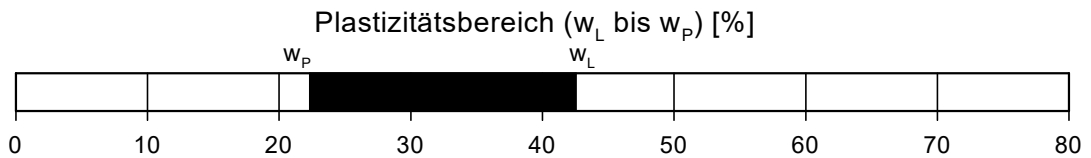
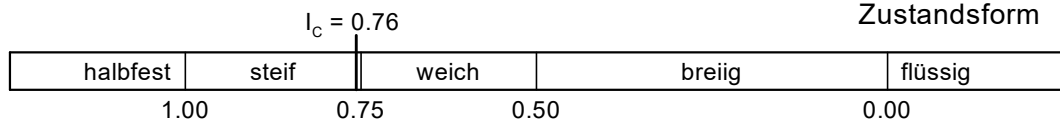
Art der Entnahme: gestört / RKS

Bodenart: feinkörnig

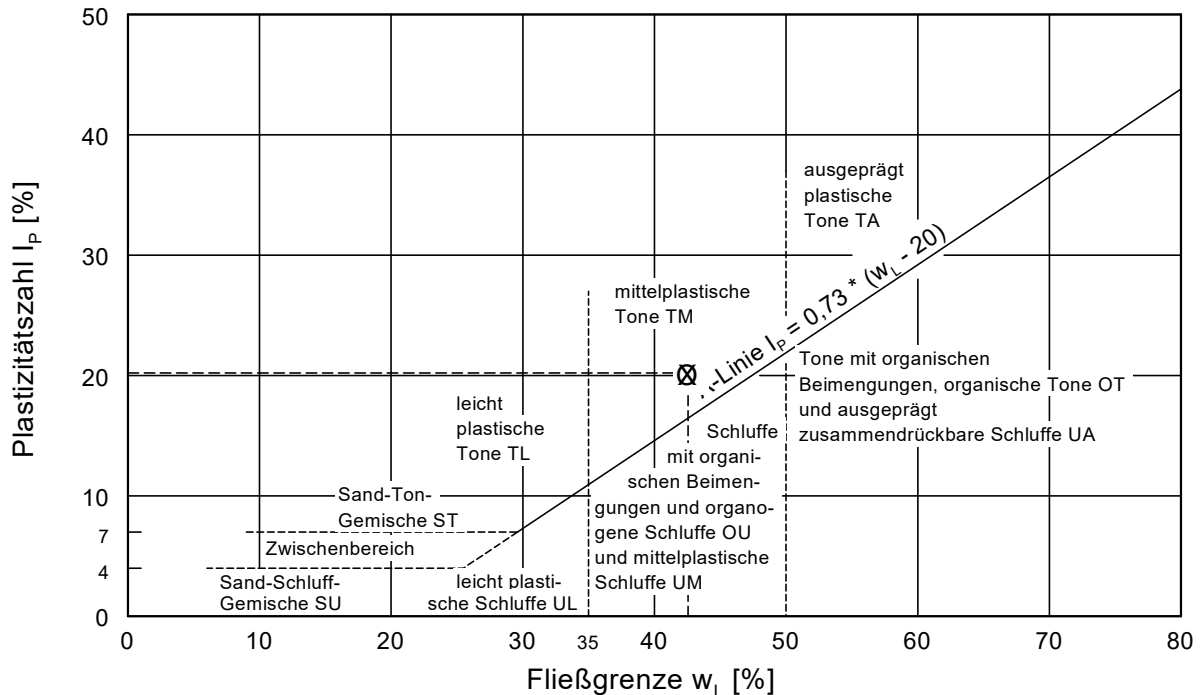
Probe entnommen am: 11.08.21



Wassergehalt $w =$	22.4 %
Fließgrenze $w_L =$	42.5 %
Ausrollgrenze $w_P =$	22.3 %
Plastizitätszahl $I_P =$	20.2 %
Konsistenzzahl $I_C =$	0.76
Anteil Überkorn $\ddot{u} =$	17.8 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} =$	0.0 %
Korr. Wassergehalt $=$	27.3 %



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Kirchensall
 BG Rainle II

Bearbeiter: Zä

Datum: 19.08.21

Prüfungsnummer: 31977-1

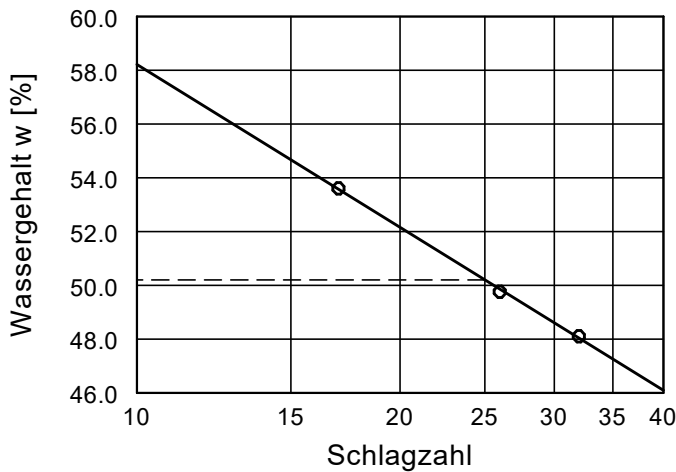
Entnahmestelle: RKS 6

Tiefe: 1,7 - 2,2 m

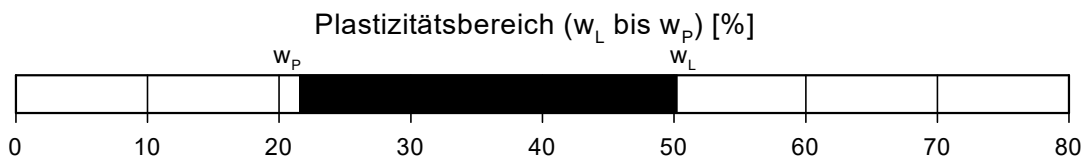
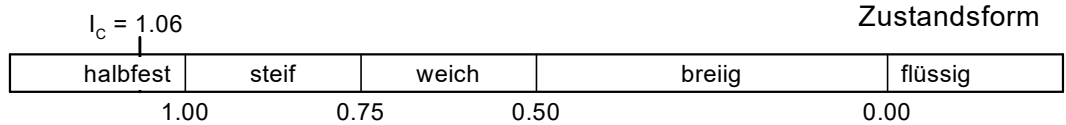
Art der Entnahme: gestört / RKS

Bodenart: feinkörnig

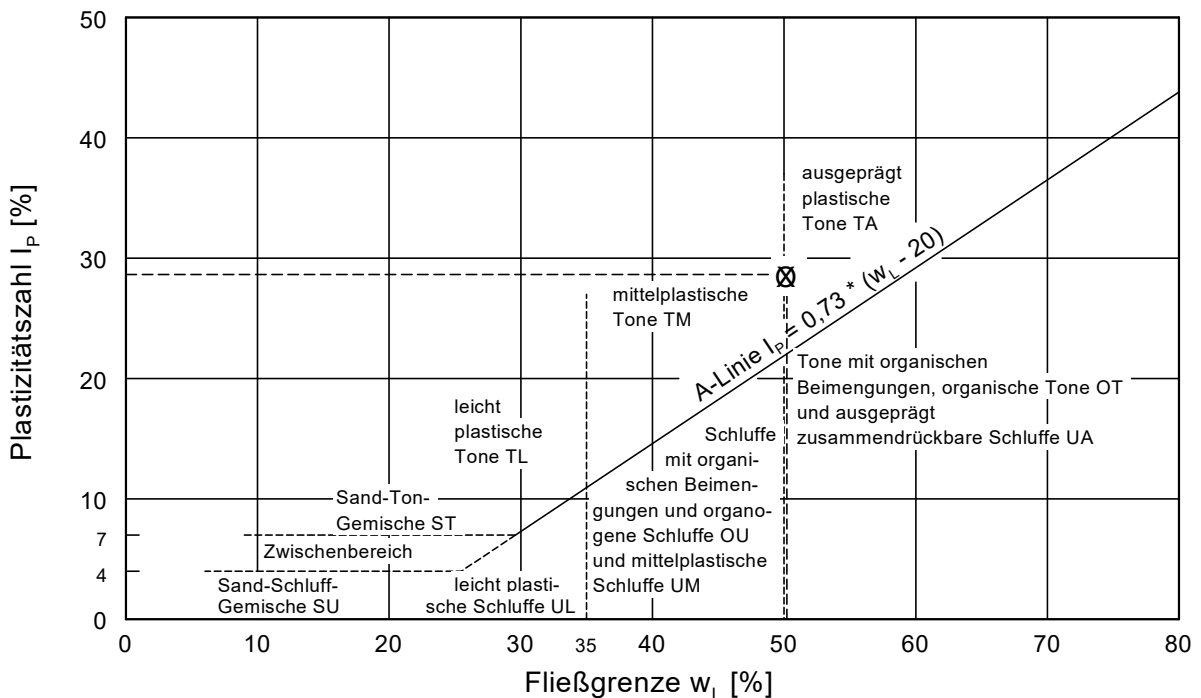
Probe entnommen am: 11.08.21



Wassergehalt w =	18.6 %
Fließgrenze w_L =	50.2 %
Ausrollgrenze w_P =	21.6 %
Plastizitätszahl I_P =	28.6 %
Konsistenzzahl I_C =	1.06
Anteil Überkorn \ddot{u} =	5.6 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	0.0 %
Korr. Wassergehalt =	19.7 %



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Kirchensall
 BG Rainle II

Bearbeiter: Zä

Datum: 19.08.21

Prüfungsnummer: 31977-1

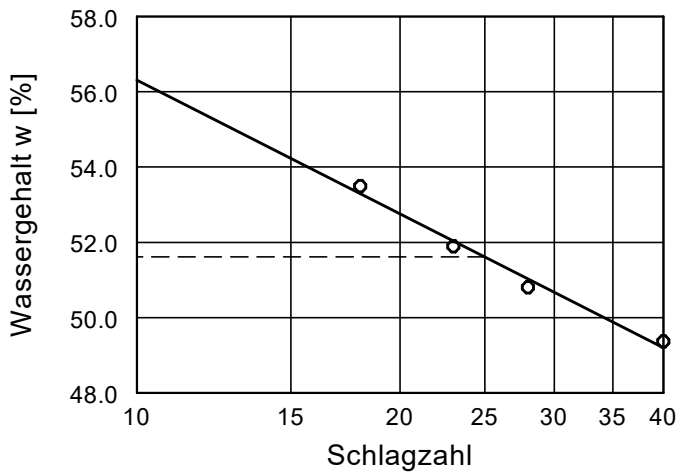
Entnahmestelle: RKS 8

Tiefe: 0,5 - 1,2

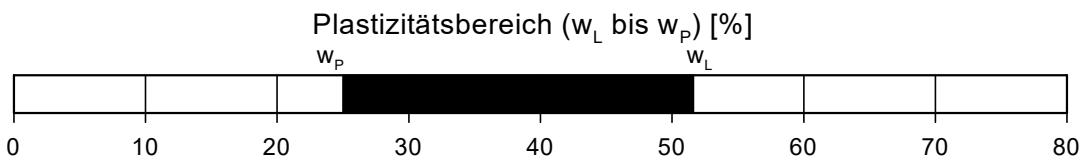
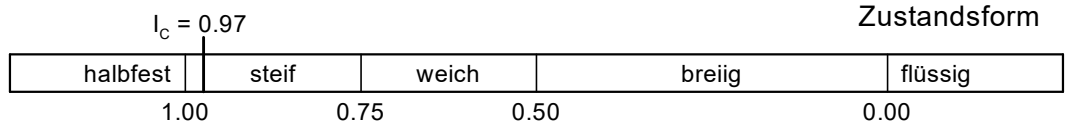
Art der Entnahme: gestört / RKS

Bodenart: feinkörnig

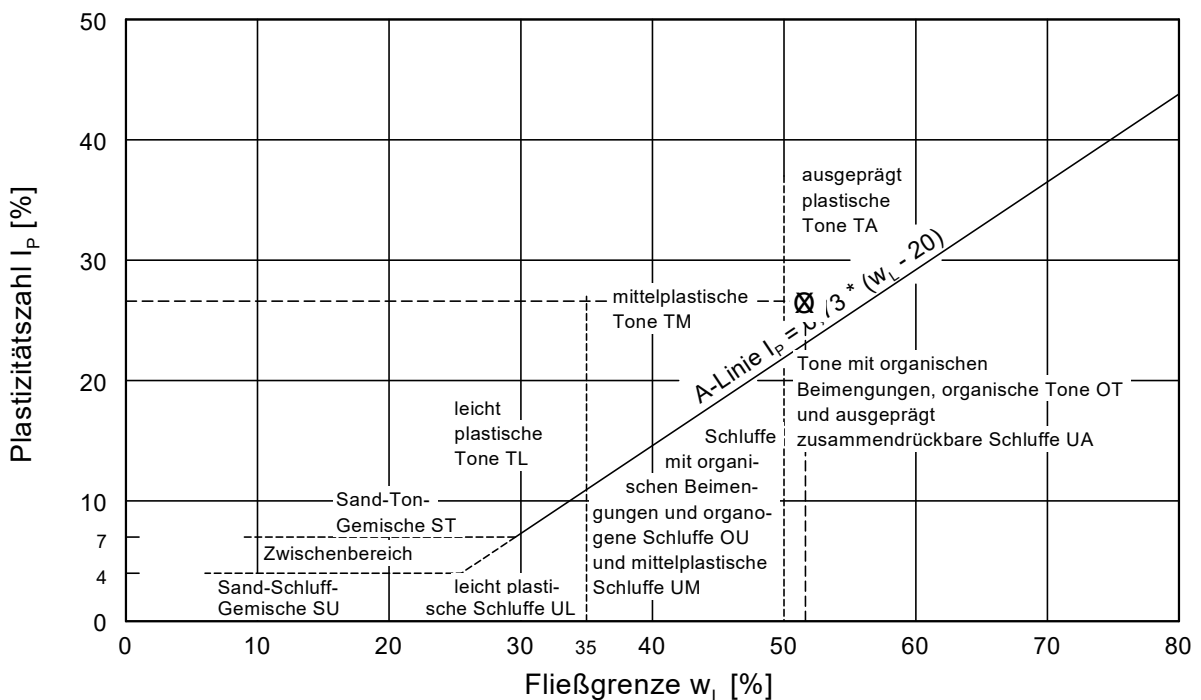
Probe entnommen am: 11.08.21



Wassergehalt w =	24.9 %
Fließgrenze w_L =	51.6 %
Ausrollgrenze w_P =	25.0 %
Plastizitätszahl I_P =	26.6 %
Konsistenzzahl I_C =	0.97
Anteil Überkorn \ddot{u} =	3.1 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	0.0 %
Korr. Wassergehalt =	25.7 %



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 17892-12

Kirchensall
 BG Rainle II

Bearbeiter: Zä

Datum: 19.08.21

Prüfungsnummer: 31977-1

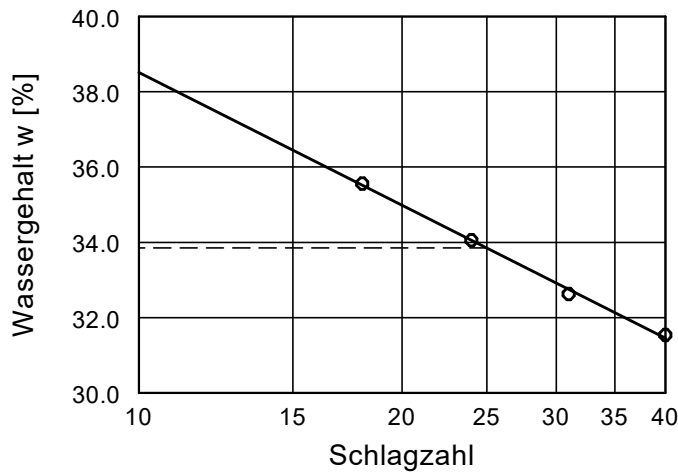
Entnahmestelle: RKS 14

Tiefe: 0,25 - 1,3

Art der Entnahme: gestört / RKS

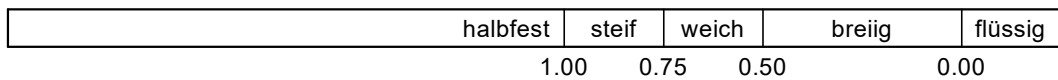
Bodenart: feinkörnig

Probe entnommen am: 11.08.21

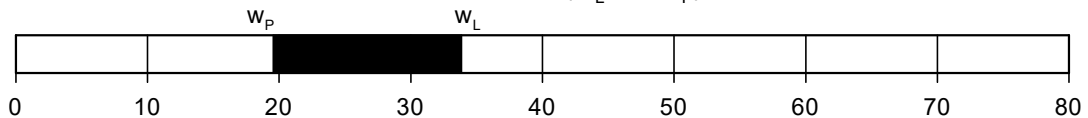


Fließgrenze $w_L = 33.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 19.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 14.3 \%$

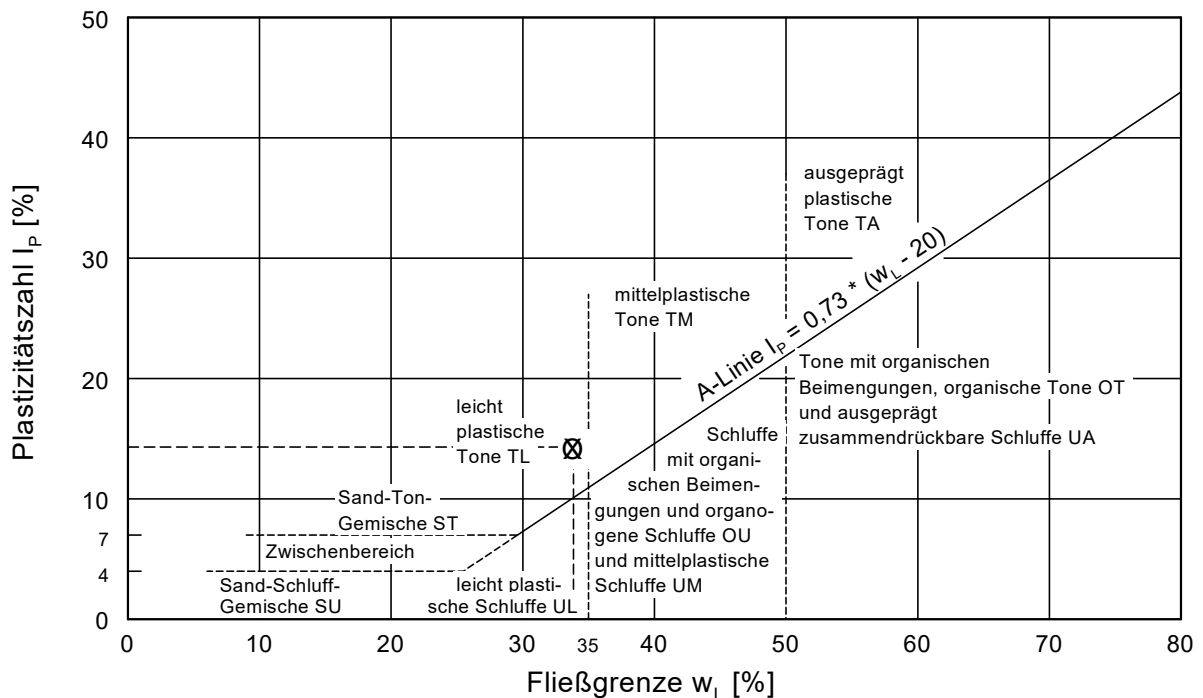
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Kirchensall
 BG Rainle II

Bearbeiter: Zä

Datum: 19.08.21

Prüfungsnummer: 31977-1

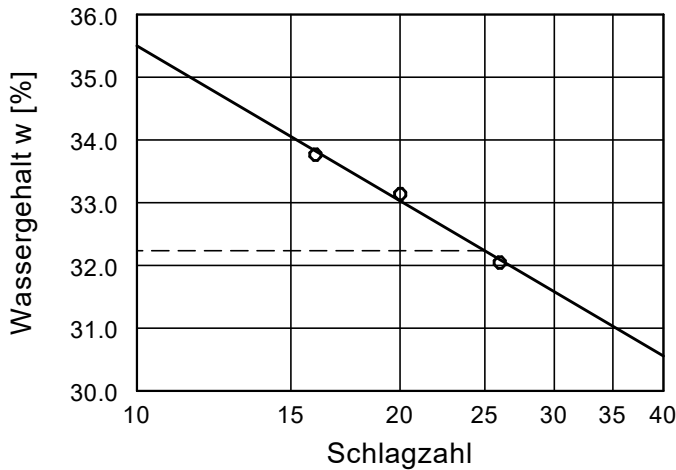
Entnahmestelle: RKS 14

Tiefe: 1,3 - 2,6 m

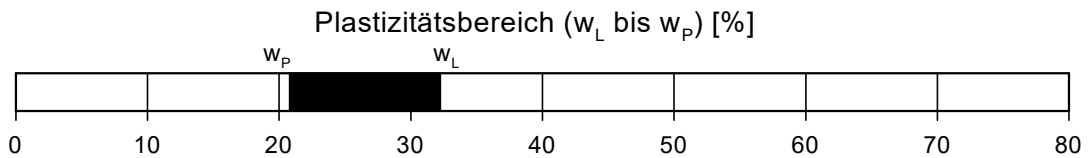
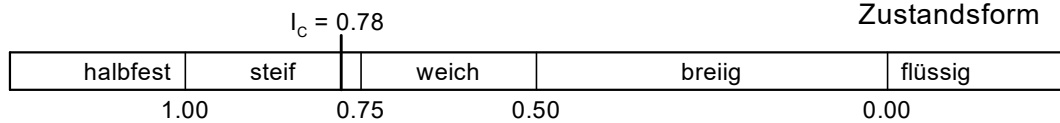
Art der Entnahme: gestört / RKS

Bodenart: bindig

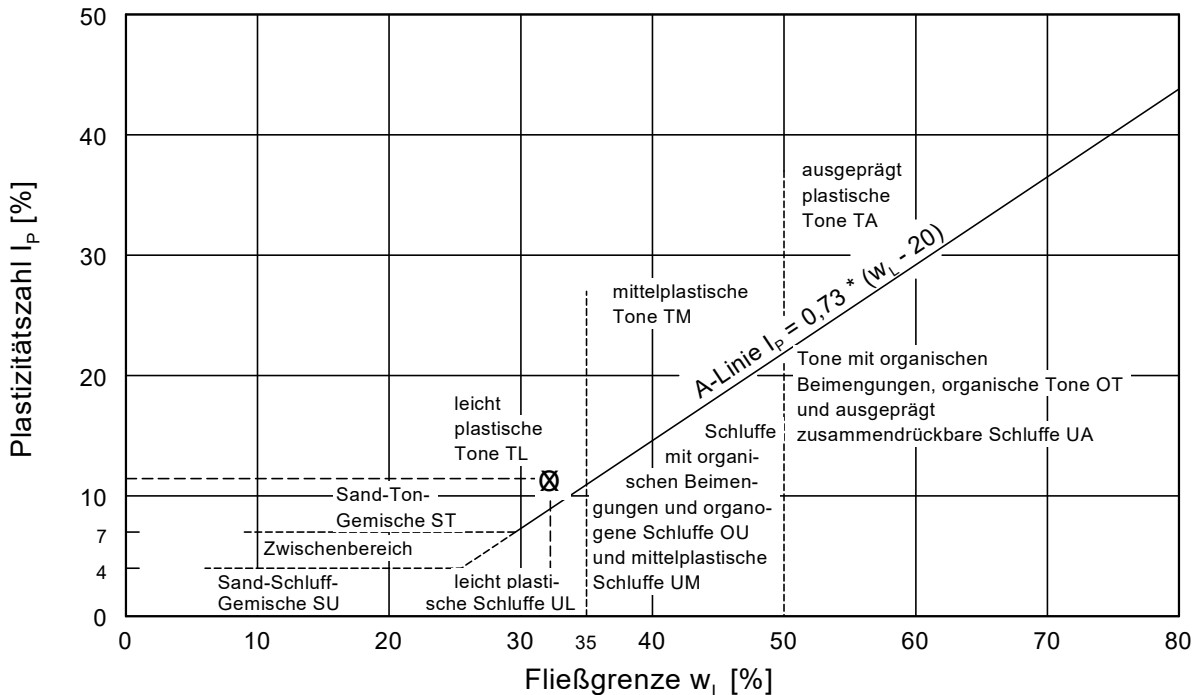
Probe entnommen am: 11.08.21



Wassergehalt w =	23.0 %
Fließgrenze w_L =	32.2 %
Ausrollgrenze w_p =	20.8 %
Plastizitätszahl I_p =	11.4 %
Konsistenzzahl I_c =	0.78
Anteil Überkorn \ddot{u} =	1.4 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	0.0 %
Korr. Wassergehalt =	23.3 %



Plastizitätsdiagramm



Institut für Baustoffprüfung GmbH

Bössingerstr. 23

74 243 Langenbrettach 2

fon: 07946-944980 fax: 07946-9449810

Bearbeiter: RB/Zä

Datum: 17.08.21

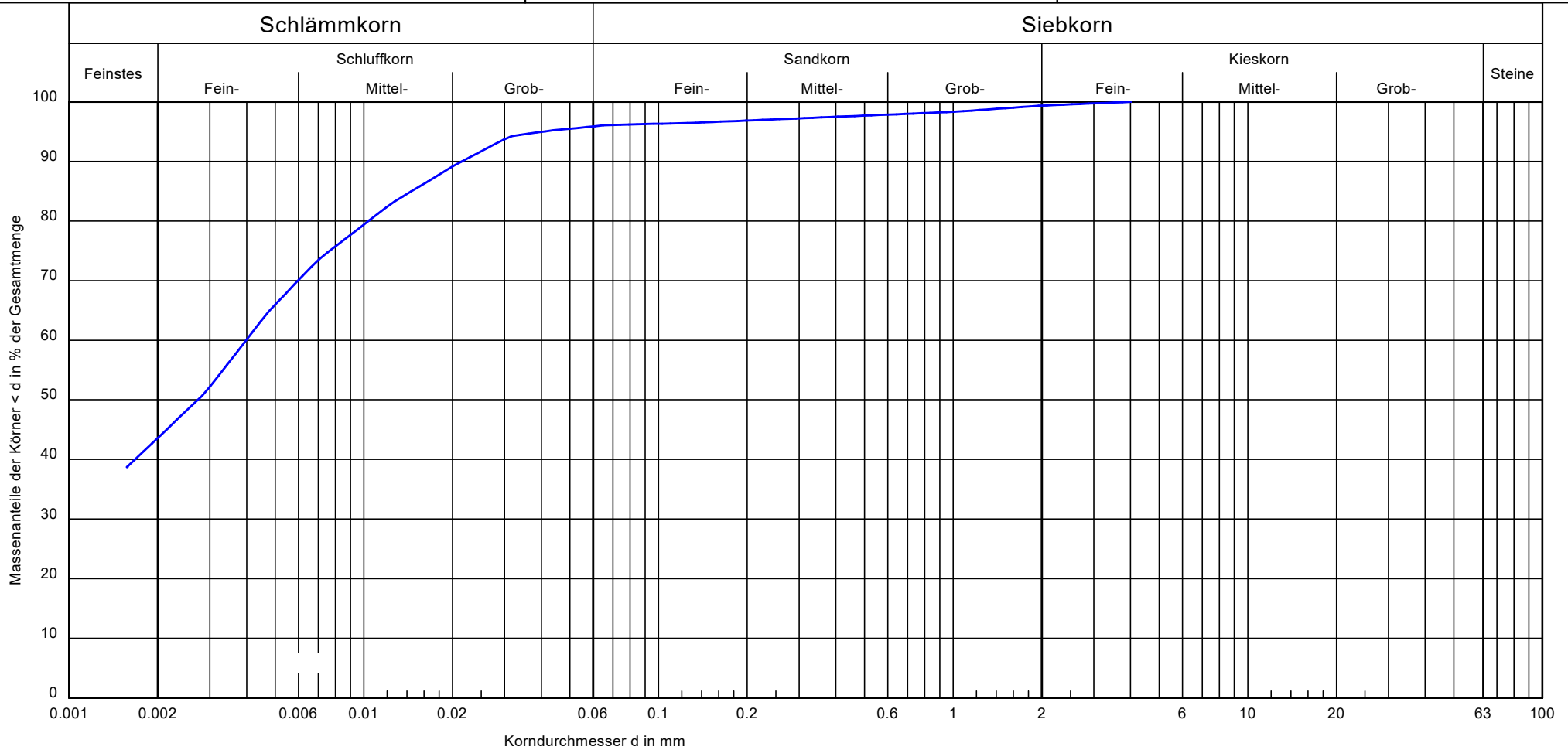
Körnungslinie

Kirchensall

BG Rainle II

Prüfungsnummer: 31977-1

Probe entnommen am: 11.08.21



Bezeichnung:	RKS 8 / 0,5 - 1,2	Bemerkungen:	Bericht: 31977-1 Anlage:
Bodenart:	U, T		
U/Cc	-/-		
T/U/S/G [%]:	43.6/52.4/3.4/0.6		

Institut für Baustoffprüfung GmbH

Bössingerstr. 23

74 243 Langenbrettach

fon: 07946-944980 fax: 07946-9449810

Bearbeiter: RB/Zä

Datum: 17.08.21

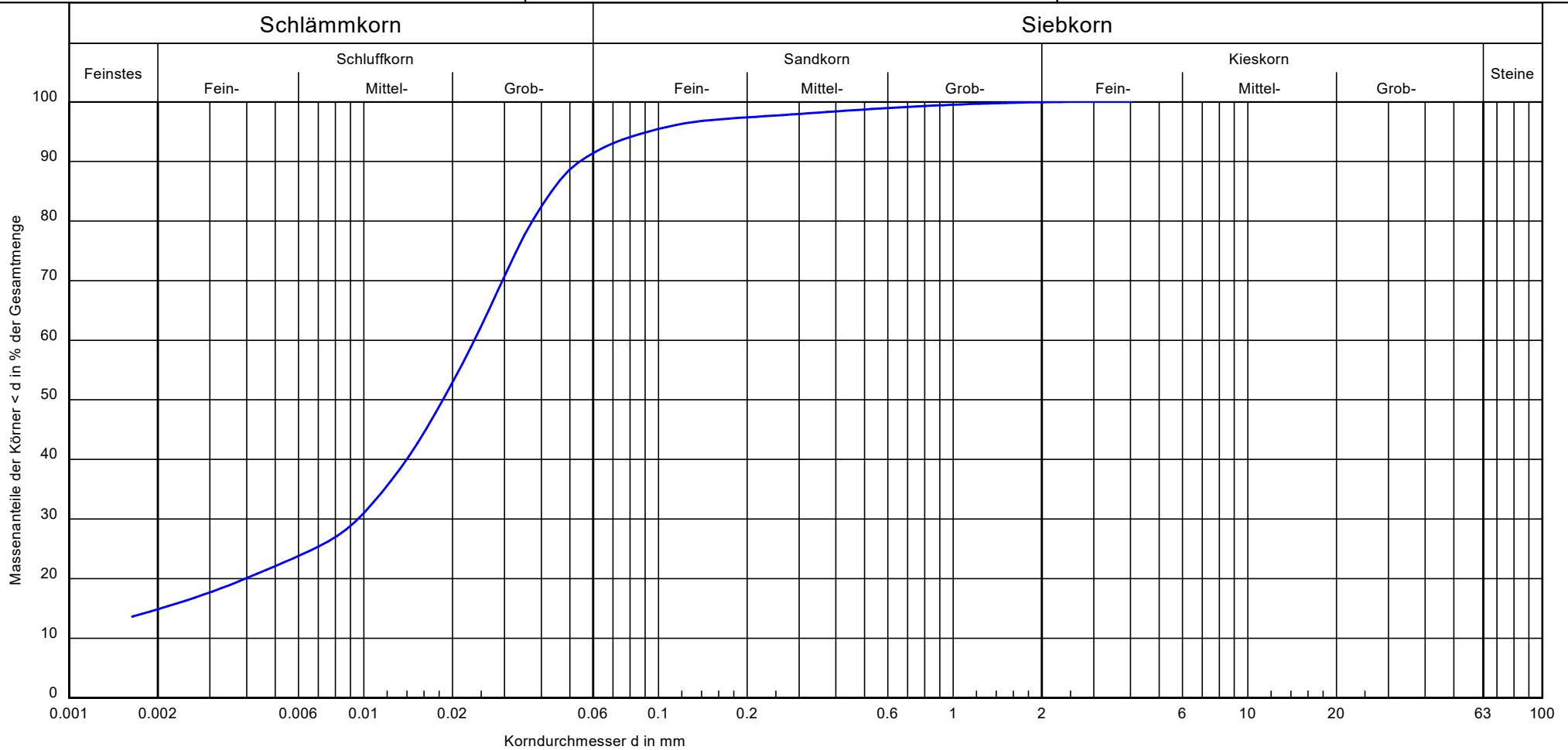
Körnungslinie

Kirchensall

BG Rainle II

Prüfungsnummer: 31977-1

Probe entnommen am: 11.08.21



Bezeichnung:	RKS 14 / 0,25 - 1,3	Bemerkungen:	Bericht: 31977-1 Anlage:
Bodenart:	U, t', s'		
U/Cc	-/-		
T/U/S/G [%]:	14.9/77.1/8.0/0.0		

Institut für Baustoffprüfung GmbH

Bössingerstr. 23

74 243 Langenbrettach

fon: 07946-944980 fax: 07946-9449810

Bearbeiter: RB/Zä

Datum: 17.08.21

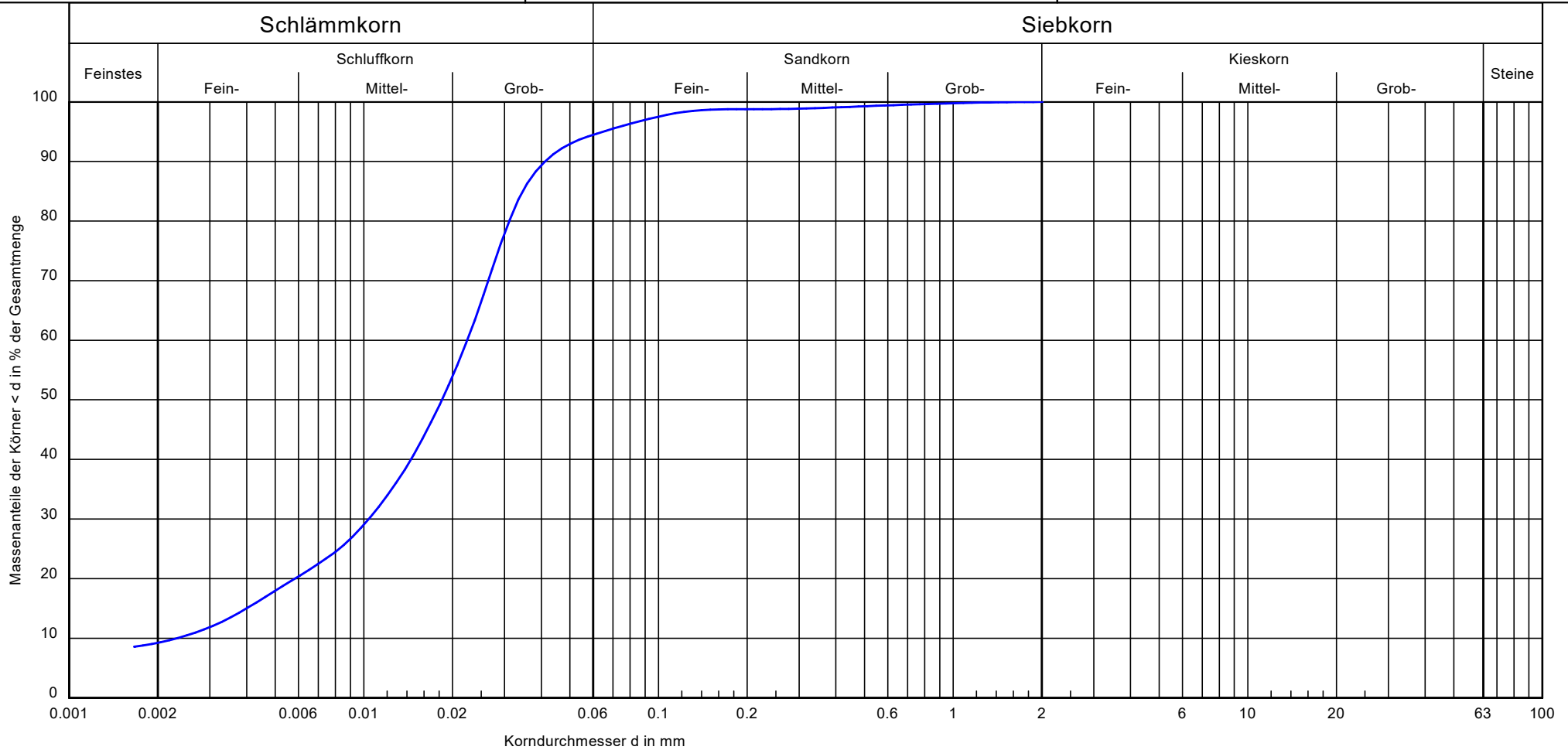
Körnungslinie

Kirchensall

BG Rainle II

Prüfungsnummer: 31977-1

Probe entnommen am: 11.08.21



Bezeichnung:	RKS 14 / 1,3 - 2,6	Bemerkungen:	Bericht: 31977-1 Anlage:
Bodenart:	U, t', s'		
U/Cc	9.7/2.1		
T/U/S/G [%]:	9.2/85.6/5.2/ -		