

Geotechnischer Bericht Baugrunduntersuchungen

Projekt-Nr. 17265-bgr-01

**Projekt: KRÖGELSTEIN Baugebiet
Erschließung und Bebaubarkeit**

**Auftraggeber: HD Bau Gewerbe GmbH
Pfarrer-Müller-Straße 7
91275 Auerbach-Michelfeld**

Bearbeiter: Nadine Hoffmann, M.Sc.

Bayreuth, den 14.09.2021

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Vorbemerkung	3
2. Unterlagen	3
3. Lage und Geologie	4
4. Bauvorhaben	5
5. Baugrund	5
5.1 Aufbau	5
5.2 Hydrologie	7
6. Kenngrößen der Böden	7
6.1 Laborversuche an Bodenproben	7
6.2 Charakteristische Bodenkenngrößen	8
6.3 Bodenproben nach LAGA und DepV	9
7. Homogenbereiche	10
7.1 Festlegung der Homogenbereiche	10
7.2 Homogenbereich O1	11
7.3 Homogenbereich B1	12
7.4 Homogenbereich X1	13
7.5 Homogenbereich X2	14
8. Straßenbau	14
8.1 Bemessung nach RStO	14
8.2 Planum - Erdbau	15
9. Rohrleitungsbau	17
10. Allgemeine Bebaubarkeit	18
11. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten	19
12. Baumaßnahmen	20
13. Bauüberwachung und Abnahme	21
14. Zusammenfassung	21

Anlage 1:	Lageplan
Anlagen 2.1 bis 2.4:	Schnitte
Anlagen 3.1 bis 3.5:	Bodenmechanische Laborversuche
Anlagen 4.1 bis 4.5:	Chemische Bodenanalysen nach LAGA und DepV

1. Vorbemerkung

Die HD-Bau Gewerbe GmbH, Michelfeld, beabsichtigt im Süden von Krögelstein die Erschließung eines neuen Baugebiets und beauftragte daher das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und zu Baugrund und Gründung von bodenmechanischer und gründungstechnischer Seite Stellung zu nehmen.

Mit diesem Bericht werden die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen zusammenfassend dargestellt.

2. Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden im Wesentlichen die folgenden Unterlagen verwendet:

- Geologische Karte von Bayern M 1 : 25 000
Blatt 6033 Hollfeld
- Digitale Hydrogeologische Karte M 1 : 100.000 (dHK100)
- Standortauskunft Geogefahren des UmweltAtlas Bayern
- Vom der HD-Bau GmbH, Michelfeld:
Bebauungsplan Krögelstein IV Vorentwurf 1 ohne Maßstab (Stand:13.08.2021)
- Ergebnisse von Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen, Sickerversuchen und Laborversuchen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth
- Ergebnisse von chemische Analysen der Agrolab Labor GmbH, Bruckberg
- Ergebnisse von Ortsbesichtigungen und Besprechungen zwischen Vertretern des Auftraggebers und dem Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder

3. Lage und Geologie

Der Standort für das neue Baugebiet liegt im Süden von Krögelstein, Gemeinde Hollfeld, auf den beiden Grundstücken Flurnummern 1219 und 1225, Gemarkung Krögelstein. Die beiden Flächen werden durch die Kreisstraße BT 39 getrennt. Insgesamt umfasst die Baumaßnahme eine Fläche von rund 23.000 m². Derzeit ist das Gebiet unbefestigt und wird landwirtschaftlich genutzt.

Die Geländeoberfläche fällt großräumig in Richtung Südosten hin ab. Im Untersuchungsgebiet weist die Geländeoberfläche daher Höhenunterschiede von rund fünf Metern auf.

Unter oberflächennahen Deckschichten sind entsprechend der **Geologischen Karte** im Baubereich zunächst **Lehme** mit wechselnden Sandbeimengungen aus dem Quartär zu erwarten. Darunter folgen bis in bautechnisch interessierende Tiefen die Bankkalke der **Oberen Kimmeridge-Schichten** (Malm Epsilon) aus der Formation des Juras. Die Bankkalke lagern flach den Riffdolomiten auf. Der Dolomit neigt zur Verkarstung, d. h. zur Bildung von Dolinen verschiedenster Form und Größe. Zur Oberfläche hin sind die Festgesteine bis in wechselnde Tiefen unterschiedlich stark verwittert.

Eine tektonische Störungszone ist im unmittelbaren Baubereich nicht ausgewiesen.

Gemäß der Standortauskunft zu den **Geogefahren** des vom Bayerischen Landesamt für Umwelt zur Verfügung gestellten UmweltAtlas liegen in einer Entfernung von rund einen Kilometer mehrere Gefahrenhinweise für Erdfälle/Dolinen vor.

Gemäß der **Hydrogeologischen Karte** bilden die im Untersuchungsgebiet anstehenden Lockergesteine einen Porengrundwasserleiter mit meist geringen bis mäßigen Durchlässigkeiten. Die Festgesteine des Malms sind als Kluft—Karst-Grundwasserleiter mit mäßigen bis mittleren, je nach Verkarstung örtlich auch stark wechselnden oder hohen Gebirgsdurchlässigkeiten und Ergiebigkeiten ausgewiesen.

Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 gehört Krögelstein zu keiner ausgewiesenen **Erdbebenzone**.

4. Bauvorhaben

Zur Erschließung des Baugebiets sind der Neubau von zwei Erschließungsstraßen sowie die Verlegung von Ver- und Entsorgungsleitungen vorgesehen. Der frostsichere Oberbau der Erschließungsstraße wird nach den RStO 12 bemessen. Hinsichtlich der Nutzung sind die Straßen unter Berücksichtigung der Tabelle 2 der RStO als Wohnwege oder Wohnstraßen und dementsprechend voraussichtlich in die Belastungsklasse Bk0,3 einzustufen. Genaue Angaben liegen hierzu jedoch nicht vor. Das auf diesen Flächen anfallende Niederschlagswasser soll nach Möglichkeit auf den Grundstücken versickert werden.

Zur Vermessung der Aufschlüsse in Lage und Höhe wurde ein Global Positioning System (GPS) verwendet.

5. Baugrund

5.1 Aufbau

Der Untergrund wurde insgesamt durch acht Kleinrammbohrungen (KRB) sowie drei Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) erkundet (s. Lageplan Anlage 1). Die Ergebnisse sind entsprechend den Kennzeichnungen der DIN 4023 in vier Schnitten (s. Anlagen 2.1 bis 2.5) dargestellt.

Vereinfachend kann der Untergrund in den Bohrungen in zwei Horizonte eingeteilt werden: Deckhorizont und Kalksteinhorizont.

Unter einer etwa 20 cm bis 30 cm dicken Mutterbodenschicht wurden zunächst die jungzeitlichen Böden des **Deckhorizonts** angetroffen. Dabei handelt es sich um eine Wechsellagerung von Tonen und Schluffen mit stark bindigen Sanden von brauner Färbung. Die bindigen Böden besitzen wechselnde Konsistenzen von weich über steif bis halbfest.

Die **Untergrenzen des Deckhorizonts** wurden in den Bohrungen in folgenden Tiefen unter der Geländeoberfläche angetroffen:

Aufschluss	Untergrenze Deckhorizont
KRB1	1,70 m (434,20 m NN)
KRB2	0,70 m (436,20 m NN)
KRB3	2,70 m (435,55 m NN)
KRB4	4,70 m (435,10 m NN)
KRB5	3,80 m (4,35,05 m NN)
KRB6	4,00 m (433,75 m NN)
KRB7	nicht erreicht
KRB8	nicht erreicht

Darunter folgen dann die Verwitterungsböden und Festgesteine des **Kalksteinhorizonts**. Die Verwitterungsböden bestehen aus grauen, kiesigen Sanden. Mit den Endtiefen der Bohrungen wurden bereichsweise graue Kalksteine angetroffen. Ein weiterer Rammfortschritt war hier nicht mehr möglich. Erfahrungsgemäß handelt es sich hierbei nicht zwingen um den Übergang zur festen Felszone, sondern möglicherweise um größere Kalksteine innerhalb der Verwitterungszone.

Durch die **Sondierungen mit der schweren Rammsonde** werden die vorliegenden Aufschlüsse ergänzt. Erfahrungsgemäß kann bei den hier anstehenden Böden ab einer Schlagzahl von fünf Schlägen pro 10 cm Eindringung der Sondierspitze von einer mittleren Lagerungsdichte der Sande und Kies bzw. einer vergleichbaren Festigkeit der bindigen Böden ausgegangen werden.

Die Sondierungen zeigen im Bereich des Deckhorizonts nur geringe Schlagzahlen, was auf eine lockere Lagerung bzw. eine überwiegend weiche bis steife Konsistenz der Böden hinweist. Mit dem Erreichen der Verwitterungszone steigen die Schlagzahlen an. Der zum Teil sprunghafte Anstieg ist auf zwischengelagerte Kalksteine zurückzuführen.

Abweichungen und Besonderheiten sind in Schichtinhomogenitäten, einem unregelmäßigen Schichtgrenzenverlauf, in wechselnden Konsistenzen der bindigen Böden sowie in wechselnden Verwitterungsintensitäten und Klüftigkeiten der anstehenden Festgesteine zu erwarten.

5.2 Hydrologie

Grundwasser wurde während der Feldarbeiten in keinem der Aufschlüsse angetroffen. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen muss jedoch mit dem Zulauf von aufstauendem Sickerwasser gerechnet werden.

6. Kenngrößen der Böden

6.1 Laborversuche an Bodenproben

Zur Ermittlung der bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrunds wurden fünf Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN ISO 22 475 entnommen und im eigenen Baugrundlabor hinsichtlich bodenmechanischer Parameter untersucht. An diesen Proben wurden fünf Sieb-Schlämmanalysen und drei Plastizitätsversuche durchgeführt. Zudem wurden die Wassergehalte der Proben bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Anlagen 3.1 bis 3.5 zusammenfassend dargestellt.

Die kombinierten **Sieb-Schlämmanalysen** kennzeichnen drei feinkörnige Tone sowie zwei feinkörnige Schluffe mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm von rund 84 % bis 90 %.

Die **Wassergehaltsbestimmungen** ergaben Werte zwischen 15,8 % und 21,8 %.

Der **Plastizitätsversuch an den Tonen** ergab Fließgrenzen von 29,2 % bis 33,8 % sowie Ausrollgrenzen von 15,5 % bis 19,2 %. Mit dem natürlichen Wassergehalt errechnen sich somit Plastizitätszahlen von 12,4 % bis 18,3 %. Die Konsistenzbestimmung ergab Werte vom 0,81 bis 0,93. Es handelt sich bei den untersuchten Proben demnach um drei leicht plastische Tone von steifer Konsistenz.

Die Böden gehören nach DIN 18 196 zu den Bodengruppen TL und UL. Diese sind als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F3) einzustufen.

Die untersuchten Böden liegen außerhalb des Gültigkeitsbereichs der empirischen Formeln von BEYER. Erfahrungsgemäß besitzen diese feinkörnigen Böden geringe bis sehr geringe Durchlässigkeiten ($k_f \leq 10^{-7}$ m/s).

6.2 Charakteristische Bodenkenngrößen

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse können erfahrungsgemäß vereinfachend die folgenden charakteristischen Bodenkenngrößen angesetzt werden:

Deckhorizont (Tone + Schluffe, weich)

Feuchtwichte	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 25,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 3 \text{ bis } 5 \text{ MN/m}^2$

Deckhorizont (Tone + Schluffe, steif)

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 27,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 5 \text{ bis } 7 \text{ MN/m}^2$

Deckhorizont (Sande und Tone, halbfest)

Feuchtwichte	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel bzw. Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 30,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 10 \text{ bis } 20 \text{ MN/m}^2$

Verwitterungszone

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi = 32,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 20 \text{ bis } 30 \text{ MN/m}^2$

Diese Größen sind für erdstatische Berechnungen zu verwenden.

6.3 Bodenproben nach LAGA und DepV

Zur Abschätzung der möglichen Wiederverwertungs- bzw. Entsorgungswege wurden im Zuge der Baugrunduntersuchungen zusätzliche Bodenproben aus den angetroffenen Böden gewonnen. Aus den Einzelproben wurde pro Grundstück eine Mischprobe hergestellt. Diese zwei Mischproben wurden der AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, zur Analyse auf die Parameter der LAGA-Richtlinie sowie der Deponieverordnung (DepV) überstellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Anlagen 4.1 bis 4.5 dargestellt.

In der folgenden Tabelle sind die Entnahmepunkte und –tiefen sowie die Einstufung gemäß der LAGA-Richtlinie sowie der Deponieverordnung entsprechend den vorliegenden, stichprobenartigen Ergebnissen zusammengefasst:

Probenbezeichnung	Aufschluss und Entnahmetiefe	Einstufung gemäß LAGA	Einstufung gemäß DepV
MP1 (Flurnr. 1225)	KRB1 (0,4-0,6 m) KRB2 (0,4-0,6 m) KRB7 (1,4-1,6 m) KRB8 (1,7-2,0 m)	Z0	DK0
MP2 (Flurnr. 1219)	KRB3 (0,4-0,6 m) KRB4 (0,5-0,7 m) KRB5 (1,5-1,8 m)	Z0	DK0

In den beiden untersuchten Mischproben wurden keine Überschreitungen der Z0-Zuordnungswert festgestellt. Sollten sich die Ergebnisse bei repräsentativen Beprobung bestätigen, wäre das Material als **Z0-Material nach der LAGA-Richtlinie** einzustufen. An einen offenen Wiedereinbau wären dann keine besonderen Bedingungen geknüpft.

Hinsichtlich den Richtlinien der **Deponieverordnung** wird in der Mischprobe MP2 der DK0-Zuordnungswert für den Gesamtgehalt an gelösten Stoffen überschritten. Alle übrigen Parameter der Mischprobe MP2 sowie alle Parameter der Mischprobe MP1 sind unauffällig. Entsprechend der Fußnote 12 Tabelle 2 des Anhangs 3 der Deponieverordnung können die Parameter Chlorid, Sulfat und Gesamtgehalt gelöster Feststoffe gleichwertig zueinander angewandt werden. Demnach ist eine Ablagerung auf einer DK0-Deponie möglich, wenn zwei der Parameter die DK0-Bedingungen einhalten. Dies ist hier der Fall. Anhand dieser Ergebnisse wäre, vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung, eine Ablagerung des gesamten Aushubs auf einer **Deponie der Klasse DK 0 oder höher** möglich.

Da es sich bislang nur um **stichprobenartige Ergebnisse** handelt, kann eine endgültige Beurteilung hinsichtlich der Wiederverwertung bzw. der Entsorgung jedoch erst nach dem Aushub und einer repräsentativen Beprobung entsprechend der anfallenden Kubatur erfolgen. Die Untersuchungen dienen lediglich als Planungs- und Ausschreibungsgrundlage. Für eine fachgerechte Entsorgung gemäß den gültigen Regelwerken ist dieser Analysenumfang nicht ausreichend.

7. Homogenbereiche

7.1 Festlegung der Homogenbereiche

Die Einteilung der Homogenbereiche erfolgt vorläufig auf Grundlage des aktuellen Planungsstands. Sollten sich im Verlauf der weiteren Planungsphase bzw. der Bauausführung Änderungen ergeben ist die Einteilung der Homogenbereiche erneut zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen. Im Falle von maßgeblichen Änderungen der Bauausführung können weitere Untersuchungen bzw. die Fortschreibung der Homogenbereiche notwendig werden.

Bei der Bezeichnung der Homogenbereiche sind die Buchstaben B (überwiegend Boden), X (überwiegend Fels) und O (überwiegend Mutterboden) zu verwenden. Zudem werden die Homogenbereiche nummeriert.

Die HD-Bau Gewerbe GmbH, Michelfeld, beabsichtigt im Süden von Krögelstein die Erschließung eines neuen Baugebiets. Im Baubereich stehen unter den Mutterbodenschichten eine Wechsellagerung von Tonen und Sanden an. Darunter folgen die Verwitterungsböden und Festgesteine der Malmkalksteine.

Aus den durchgeführten Aufschlüssen ergibt sich auf Grund der Bearbeitbarkeit die folgende Einteilung der Homogenbereiche nach DIN 18 300:2019-09 Erdarbeiten:

Homogenbereich	Bodenschicht	Benennung
O1	Oberboden	-
B1	quartäre Deckschichten und Verwitterungsböden	Tone, Schluffe, Sande, Kies
X1	Kalksteine des Malms	Kalkstein, mürb bis mäßig hart
X2	Kalksteine des Malms	Kalkstein, hart

Aufgrund der stichprobenhaften Probenentnahme sind Abweichungen in den Eigenschaften und Kennwerten innerhalb der einzelnen Homogenbereiche grundsätzlich möglich. Um die Böden besser beschreiben zu können, werden zudem noch die Bodenklassen entsprechend der alten DIN 18 300:2012-09 mit angegeben. Zur Einstufung der Homogenbereiche während der Arbeiten stehen wir gerne zur Verfügung.

7.2 Homogenbereich O1

Der Mutterboden wird in den Homogenbereich O1 eingeteilt und wurde im Baubereich mit durchschnittlichen Dicken von rund 20 cm bis 30 cm angetroffen. Gemäß der ehemaligen DIN 18300:2012-09 entsprach der Mutterboden der Bodenklasse 1.

7.3 Homogenbereich B1

Die anstehenden Lockergesteine werden in den Homogenbereich B1 eingeteilt Die Böden des Homogenbereiches B1 können mit üblichen Hydraulikbaggern gut gelöst werden.

Die Eigenschaften und Kennwerte des Homogenbereichs B1 wurden im Rahmen der Felduntersuchungen sowie anhand von bodenmechanischen Versuchen im hauseigenen Labor ermittelt und werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Eigenschaften und Kennwerte für Boden (Auszug) nach VOB/C	
Ortsübliche Bezeichnung	Deckschichten, Verwitterungsböden
Bodengruppen	TL, UL (Versuchswerte) TM,UM, SU*, GU* (Erfahrungswerte)
Korngrößenverteilung [%]	s. Körnungslinien Anlage 3.1 und 3.2
Massenanteile Steine [%]	0 bis 20
Wassergehalt [%]	15,8 bis 21,8 (Versuchswerte)
Lagerungsdichte	locker, mitteldicht
Konsistenz	weich, steif, halbfest (Feldversuch)
Plastizitätszahl [%]	12,4 bis 18,3 (Versuchswerte)
Konsistenzzahl [-]	0,81 bis 0,93(Versuchswerte)
Undrained Scherfestigkeit [kN/m²]	Erfahrungswerte: weiche bindige Böden 25 bis 50 steife bindige Böden 50 bis 100 halbfeste bindige Böden 100 bis 200
Organischer Anteil [%]	keine organoleptischen Hinweise
vorläufige Einstufung gemäß LAGA (s. Kap. 6.3)	Z0, DK 0

Entsprechend der ehemaligen DIN 18 300:2012-09 wären die Böden des Homogenbereichs B1 in die Bodenklasse 3 bis 5 (leicht bis schwer lösbare Böden) eingeteilt worden.

7.4 Homogenbereich X1

Bei den Aushubarbeiten ist mit dem Antreffen von Kalksteinen- bzw. Kalksteinbänken zu rechnen. Diese werden in den Homogenbereich X1 eingeteilt. Die können voraussichtlich zum Großteil mit einem großen Hydraulikbagger noch gelöst werden. Bereichsweise können aber auch bereits besondere Maßnahmen zum Lösen der Felszonen, wie zum Beispiel das Zerkleinern durch Fräsen oder Stemmen, notwendig werden.

Für den Homogenbereich X1 können die folgenden Eigenschaften und Kennwerte angegeben werden:

Eigenschaften und Kennwerte für Fels (Auszug) nach VOB/C	
Ortsübliche Bezeichnung	Kalksteine des Malms
Benennung	Karbonat-Gesteine
Rohdichte [g/cm³]	2,4 bis 2,8 (Erfahrungswert)
Verwitterung und Veränderung	verfärbt bis frisch (nach Tabelle 2 DIN EN ISO 14689-1)
Veränderlichkeit des Gesteins	nicht veränderlich (nach Tabelle 3 DIN EN ISO 14689-1)
Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m²]	10 bis 80 (Erfahrungswert)
Trennflächenabstand	ca. 10 cm bis 60 cm engständig bis mittelständig (nach Tabelle 8 DIN EN ISO 14689-1)
Gesteinskörperform	Tafelförmig (nach Tabelle 10 DIN EN ISO 14689-1)

Entsprechend der ehemaligen DIN 18 300:2012-09 wären die Festgesteine des Homogenbereichs X1 in die Felsklasse 6 (leicht lösbarer Fels) eingeteilt worden.

7.5 Homogenbereich X2

Der Homogenbereich X2 wurde in den Bohrungen nicht aufgeschlossen. Unterhalb der Aufschlussendtiefen ist jedoch das Auftreten von härteren, massigen Festgesteinen möglich.

Aufgrund der geologischen Gegebenheiten kann daher nur eine Abschätzung von den eventuell auftretenden Gesteinen erfolgen. Nachdem es sich auch hier um den Kalksteine des Malms handelt, entspricht die allgemeine Beschreibung der Tabelle für den Homogenbereich X1. Die Gesteine des Homogenbereichs X2 weisen jedoch ein höhere Druckfestigkeit sowie größere Trennflächenabstände auf, sodass das ein erhöhte Aufwand zum Lösen der Gesteine notwendig wird. Kalksteine ab einer Druckfestigkeit von größer 12,5 MN/m², deren durch Trennflächen begrenzte Gesteinskörper einen Rauminhalt von mehr als 0,1 m³ aufweisen, werden in den Homogenbereich X2 eingeteilt.

Entsprechend der ehemaligen DIN 18 300:2012-09 sind die Festgesteine des Homogenbereichs X2 der Bodenklasse 7 (schwer lösbarer Fels) zuzuordnen.

8. Straßenbau

8.1 Bemessung nach RStO

Die Dicke des frostsicheren Oberbaus der **Erschließungsstraßen** bestimmt sich nach den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“. Informationen zur Einteilung der Straße in eine Belastungsklasse liegen und derzeit noch nicht vor. Unter Berücksichtigung der Tabelle 2 der RStO 12 wird zunächst von der Einstufung als Wohnweg bzw. Wohnstraße und in die Belastungsklasse Bk0,3 ausgegangen.

Im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums stehen überwiegend frostempfindliche Tone und Schluffe sowie stark bindige Sande an. Wir raten daher, hier einheitlich von der Frostempfindlichkeitsklasse F3 auszugehen.

Für die Verkehrsflächen wird bei der Einteilung in die Belastungsklassen Bk0,3 und in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm erforderlich.

Gemäß der Tabelle 7 der RStO 12 sind folgende Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse zu berücksichtigen:

Frosteinwirkung: Zone III + 15 cm

Für die Verkehrsflächen resultiert daraus eine **erforderliche Dicke des frostsicheren Aufbaus** von:

$$50 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = \mathbf{65 \text{ cm.}}$$

Von diesen Werten kann beim Vorliegen anderer örtlicher Erfahrungen abgewichen werden.

Bei Bauweisen mit Asphalttragschichten ist auf der Oberkante der Frostschutzschicht für die Belastungsklasse Bk0,3 ein Verformungsmodul der Wiederbelastung von E_{v2} größer oder gleich 100 MPa gefordert.

8.2 Planum - Erdbau

Die Mindestanforderungen für den Verdichtungsgrad von Bodenarten im Untergrund und Unterbau sind in der Tabelle 4 der ZTV E-StB 17 genannt. Bei bindigen Böden im Erdplanum muss der Untergrund bzw. der Unterbau von Straßen im Bereich des Erdplanums einen Verdichtungsgrad von wenigstens $D_{pr} = 97 \%$ besitzen.

Bei einem Straßenoberbau mit einer ungebundenen Tragschicht bzw. Frostschutzschicht sowie bei einem vollgebundenen Oberbau auf dem gegebenen frostempfindlichen Untergrund ist auf dem Planum zudem ein Verformungsmodul E_{v2} von wenigstens 45 MPa nachzuweisen.

Im Erdplanum sind weiche bis halbfeste Tone und Schluffe zu erwarten. Auf diesen Böden können die geforderten Verformungsmoduln voraussichtlich nicht erreicht werden. Daher werden hier zusätzliche **Bodenaustausch- bzw. Bodenverbesserungsmaßnahmen** notwendig.

Die Austauschdicke hängt von den Konsistenzen der bindigen Böden ab. Im Bereich von halbfesten Böden sind Austauschdicken von 20 cm bis 30 cm zu erwarten. Die anstehenden Böden sind als stark feuchtigkeitsempfindlich anzusehen. In weichen bis steifen bindigen Böden wird eine mittlere Austauschdicke von rund 30 cm bis 40 cm erforderlich werden. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen können durch Aufweichungen größere Bodenaustauschdicken notwendig werden.

Als Bodenaustauschmaterial ist ein nichtbindiges, verdichtungswilliges und gut abgestuftes Schottermaterial, z.B. der Körnung 0/45 mm oder 0/56 mm, zu verwenden. Das Schottermaterial ist lagenweise einzubauen und fachgerecht zu verdichten

Auf den bindigen Böden ist unter dem Bodenaustausch ein Geotextil als Trennschicht zu verlegen. Entsprechend dem „Merkblatt für Geotextilien und Geogittern im Erdbau (1992)“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen ist hier ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 zu wählen.

Eine andere Möglichkeit wäre eine **Bodenverbesserung mit einem hydraulischen Bindemittel**, z. B. aus einem Kalk-Zementgemisch, auszuführen. Diese sollte in einer Lage mit einer Dicke von ca. 30 cm bis 40 cm ausgeführt werden. Die anstehenden Böden eignen sich grundsätzlich für den Einsatz von Mischbindemitteln aus Kalk und Zement. Dabei eignen sich erfahrungsgemäß Mischbindemittel mit einem Verhältnis von Kalk/Zement von 50/50.

Abhängig vom Wassergehalt werden Bindemittelgehalte zwischen 3% und 5% bezogen auf die Trockenmasse des Bodens notwendig. Wegen der wechselnden Wassergehalte sowie der unterschiedlichen Böden ist die Bindemittelmenge in Abhängigkeit von den bodenmechanischen Versuchsergebnissen vor Ort jeweils anzupassen. Zur endgültigen Festlegung der geeigneten Bindemittel und Verfahren sind entsprechende Eignungsprüfungen durchzuführen oder in verschiedenen Bereichen Probefelder anzulegen.

Entsprechend der ZTV E-StB 17 kann es bei sulfathaltigen Böden durch die Zugabe von Bindemitteln zu Entfestigungen und Quellhebungen kommen. Daher sind im Vorfeld die zu verbessernden Böden auf ihren Sulfatgehalt im Feststoff hin zu untersuchen.

Zur endgültigen Festlegung der notwendigen Bodenaustauschdicken sowie der geeigneten Bindemittel und Verfahren sind entsprechende Eignungsprüfungen durchzuführen oder in verschiedenen Bereichen Probefelder anzulegen.

Bei geänderten Voraussetzungen oder abweichenden Untergrundverhältnissen bitten wir um umgehende Rücksprache.

9. Rohrleitungsbau

Aus Gründen der Frostsicherheit ist eine Mindestgründungstiefe der Kanal- und Wasserleitungen von 1,20 m unter der Geländeoberfläche einzuhalten.

Entsprechend den vorliegenden Aufschlüssen werden mit den voraussichtlichen Verlegetiefen überwiegend steife bis halbfeste bindige Böden bzw. bereits die Ablagerungen des Kalksteinhorizonts erreicht. Diese sind für eine fachgerechte Rohrbettung als ausreichend tragfähig einzustufen. Im Südwesten des Baufelds wurden auch aufgeweichte bindige Böden festgestellt. Diese sind mit einer Dicke von 30 cm zusätzlich auszubauen und gegen ein nichtbindiges, verdichtungswilliges Bodenmaterial auszutauschen.

Die Trassen der zu verlegenden Leitungen liegen voraussichtlich im Bereich von befestigten Verkehrswegen. Oberhalb der Leitungszone sind zur Verminderung der Setzungen nichtbindige bis schwach bindige, grob- und gemischtkörnige Erdstoffe einzubauen. Für die erforderliche Frostschutzschicht ist ein geprüftes frostsicheres Material zu verwenden. Alle Erdstoffe sind lagenweise bei optimalem Wassergehalt einzubauen und fachgerecht zu verdichten.

Die beim Aushub anfallenden Tone, Schluffe und Sande sind stark feuchteempfindlich und sind lokal bereits aufgeweicht. Diese sind daher für einen direkten Wiedereinbau nur bedingt geeignet. Für die Gewährleistung einer gleichbleibend hohen Tragfähigkeit kann eine Bodenverbesserung mit einem hydraulischen Bindemittel (s. Kap. 8.2) erfolgen.

Die Arbeiten für das Auflagerbett und die Verfüllung der Leitungszone (von Grabensohle bis in eine Höhe von mindestens 30 cm über dem Rohrscheitel) sind entsprechend den Vorschriften der ZTV A-StB 12 durchzuführen.

10. Allgemeine Bebaubarkeit

Aus Gründen der Frostsicherheit ist eine Mindestgründungstiefe von 1,20 m unter der Geländeoberfläche einzuhalten.

Die angetroffenen zumindest steifen halbfesten Deckschichten sowie die Ablagerungen des Kalksteinhorizonts können in Abhängigkeit der auftretenden Lasten prinzipiell als ausreichend tragfähig angesehen werden. Im Süden des Baufelds wurden auch aufgeweichte Schichten angetroffen. Diese sind als kompressibel anzusehen. Hier werden daher für eine fachgerechte Gründung voraussichtlich zusätzliche Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich.

Entsprechend der vorliegenden Ergebnisse ist im unmittelbaren Baugebiet kein größerer Wasserzutritt zu erwarten. Lokal ist mit Felslösearbeiten zu rechnen.

Da es sich jedoch nur um stichpunktartige Untersuchungen der Untergrundverhältnisse handelt, können wechselnde Baugrund- und Grundwasserverhältnisse über das gesamte Baugebiet nicht ausgeschlossen werden. Zur Beurteilung der einzelnen Standorte wird die Durchführung von direkt auf die geplanten Gebäude abgestimmten Baugrunduntersuchungen empfohlen.

11. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten

Zur Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrunds wurde auf dem Baufeld insgesamt vier Sickertests durchgeführt. Hierzu wurde unmittelbar neben den Kleindrillbohrungen KRB1, KRB2, KRB3 und KRB6 eine Verrohrung bis in die sandige Verwitterungszone eingebracht.

Nach dem Einbringen der Verrohrung wurde, um eine annähernde Sättigung zu erzielen, das Bohrloch zunächst über einen Zeitraum von einer Stunde mit Wasser gefüllt. Anschließend wurde die Absenkung der Wasserstände in der Bohrung über einen Zeitraum von einer weiteren Stunde gemessen.

Aus der Sickerfläche und der mittleren Absenkung können bei Ansatz eines hydraulischen Gefälles von $i = 1$ die zugehörigen Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt werden. Während der Sickertests wurden die folgenden mittleren Absenkungsraten sowie die daraus resultierenden Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt:

Aufschluss	Tiefe [m]	Durchlässigkeitsbeiwert k_r [m/s]
KRB1	1,0	$4,5 \times 10^{-3}$ (Sättigung nicht möglich, vermutlich Kluft angetroffen)
KRB2	1,0	$1,2 \times 10^{-5}$
KRB3	2,0	$2,1 \times 10^{-4}$
KRB6	3,0	$6,8 \times 10^{-5}$

Gemäß den Festlegungen des ATV-Merkblatts A 138 liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich in etwa zwischen 10^{-6} m/s und 10^{-3} m/s. Die anstehenden sandigen Verwitterungsböden sind demnach für eine fachgerechte Versickerung überwiegend als geeignet einzustufen. Anhand der durchgeführten Sieb-Schlammanalysen kann abgeleitet werden, dass die bindigen Deckschichten nur sehr geringe Durchlässigkeiten besitzen (s. Kap. 6.1).

Die Versickerungsleistung der Böden ist stark abhängig vom Sand- und Kiesgehalt der Deckschichten sowie von der Verwitterung und Klüftigkeit der unterlagernden Gesteine. Gemäß den vorliegenden **Untersuchungsergebnissen sind im Baufeld lokal stark schwankende Durchlässigkeiten zu erwarten.**

Die Versickerungsanlage ist gemäß den Hinweisen und Festlegungen des Arbeitsblattes ATV-DVWK-A 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall zu bemessen und herzustellen. Sie ist wenigstens einmal im Halbjahr vom Betreiber zu kontrollieren und größere Stoffanreicherungen gegebenenfalls zu entfernen. Zur Ableitung eines unerwartet hohen Wasserandrangs ist ein Notüberlauf vorzusehen.

12. Baumaßnahmen

Temporäre **Baugrubenböschungen** können in den Sanden, Kiesen und weichen bindigen Böden unter 45° und in den zumindest steifen bindigen Böden unter maximal 60° angelegt werden. Bei stärkeren Aufweichungen der bindigen Böden können weitere Abflachungen notwendig werden. Dies ist im Einzelfall jedoch vor Ort festzulegen. Bei der Ausführung sind die Einschränkungen des Regelfalls nach DIN 4124:2012-01 zu beachten.

Zur **Baugrubensicherung** der Kanalgräben können gegenseitig ausgesteifte Verbaulemente verwendet werden.

Alle Erdarbeiten und **Verdichtungskontrollen** sind gemäß den ZTV E-StB 17 auszuführen. Ein unmittelbares Befahren des Planums ist zu vermeiden. Auflockerungen sind fachgerecht nachzuverdichten.

Anfallendes Schichten- oder Niederschlagswasser ist zu fassen und mittels einer fachgerechten offenen **Wasserhaltung** abzuleiten.

Bei den Baumaßnahmen ist auf die **Feuchtigkeitsempfindlichkeit** der anstehenden Böden mit hohen Feingehalten hinzuweisen. Bei zusätzlicher Feuchtigkeit und mechanischer Beanspruchung (z.B. Befahren mit schwerem Gerät) neigen diese Böden zu einem Verlust ihrer Strukturfestigkeit und müssen dann ausgetauscht werden.

Bei geänderten Voraussetzungen oder abweichenden Untergrundverhältnissen bitten wir um umgehende Rücksprache.

13. Bauüberwachung und Abnahme

Die Erd- und Gründungsarbeiten sind unter Beachtung dieses Berichts fachgerecht auszuführen. Zusätzlich zum vorliegenden Bericht wird eine Abnahme der Gründungssohlen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder empfohlen. Den prüfstatischen Bericht bitten wir uns vorzulegen, zumindest, soweit er gründungstechnische Belange betrifft.

Ein Exemplar dieses Berichts ist durch den Bauherrn bzw. seinen Vertreter zur ständigen Einsichtnahme auf der Baustelle auszulegen.

Da die Baugrunduntersuchungen stichprobenartige, punktuelle Aufschlüsse darstellen, sind Abweichungen möglich. Bei geänderten Voraussetzungen oder abweichenden Untergrundverhältnissen ist eine umgehende Rücksprache erforderlich.

14. Zusammenfassung

Das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, wurde beauftragt für die Erschließung eines neuen Baugebiets im Süden von Krögelstein anhand durchgeführter Baugrunduntersuchungen die erforderlichen Baumaßnahmen aus bodenmechanischer Sicht zu beurteilen.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden insgesamt acht Kleinrammbohrungen sowie drei Sondierungen mit der schweren Rammsonde ausgeführt. Es erfolgte die Einteilung der zu lösenden Böden und Festgesteine in insgesamt vier Homogenbereiche.

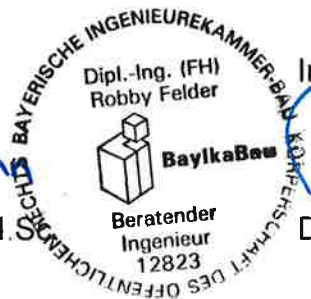
Der notwendige frostsichere Oberbau für Wohnstraßen beträgt unter den örtlichen Gegebenheiten nach RStO 65 cm. Im Erdplanum stehen bindige Böden an. Hier werden zusätzliche Bodenaustausch- bzw. Bodenverbesserungsmaßnahmen notwendig. Mit den Rohrsohlen der Leitungen werden überwiegend die ausreichend Böden erreicht. Die Versickerungsfähigkeit des Untergrunds schwankt lokal stark. Zu besonderen Punkten der Ausführung wurde im Einzelnen Stellung genommen.

Für weitere Fragen bodenmechanischer und gründungstechnischer Art stehen wir gerne zur Verfügung.

Die Bearbeiterin



Nadine Hoffmann, M.Sc.

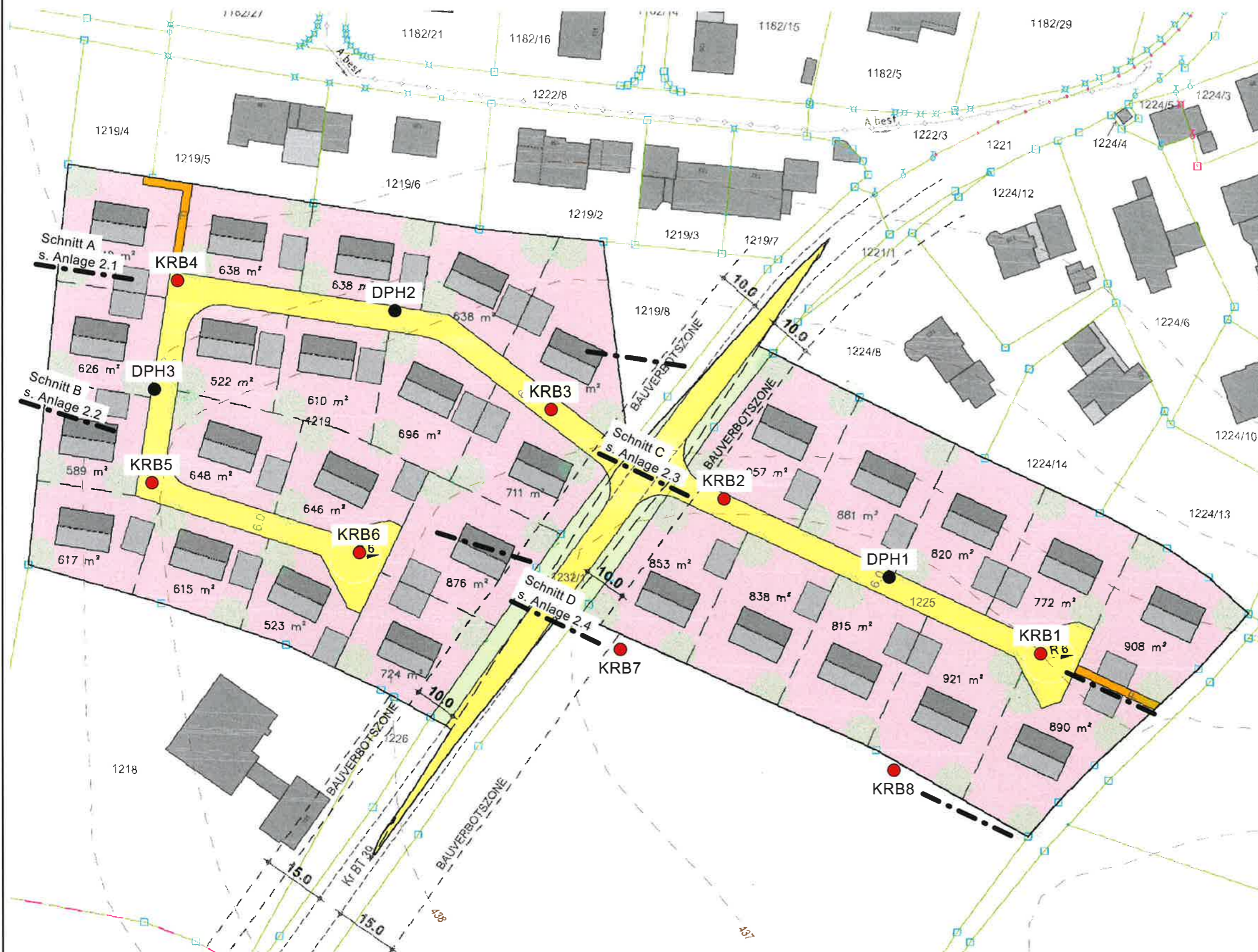


Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder GmbH



Dipl.-Ing. (FH) Felder

Lageplan



M 1 : 1.000

- KRB Kleinrammbohrung
- DPH Schwere Rammsondierung

gez.: sch

Schnitt A

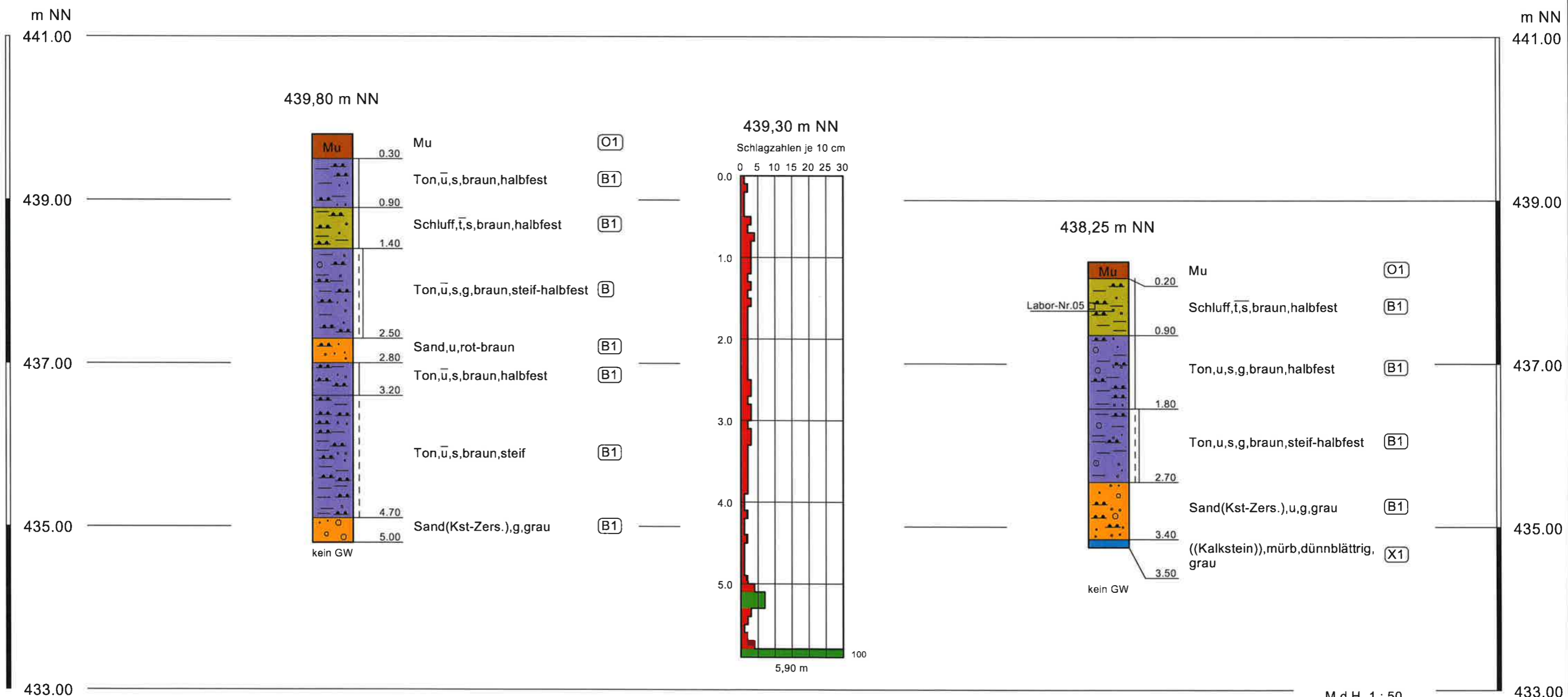
Legende für Untergundaufschlüsse nach DIN 4023

halbfest		Mu (Mutterboden)		u (schluffig)		g (kiesig)	Tiefe ▾ Datum	GW angetroffen
steif - halbfest		T (Ton)		S (Sand)		Kst (Kalkstein)	Tiefe ▾ Datum	GW Ruhe
steif		t (tonig)		s (sandig)			(Fels) schwach verwittert	
		U (Schluff)		G (Kies)			((Fels)) stark verwittert	
							S(Fels) Sand (Felszersatz)	
							Labor-Nr. □	Bohrprobe (gestört)
								Homogenbereich

KRB4

DPH2

KRB3



M.d.H. 1 : 50
 M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1
 gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: 17265-bgr-01 Anlage 2.2

Projekt: Erschließung Baugebiet

Ort: Krögelstein

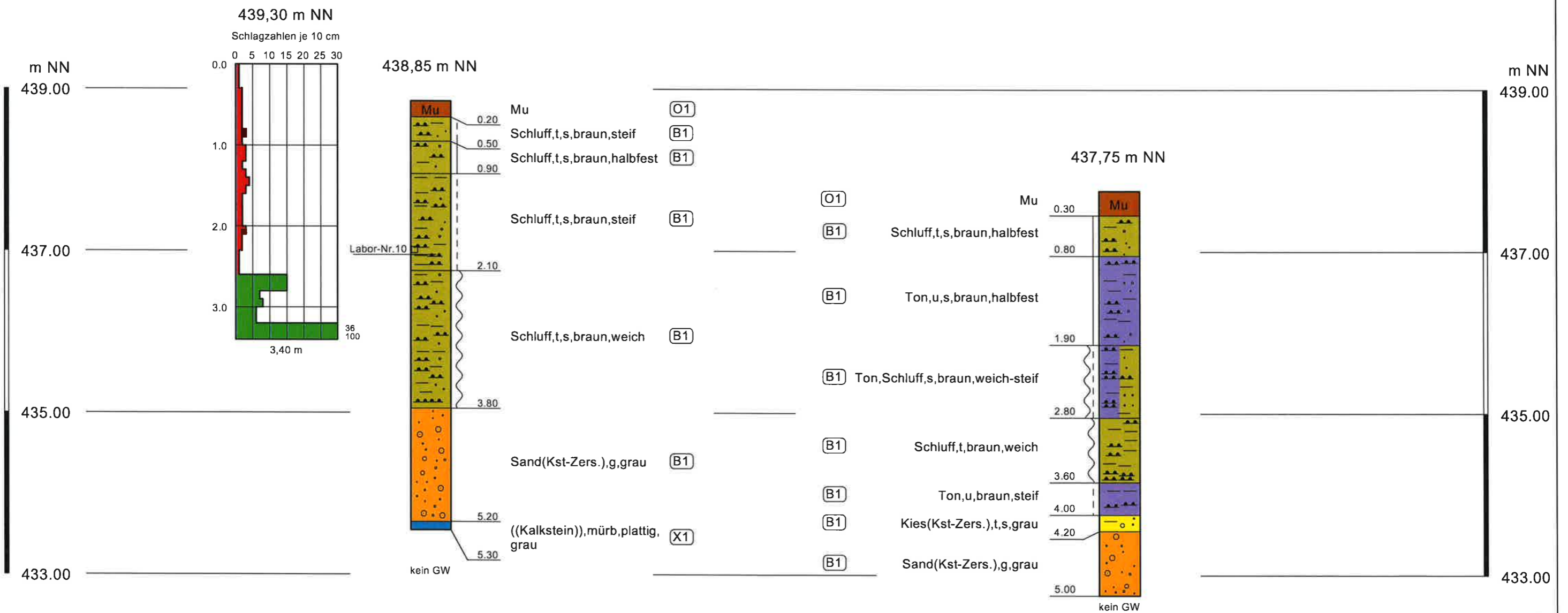
NORDWEST - SÜDOST

DPH3

KRB5

KRB6

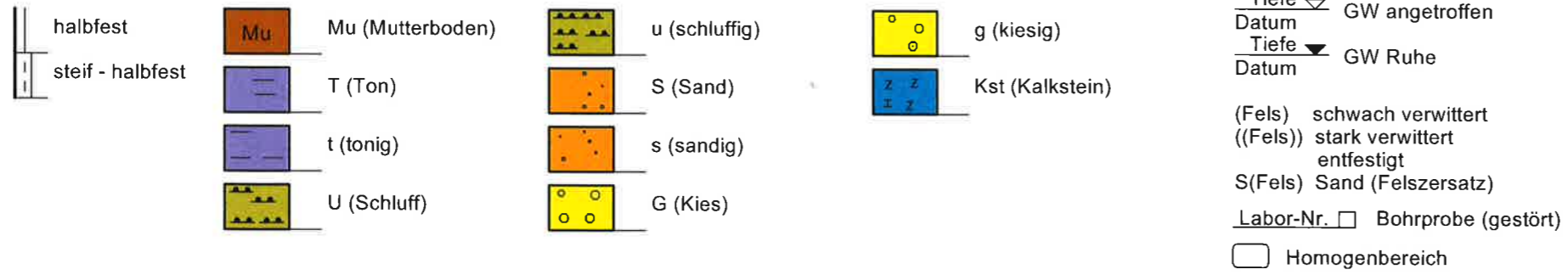
Schnitt B



M.d.H. 1 : 50
 M.d.L. 1 : 300

Lage siehe Anlage 1
 gez.: sch

Legende für Untergundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: 17265-bgr-01 Anlage 2.3

Projekt: Erschließung Baugebiet

Ort: Krögelstein

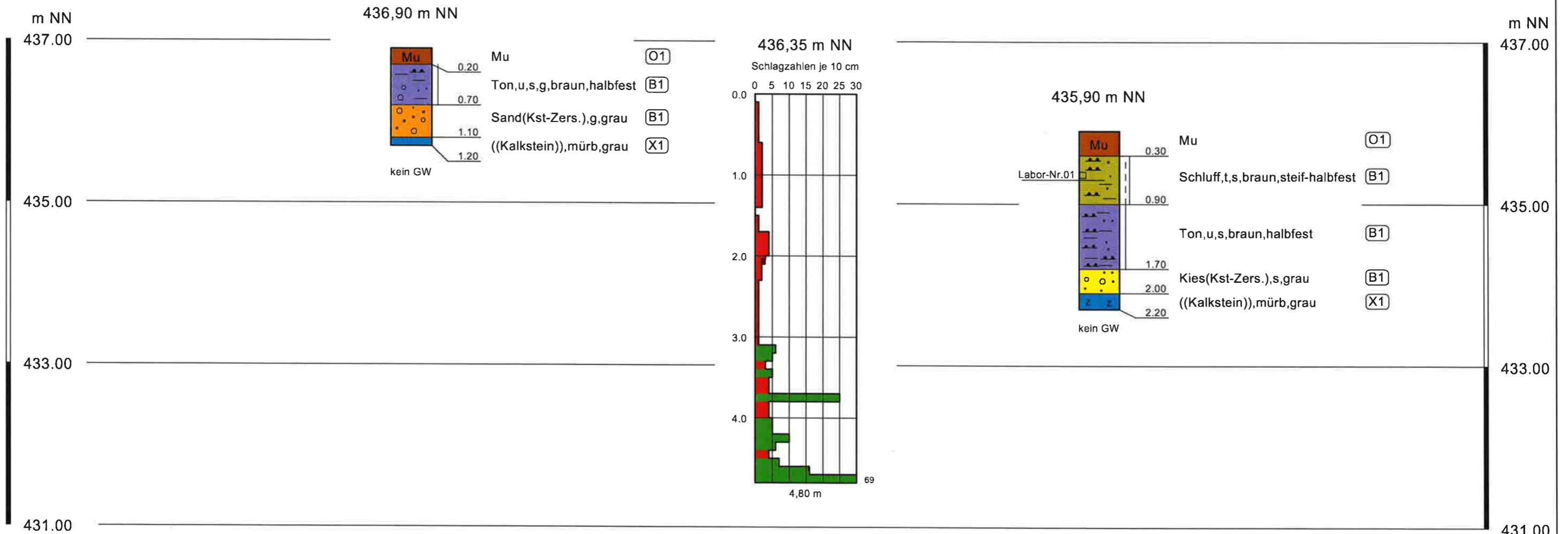
NORDWEST - SÜDOST

KRB2

DPH1

KRB1

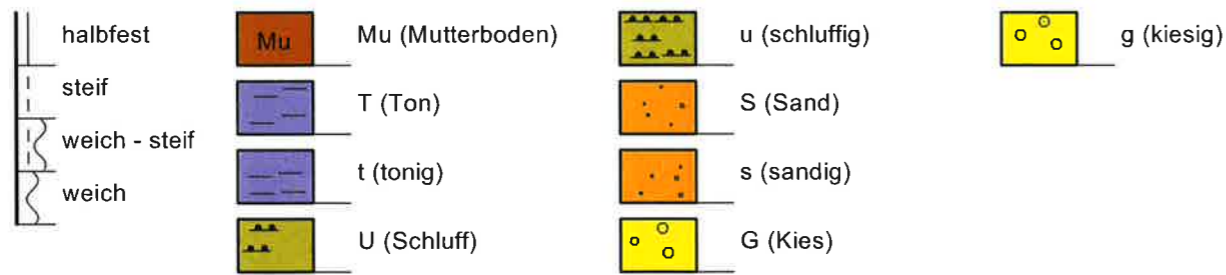
Schnitt C



M.d.H. 1 : 50
M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Tiefe ∇ Datum GW angetroffen
 Tiefe \blacktriangledown Datum GW Ruhe

(Fels) schwach verwittert
 ((Fels)) stark verwittert
 entfestigt
 S(Fels) Sand (Felszersatz)

Labor-Nr. Bohrprobe (gestört)
 Homogenbereich

Auftrag: 17265-bgr-01 Anlage 2.4

Projekt: Erschließung Baugebiet

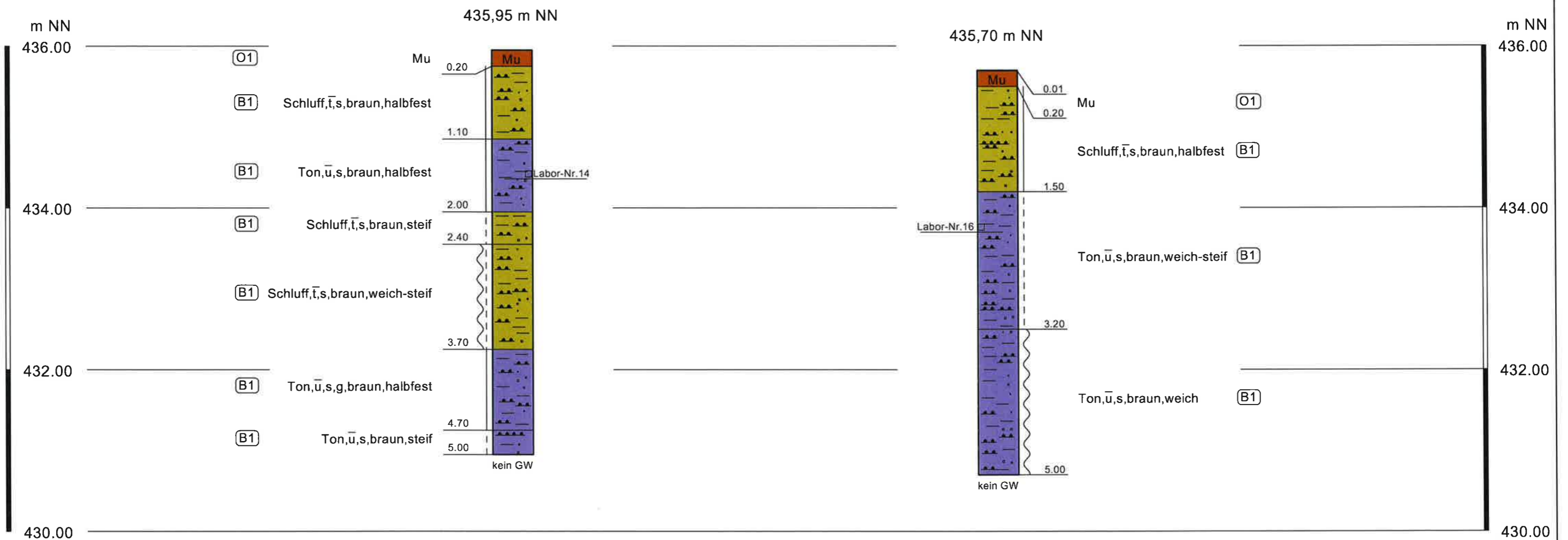
Ort: Krögelstein

NORDWEST - SÜDOST

KRB7

KRB8

Schnitt D



M.d.H. 1 : 50
 M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1
 gez.: sch

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4

KRÖGELSTEIN

Erschließung Baugebiet

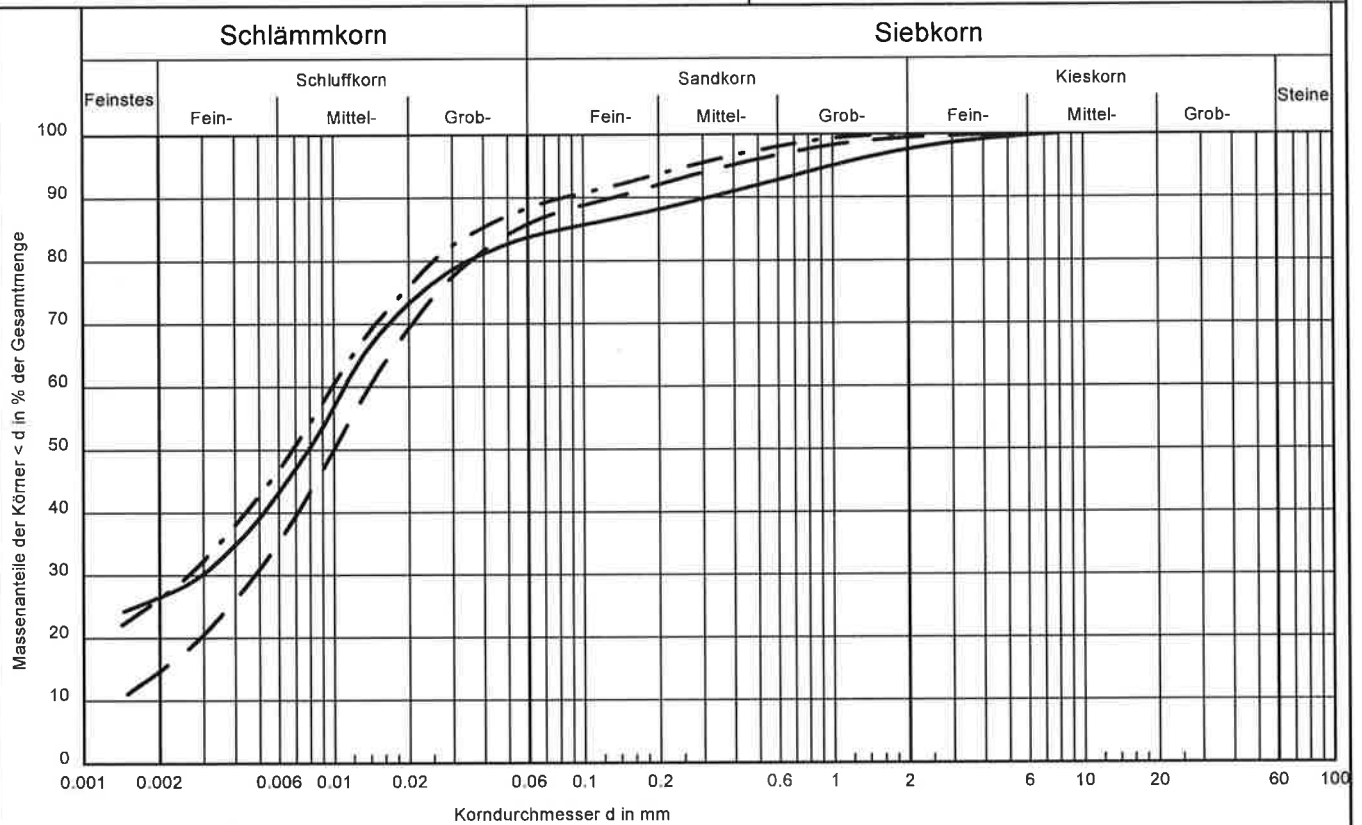
Probe entnommen am: 24.-26.08.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb-/Schlammanalyse

Bearbeiter: Kies

Datum: 13.09.2021



Labor Nr.	01	05	10
Signatur	—	- -	- . - . - .
Bodenart	Ton,u,s	Schluff,t,s	Ton,u,s
Bodengruppe / Homogenbereich	TL / B1	UL / B1	TL / B1
Entnahmestelle / Tiefe	KRB1 / 0,40-0,60 m	KRB3 / 0,40-0,60 m	KRB5 / 1,70-2,00 m
Wassergehalt [%]	16,8	15,8	19,1
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	- / 0.0111	- / 0.0139	- / 0.0099
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	-/-	-/-	-/-
Frostsicherheit	F3	F3	F3
Anteile T/U/S/G [%]	26.5/57.5/13.6/2.5	14.7/71.6/13.2/0.6	26.3/62.4/11.3/ -

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4

KRÖGELSTEIN Erschließung Baugebiet

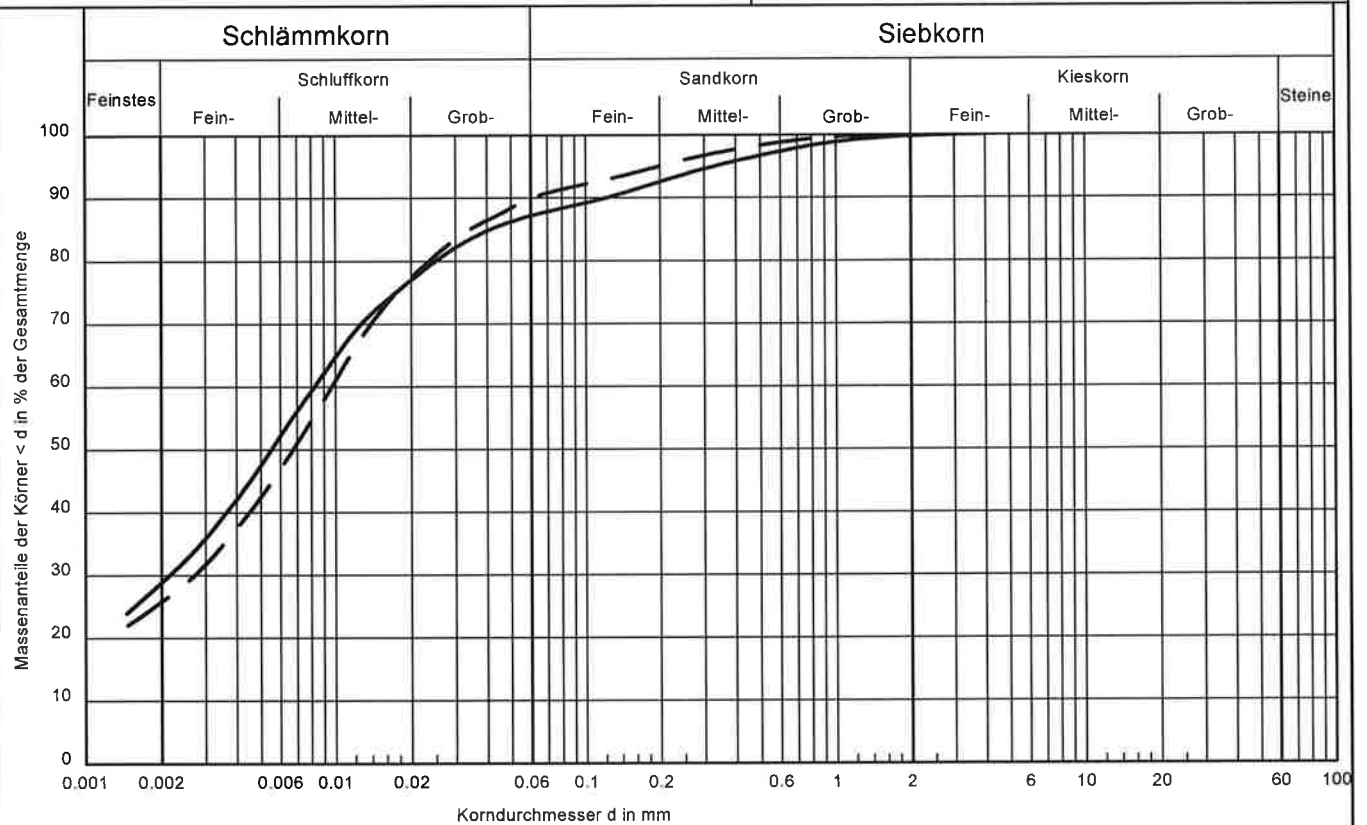
Probe entnommen am: 24.-26.08.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb-/Schlammanalyse

Bearbeiter: Kies

Datum: 13.08.2021



Labor Nr.	14	16
Signatur	—	— —
Bodenart	Ton, u, s	Ton, u, s
Bodengruppe / Homogenbereich	TL / B1	TL / B1
Entnahmestelle / Tiefe	KRB7 / 1,40-1,60 m	KRB8 / 1,70-2,00 m
Wassergehalt [%]	16,9	21,8
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	- / 0.0082	- / 0.0097
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	-/-	-/-
Frostsicherheit	F3	F3
Anteile T/U/S/G [%]	28.9/58.5/12.3/0.3	25.8/64.4/9.7/0.1

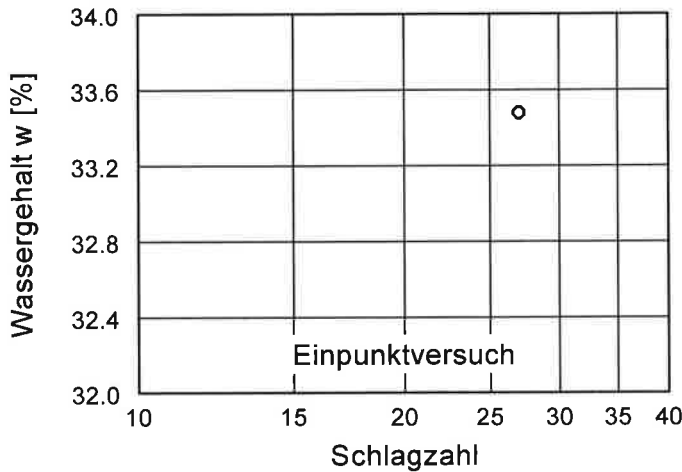
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KRÖGELSTEIN
 Erschließung Baugebiet

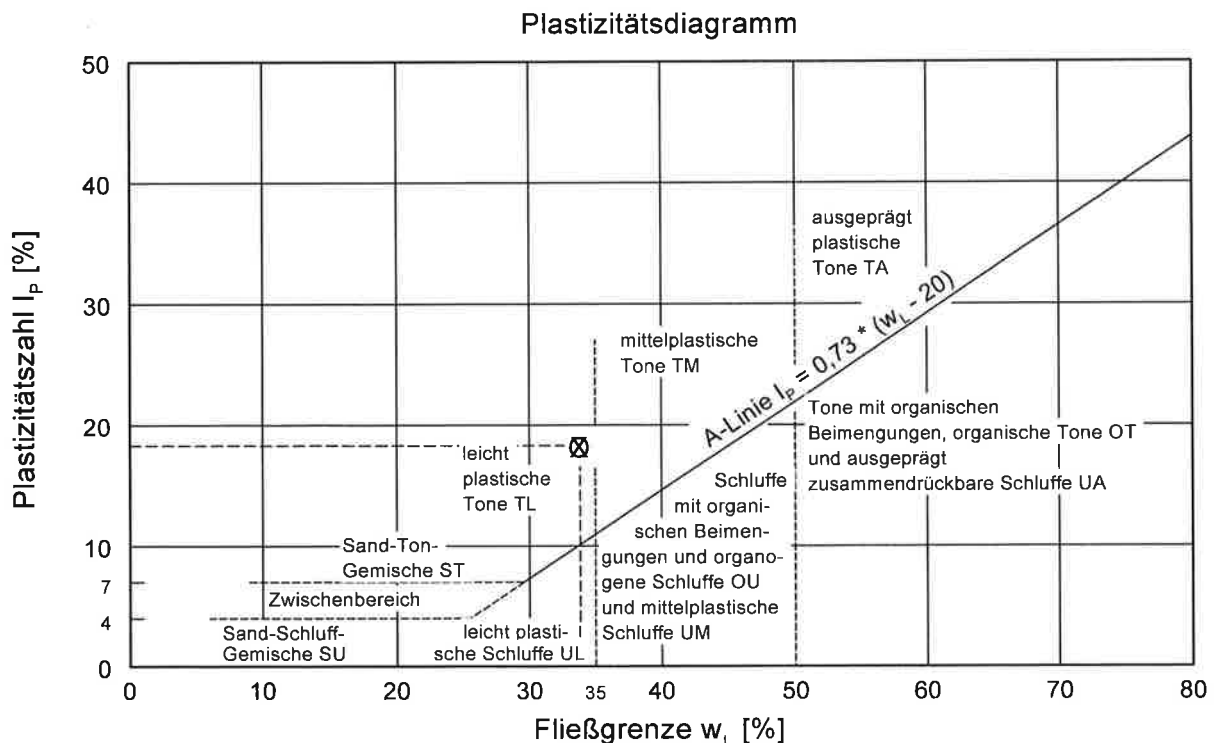
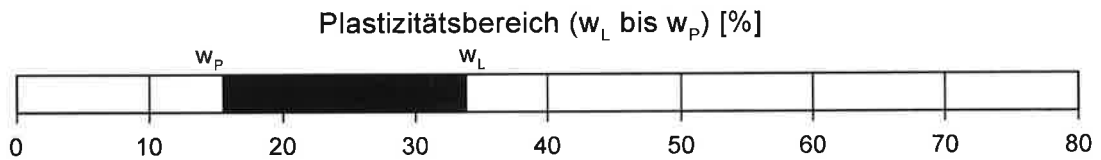
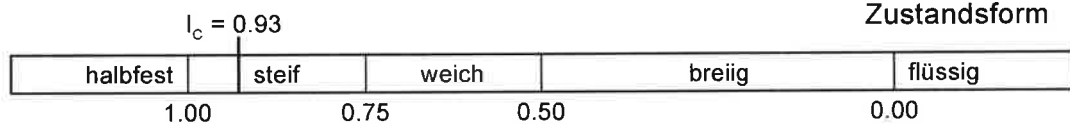
Bearbeiter: Kies

Datum: 14.09.2021

Prüfungsnummer: 01
 Entnahmestelle: KRB1
 Tiefe: 0,40-0,60 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: Ton,u,s
 Probe entnommen am: 24.-26.08.2021



Wassergehalt $w =$	16.8 %
Fließgrenze $w_L =$	33.8 %
Ausrollgrenze $w_p =$	15.5 %
Plastizitätszahl $I_p =$	18.3 %
Konsistenzzahl $I_c =$	0.93



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

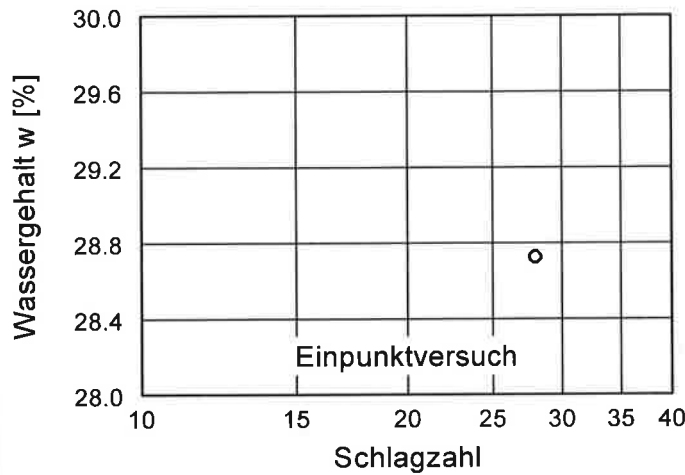
KRÖGELSTEIN

Erschließung Baugebiet

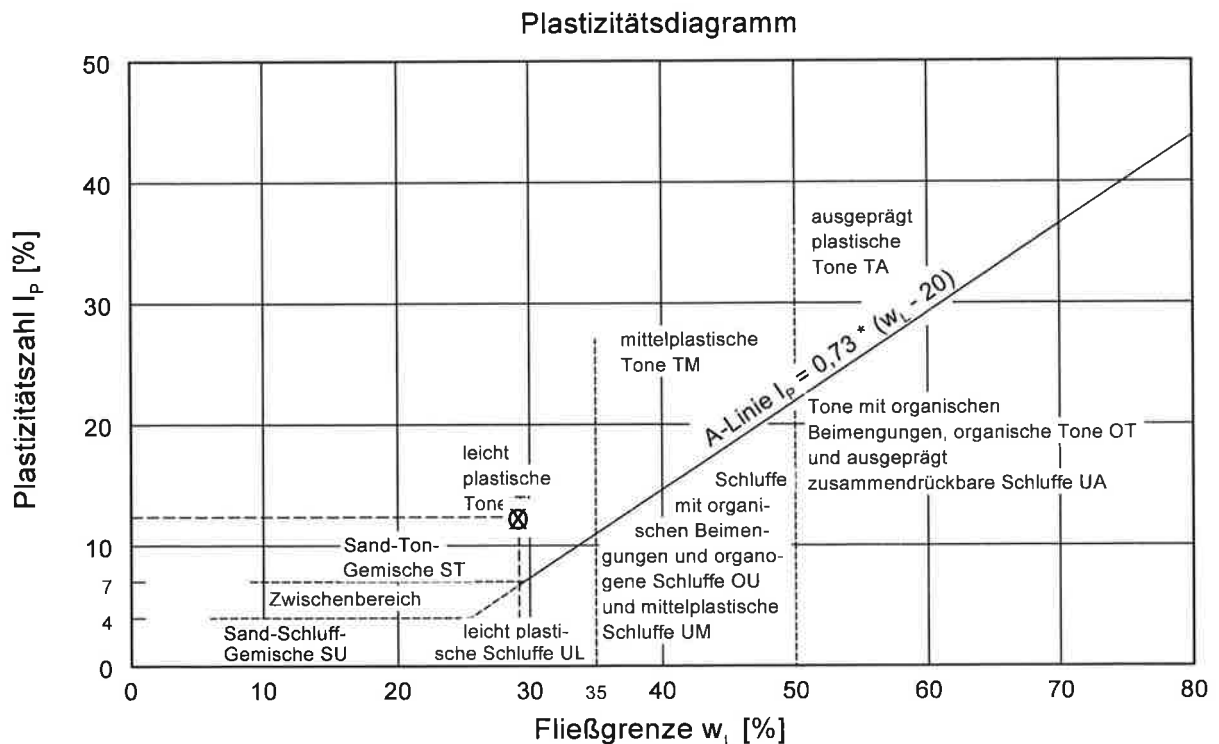
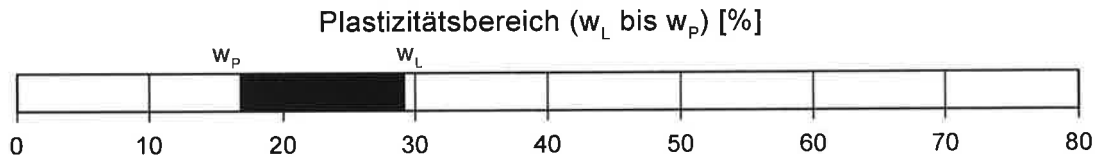
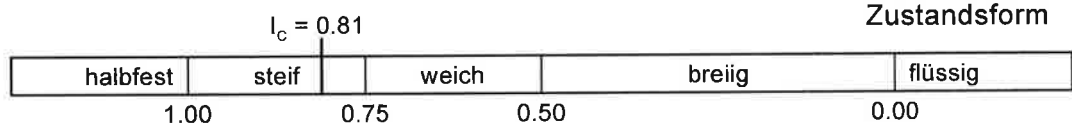
Bearbeiter: Kies

Datum: 13.09.2021

Prüfungsnummer: 10
 Entnahmestelle: KRB5
 Tiefe: 1,70-2,00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: Ton,u,s
 Probe entnommen am: 24.-26.08.2021



Wassergehalt $w = 19.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 16.8 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 12.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.81$



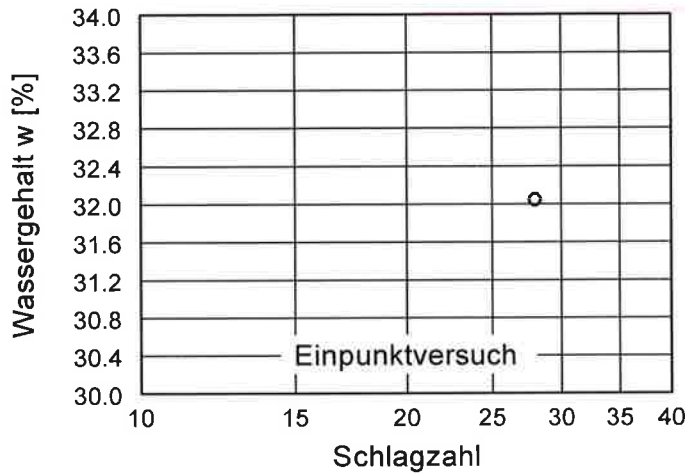
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

KRÖGELSTEIN
 Erschließung Baugebiet

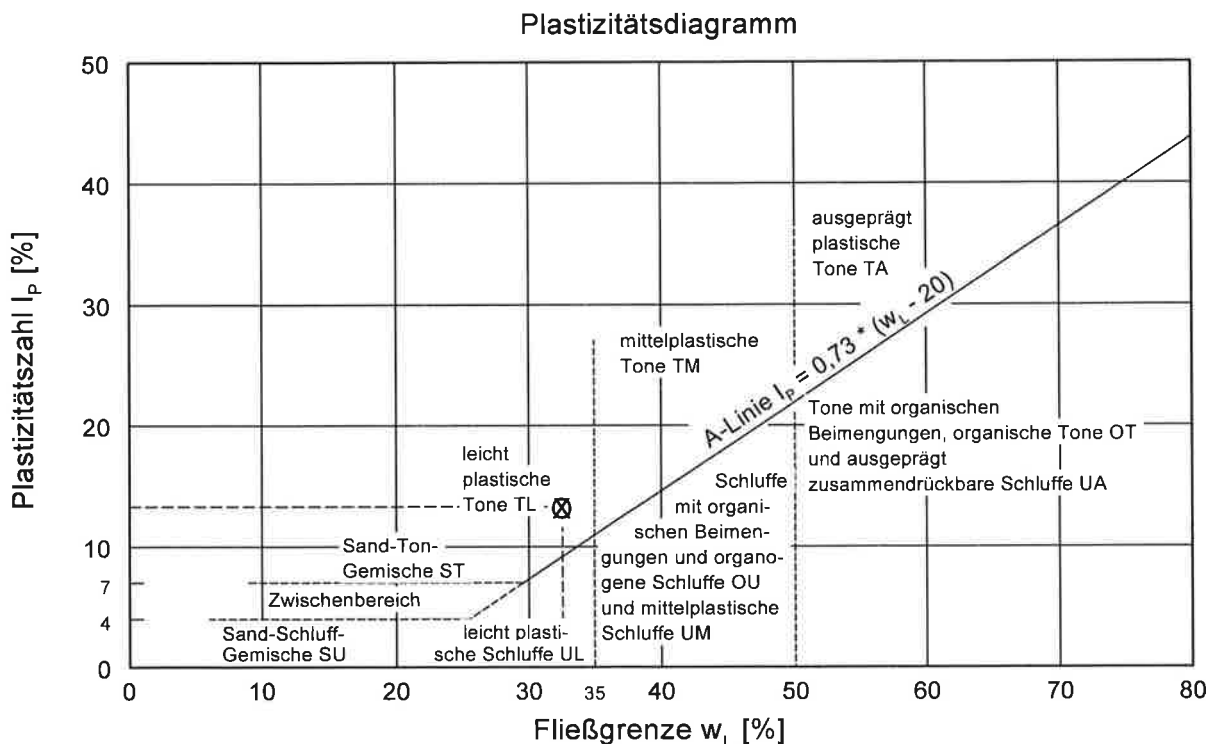
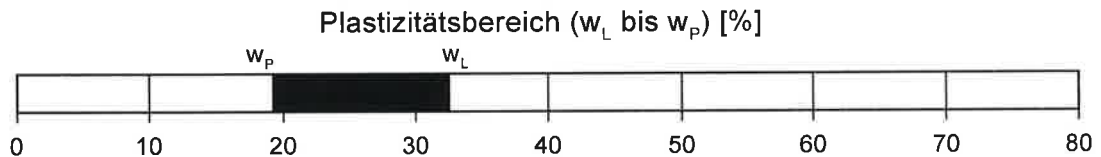
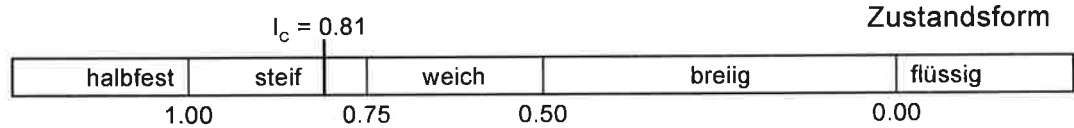
Bearbeiter: Kies

Datum: 14.09.2021

Prüfungsnummer: 16
 Entnahmestelle: KRB8
 Tiefe: 1,70-2,00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: Ton,u,s
 Probe entnommen am: 24.-26.08.2021



Wassergehalt $w = 21.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 32.6 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 19.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 13.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.81$



										PN 17265-bgr-01
										KRÖGELSTEIN
										Erschließung Baugebiet
										Anlage 4.1
Schadstoffparameter nach LAGA (Feststoff)										
Probenahme:	24.-26.08.2021									
	Parameter:									
Probe:	pH-Wert	KW-Index	EOX	Cyanide (ges.)	Σ PAK	B(a)P	Naphthalin	LHKW	BTX	PCB
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
MP1	7,2	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,02
MP2	7,3	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,02
LAGA:										
Z 0-Wert	5,5-8	100	1	1	1			<1	<1	0,02
Z 1.1-Wert	5,5-8	300	3	10	5	<0,5	<0,5	1	1	0,1
Z 1.2-Wert	5-9	500	10	30	15	<1	<1	3	3	0,5
Z 2-Wert	-	1000	15	100	20			5	5	1
	Parameter:									
Probe:	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn	
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
MP1	13	18	<0,2	43	14	30	<0,05	0,3	54	
MP2	11	16	<0,2	42	13	29	<0,05	0,3	53	
LAGA:										
Z 0-Wert	20	100	0,6	50	40	40	0,3	0,5	120	
Z 1.1-Wert	30	200	1	100	100	100	1	1	300	
Z 1.2-Wert	50	300	3	200	200	200	3	3	500	
Z 2-Wert	150	1000	10	600	600	600	10	10	1500	

							PN 17265-bgr-01			
							KRÖGELSTEIN			
							Erschließung Baugebiet			
							Anlage 4.2			
Schadstoffparameter nach LAGA (Eluat)										
Probenahme:	24.-26.08.2021									
	Parameter:									
Probe:	pH	elektr. Leitf.	Chlorid	Sulfat	Cyanide ges.	Phenol-index				
		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]				
MP1	7,8	35	<2,0	7,2	<0,005	<0,01				
MP2	7,8	19	<2,0	<2,0	<0,005	<0,01				
LAGA-Richtlinie:										
Z 0-Wert	6,5-9	500	10	50	<0,01	<0,01				
Z 1.1-Wert	6,5-9	500	10	50	0,01	0,01				
Z 1.2-Wert	6-12	1000	20	100	0,05	0,05				
Z 2-Wert	5,5-12	1500	30	150	0,1	0,1				
	Parameter:									
Probe:	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn	
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
MP1	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0005	<0,05	
MP2	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0005	<0,05	
LAGA-Richtlinie:										
Z 0-Wert	0,01	0,02	0,002	0,015	0,05	0,04	0,0002	<0,001	0,1	
Z 1.1-Wert	0,01	0,04	0,002	0,03	0,05	0,05	0,0002	0,001	0,1	
Z 1.2-Wert	0,04	0,1	0,005	0,075	0,15	0,15	0,001	0,003	0,3	
Z 2-Wert	0,06	0,2	0,01	0,15	0,3	0,2	0,002	0,005	0,6	

							PN 17265-bgr-01
							KRÖGELSTEIN
							Erschließung Baugebiet
							Anlage 4.3
Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Feststoff)							
Probenahme:	24.-26.08.2021						
Parameter:							
Probe:	Glühverlust	TOC	BTX	KW-Index	PCB	PAK	Extrahierbare lipophile Stoffe
			Summe		Summe	Summe	
	[Masse-%]	[Masse-%]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[Masse-%]
MP1	3,0	0,22	<0,1	<50	<0,02	<0,05	<0,05
MP2	2,1	0,25	<0,1	<50	<0,02	<0,05	<0,05
Zuordnungswerte							
Geologische Barriere	≤ 3	≤ 1	≤ 1	≤ 100	≤ 0,02	≤ 1	
DK 0	≤ 3	≤ 1	≤ 6	≤ 500	≤ 1	≤ 30	≤ 0,1
DK I	≤ 3	≤ 1					≤ 0,4
DK II	≤ 5	≤ 3					≤ 0,8
DK III	≤ 10	≤ 6					≤ 4

								PN 17265-bgr-01
								KRÖGELSTEIN
								Erschließung Baugebiet
								Anlage 4.4
Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Eluat)								
Probenahme:	24.-26.08.2021							
	Parameter:							
Probe:	pH-Wert	DOC	Phenole	Arsen	Blei	Cadmium	Kupfer	Nickel
		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
MP1	7,8	2	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,005
MP2	7,8	6	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005
Zuordnungswerte								
Geologische Barriere	6,5 - 9		≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,02	≤ 0,002	≤ 0,05	≤ 0,04
DK 0	5,5 - 13	≤ 50	≤ 0,1	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,004	≤ 0,2	≤ 0,04
DK I	5,5 - 13	≤ 50	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 1	≤ 0,2
DK II	5,5 - 13	≤ 80	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 1	≤ 0,1	≤ 5	≤ 1
DK III	4 - 13	≤ 100	≤ 2,5	≤ 2,5	≤ 5	≤ 0,5	≤ 10	≤ 4
	Parameter:							
Probe:	Zink	Chlorid	Sulfat	Cyanid	Fluorid	Barium	Quecksilber	
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
MP1	<0,05	<2,0	7,2	<0,005	0,57	0,06	<0,0002	
MP2	<0,05	<2,0	<2,0	<0,005	<0,5	0,2	<0,0002	
Zuordnungswerte								
Geologische Barriere	≤ 0,1	≤ 10	≤ 50	≤ 0,01			≤ 0,0002	
DK 0	≤ 0,4	≤ 80	≤ 100	≤ 0,01	≤ 1	≤ 2	≤ 0,001	
DK I	≤ 2	≤ 1.500	≤ 2.000	≤ 0,1	≤ 5	≤ 5	≤ 0,005	
DK II	≤ 5	≤ 1.500	≤ 2.000	≤ 0,5	≤ 15	≤ 10	≤ 0,02	
DK III	≤ 20	≤ 2.500	≤ 5.000	≤ 1	≤ 50	≤ 30	≤ 0,2	
	Parameter:							
Probe:	Chrom	Molybdän	Antimon	Selen	Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen			
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			
MP1	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<200			
MP2	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	878			
Zuordnungswerte								
Geologische Barriere					≤ 400			
DK 0	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,01	≤ 400			
DK I	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,12	≤ 0,03	≤ 3.000			
DK II	≤ 1	≤ 1	≤ 0,15	≤ 0,05	≤ 6.000			
DK III	≤ 7	≤ 3	≤ 1	≤ 1	≤ 10.000			

									PN 17265-bgr-01	
									KRÖGELSTEIN	
									Erschließung Baugebiet	
									Anlage 4.5	
Richtwerte für den Gesamtstoffgehalt für Deponien der Klasse DK0-DKII (Feststoff)										
Probenahme:	24.-26.08.2021									
	Parameter:									
Probe:	EOX	PAK	B(a)P	LHKW	Benzol	PCB	BTX	MKW		
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]		
MP1	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
MP2	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
Richtwerte:										
Richtwert DK0	3	-	2	1	0,5	-	-	-		
Richtwert DKI	-	≤ 500	-	≤ 10	-	≤ 2	≤ 30	≤ 4000		
Richtwert DKII	-	≤ 1000	-	≤ 25	-	≤ 2	≤ 60	≤ 8000		
	Parameter:									
	Cyanide	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn
	(ges.)									
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
MP1	<0,3	13	18	<0,2	43	14	30	<0,05	0,3	54
MP2	<0,3	11	16	<0,2	42	13	29	<0,05	0,3	53
Richtwerte:										
Richtwert DK0	30	45	210	3	180	120	150	2	3	450