

Geotechnischer Bericht Baugrunduntersuchungen

Projekt-Nr. 17225-bgr-01

**Projekt: BAYREUTH OT Oberobsang
Projektentwicklung artus Ingenieure**

**Auftraggeber: Artus Ingenieure GmbH
Kulmbacher Straße 40a
95445 Bayreuth**

Bearbeiter: C. Koch, M.Sc.

Bayreuth, den 03.09.2021

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Vorbemerkung	3
2. Unterlagen	3
3. Lage und Geologie	4
4. Bauvorhaben	4
5. Baugrund	5
5.1 Aufbau	5
5.2 Hydrologie	7
6. Kennwerte der Böden	9
6.1 Laborversuche an Bodenproben	9
6.2 Charakteristische Bodenkenngößen	10
6.3 Bodenproben nach LAGA und DepV	11
7. Einteilung nach DIN 18 300:2019-09 Erdarbeiten	13
7.1 Festlegung der Homogenbereiche	13
7.2 Homogenbereich O1	14
7.3 Homogenbereich B1	14
7.4 Homogenbereich X1	16
7.5 Homogenbereich X2	17
8. Allgemeine Bebaubarkeit	18
8.1 Gründungsart und Gründungstiefe	18
8.2 Bodenpressungen, Setzungen und Bettungsmodul	19
9. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen	22
9.1 Abdichtung und Dränagemaßnahmen	22
9.2 Baumaßnahmen	22
10. Bauüberwachung und Abnahme	23
11. Zusammenfassung	23

Anlage 1: Lageplan
Anlagen 2.1 bis 2.5: Schnitte
Anlagen 3.1 bis 3.5: Bodenmechanische Laborversuche
Anlagen 4.1 bis 4.5: Chemische Laborversuche

1. Vorbemerkung

Die Artus Ingenieure GmbH plant die Bebauung eines Grundstücks westlich der Bundesstraße B 85 in Bayreuth, Ortsteil Oberobsang, und beauftragte daher das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, eine Voruntersuchung des Baugrunds durchzuführen und zu Baugrund und Gründungsmöglichkeiten sowie die Belastungssituation des Untergrunds mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen Stellung zu nehmen.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Voruntersuchung des Baugrunds zusammenfassend dargestellt.

2. Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden im Wesentlichen die folgenden Unterlagen verwendet:

- Geologische Karte von Bayern M 1 : 25 000
Blatt 6035 Bayreuth
- Digitale Hydrogeologische Karte von Bayern M 1 : 100 000 (dHK100)
- Von der Artus Ingenieure GmbH, Bayreuth:
Lageplan kein Maßstab (Stand unbekannt)
Planungsvariante M 1 : 250 (Stand: 29.04.2021)
- Ergebnisse von Kleinrammbohrungen und Laborversuchen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth
- Ergebnisse von chemischen Laboruntersuchungen 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

Das vorgesehene Baufeld befindet sich im Nordwesten von Bayreuth, im Ortsteil Oberobsang und umfasst die Grundstücke der Flurnummern 3592, 3638 und 3641. Insgesamt messen die Grundstücke eine Fläche von ca. 75.000 m² auf. Die Baufläche grenzt im Osten an die Bundesstraße B 85. Im Süden und Südwesten wird die Fläche von Nachbarbebauungen und im Nordwesten und Norden von landwirtschaftlichen Nutzflächen begrenzt.

Die Geländeoberfläche ist derzeit unbebaut und bildet einen nach Nordwesten bis Westen hin abfallenden Hang. Im unmittelbaren Baubereich beträgt der maximale Höhenunterschied in etwa 15 Meter.

Direkt nördlich fließt der Bach „Preuschwitzerin“ in nordöstliche Richtung und mündet nach etwa 600 m in den Roten Main.

Unter oberflächennahen Deckschichten sind entsprechend der **Geologischen Karte** zunächst die **Schotter der 15-m-Terrasse** aus dem Quartär zu erwarten. Darunter folgen die Böden und Gesteine des **Mittleren Burgsandsteins** aus der Formation des Keupers. Es handelt sich dabei erfahrungsgemäß um helle Sandsteine in Verzahnung mit überwiegend roten Tonen und Tonsteinen. Zur Oberfläche hin sind diese Festgesteine bis in wechselnde Tiefen unterschiedlich stark verwittert.

Eine tektonische Störungszone ist im unmittelbaren Baubereich nicht bekannt.

Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 liegt Bayreuth in keiner ausgewiesenen **Erdbebenzone**.

4. Bauvorhaben

Auf dem Gelände ist ein neues Brauhaus der Brauerei Maisel GmbH, Bayreuth, geplant. Dieses besteht aus mehreren Hallen, Abfüllanlagen und Außenanlagen, welche für schweren Lkw-Verkehr ausgelegt sein muss.

Nach derzeitigem Kenntnisstand sollen zur Geländeregulierung im östlichen und mittleren Bereich Abtragungen stattfinden. Es ist vorgesehen, den Bodenaushub im westlichen Bereich zur Geländeanschüttung zu verwenden, um eine Abgrenzung zu den bereits bestehenden Wohnhäusern zu erzielen. Hier soll eine Streuobstwiese gestaltet werden.

Im Abtragungsbereich ist voraussichtlich die Bebauung geplant. Im Norden sind Lagerhallen vorgesehen. Die Abfüllanlage soll im Anschluss der Lagerhallen im südlichen Bereich errichtet werden.

Über genaue Abmessungen, Höhenlagen und Lasten der geplanten Gebäude liegen derzeit keine Informationen vor. Die Gründung erfolgt erfahrungsgemäß mittels Streifen- bzw. Einzelfundamenten oder elastisch gebetteten Fundamentplatten.

Das Bauvorhaben ist entsprechend dem bisherigen Kenntnisstand und den vorliegenden Planunterlagen in die **Geotechnische Kategorie GK 2** einzustufen.

Die Vermessung der Bohransatzpunkte in Lage und Höhe wurde mittels einem Global Positioning Systems (GPS) durch das Planungsbüro Kellner GmbH, Bad Staffelstein, durchgeführt.

5. Baugrund

5.1 Aufbau

Der Untergrund wurde insgesamt durch 16 Kleinrammbohrungen (KRB) erkundet (s. Lageplan Anlage 1). Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind entsprechend den Kennzeichnungen der DIN 4023 in fünf von Nordwest nach Südost verlaufenden Schnitten (s. Anlagen 2.1 bis 2.5) dargestellt.

Vereinfachend kann der Untergrund in zwei Horizonte eingeteilt werden: Deckhorizont und Keuperhorizont.

Unter etwa 0,20 m bis 0,30 m mächtigen Mutterbodenschichten wurden zunächst die Böden des **Deckhorizonts** angetroffen. Hierbei handelt es sich um Tone und Sande sowie untergeordnet um Kiese mit unterschiedlichen Beimengungen der übrigen Korngrößenfraktionen. Die Böden sind oberflächennah von brauner bis graubrauner Färbung. Die Tone weisen eine steife und steife bis halbfeste Konsistenz auf. Entlang der Bundesstraße B 85 (östliches Gelände) sowie im nordwestlichen Bereich wurden unterhalb des Mutterbodens künstlich aufgefüllte Tone und Sande erbohrt. Diese weisen Mächtigkeiten von bis zu etwa 1,30 m auf. Innerhalb der Auffüllungen können anthropogene Fremdbestandteile wie z.B. Ziegelbruch und Schlacke beigemischt sein.

Die **Untergrenze der Auffüllungen sowie des Deckhorizonts** verläuft in den Aufschlüssen in folgender Tiefe unter den Ansatzpunkten:

Aufschluss	Untergrenze Auffüllungen	Untergrenze Deckhorizont
KRB1	nicht vorhanden	1,60 m (335,20 m NN)
KRB2	nicht vorhanden	1,70 m (340,50 m NN)
KRB3	1,40 m (341,95 m NN)	4,50 m (338,85 m NN)
KRB4	0,80 m (343,85 m NN)	3,70 m (340,95 m NN)
KRB5	0,80 m (345,30 m NN)	nicht angetroffen
KRB6	0,70 m (346,3 m NN)	3,50 m (343,50 m NN)
KRB7	nicht vorhanden	3,00 m (338,80 m NN)
KRB8	nicht vorhanden	3,20 m (341,25 m NN)
KRB9	nicht vorhanden	4,00 m (342,35 m NN)
KRB10	nicht vorhanden	1,60 m (347,15 m NN)
KRB11	nicht vorhanden	2,00 m (347,70 m NN)
KRB12	1,50 m (338,45 m NN)	4,00 m (335,95 m NN)
KRB13	0,80 m (348,65 m NN)	2,90 m (346,55 m NN)
KRB14	nicht vorhanden	nicht angetroffen

Aufschluss	Untergrenze Auffüllungen	Untergrenze Deckhorizont
KRB15	nicht vorhanden	2,50 m (349,95 m NN)
KRB16	1,00 m (345,20 m NN)	1,00 m (345,20 m NN)

Unterlagert werden die Deckböden von den Locker- und Festgesteinen des **Keuperhorizonts**. Hierbei handelt es sich um steife bis halbfeste Tone, deren Festigkeit mit zunehmender Tiefe zu halbfesten bis festen Konsistenzen wechseln. Innerhalb der Tone können Sandsteinlinsen vorgefunden werden. In der Bohrung KRB11 wurden aufgeweichte Tone oberhalb des anstehenden Sandsteins angetroffen. Des Weiteren wird der Keuperhorizont von Sanden mit unterschiedlichen Beimengungen der übrigen Korngrößenfraktionen gebildet, bei denen es sich bereichsweise bereits um die Verwitterungsprodukte des darunter anstehenden Sandsteins handelt. Mit den Endtiefen der Bohrungen KRB1 bis KRB4, KRB7, KRB8 und KRB11 bis KRB13 wurden bereits sehr mürbe bis mürbe Sandsteine von brauner bis grauer Farbe erreicht.

Abweichungen und Besonderheiten sind in einer wechselnden Zusammensetzung der künstlichen Auffüllungen, einem unterschiedlichen Schichtgrenzenverlauf, in Schichtinhomogenitäten, in wechselnden Konsistenzen der bindigen Böden, in unterschiedlichen Lagerungsdichten der nichtbindigen Böden sowie in einer unterschiedlich ausgeprägten Verwitterungszone und Festigkeit der anstehenden Festgesteine zu erwarten.

5.2 Hydrologie

Gemäß der Hydrogeologischen Karte bilden die im Untersuchungsgebiet anstehenden Buntsandsteine des Keupers einen Kluft-(Poren-)grundwasserleiter mit geringen bis mäßigen Gebirgsdurchlässigkeiten und Ergiebigkeiten.

Grundwasser wurde während der Feldarbeiten Anfang Juni 2021 in den folgenden Kleinrammbohrungen angetroffen:

Aufschluss	Grundwasser angetroffen
KRB3	1,85 m (341,50 m NN)
KRB4	1,45 m (343,20 m NN)
KRB5	2,10 m (344,00 m NN)
KRB6	2,85 m (344,15 m NN)
KRB8	2,20 m (342,25 m NN)
KRB9	2,50 m (343,85 m NN)
KRB10	3,50 m (345,25 m NN)
KRB11	3,20 m (346,50 m NN)
KRB14	3,60 m (347,60 m NN)
KRB15	3,00 m (349,45 m NN)

Hierbei handelt es sich vermutlich um **aufstauendes Sickerwasser**, dessen Wasserstände von den kurz- und langfristigen Witterungsverhältnissen abhängig sind und dementsprechend jahreszeitlich bedingten Schwankungen unterliegen. Während der Feldarbeiten herrschte eine niederschlagsreiche Periode, sodass insbesondere im südlichen und mittleren Bereich des Geländes bereichsweise stehendes Oberflächenwasser angetroffen wurde. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen muss jedoch aufgrund der Hanglage im gesamten Baubereich mit dem Zulauf von aufstauendem Sickerwasser gerechnet werden.

6. Kennwerte der Böden

6.1 Laborversuche an Bodenproben

Es wurden insgesamt fünf Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN ISO 22 475 entnommen und im eigenen Baugrundlabor hinsichtlich bodenmechanischer Parameter untersucht. An diesen Proben wurden kombinierte Sieb-Schlämmanalysen sowie Plastizitätsversuche durchgeführt. Des Weiteren wurden die Wassergehalte bestimmt. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 3.1 bis 3.5 zusammenfassend dargestellt.

Die **Sieb-Schlämmanalysen** kennzeichnen drei feinkörnige Tone mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm von ca. 51,8 % bis 76,3 %, einen gemischtkörnigen Sand mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm von ca. 19,0 % sowie einen gemischtkörnigen Kies mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm von ca. 11,0 %.

Die durchgeführten **Plastizitätsversuche** ergaben Wassergehalte an der Fließgrenze zwischen 29,7 % und 45,8 % und Wassergehalte an der Ausrollgrenze zwischen 17,8 % und 24,2 %. Mit dem natürlichen Wassergehalt errechnen sich die Plastizitätszahlen zwischen 11,9 % und 21,6 %. Die Konsistenzbestimmung ergibt dann Werte zwischen 0,67 und 1,19. Demnach handelt es sich bei den untersuchten Proben um zwei leicht plastische Tone und einen mittelplastischen Ton von weicher und halbfester Konsistenz.

Die **Wassergehaltsbestimmungen** ergaben Werte zwischen 8,7 % und 23,6 %.

Gemäß der DIN 18 196 gehören die untersuchten Böden zu den Bodengruppen TL, TM, SU* und GU. Diese sind somit als sehr frostempfindlich (TL, TM, SU*: Frostempfindlichkeitsklasse F3) sowie als gering bis mittel frostempfindlich (GU: Frostempfindlichkeitsklasse F2) einzustufen.

Nach den empirischen Formeln von BEYER besitzen die untersuchten Kiese und Sande einen **Durchlässigkeitskoeffizienten** in einer Größenordnung von $k_f = 1,0 \cdot 10^{-5}$ m/s und $k_f = 2,2 \cdot 10^{-5}$ m/s. Gemäß der DIN 18130-1 sind diese damit als durchlässig zu bezeichnen. Die Tone liegen außerhalb des Gültigkeitsbereichs für die empirischen Formeln von BEYER und sind erfahrungsgemäß als schwach durchlässig zu bezeichnen.

6.2 Charakteristische Bodenkenngrößen

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

Tone, weich

Feuchtwichte	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 8,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 25,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 3 \text{ bis } 7 \text{ MN/m}^2$

Tone, steif

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 9,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 27,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 8 \text{ bis } 10 \text{ MN/m}^2$

Tone, halbfest

Feuchtwichte	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 32,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 20 \text{ bis } 30 \text{ MN/m}^2$

Sande

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi = 32,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 30 \text{ bis } 40 \text{ MN/m}^2$

Kiese

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 11,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi = 35,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 40 \text{ bis } 50 \text{ MN/m}^2$

Sandstein, sehr mürb bis mürb

Feuchtwichte	$\gamma = 21,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 11,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi = 35,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 50 \text{ bis } 60 \text{ MN/m}^2$

Diese Größen sind für erdstatische Berechnungen zu verwenden.

6.3 Bodenproben nach LAGA und DepV

Zur Beurteilung der Wiederverwertbarkeit bzw. der möglichen Entsorgungswege des im Zuge der Baumaßnahme anfallenden Erdaushubs wurde aus den Kleinrammbohrungen Bodenproben gewonnen. Die entnommenen Einzelproben der Auffüllungen und des anstehenden Bodens wurden im hauseigenen Labor fachgerecht zu fünf Mischproben vereinigt. Diese wurden dem Agrolab Labor, Bruckberg, zur Analyse auf die Parameter der LAGA-Richtlinie und der Deponieverordnung (DepV) überstellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in den Anlagen 4.1 bis 4.5 zusammengefasst.

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

Probenbezeichnung	Aufschluss und Entnahmetiefe	Einstufung gemäß LAGA (ausschlaggebender Parameter)	Einstufung gemäß DepV
MP1 (Tone und Sande)	KRB1 (0,3 m – 4,0 m) KRB2 (0,2 m – 2,0 m) KRB3 (1,4 m – 3,0 m) KRB7 (0,3 m – 1,0 m) KRB8 (0,2 m – 4,0 m) KRB12 (1,5 m – 3,0 m)	Z0	DK 0
MP2 (Auffüllungen)	KRB12 (0,2 m – 1,5 m) KRB13 (0,2 m – 0,8 m) KRB16 (0,3 m – 1,0 m)	Z0	DK 0

Probenbezeichnung	Aufschluss und Entnahmetiefe	Einstufung gemäß LAGA (ausschlaggebender Parameter)	Einstufung gemäß DepV
MP3 (Auffüllungen)	KRB3 (0,3 m – 1,0 m) KRB4 (0,3 m – 0,8 m) KRB5 (0,3 m – 0,8 m)	Z1.1 (Chrom im Feststoff)	DK 0
MP4 (Tone und Sande)	KRB4 (1,0 m – 3,0 m) KRB5 (1,0 m – 3,0 m) KRB9 (0,7 m – 4,0 m) KRB10 (0,3 m – 4,0 m) KRB13 (0,8 m – 3,0 m) KRB14 (0,6 m – 3,0 m)	Z0	DK 0
MP5 (Tone und Sande)	KRB6 (1,0 m – 4,0 m) KRB11 (0,5 m – 3,0 m) KRB15 (0,4 m – 3,0 m)	Z0	DK 0

In den untersuchten Mischproben MP1, MP4 und MP5 wurde der Z0-Zuordnungswert für den pH-Wert im Feststoff bzw. Eluat unterschritten. Gemäß der LAGA-Richtlinie sind Unterschreitungen des pH-Werts allein kein Ausschlusskriterium.

Die **Mischproben MP1, MP2, MP4 und MP5** weisen hinsichtlich der LAGA-Richtlinie keine Überschreitungen der jeweiligen Z0-Zuordnungswerte auf. Daher kann voraussichtlich eine Einstufung als **Z0-Material** erfolgen. An einen offenen Wiedereinbau von Böden, die gemäß der LAGA-Richtlinie als Z0-Material eingestuft werden, sind keine besonderen Bedingungen geknüpft.

In den Auffüllungen der **Mischprobe MP3** wurde der Z0-Zuordnungswert für Chrom im Feststoff überschritten. Daher müssten die beim Aushub anfallenden Böden gemäß der LAGA-Richtlinie als **Z1.1-Material** eingestuft werden. Ein offener Wiedereinbau von Böden, die gemäß der LAGA-Richtlinie als Z1.1-Material eingestuft werden, kann in technischen Bauwerken wie Verkehrsflächen, Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen sowie beispielsweise in Lärm- und Sichtschutzwällen erfolgen.

Hinsichtlich den Richtlinien der **Deponieverordnung** werden in keinen Mischproben der DK 0-Zuordnungswerte überschritten. Im Falle einer repräsentativen Beprobung im Haufwerk gemäß LAGA PN98 kann bei vergleichbaren Ergebnissen eine Ablagerung des gesamten Aushubs auf einer Deponie der **Klasse DK 0** oder höher erfolgen.

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 gemäß LAGA PN98 erfolgen. Die Untersuchungen dienen lediglich als Planungs- und Ausschreibungsgrundlage. Für eine fachgerechte Entsorgung gemäß den gültigen Regelwerken ist dieser Analysenumfang nicht ausreichend.

7. Einteilung nach DIN 18 300:2019-09 Erdarbeiten

Die Einteilung der Homogenbereiche erfolgt vorläufig auf Grundlage des vorliegenden 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.

7.1 Festlegung der Homogenbereiche

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 beim Aushub anfallenden Böden sollen nach Möglichkeit abgefahren und eventuell an anderer Stelle wiedereingebaut bzw. entsorgt werden.

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 Aushubarbeiten stehen wir gerne zur Verfügung.

Aus den durchgeführten Bohrungen ergibt sich die folgende Einteilung der Homogenbereiche:

Homogenbereich	Bodenschicht	Benennung
O1	Oberboden	Mutterboden
B1	Deckschichten und Verwitterungsprodukte	Tone und Sande, bereichsweise Kiese
X1	leicht lösbare Festgesteine der Keuperformation	sehr mürbe bis mäßig harte Ton- und Sandsteine
X2	schwer lösbare Festgesteine der Keuperformation	mäßig harte bis harte Ton- und Sandsteine

Aufgrund der stichprobenhaften Probenentnahme sind Abweichungen in den Eigenschaften und Kennwerten innerhalb der einzelnen Homogenbereiche grundsätzlich möglich.

7.2 Homogenbereich O1

Der **Mutterboden** wird in den Homogenbereich O1 eingeteilt. Die Böden des Homogenbereichs O1 wurden in den Aufschlüssen mit Mächtigkeiten von rund 20 cm bis 30 cm aufgeschlossen. Der Mutterboden entsprach gemäß der ehemaligen DIN 18 300: 2012-09 der Bodenklasse 1.

7.3 Homogenbereich B1

Die Auffüllungen und natürlich gewachsenen Böden in Form von Tonen und Sanden sowie bereichsweise Kiese werden im Homogenbereich B1 zugesammengefasst. Die Auffüllungen weisen Mächtigkeiten zwischen etwa 0,50 m bis 1,30 m auf.

Die Böden des Homogenbereichs B1 können mit üblichen Hydraulikbaggern gut gelöst werden. Ein fachgerechter Wiedereinbau der zumindest steifen Tone sowie der Sande und Kiese ist bei geeigneter Witterung grundsätzlich möglich. Je nach Anwendungsgebiet können zusätzliche Maßnahmen (z.B. in Form von Verbesserungsmaßnahmen) notwendig werden. Aufgeweichte Böden sind nicht geeignet.

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

Eigenschaften und Kennwerte für Boden (Auszug) nach VOB/C				
Ortsübliche Bezeichnung	Tone, Sande und Kiese			
Korngrößenverteilung [%]	T	U	S	G
Kornanteile mind.	3,1	7,5	23,0	0,0
Kornanteile max.	21,1	55,2	79,5	57,0
Mittelwert	10,5	35,2	42,4	11,8
Standardabweichung (n-1)	8,2	22,0	22,7	25,3
	Labor-Nr. 05, 23, 36, 39, 51			
Massenanteile Steine und Blöcke [%]	keine in Proben vorhanden			
Organischer Anteil [%]	keine sensorischen Hinweise			
Wassergehalt [%]	8,7 bis 23,6			
Mittelwert	17,2			
Standardabweichung (n-1)	5,7			
	Labor-Nr. 05, 23, 36, 39, 51			
Lagerungsdichte (Sande und Kiese)	locker bis mitteldicht			
Konsistenz (Tone)	weich, steif, halbfest, fest (Handversuch)			
Plastizitätszahl [%]	11,9 bis 21,9			
Mittelwert	16,7			
Standardabweichung (n-1)	4,9			
	Labor-Nr. 23, 36, 51			

Konsistenzzahl [-]	0,67 bis 1,19
Mittelwert	1,00
Standardabweichung (n-1)	0,29
	Labor-Nr. 23, 36, 51
Undrainede Scherfestigkeit für bindige Böden [kN/m²]	Gemäß Literatur: Konsistenz weich: $c_u = 25$ bis 50 Konsistenz steif: $c_u = 50$ bis 100 Konsistenz halbfest: $c_u = 100$ bis 200 Konsistenz fest: $c_u = 50$ bis 100
Bodengruppen	TL, TM, SU*, GU (Versuchswerte) ST, SU (Erfahrungswerte)
Einstufung nach Eckpunktepapier (s. Kapitel 6.3)	Z0 bis Z1.1 (vorbehaltlich repräsentativer Beprobung)

Entsprechend der ehemaligen DIN 18300:2012-09 wären diese Böden in die 3 und 5 (leicht bis schwer lösbare Böden) eingestuft worden.

7.4 Homogenbereich X1

Im Baubereich wurden mit den Endtiefen der Kleinrammbohrungen KRB1 bis KRB4, KRB7, KRB8 und KRB11 bis KRB13 bereits die mürben Sandsteine des Keuperhorizonts erreicht. Diese bilden den Homogenbereich X1. Grundsätzlich ist mit härteren, kompakteren Felszonen zu rechnen.

Die Festgesteine des Homogenbereichs X1 können vermutlich noch mit einem großen Hydraulikbagger gelöst werden. Kompaktere Schichten können voraussichtlich auch mit einem großen Hydraulikbagger nicht mehr gelöst werden und werden daher in einen eigenen Homogenbereich zusammengefasst.

Die Beschreibung erfolgt aufgrund von Erfahrungswerten. Dafür können die folgenden Eigenschaften und Kennwerte angegeben werden:

Ortsübliche Bezeichnung	Ton- und Sandsteine
Benennung	Festgesteine des Keupers
Verwitterung und Veränderung	frisch bis zerfallen (nach Tabelle 2 DIN EN ISO 14689-1)
Veränderlichkeit des Gesteins	nicht veränderlich bis veränderlich (nach Tabelle 3 DIN EN ISO 14689-1)
Trennflächenrichtung	nicht bestimmbar
Trennflächenabstand	außerordentlich engständig bis mittelständig (nach Tabelle 8 DIN EN ISO 14689-1)
Druckfestigkeit (Erfahrungswert)	< 12,5 MN/m ²

Entsprechend der ehemaligen DIN 18 300:2012-09 wären die Festgesteine in die Bodenklasse 6 (leicht lösbarer Fels) einzuteilen.

7.5 Homogenbereich X2

Mit dem Erreichen der Gesteine des Homogenbereichs X1 war kein weiterer Rammfortschritt mehr möglich, sodass der Homogenbereich X2 mit den Bohrungen nicht aufgeschlossen wurde. Das zumindest bereichsweise Auftreten von härteren Festgesteinen unterhalb der Aufschlussentiefen ist jedoch nicht ausgeschlossen.

Aufgrund der geologischen Gegebenheiten kann daher nur eine Abschätzung von den eventuell auftretenden Gesteinen erfolgen. Nachdem es sich auch hier um die Gesteine des Mittleren Burgsandsteins handelt, entspricht die allgemeine Beschreibung der Tabelle für den Homogenbereich X1. Die Gesteine des Homogenbereichs X2 weisen jedoch eine höhere Druckfestigkeit sowie größere Trennflächenabstände auf, sodass das Zerkleinern durch Fräsen oder Stemmen notwendig wird. Sandsteine 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. Allgemeine Bebaubarkeit

8.1 Gründungsart und Gründungstiefe

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

Die Gründung ist in Abhängigkeit von der Gebäudenutzung, den Gebäudelasten und der Einbindetiefe zu wählen.

Auf dem Grundstück stehen entlang der Bundesstraße B 85 sowie im nordwestlichen Bereich zunächst geringmächtige künstliche Auffüllungen an. Diese werden von den Deckböden in Form von überwiegend steifen Tonen, Sanden und bereichsweise Kiesen unterlagert. Unterhalb der Deckschichten stehen die Böden und Festgesteine des Keupers an. Hierbei handelt es sich um zumindest steife bis halbfeste Tone, Sande und Sandsteine von rotbrauner bis hellgrauer Färbung. Im Bereich des Schichtenwassers können aufgeweichte Tone angetroffen werden.

Als ausreichend tragfähiger Untergrund werden für die zu erwartenden relativ hohen Lasten, besonders im südlichen Bereich, die halbfesten Tone, Sande und Sandsteine des Keupers sowie die stark kiesigen Sande und Kiese des Deckhorizonts angesehen. Diese stehen aufgrund der Hanglage in unterschiedlichen Tiefen an. Im nordöstlichen Bereich wurden die tragfähigen Böden in Tiefen zwischen ca. 334 m NN (KRB1) und 340 m NN (KRB8) erreicht. Richtung Südwesten steht der tragfähige Untergrund in Tiefen zwischen ca. 345 m NN (KRB9) bis 350 m NN (KRB15) an.

In Bereichen, in denen die geplanten Gebäude geringere Lasten aufweisen, kann eine Gründung bereits in und auf den zumindest steifen bis halbfesten Tonen des Keuperhorizonts erfolgen.

Aus bodenmechanischer Sicht kann eine Gründung in und auf den oben genannten Böden und Festgesteinen mittels einer elastisch gebetteten Fundamentplatte oder Einzel- bzw. Streifenfundamenten erfolgen.

Sollten bereits härtere Sandsteine erreicht werden, werden Felslösearbeiten, z.B. durch Fräsen, Stemmen oder Auflockerungssprengungen notwendig.

Sollten mit den Gründungssohlen noch die Auffüllungen oder bindigen Deckböden erreicht werden, so wären Tieferführungen der Fundamente mittels Unterbeton notwendig.

Die anstehenden Böden sind als feuchteempfindlich anzusehen. Beim Antreffen von aufgeweichten Keuperböden aufgrund des temporär auftretenden Schichtenwassers, wären diese zusätzlich mit auszubauen und durch ein geeignetes Bodenaustauschmaterial zu ersetzen. Hierfür kann ein gut abgestuftes, verdichtungswilliges Schottermaterial, z. B. der Körnung 0/56 mm, oder Unterbeton verwendet werden. Der Bodenaustausch ist lagenweise einzubauen und fachgerecht zu verdichten.

Bei den durchgeführten Baugrunduntersuchungen handelt es sich um eine erste Einschätzung des Untergrunds bezüglich der Gründungsmöglichkeiten. Um genaue Aussagen zu den jeweils geplanten Neubauten treffen zu können ist eine qualifizierte Baugrunduntersuchung notwendig. Eventuelle Sondervorschläge zur Gründung sind uns zur Prüfung bodenmechanischer und gründungstechnischer Belange vorzulegen.

8.2 Bodenpressungen, Setzungen und Bettungsmodul

Zur Ermittlung der zulässigen vertikalen Bodenpressungen bzw. der Sohlwiderstände wurden Grundbruchberechnungen mit den charakteristischen Bodenkenngrößen (Kap. 6.2) durchgeführt. Dabei errechnet sich die Grundbruchsicherheit in Abhängigkeit von der Mindestbreite (b) und der Mindesteinbindetiefe (t = Fundamentsohle bis Fußboden- bzw. Geländeoberfläche) der Fundamente.

Dazu werden im Folgenden die aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005 sowie die Bemessungswerte der Sohlwiderstände nach DIN 1054:2010-12 (Eurocode 7) angegeben.

Zur Berechnung der aufnehmbaren Sohldrücke nach dem **Globalsicherheitsystem** können die aufnehmbaren Sohldrücke gemäß DIN 1054:2005 voraussichtlich nach dem Verfahren für einfache Fälle, Kapitel 7.7 ermittelt werden. Dabei kann der **charakteristische Sohldruck** σ_{vorh} dem **aufnehmbaren Sohldruck** σ_{zul} gegenübergestellt werden. Dazu werden **für den Lastfall LF 1 nach DIN 1054:2005** (ständige und vorübergehende Bemessungssituationen) die ermittelten charakteristischen Grundbruchwiderstände durch den **Sicherheitsbeiwert von 2,0** dividiert.

Bei der Berechnung mit dem **Teilsicherheitsverfahren** nach DIN 1054:2010-12 (EC7), Kapitel 6.1, kann voraussichtlich der vereinfachte Nachweis in Regelfällen angewendet werden. Hierfür wird der **Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung** $\sigma_{E,d}$ dem **Bemessungswert des Sohlwiderstands** $\sigma_{R,d}$ gegenübergestellt. Für die **Bemessungssituation BS-P** (ständige Bemessungssituation) und im **Grenzzustand GEO-2** (sehr große Verformungen oder Bruch im Baugrund), werden hierfür die charakteristischen Grundbruchwiderstände durch den **Sicherheitsbeiwert $\gamma_{R,v} = 1,4$** dividiert.

Für eine **Gründung wie in Kapitel 8.1 beschrieben**, können die folgenden aufnehmbaren Sohldrücke σ_{zul} [kN/m²] bzw. die Bemessungswerte der Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ [kN/m²] angesetzt werden:

Streifenfundamente (Globaler Sicherheitsbeiwert $\eta = 2,0$, nach DIN 1054:2005)

Einbindetiefe t [m]	Breite b [m]		
	0,5	1,0	1,5
0,5	190	265	340
1,5	430	460	490
	σ_{zul} [kN/m ²]		

Streifenfundamente (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,v} = 1,4$, nach Eurocode 7)

Einbindetiefe t [m]	Breite b [m]		
	0,5	1,0	1,5
0,5	265	370	475
1,5	600	640	685
	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]		

Einzelfundamente (Globaler Sicherheitsbeiwert $\eta = 2,0$, nach DIN 1054:2005)

Einbindetiefe t [m]	Breite b [m]		
	0,5	1,0	1,5
0,5	230	280	335
1,5	590	640	695
	σ_{zul} [kN/m ²]		

Einzelfundamente (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,v} = 1,4$, nach Eurocode 7)

Einbindetiefe t [m]	Breite b [m]		
	0,5	1,0	1,5
0,5	320	390	465
1,5	825	895	970
	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]		

Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

Die Werte für Streifenfundamente gelten ebenfalls für **lastabtragende Streifen** bei der Bemessung einer elastisch gebetteten Fundamentplatte.

Eine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch gilt als nachgewiesen, wenn der charakteristische Sohldruck σ_{vorh} bzw. der Bemessungswert der Sohlbeanspruchung $\sigma_{E,d}$ kleiner gleich dem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} bzw. dem Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ ist.

Bei außermittigen Beanspruchungen gelten diese Werte für die gemäß DIN 1054 reduzierten Sohlflächen. Bei zusätzlichen Horizontalkräften H sind die Werte für den aufnehmbaren Sohldruck bzw. den Bemessungswert des Sohlwiderstands entsprechend den Vorgaben der DIN 1054 zu reduzieren. Eine klaffende Fuge ist unter den ständigen Lasten nicht und unter den Gesamtlasten nur bis zum Sohlflächenschwerpunkt zulässig.

Mit den genannten aufnehmbaren Sohldrücken bzw. Sohlwiderständen ergeben sich rechnerische **Setzungen und Setzungsunterschiede** in einer Größenordnung von bis zu etwa zwei Zentimetern. Erfahrungsgemäß werden dabei rund ein Drittel der Setzungen aus dem Lastfall Eigengewicht bereits während der Bauzeit abklingen.

Für die Bemessung der elastisch gebetteten Fundamentplatte kann für eine Gründung ein mittlerer **vertikaler Bettungsmodul von $k_s = 15,0 \text{ MN/m}^3$** angesetzt werden.

9. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen

9.1 Abdichtung und Dränagemassnahmen

Die notwendigen Abdichtungsmaßnahmen für den geplanten Neubau richten sich nach der Nutzung und sind seitens des Planers festzulegen.

Bei den hier angetroffenen Untergrundverhältnissen kann unter der Voraussetzung einer dauerhaft funktionierenden, rückstaufreien Ringdränage eine Abdichtung der erdberührten Bauteile gegen **Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser** (Wassereinwirkungsklasse W1.2-E) gemäß DIN 18533:2017-07 ausreichend sein.

Die üblichen **Dränagemassnahmen** sind als ausreichend anzusehen und gemäß den Vorgaben der DIN 4095 auszuführen. Unterhalb der Fundamentplatte sind die obersten 15 cm als Flächenfilter aus einem gut durchlässigen Material, z. B. der Körnung 5/56 mm, herzustellen. Der Flächenfilter muss in die Ringdränage entwässern können. Bei Flächen von größer als 200 m² sind in den Flächenfilter zusätzliche Rohrleitungen einzulegen.

9.2 Baumaßnahmen

Eventuelle, temporäre **Baugrubenböschungen** können in zumindest steifen bindigen Böden unter 60° ausgebildet werden. Die aufgeweichten Tone, Sande und Kiese sind unter einem Neigungswinkel von höchstens 45° abzuböschern. Die Böschungsneigungen im Bereich der Festgesteine hängen vom Verwitterungsgrad und dem Schichteneinfall der Kluftsysteme ab. In jedem Fall sind Neigungen von 60° möglich, bei einem günstigen Schichtenverlauf sind in den Sandsteinen Böschungswinkel von bis zu 80° denkbar.

Bei der Ausführung sind die Einschränkungen des Regelfalls nach DIN 4124:2002-10 zu beachten.

Das mögliche anfallende Niederschlags- oder Schichtenwasser ist während der Bauzeit mittels einer fachgerecht ausgeführten offenen **Wasserhaltung** zu fassen und abzuleiten.

Die anstehenden bindigen Böden sowie die stark schluffigen Sande sind im hohen Maße **feuchtigkeitsempfindlich**. Bei zusätzlicher Beanspruchung, z. B. Befahren durch Baugeräte, verlieren sie an Strukturfestigkeit und verursachen zusätzliche kaum abschätzbare Seichtsetzungen. Das unmittelbare Befahren der Gründungsbereiche mit Baugeräten hat daher zu unterbleiben.

Freigelegte **Gründungssohlen** sind fachgerecht nachzuverdichten und umgehend mit einer Sauberkeitsschicht abzudecken.

10. 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.

11. Zusammenfassung

Das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, wurde beauftragt, für die geplante Neubebauung eines Grundstücks in Bayreuth, im Ortsteil Oberobsang, Voruntersuchungen des Baugrunds durchzuführen und die Gründungsmöglichkeiten sowie die mögliche Belastung mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen zu beurteilen.

Der Untergrund wurde im Zuge der Voruntersuchungen insgesamt durch 16 Kleinrammbohrungen erkundet. Als tragfähiger Untergrund können bei hohen Lasten die kiesigen Sande und Kiese des Deckhorizonts sowie die halbfesten Tone, Sande und Sandsteine des Keuperhorizonts angesehen werden. Diese stehen in unterschiedlichen Tiefen an. Daher werden eventuell Tieferführungen der Fundamente bzw. bei harten Sandsteinen Felslösearbeiten notwendig. Bei geringen Lasten der Gebäude kann bereits auf und in den zumindest steifen bis halbfesten Tönen des Keuperhorizonts gegründet werden. Grundsätzlich kann eine Flachgründung mittels Streifen- oder Einzelfundamenten bzw. einer elastisch gebetteten Fundamentplatte erfolgen.

Die anstehenden Böden sind, vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung entsprechend der anfallenden Kubatur, als Z0- bis Z1.1-Material nach der LAGA-Richtlinie einzustufen. Zu besonderen Punkten der Gründung und der Ausführung wurde im Einzelnen Stellung genommen.

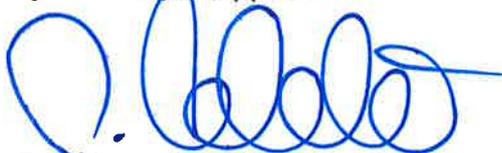
Die durchgeführten Voruntersuchungen des Baugrunds ersetzen keine qualifizierte Baugrunduntersuchung im weiteren Planungsverlauf. Für weitere Fragen bodenmechanischer und gründungstechnischer Art stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Die Bearbeiterin


Claire Koch, M.Sc.



Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder GmbH


Dipl.-Ing. (FH) Felder

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

	halbfest - fest		Mu (Mutterboden)		U (Schluff)		G (Kies)		Tiefe ∇ Datum
	halbfest		A (Auffüllung)		u (schluffig)		g (kiesig)		Tiefe ∇ Datum
	steif - halbfest		T (Ton)		S (Sand)		Sst (Sandstein)		(Fels) schwach verwittert
			t (tonig)		s (sandig)				((Fels)) stark verwittert
									entfestigt
									S(Fels) Sand (Felszersatz)
									Labor-Nr. \square Bohrprobe (gestört)
									\square Homogenbereich

Auftrag: 17225-bgr-01 Anlage 2.1

Projekt: Projektentwicklung
artus Ingenieure

Ort: Bayreuth - Oberobsang

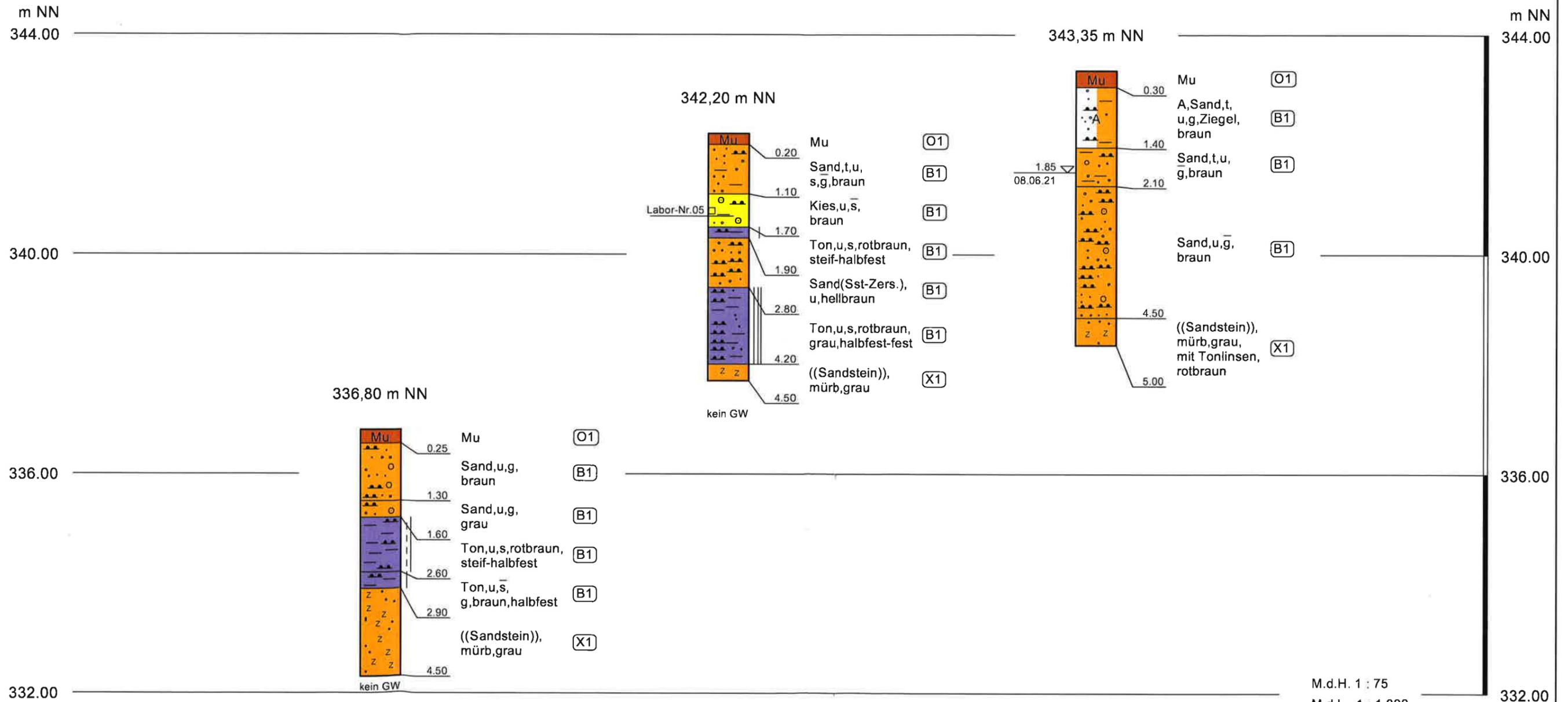
NORDWEST - SÜDOST

KRB1

KRB2

KRB3

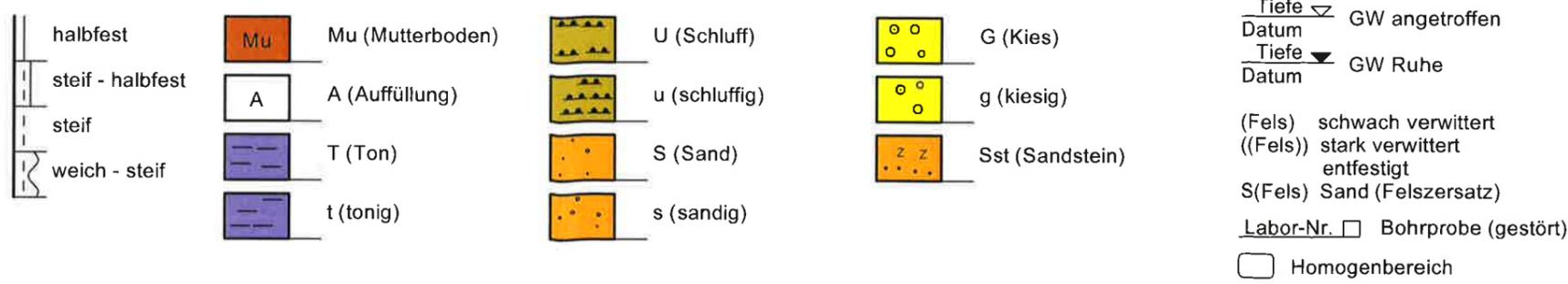
Schnitt A



M.d.H. 1 : 75
M.d.L. 1 : 1.000

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: 17225-bgr-01 Anlage 2.2

Projekt: Projektentwicklung
artus Ingenieure

Ort: Bayreuth - Oberobsang

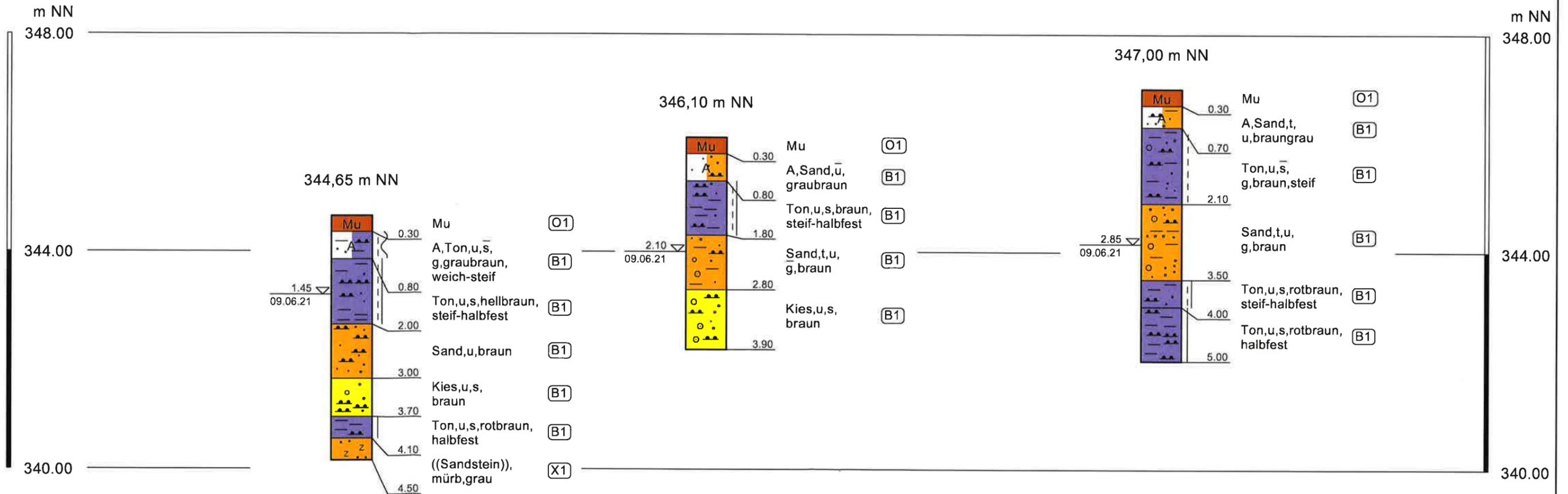
NORDWEST - SÜDOST

KRB4

KRB5

KRB6

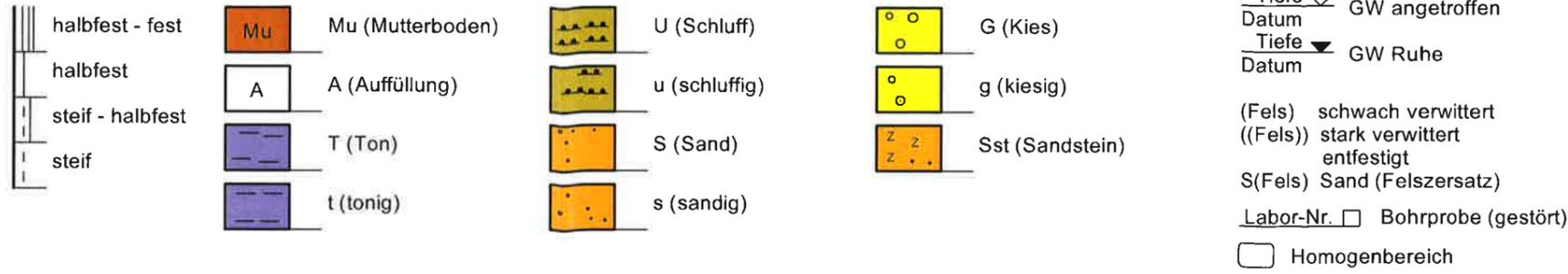
Schnitt B



M.d.H. 1 : 75
M.d.L. 1 : 1.000

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: 17225-bgr-01 Anlage 2.3

Projekt: Projektentwicklung
artus Ingenieure

Ort: Bayreuth - Oberobsang

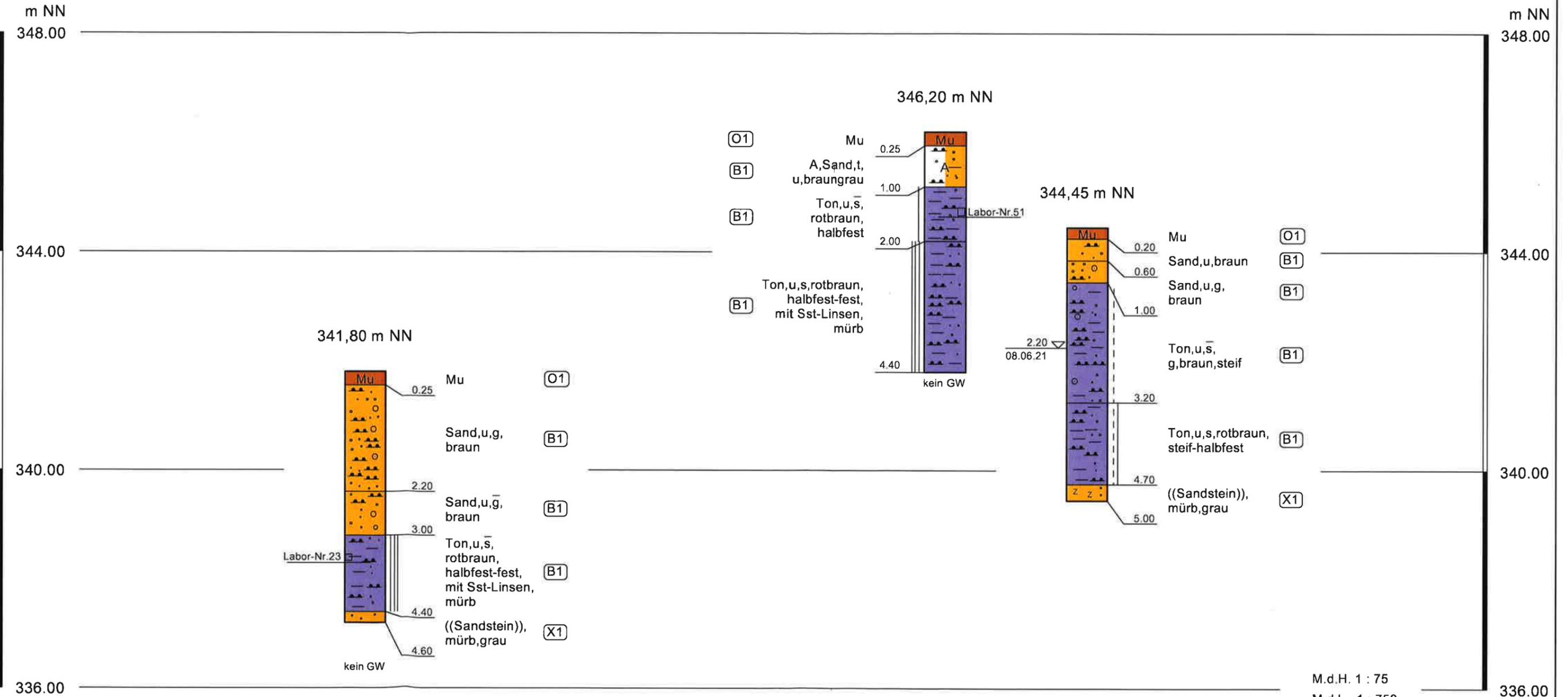
NORDWEST - SÜDOST

KRB7

KRB16

KRB8

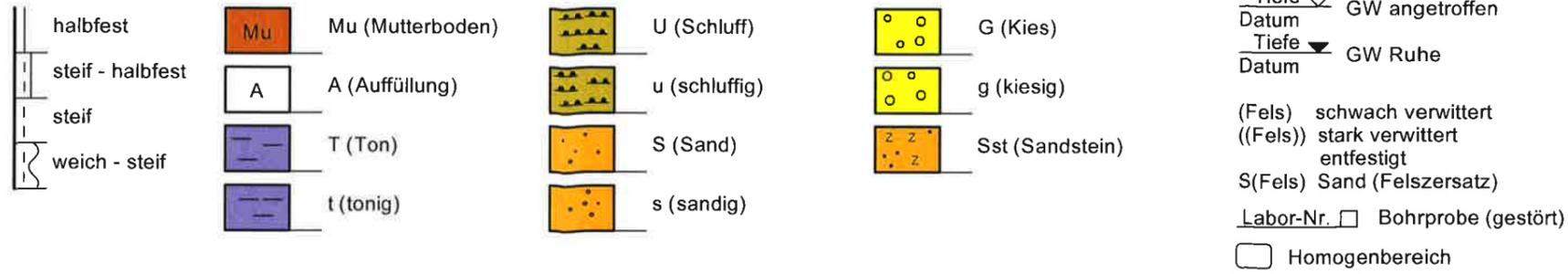
Schnitt C



M.d.H. 1 : 75
M.d.L. 1 : 750

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: 17225-bgr-01 Anlage 2.4

Projekt: Projektentwicklung
artus Ingenieure

Ort: Bayreuth - Oberobsang

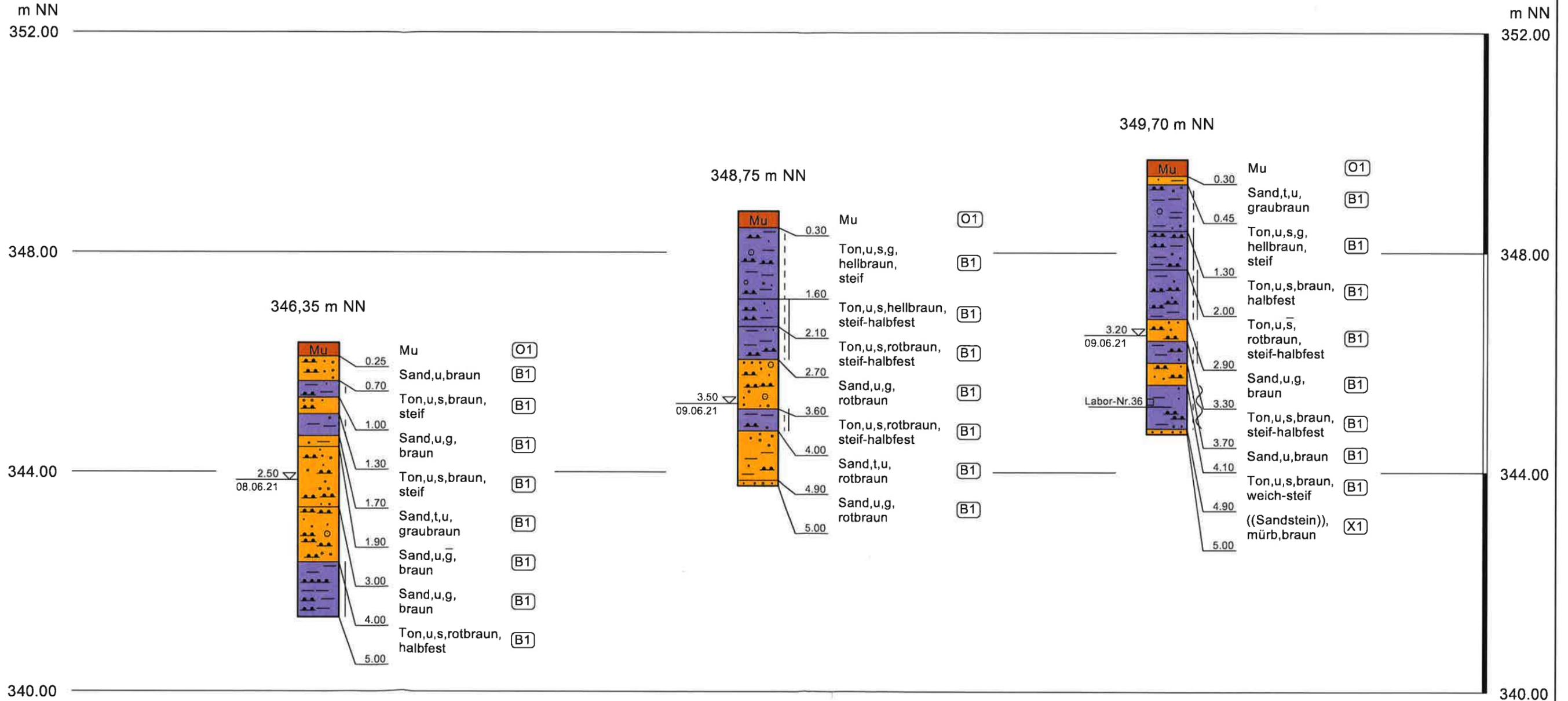
NORDWEST - SÜDOST

KRB9

KRB10

KRB11

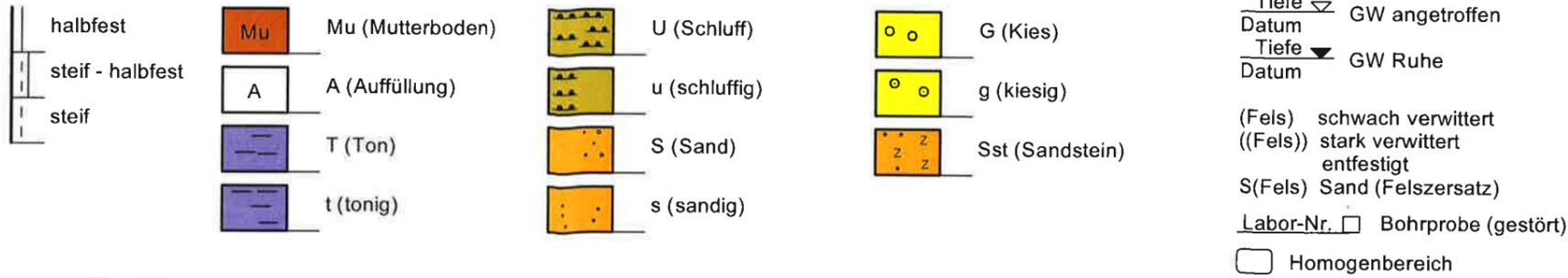
Schnitt D



M.d.H. 1 : 75
M.d.L. 1 : 1.000

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: 17225-bgr-01 Anlage 2.5

Projekt: Projektentwicklung
artus Ingenieure

Ort: Bayreuth - Oberobsang

NORDWEST - SÜDOST

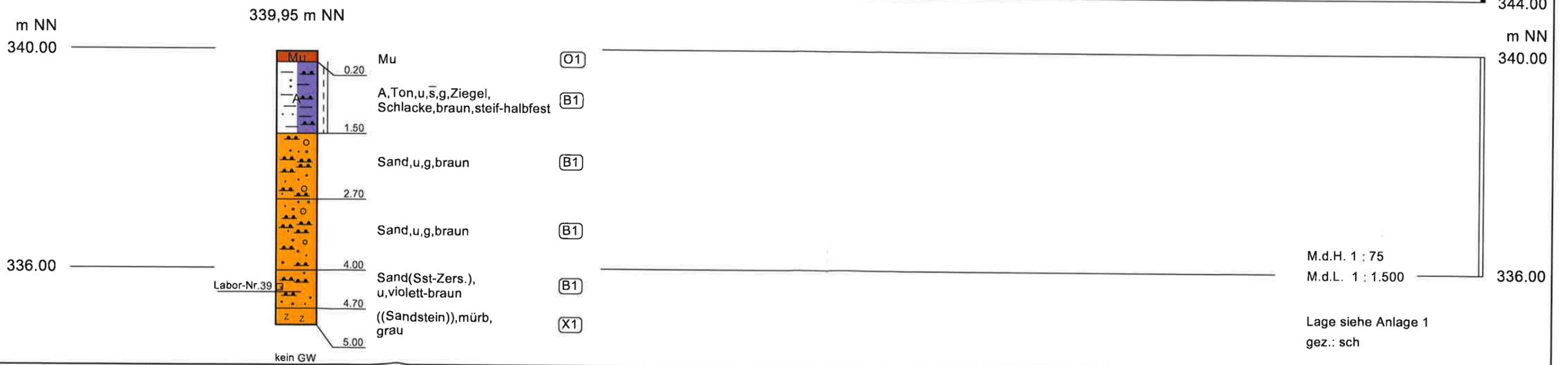
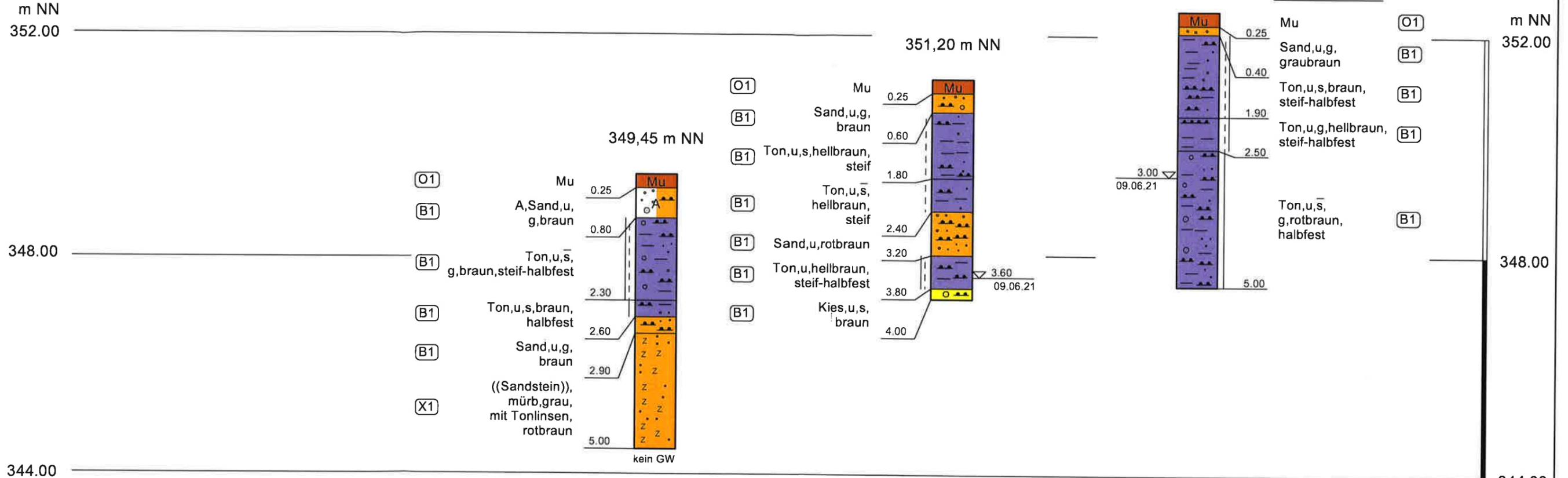
KRB12

KRB13

KRB14

KRB15
352,45 m NN

Schnitt E



M.d.H. 1 : 75

M.d.L. 1 : 1.500

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4

BAYREUTH
OT Oberobsang

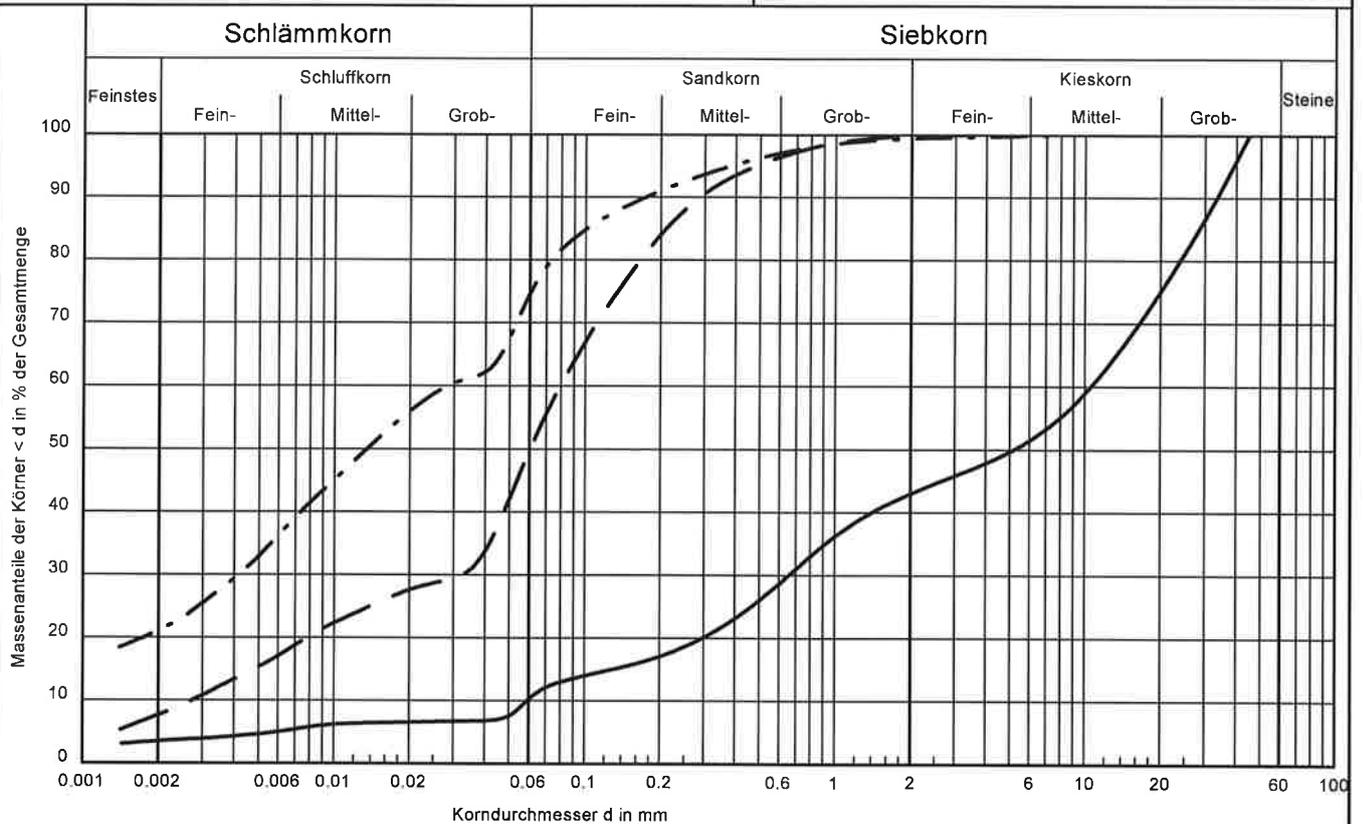
Probe entnommen am: 08./09.06.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb/Schlammanalyse

Bearbeiter: Arlt

Datum: 23.06.2021



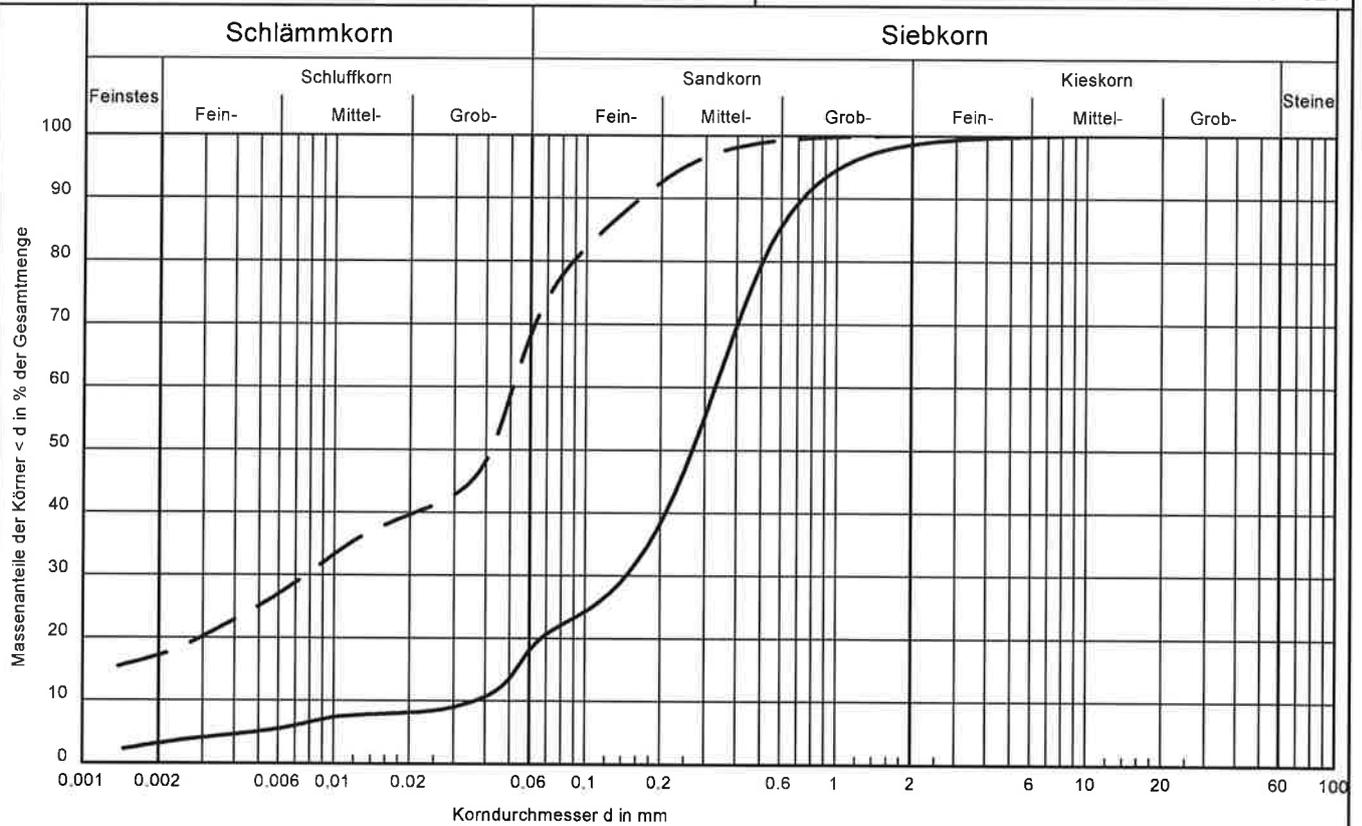
Labor Nr.	05	23	36
Signatur	————	—— —	- - - -
Bodenart	Kies,u,s	Ton,u,s	Ton,u,s
Bodengruppe / Homogenbereich	GU / B1	TL / B1	TL / B1
Entnahmestelle / Tiefe	KRB2 / 1,1-1,7 m	KRB7 / 3,0-4,0 m	KRB11 / 4,1-4,9 m
Wassergehalt [%]	8,7	15,6	23,6
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	0.0589 / 10.5613	0.0027 / 0.0795	- / 0.0283
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	179.2/0.7	29.2/4.8	-/-
k-Wert nach Beyer	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$4.6 \cdot 10^{-8}$	-
Frostsicherheit	F2	F3	F3
Anteile T/U/S/G [%]	3.5/7.5/32.0/57.0	7.7/44.1/48.0/0.2	21.1/55.2/23.1/0.6

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4

BAYREUTH
OT Oberobsang

Probe entnommen am: 08./09.06.2021
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb/Schlamm-analyse

Bearbeiter: Arlt Datum: 23.06.2021



Labor Nr.	39	51
Signatur	—	— —
Bodenart	Sand,u	Ton,u,s
Bodengruppe / Homogenbereich	SU* / B1	TM / B1
Entnahmestelle / Tiefe	KRB12 / 4,0-4,7 m	KRB16 / 1,0-2,0 m
Wassergehalt [%]	17,2	21,0
d10/d60 [mm]	0.0363 / 0.3295	- / 0.0510
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	9.1/1.8	-/-
k-Wert nach Beyer	$1.0 \cdot 10^{-5}$	-
Frostsicherheit	F3	F3
Anteile T/U/S/G [%]	3.1/15.9/79.5/1.4	17.2/53.2/29.6/ -

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

BAYREUTH
 OT Oberobsang

Bearbeiter: Arlt

Datum: 23.06.2021

Prüfungsnummer: 23

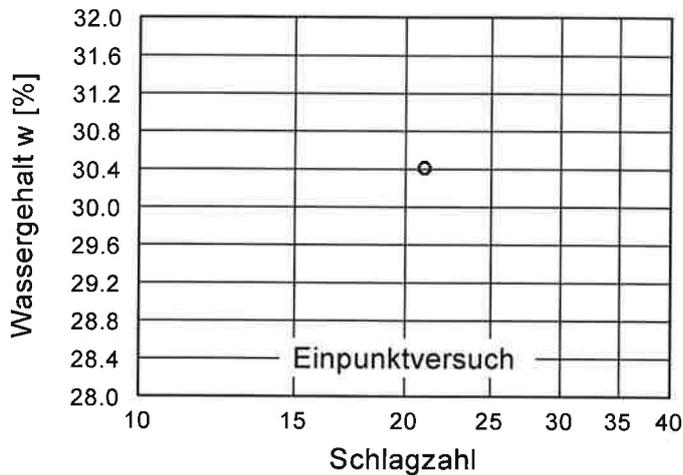
Entnahmestelle: KRB7

Tiefe: 3,0-4,0 m

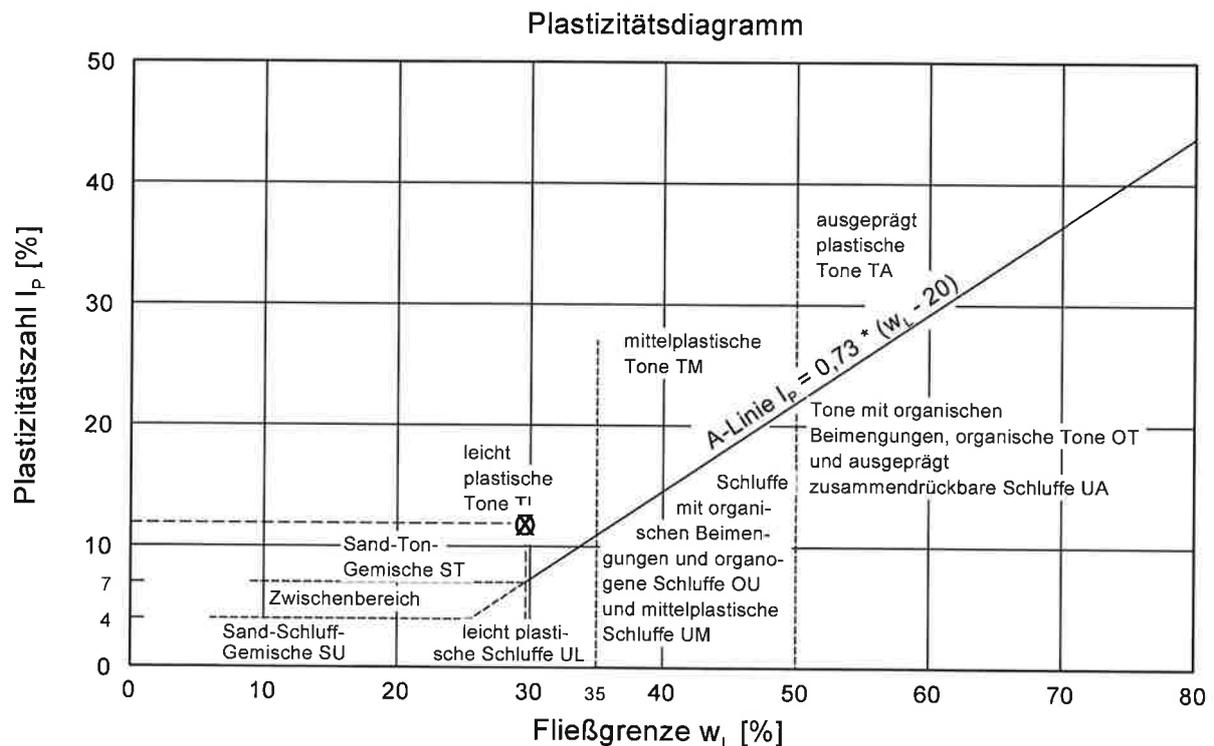
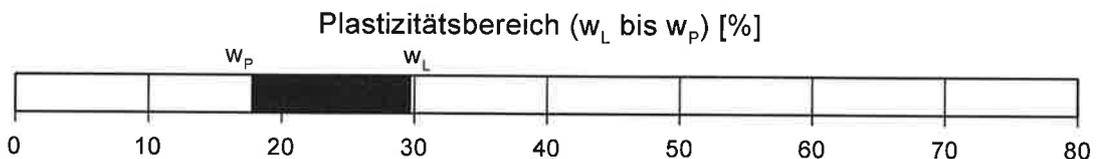
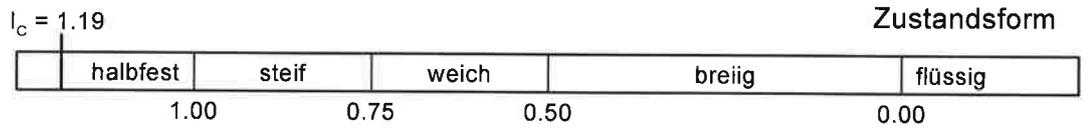
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u,s

Probe entnommen am: 08.+09.06.2021



Wassergehalt $w =$	15.6 %
Fließgrenze $w_L =$	29.7 %
Ausrollgrenze $w_p =$	17.8 %
Plastizitätszahl $I_p =$	11.9 %
Konsistenzzahl $I_c =$	1.19



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

BAYREUTH
 OT Oberobsang

Bearbeiter: Arlt

Datum: 23.06.2021

Prüfungsnummer: 36

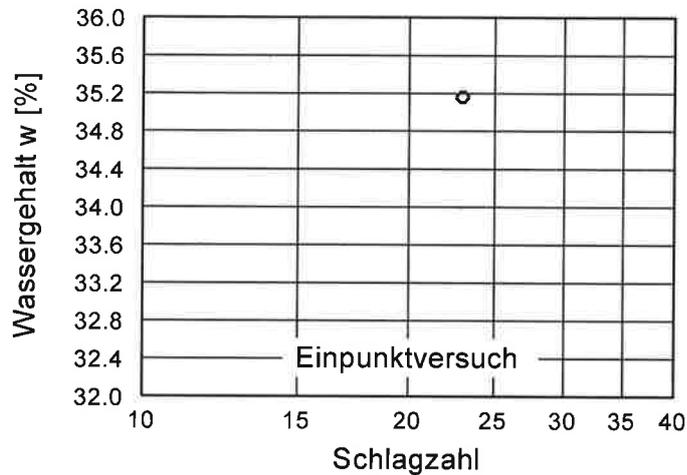
Entnahmestelle: KRB11

Tiefe: 4,1-4,9 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u,s

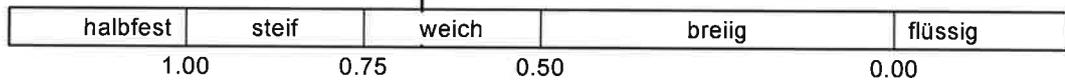
Probe entnommen am: 08.+09.06.2021



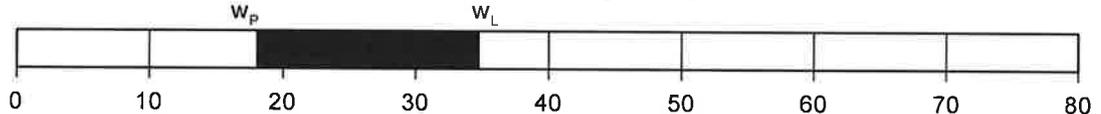
Wassergehalt $w =$	23.6 %
Fließgrenze $w_L =$	34.7 %
Ausrollgrenze $w_p =$	18.0 %
Plastizitätszahl $I_p =$	16.7 %
Konsistenzzahl $I_c =$	0.67

Zustandsform

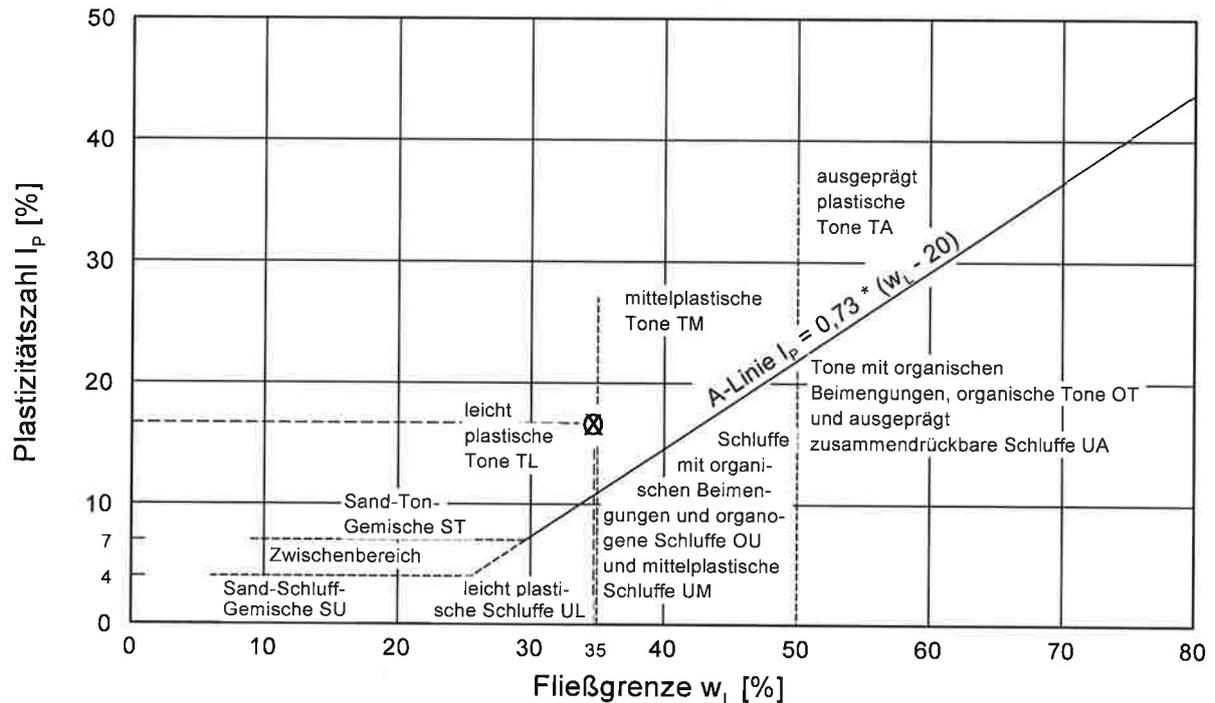
$I_c = 0.67$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

BAYREUTH
 OT Oberobsang

Bearbeiter: Art

Datum: 23.06.2021

Prüfungsnummer: 51

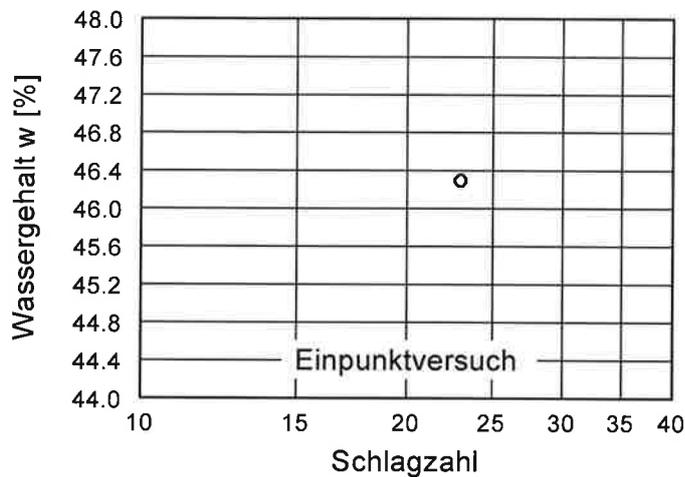
Entnahmestelle: KRB16

Tiefe: 1,0-2,0 m

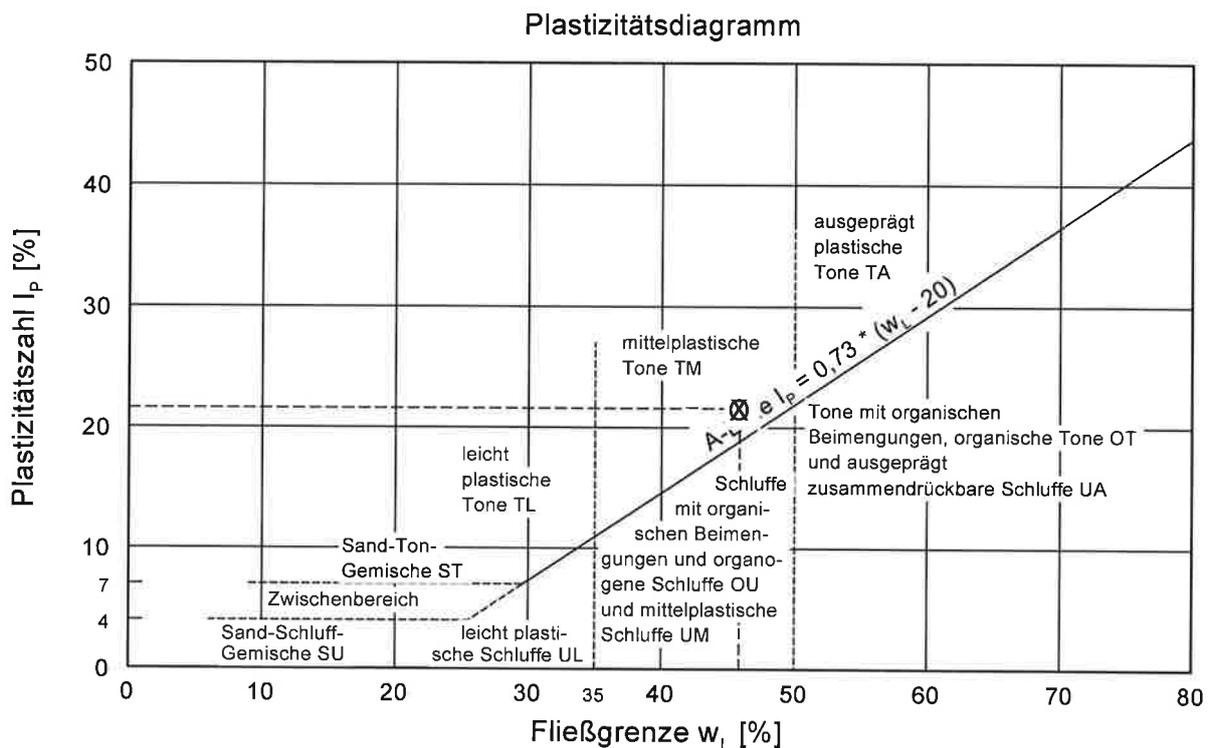
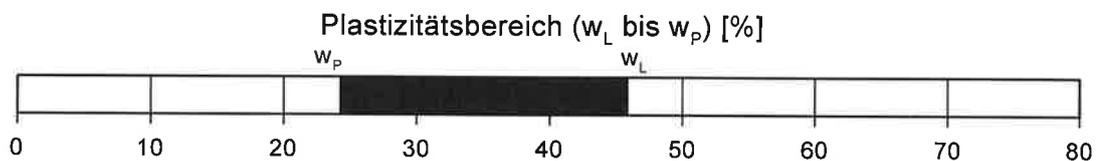
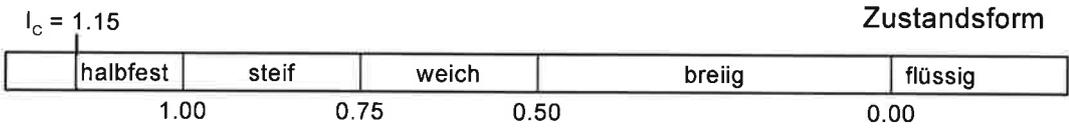
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u,s

Probe entnommen am: 08.+09.06.2021



Wassergehalt w =	21.0 %
Fließgrenze w_L =	45.8 %
Ausrollgrenze w_p =	24.2 %
Plastizitätszahl I_p =	21.6 %
Konsistenzzahl I_c =	1.15



PN 17225-bgr-01										
BAYREUTH										
OT Oberobsang										
Anlage 4.1										
Schadstoffparameter nach LAGA (Feststoff)										
Probenahme:		08.+09.06.2021								
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	4,7	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,01
MP2	7,2	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,01
MP3	5,7	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,01
MP4	4,2	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,01
MP5	4,4	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,01
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	7,2	9	<0,2	26	11	17	<0,05	0,3	39	
MP2	8,8	11	<0,2	17	8	12	0,07	0,2	26	
MP3	11	10	<0,2	51	10	9	0,06	0,1	23	
MP4	7,5	11	<0,2	28	11	18	<0,05	0,2	33	
MP5	9,3	11	<0,2	26	12	19	<0,05	0,3	29	
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 17225-bgr-01		
							BAYREUTH		
							OT Oberobsang		
							Anlage 4.2		
Schadstoffparameter nach LAGA (Eluat)									
Probenahme:	08.+09.06.2021								
	Parameter:								
Probe:	pH	elektr. Leitf.	Chlorid	Sulfat	Cyanide ges.	Phenol-index			
		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			
MP1	5,7	15	<2,0	<2,0	<0,005	<0,01			
MP2	7,3	14	<2,0	<2,0	<0,005	<0,01			
MP3	6,6	12	<2,0	<2,0	<0,005	<0,01			
MP4	6,6	10	<2,0	<2,0	<0,005	<0,01			
MP5	6,7	<10	<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
MP3	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0005	<0,05
MP4	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0005	<0,05
MP5	<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 17225-bgr-01
							BAYREUTH
							OT Oberobsang
							Anlage 4.3
Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Feststoff)							
Probenahme:	08.+09.06.2021						
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	1,6	0,19	<0,1	<50	<0,01	<0,05	<0,05
MP2	1,8	0,54	<0,1	<50	<0,01	<0,05	<0,05
MP3	1,9	0,27	<0,1	<50	<0,01	<0,05	<0,05
MP4	1,6	<0,1	<0,1	<50	<0,01	<0,05	<0,05
MP5	1,8	0,1	<0,1	<50	<0,01	<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 17225-bgr-01
								BAYREUTH
								OT Oberobsang
								Anlage 4.4
Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Eluat)								
Probenahme:	08.+09.06.2021							
	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	5,7	<1	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,005
MP2	7,3	2	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,005
MP3	6,6	2	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,005
MP4	6,6	1	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,005
MP5	6,7	<1	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<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	<2,0	<0,005	<0,50	<0,05	<0,0002	
MP2	<0,05	<2,0	<2,0	<0,005	<0,50	<0,05	<0,0002	
MP3	<0,05	<2,0	<2,0	<0,005	<0,50	<0,05	<0,0002	
MP4	<0,05	<2,0	<2,0	<0,005	<0,50	<0,05	<0,0002	
MP5	<0,05	<2,0	<2,0	<0,005	<0,50	<0,05	<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	<200			
MP3	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<200			
MP4	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<200			
MP5	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<200			
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 17225-bgr-01
										BAYREUTH
										OT Oberobsang
										Anlage 4.5
Richtwerte für den Gesamtstoffgehalt für Deponien der Klasse DK0-DKII (Feststoff)										
Probenahme:	08.+09.06.2021									
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		
MP3	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
MP4	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
MP5	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
Richtwerte:										
Richtwert DK0	3	-	2	1	0,5	-	-	-		
Richtwert DK1	-	≤ 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	7,2	9	<0,2	26	11	17	<0,05	0,3	39
MP2	<0,3	8,8	11	<0,2	17	8	12	0,07	0,2	26
MP3	<0,3	11	10	<0,2	51	10	9	0,06	0,1	23
MP4	<0,3	7,5	11	<0,2	28	11	18	<0,05	0,2	33
MP5	<0,3	9,3	11	<0,2	26	12	19	<0,05	0,3	29
Richtwerte:										
Richtwert DK0	30	45	210	3	180	120	150	2	3	450