

Geotechnischer Bericht Baugrunduntersuchungen

Projekt-Nr. B-23349-bgr-01

**Projekt: ZAPFENDORF Landkreis Bamberg
Erschließung Baugebiet „Unterleiterbach West“**

**Auftraggeber: KFB Baumanagement GmbH
Wilhelm-Zeitler-Straße 14
92717 Reuth bei Erbendorf**

Bearbeiter: Adrian Antonescu, Dipl.-Geophysiker

Bayreuth, den 09.11.2023

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Vorbemerkung	3
2. Unterlagen	3
3. Lage, Geologie und Hydrologie	4
4. Bauvorhaben	5
5. Baugrund	6
5.1 Aufbau	6
5.2 Hydrologie	8
6. Kennwerte Boden	9
6.1 Bodenmechanische Laborversuche	9
6.2 Charakteristische Bodenkenngrößen	10
6.3 Chemische Bodenanalysen nach EBV und Verfüll-Leitfaden	11
7. Homogenbereiche	14
7.1 Festlegung der Homogenbereiche	14
7.2 Homogenbereich O1	15
7.3 Homogenbereich B1	16
7.4 Homogenbereich B2	16
8. Leitungsbau	18
9. Straßenbau	19
9.1 Bemessung nach RStO	19
9.2 Planum - Erdbau	20
10. Beurteilung der Versickerung	22
11. Baumaßnahmen	23
12. Bauüberwachung und Abnahme	24
13. Zusammenfassung	25

Anlage 1:	Lageplan
Anlagen 2.1 bis 2.4:	Schnitte
Anlagen 3.1 bis 3.3:	Bodenmechanische Laborversuche
Anlagen 4.1 bis 4.4:	Chemische Analysen Bodenproben nach EBV
Anlagen 5.1 und 5.2:	Chemische Analysen Bodenproben nach Verfüll-Leitfaden

1. Vorbemerkung

Der Markt Zapfendorf beabsichtigt die Erschließung des Baugebiets „Unterleiterbach West“, in Unterleiterbach. Daher beauftragte die KFB Baumanagement GmbH, Reuth bei Erbdorf, das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und zu Baugrund und Gründung von bodenmechanischer und gründungstechnischer Seite Stellung zu nehmen.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Baugrunderkundung zusammenfassend dargestellt.

2. Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden im Wesentlichen die folgenden Unterlagen verwendet:

- Geologische Karte von Bayern M 1 : 25 000
Blatt 5931 Ebensfeld
- Digitale Hydrogeologische Karte M 1 : 100.000 (dHK100)
- Von der KFB Baumanagement GmbH, Reuth bei Erbdorf:
Lageplan (Luftbild) M 1 : 1.500 (Stand: 18.07.2023)
- Ergebnisse von Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen, Feldsickertests und Laborversuchen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth
- Ergebnisse von chemischen Laboranalysen durch das AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg
- Ergebnisse von Ortsbesichtigungen und Besprechungen zwischen Vertretern des Auftraggebers und dem Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder

3. Lage, Geologie und Hydrologie

Es ist die Erschließung des Baugebiets „Unterleiterbach West“ im Westen von Unterleiterbach, ein Gemeindeteil des Marktes Zapfendorf, geplant. Das Baugebiet umfasst im nördlichen Bereich das Grundstück mit der Flurnummer 175, Gemarkung Unterleiterbach, welche zurzeit als Wiese bewirtschaftet wird. Zudem ist der Feldweg mit der Flurnummer 249 mit eingeschlossen. Der nördliche Bereich wird vom südlichen Teil des Baugebiets durch die Wohnstraße „In der Hut“ getrennt. Der südliche Bereich des Baufelds enthält die Grundstücke mit den Flurnummern 167 und 169, welche als landwirtschaftliche Fläche genutzt werden, sowie die Grundstücke mit den Flurnummern 167/9 und 169/2, die zurzeit als Abstellfläche verwendet werden. Das geplante Baugebiet soll insgesamt eine Fläche von ca. 22.500 m² besitzen. Nördlich befinden sich die landwirtschaftliche Fläche mit der Flurnummer 248 und im Osten bebaute Grundstücke sowie die Lichtenfelser Straße. Im Westen grenzt die Schnellfahrstrecke Nürnberg-Erfurt der Bahn und im Süden der Unterbrunner Weg an.

Etwa 250 Meter westlich des Baufelds fließt der Main in südliche Richtung. Zudem befinden sich in dessen Umfeld mehrere Baggerseen. Weiterhin fließt ca. 20 m südöstlich des Grundstücks mit der Flurnummer 167 der Leiterbach in südwestliche Richtung. Dieser mündet ca. 650 m südwestlich des Baufelds in den Main.

Die Geländeoberfläche fällt sehr leicht in Richtung Süden hin ab. Im Baubereich liegen daher keine nennenswerten Höhenunterschiede vor.

Unter den vorhandenen Oberböden sowie den künstlichen Auffüllungen der früheren Baumaßnahmen stehen entsprechend der **Geologischen Karte** im östlichen Teil des Grundstücks mit der Flurnummer 167 zunächst die **pleistozänen bis holozänen Talfüllungen** aus dem Erdzeitalter des **Quartärs** an. Bei diesen handelt es sich um Lehme oder Sande, welche zum Teil als kiesig zu beschreiben sind. Im übrigen Bereich des Baufelds sind **oberpleistozäne Flussschotter** aus dem Erdzeitalter des **Quartärs** zu erwarten. Hierbei handelt es sich erfahrungsgemäß um sandige oder steinige Kiese.

Eine tektonische Störungszone ist im unmittelbaren Baubereich nicht nachgewiesen.

Entsprechend der **Hydrogeologischen Karte** bilden die quartären Deckschichten aus Lockergesteinen in Form von Flussschotter und –sande mit feinkörnigen Zwischenlagen einen oberflächennahen Grundwasserleiter mit mittleren bis hohen Durchlässigkeiten und Ergiebigkeiten. Sie stehen zudem erfahrungsgemäß im hydraulischen Kontakt mit den Fließgewässern des Tals (Main und Leiterbach). Sind quartäre bindige Deckschichten in Form von geringleitenden Böden vorhanden, können lokal gespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen.

Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 gehört Unterleiterbach, bezogen auf die Koordinaten der Ortmitte, zu keiner ausgewiesenen **Erdbebenzone**.

4. Bauvorhaben

Zur Erschließung des Baugebiets sind der Neubau von Erschließungsstraßen sowie die Verlegung von Ver- und Entsorgungsleitungen vorgesehen.

Der frostsichere Oberbau der **Erschließungsstraßen** wird gemäß den „Richtlinien zur Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“ bemessen. Voraussichtlich sind die Erschließungsstraßen, vorbehaltlich der weiteren Planung, in die Belastungsklasse Bk0,3 einzuteilen.

Des Weiteren ist die Verlegung von **Kanal- und Wasserleitungen** geplant. Die genauen Verlegetiefen sind derzeit noch nicht bekannt. Nach Angabe der KFB Baumanagement GmbH sollen die Versorgungsleitungen in einer Tiefe von etwa 1,5 m und die Entsorgungsleitungen nicht tiefer als 3,0 m unter der Geländeoberkante zu liegen kommen.

Die Vermessung der Bohransatzpunkte in Lage und Höhe wurde mittels einem Global Positioning Systems (GPS) durchgeführt.

5. Baugrund

5.1 Aufbau

Der Untergrund wurde durch insgesamt zehn Kleinrammbohrungen (KRB) sowie sechs Sondierung mit der schweren Rammsonde (DPH) erkundet (s. Lageplan Anlage 1). Die Ergebnisse sind entsprechend den Kennzeichnungen der DIN 4023 in vier von Südwesten nach Nordosten verlaufenden Schnitten (s. Anlagen 2.1 bis 2.4) dargestellt.

Vereinfachend lässt sich der Untergrund in zwei Horizonte einteilen: Anschüttungshorizont und Deckhorizont.

Direkt unter der Geländeoberkante der Kleinrammbohrung KRB1 sowie unter einer rund 10 cm bis 30 cm dicken Mutterbodenschicht in den Kleinrammbohrungen KRB3 bis KRB5 und KRB7 bis KRB9 wurden die Böden des **Anschüttungshorizonts** aufgeschlossen. Dabei handelt es sich um künstliche Auffüllungen in Form von schluffigen, sandigen, kiesigen Tonen, tonigen, sandigen Schluffen sowie tonigen, schluffigen, sandigen Kiese von beiger bis hellbrauner Färbung. Die Schluffe sowie die Tone weisen eine steife bis halb-feste Konsistenz auf und sind braun gefärbt. Innerhalb der Auffüllungen wurden Fremdbestandteile, wie Ziegelbruch, Betonbruch und Kalksteinreste, festgestellt.

Die **Untergrenze des Anschüttungshorizonts** verläuft in den Kleinrammbohrungen in folgender Tiefe unter den Ansatzpunkten (Klammerwerte bezogen auf m NN):

Aufschluss	Untergrenze Anschüttungshorizont
KRB1	0,40 m (245,95 m NN)
KRB2	nicht vorhanden
KRB3	0,90 m (246,15 m NN)
KRB4	0,80 m (245,85 m NN)
KRB5	0,40 m (246,35 m NN)
KRB6	nicht vorhanden
KRB7	0,50 m (245,90 m NN)

Aufschluss	Untergrenze Anschüttungshorizont
KRB8	0,40 m (246,30 m NN)
KRB9	0,60 m (246,00 m NN)
KRB10	nicht vorhanden

Unter den künstlichen Auffüllungen sowie unter den etwa 30 cm dicken Mutterbodenschichten der übrigen Kleinrammbohrungen wurden die natürlich gewachsenen Böden des **Deckhorizonts** aufgeschlossen. Diese bestehen aus schluffigen, sandigen Tonen, tonigen, sandigen Schluffen, tonigen, schluffigen, kiesigen Sanden sowie schluffigen, sandigen Kiesen und sind überwiegend braun, braun bis graubraun, grau und graubraun bis rotbraun gefärbt. Die Schluffe besitzen eine halbfeste Konsistenz. Die Tone weisen eine weiche bis halbfeste Konsistenz aus. Lokal wurden innerhalb der Tone und Schluffe Wurzelreste festgestellt. Bei diesen Böden handelt es sich offensichtlich um die holozänen bis pleistozänen Talfüllungen sowie die oberpleistozänen Flussschotter des Quartärs.

Durch die **Sondierungen mit der schweren Rammsonde** werden die vorliegenden Aufschlüsse im Bereich des geplanten Baugebiets ergänzt. Erfahrungsgemäß kann bei den hier anstehenden Böden ab einer Schlagzahl von fünf Schlägen pro 10 cm Eindringung der Sondierspitze von einer mitteldichten Lagerung der Kiese und Sande bzw. einer vergleichbaren Festigkeit der bindigen Böden ausgegangen werden.

Die Sondierungen DPH2 bis DPH5 weisen bis in Tiefen von 1,30 m bis 2,20 m unter der Geländeoberkante überwiegend geringe Schlagzahlen auf, sodass hier eine lockere Lagerungsdichte der Sande sowie einer unzureichenden Festigkeit der bindigen Böden des Deckhorizonts abzuleiten ist. Darunter werden jedoch Schlagzahlen von mehr als fünf Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe der Sondierspitze erreicht, sodass hier von einer mittleren bis dichten Lagerung der Kiese ausgegangen werden kann.

In der Sondierung DPH1 werden bis in eine Tiefe von 0,60 m unter der Geländeoberkante geringe Schlagzahlen festgestellt, die auf eine unzureichende Festigkeit der bindigen Böden des Deckhorizonts hindeuten. Darunter liegen Schlagzahlen mit mehr als fünf Schlägen vor. Dies deutet auf eine mitteldichte bis dichte Lagerung der nichtbindigen Böden in Form von Sanden und Kiesen hin.

In den Sondierungen DPH1 und DPH3 bis DPH5 werden in Tiefen ab 2,60 m bis 3,60 m Bereiche mit geringe Schlagzahlen angezeigt, was eine locker Lagerung der Kiese oder den Übergang zum Grundwasser widerspiegelt.

Die Sondierung DPH6 zeigt Schlagzahlen zwischen eins und sieben Schlägen pro 10 cm, sodass hier von einer Wechsellagerung von locker und mitteldicht gelagerten Sande und Kiese ausgegangen werden kann.

Abweichungen und Besonderheiten sind in einer wechselnden Zusammensetzung und dicken der künstlichen Auffüllungen, in einem unterschiedlichen Schichtgrenzenverlauf, in Schichtinhomogenitäten, in wechselnden Konsistenzen der bindigen Böden sowie in unterschiedlichen Lagerungsdichten der nichtbindigen Böden zu erwarten.

5.2 Hydrologie

Grundwasser war während der Bohrarbeiten nur in den Kleinrammbohrungen KRB1, KRB6 und KRB7 in folgenden Tiefen unter den Ansatzpunkten messbar (Klammerwerte bezogen auf m NN):

Aufschluss	Grundwasser angetroffen
KRB1	3,90 m (242,45 m NN)
KRB6	3,80 m (242,55 m NN)
KRB7	3,80 m (242,60 m NN)

Bei dem angetroffenen Wasser handelt es sich um **ständig drückendes Grundwasser**. Die Wasserstände werden offensichtlich zumindest indirekt von Wasserführung des Mains sowie des Leiterbachs beeinflusst. Die Wasserstände sind von den kurz- und langfristigen Witterungsverhältnissen abhängig und unterliegen jahreszeitlich bedingten Schwankungen. Langjährige Grundwasserbeobachtungen liegen uns derzeit nicht vor.

Das Baufeld liegt gemäß des Umweltatlases (Naturgefahren) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt im direkten Einflussbereich des Mains. Der höchste Wasserstand bei einem hundertjährigen Abflussereignis (HQ100) ist seitens des zuständigen Wasserwirtschaftsamts anzugeben.

Eine Grundwasserschöpfprobe konnte im Zuge der Feldarbeiten nicht gezogen werden, da die Bohrlöcher nach Beendigung der Bohrarbeiten zugewallen sind.

6. Kennwerte Boden

6.1 Bodenmechanische Laborversuche

Insgesamt wurden vier Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN ISO 22 475 entnommen und im eigenen Baugrundlabor hinsichtlich bodenmechanischer Parameter untersucht. An diesen Proben wurden vier kombinierte Sieb-Schlämmanalysen und zwei Plastizitätsversuche durchgeführt. Zudem wurden die Wassergehalte der Proben bestimmt. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind den Anlagen 3.1 bis 3.3 zu entnehmen.

Die kombinierten **Sieb-Schlämmanalysen** kennzeichnen einen gemischtkörnigen Kies mit Feinanteilgehalten kleiner 0,06 mm von 6,8 % sowie einen gemischtkörnigen Sand mit Feingehaltanteilen von 20,4 %. Zudem wurden zwei feinkörnige Tone mit Feinanteilgehalten von 84,3 % und 93,2 % ermittelt.

Die **Wassergehaltsbestimmungen** ergaben Werte von 4,3 % bis 21,7 %.

Die durchgeführten **Plastizitätsversuche** ergaben Wassergehalte an der Fließgrenze von 50,6 % und 64,7 % sowie an der Ausrollgrenze von 19,1 % und 25,1 %. Mit den natürlichen Wassergehalten errechnen sich die Plastizitätszahlen von 31,5 % und 39,6 %. Die Konsistenzbestimmung ergab Werte von 1,01 und 1,09. Es handelt sich bei den untersuchten Proben demnach um zwei ausgeprägt plastische Tone von jeweils halbfester Konsistenz.

Nach den empirischen Formeln von BEYER besitzen die untersuchten Kiese einen **Durchlässigkeitskoeffizient** in einer Größenordnung von $k_f = 6,0 \times 10^{-5}$ m/s. Die untersuchten Sande besitzen Durchlässigkeitskoeffizienten in einer Größenordnung von $k_f = 1,2 \times 10^{-7}$ m/s. Gemäß der DIN 18130-1 sind die Kiese damit als durchlässig und die Sande als schwach durchlässig zu bezeichnen.

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

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	$E_s = 3 \text{ bis } 5 \text{ MN/m}^2$

Tone und Schluffe, steif

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 9,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 27,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 5 \text{ bis } 7 \text{ MN/m}^2$

Tone und Schluffe, halbfest

Feuchtwichte	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 30,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 8 \text{ bis } 15 \text{ MN/m}^2$

Sande

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi = 32,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 20 \text{ bis } 30 \text{ MN/m}^2$

Kiese

Feuchtwichte	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 11,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi = 35,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 30 \text{ bis } 40 \text{ MN/m}^2$

Diese Größen sind für erdstatische Berechnungen zu verwenden.

6.3 Chemische Bodenanalysen nach EBV und Verfüll-Leitfaden

Zur Beurteilung der Wiederverwertbarkeit bzw. der möglichen Entsorgungswege der beim Aushub anfallenden Böden wurden im Zuge der Baugrunduntersuchungen aus den Auffüllungen sowie den Deckschichten zusätzliche Bodenproben gewonnen. Die entnommenen Einzelproben wurden im Labor fachgerecht zu vier Mischproben (MP) vereinigt.

Diese wurden dem Labor Agrolab GmbH, Bruckberg, zur Analyse auf die Parameter der EBV (Ersatzbaustoffverordnung) als Bodenmaterial sowie auf den Verfüll-Leitfaden überstellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen gemäß EBV sind in den Anlagen 4.1 bis 4.4 bzw. gemäß Verfüll-Leitfaden in den Anlagen 5.1 und 5.2 dargestellt.

In der folgenden Tabelle sind die Entnahmepunkte und –tiefen, die Bezeichnung der untersuchten Schicht sowie die Einstufung gemäß der EBV, Verfüll-Leitfaden und der Deponieverordnung vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung zusammengefasst.

Mischprobe	Aufschluss und Entnahmetiefe	Einstufung gemäß EBV (ausschlaggebender Parameter)	Einstufung gemäß Verfüll-Leitfaden (ausschlaggebender Parameter)	vorläufige Einstufung gemäß DepV
MP1 (Auffüllungen & Deckschichten)	KRB1 (0,00 – 0,40 m) KRB2 (0,30 – 0,70 m) KRB3 (0,30 – 0,90 m)	BM-0	Z0	DK0
MP2 (Auffüllungen & Deckschichten)	KRB4 (0,20 – 0,80 m) KRB5 (0,40 – 0,80 m) KRB9 (0,20 – 0,60 m) KRB10 (0,30 – 0,70 m)	BM-0	Z0	DK0
MP3 (Auffüllungen & Deckschichten)	KRB6 (0,30 – 1,40 m) KRB7 (0,20 – 0,50 m) KRB8 (0,10 – 0,40 m)	BM-0* (Quecksilber im Feststoff)	Z0	DK0
MP4 (Deckschichten)	KRB1 (1,10 – 1,90 m) KRB3 (0,90 – 1,90 m) KRB6 (1,40 – 2,00 m) KRB7 (1,10 – 2,10 m)	BM-0	Z0	DK0

Für die untersuchten **Mischproben MP1 und MP4** sind bei der Beurteilung nach der EBV bzw. Verfüll-Leitfaden die Zuordnungswert für **Lehm/Schluff** und für die **Mischproben MP2 und MP3** die Zuordnungswert für **Ton** anzusetzen.

Ersatzbaustoffverordnung (EBV)

Die **Mischprobe MP1** zeigt im Hinblick auf die BM-0*-Zuordnungswerte der EBV-Richtlinie eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit. Gemäß den FAQ's des Bayerischen Landesamts für Umwelt zur EBV ist der Parameter der elektrischen Leitfähigkeit lediglich als indikativer Orientierungswert eingefügt worden. Sofern eine Ursache für die erhöhten Werte deduziert werden kann, so sind diese als nicht einstuferrelevant zu betrachten. Als mögliche Ursache kann im Falle der Mischprobe MP1 die Kalksteinreste in der KRB1 sowie der Betonbruch in der KRB3 abgeleitet werden. Demnach wären diese Böden ebenfalls als **BM-0-Material** gemäß der EBV einzustufen.

Die natürlich gewachsenen Böden der **MP4** weisen im Hinblick auf die **BM-0-Zuordnungswerte** der **EBV-Richtlinie** einen **erhöhten Quecksilber-Gehalt** im Eluat und die Auffüllungen sowie die Deckschichten der **MP2** eine **erhöhten PAK 15 Summe gemäß EBV** sowie einen **erhöhten Quecksilber-Gehalt** im Eluat auf. Diese Werte sind jedoch nur einstufigsrelevant, wenn der gleiche Parameter im Feststoff ebenso überschritten ist. Da dies nicht der Fall ist und die übrigen Parameter nicht erhöht vorliegen wurde sich für diese Probe eine Einstufung als **BM-0-Material** ergeben.

Die Böden der **MP3** weisen im Hinblick auf die **BM-0-Zuordnungswerte** der **EBV-Richtlinie** einen **erhöhten TOC**, einen **erhöhten Quecksilber-Gehalt** im Feststoff, sowie einen **erhöhten Quecksilber-Gehalt** im Eluat auf. Daher wird eine Wiederverwertung der Aushubböden als Bodenmaterial nach der EBV lediglich als **BM-0*-Material** möglich sein.

Gemäß Artikel 3, § 6 der **Änderung der Deponieverordnung** wären die Mischproben MP1 bis MP4, als **DK0-Material** einzustufen.

Verfüll-Leitfaden

Die Mischproben **MP1, MP2 und MP4** zeigen keine Überschreitungen der Feststoff- oder Eluatkonzentrationen den **Z0-Zuordnungswerten** des Verfüll-Leitfadens. Demnach wären diese Böden als **Z0-Material** vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung entsprechend der anfallenden Kubatur, einzustufen. Damit ist eine Ablagerung des Materials in einer nach dem Verfüll-Leitfaden zugelassenen Grube der **Standortkategorie A** möglich.

Die Mischprobe **MP3 (Auffüllungen & Deckschichten)** weist Überschreitungen der Z1.1-Zuordnungswerte für die elektrische Leitfähigkeit im Eluat sowie eine Unterschreitung des pH-Werts im Eluat auf. Gemäß dem Verfüll-Leitfaden sind Abweichungen von den Bereichen der Zuordnungswerte für den pH-Wert und/oder die Überschreitung der elektrischen Leitfähigkeit im Eluat allein kein Ausschlusskriterium. Die Unterschreitung des pH-Werts ist auf organische Anteile und die Überschreitung der elektrischen Leitfähigkeit auf mineralische Fremdbestandteile zurückzuführen. Entsprechend dieser Befunde wäre der **Aushub** vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung im Hinblick auf die Wiederverwertbarkeit ebenfalls als **Z0-Material** einzustufen. Damit wäre eine Ablagerung des Materials in einer nach dem Verfüll-Leitfaden zugelassenen Grube der **Standortkategorie A** 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 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. Homogenbereiche

7.1 Festlegung der Homogenbereiche

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.

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.

Es ist die Erschließung des Baugebiets „Unterleiterbach West“ in Unterleiterbach, ein Gemeindeteil des Marktes Zapfendorf, geplant. Hierfür werden der Neubau von Erschließungsstraßen sowie die Verlegung von Ver- und Entsorgungsleitungen erforderlich. Im Baufeld stehen unterhalb den Mutterbodenschichten die künstlichen Auffüllungen und natürlich gewachsenen Böden des Deckhorizonts in Form von Tonen, Schluffen, Sanden und Kiesen an.

Aus den durchgeführten Aufschlüssen sowie dem bisherigen Planungsstand ergibt sich unter Berücksichtigung der umweltrelevanten Inhaltsstoffe zunächst folgende Einteilung der Homogenbereiche:

Homogenbereich	Bodenschicht	Benennung
O1	Oberboden	Mutterboden
B1	künstliche Auffüllungen,	Tone, Schluffe und Kiese
B2	Deckschichten	Tone, Schluffe, Sande und Kiese

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.

7.2 Homogenbereich O1

Der Mutterboden wird in den Homogenbereich O1 eingeteilt und wurde im Baubereich mit Dicken von ca. 10 cm bis 30 cm angetroffen. Gemäß der ehemaligen DIN 18300:2012-09 entsprach der Mutterboden der Bodenklasse 1.

7.3 Homogenbereich B1

Die in den Aufschlüssen angetroffenen, künstlich aufgefüllten Böden werden im Homogenbereich B1 zusammengefasst. Die vorhandenen Auffüllungen weisen Dicken zwischen etwa 0,40 m und 0,90 m auf. Die Böden des Homogenbereichs B1 können mit üblichen Hydraulikbaggern gut gelöst werden.

Die weiteren Eigenschaften und Kennwerte des Homogenbereichs B1 wurden im Zuge der Feldarbeiten sowie anhand von durchgeführten Laborversuchen ermittelt und werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Eigenschaften und Kennwerte für Boden (Auszug) nach VOB/C	
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen
Benennung	Tone, Schluffe und Kiese
Massenanteil Steine	ca. 0 bis 5 (Schätzwert)
Konsistenz	steif bis halbfest (Feldversuch)
Lagerungsdichte (Kies)	locker
Organischer Anteil [%]	bereichsweise leicht organisch
Bodengruppen	GU, GU*,TA, TM, TL, UL,UM (Erfahrungswert)
vorläufige Einstufung gemäß EBV, Verfüll-Leitfaden und DepV (s. Kap. 6.3)	BM-0 bis BM0*, Z0 sowie DK0

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

7.4 Homogenbereich B2

Die natürlich gewachsenen Böden des Deckhorizonts in Form von Tonen, Schluffen, Sanden und Kiesen werden in den Homogenbereich B2 eingeteilt. Die Böden des Homogenbereichs B2 können mit üblichen Hydraulikbaggern gut gelöst werden.

Die weiteren Eigenschaften und Kennwerte des Homogenbereichs B2 wurden im Zuge der Feldarbeiten sowie anhand von durchgeführten Laborversuchen ermittelt und werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Eigenschaften und Kennwerte für Boden (Auszug) nach VOB/C	
Ortsübliche Bezeichnung	Deckschichten
Benennung	Tone, Schluffe, Sande und Kiese
Korngrößenverteilung [%]	s. Körnungslinien Anlage 3.1
Massenanteil Steine	ca. 0 bis 5 (Schätzwert)
Lagerungsdichte (Kiese und Sande)	locker bis dicht
Wassergehalt [%]	4,3 bis 21,7 (Versuchswerte)
Konsistenz (Tone, Schluffe)	weich bis halbfest (Feldversuch) halbfest (Versuchswerte)
Plastizitätszahl [%]	31,5 und 39,6 (Versuchswerte)
Konsistenzzahl [-]	Gemäß Literatur: weiche bindige Böden: $I_c = 0,50$ bis $0,75$ steife bindige Böden: $I_c = 0,75$ bis $1,00$ halbfeste bindige Böden: $I_c > 1,00$
Labor-Nr. 02 Labor-Nr. 20	1,01 1,09
Organischer Anteil [%]	bereichsweise leicht organisch
Bodengruppen	GU, TA, SU* (Versuchswert) GU*, SU, TM, TL, UL, UM (Erfahrungswert)
vorläufige Einstufung gemäß EBV, Verfüll-Leitfaden und DepV (s. Kap. 6.3)	BM-0, Z0 sowie DK0

Entsprechend der ehemaligen DIN 18 300:2012-09 wären die Böden des Homogenbereichs B2 in die Bodenklassen von 3 bis 5 (leicht bis schwer lösliche Bodenarten) eingestuft worden.

8. Leitungsbau

Es sind der Neubau von Kanal- und Wasserleitungen im Bereich des Baugebiets voraussichtlich in offener Bauweise geplant.

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

Nach Angabe der KFB Baumanagement GmbH sollen die Versorgungsleitungen in einer Tiefe von etwa 1,5 m und die Entsorgungsleitungen nicht tiefer als 3,0 m unter der Geländeoberkante zu liegen kommen.

Mit der Verlegetiefe der **Wasserleitung** von etwa 1,5 m unter der Geländeoberkante werden voraussichtlich die Böden des Deckhorizonts in Form von steifen bis halbfesten Tonen sowie Sanden angetroffen. Die Sande sowie die steifen bis halbfesten Tone sind für eine fachgerechte Rohrbettung als ausreichend tragfähig anzusehen.

Sollten mit den Aushubsohlen lokal aufgeweichte, bindige Böden angetroffen werden, werden hier zusätzlichen Bodenaustauschmaßnahmen notwendig. Die Dicke des Bodenaustauschpolsters sollte zumindest 30 cm betragen. Als **Bodenaustauschmaterial** kann ein nichtbindiges, verdichtungswilliges und gut abgestuftes Schottermaterial, z.B. der Körnung 0/45 mm oder 0/56 mm, verwendet werden. Das Bodenaustauschmaterial ist lagenweise einzubauen und fachgerecht zu verdichten.

Mit der Verlegetiefe der **Kanalleitung** von bis zur 3,0 m unter der Geländeoberkante werden voraussichtlich die Kiese des Deckhorizonts angetroffen. Die Kiese des Deckhorizonts sind als ausreichend tragfähig anzusehen.

Aus bodenmechanischer Sicht ist hier grundsätzlich ein Wiedereinbau der beim Aushub anfallenden Kiese und Sande mit geringen Feinanteilsgehalten möglich.

Die anstehenden Tone und Schluffe sowie Sande und Kiese mit hohen Feinanteilen sind als stark feuchteempfindlich anzusehen. Bereits bei geringen Wassergehaltsänderungen wird die Einbaubarkeit stark vermindert. Diese sind daher für einen direkten Wiedereinbau nur bedingt geeignet.

Zur Verminderung von Setzungen wird im Bereich befestigter Verkehrsflächen der Einbau von nichtbindigen bis schwach bindigen, grob- bis gemischtkörnigen Erdstoffen empfohlen.

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 ZTVA-StB 12 durchzuführen.

Bei geänderten Voraussetzungen oder abweichenden Untergrund- und Grundwasserverhältnissen ist eine umgehende Rücksprache erforderlich.

9. Straßenbau

9.1 Bemessung nach RStO

Die Dicke des frostsicheren Oberbaus der Erschließungsstraße bestimmt sich nach den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“. Im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums stehen überwiegend Böden der **Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3** an. Für die Bemessung des frostsicheren Oberbaus raten wir daher, im gesamten Baubereich die **Frostempfindlichkeitsklasse F3** anzusetzen.

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 II

+ 5 cm

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

$$50 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = \mathbf{55 \text{ cm}} \text{ (Bk0,3)}$$

Sollte eine Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen erfolgen, kann die Dicke des Oberbaus jeweils um 5 cm reduziert werden.

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

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

9.2 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 gemischtkörnigen Böden muss im Bereich des Erdplanums ein Verdichtungsgrad von $D_{pr} = 100 \%$ erreicht werden.

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

Mit dem Erdplanum werden voraussichtlich die natürlich gewachsenen bzw. aufgefüllten steifen bis halbfesten Tone und Schluffe erreicht.

Im Bereich der Tone und Schluffe können die geforderten Verformungsmoduln erfahrungsgemäß nicht erreicht werden. Daher werden hier zusätzliche **Bodenaustauschmaßnahmen** notwendig. Bei zumindest steifen bindigen Böden werden etwa 20 cm bis 30 cm notwendig. Bei stärker aufgeweichten Böden kann sich die Dicke des Bodenaustauschs noch erhöhen. 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.

Alternativ zum Bodenaustausch wäre, eine **Bodenverbesserung mit einem hydraulischen Bindemittel**, z.B. aus einem Kalk-Zementgemisch, durchzuführen. Bei den hier anstehenden Böden eignen sich erfahrungsgemäß Mischbindemittel mit einem Verhältnis Kalk/Zement von 50/50. Für die Böden werden abhängig vom Wassergehalt erfahrungsgemäß Bindemittelgehalte zwischen 2 % und 4 % bezogen auf die Trockenmasse des Bodens notwendig. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen können die bindigen Anteile der Böden zusätzlich aufweichen. In diesem Fall müssen die Bindemittelgehalte entsprechend angepasst werden. Wegen der wechselnden Wassergehalte sowie der unterschiedlichen Böden ist die Bindemittelmenge in Abhängigkeit von den bodenmechanischen Versuchsergebnissen vor Ort jeweils anzupassen.

Entsprechend der ZTV E-StB 17 kann es bei **sulfathaltigen Böden** durch die Zugabe von Bindemitteln zu Entfestigungen und Quellhebungen kommen. Die im voraussichtlichen Planum anstehenden **Tone** des Quartärs können natürlich erhöhte Sulfatgehalte aufweisen. Im Vorfeld wären die zu verbessernden Böden daher auf ihren Sulfatgehalt im Feststoff hin zu untersuchen.

Zu Baubeginn sollten **Probefelder** angelegt und mittels Plattendruckversuchen geprüft werden. Abhängig von den Ergebnissen können dann die endgültigen eventuellen Bodenaustauschmaßnahmen und Austauschdicken für die einzelnen Bereiche festgelegt werden.

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

10. Beurteilung der Versickerung

Zur Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrunds wurde im Bereich der Kleinrammbohrung KRB1 ein Sickertest durchgeführt. Hierzu wurde die Bohrung bis in eine Tiefe von 1,50 m unter der Geländeoberfläche verrohrt. Die **Versickerungssohle** liegt damit in den **stark bindigen Sanden des Deckhorizonts**.

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.

In den **stark bindigen Sanden** wurde im Messzeitraum von einer Stunde eine Absenkung von insgesamt 2,5 cm gemessen.

Aus der Sickerfläche und der mittleren Absenkung können bei Ansatz eines hydraulischen Gefälles von $i = 1$ der zugehörige Durchlässigkeitsbeiwert ermittelt werden. Daraus errechnet sich für die Sanden ein **Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 7,0 \times 10^{-6}$ m/s**.

Gemäß den Festlegungen des DWA-Merkblatts A 138 liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich in etwa zwischen 10^{-6} m/s und 10^{-3} m/s. Die geprüften Sande sind demnach für eine **fachgerechte Versickerung grundsätzlich als geeignet** einzustufen.

Die Versickerungsleistung der Böden ist erfahrungsgemäß stark abhängig von deren Feinanteilgehalten und kann daher lokal stark schwanken. Die anhand der Kornverteilungen nach den empirischen Formeln von BEYER abgeleiteten Durchlässigkeitskoeffizienten liegen für die untersuchten Sande in einer Größenordnung von $k_f = 1,2 \times 10^{-7}$ m/s und die untersuchten Kiese in einer Größenordnung von $k_f = 6,0 \times 10^{-5}$ m/s. Sie wären somit abhängig ihrer Feingehaltsanteile für eine fachgerechte Versickerung nur bedingt geeignet.

Die Versickerungsanlage ist gemäß den Hinweisen und Festlegungen des Arbeitsblattes DWA-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.

Gemäß den Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 138 ist bei der Planung einer Versickerungsanlage sicherzustellen, dass zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und der höchsten Grundwasserstand einen Mindestabstand von einem Meter eingehalten wird.

11. Baumaßnahmen

Temporäre **Baugrubenböschungen** sind in den Sanden, Kiesen sowie weichen Tonen unter maximal 45° und im Bereich der zumindest steifen bindigen Böden unter einem Neigungswinkel von bis zu 60° anzulegen. 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 Rohrgräben können auch gegenseitig ausgesteifte Verbauelemente verwendet werden.

In den Rohrgräben ist eine fachgerechte **offene Wasserhaltung** vorzuhalten, um eventuell anfallendes Niederschlags- oder Schichtenwasser zu fassen und abzuleiten.

Sollte mit der Verlegetiefe der Kanalleitung der Grundwasserspiegel bereits erreicht werden, wird innerhalb der Baugrube eine fachgerechte **Grundwasserabsenkung** auszuführen. Wir raten, das anfallende Grundwasser mittels einer trichterförmigen Grundwasserabsenkung zu fassen und abzuleiten. Die Grundwasserabsenkung kann mittels Pumpensämpfen und Sickerleitungen erfolgen.

Alternativ kann ein **wasserundurchlässiger Spundwandverbau** verwendet werden. Die Spunddielen sind zumindest soweit in den Untergrund einzubinden, dass die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch innerhalb des Spundwandkastens gewährleistet ist. Die tatsächliche notwendige Einbindetiefe der Spunddielen sowie die Notwendigkeit einer eventuellen Rückverankerung ergibt sich gegebenenfalls aus statischen Berechnung. Da unterhalb der Erkundungstiefe festere Zonen auftreten können, ist ein Vorbohren der Spunddielen mit vorzusehen.

Es wird darauf hingewiesen, dass für eine Ableitung von Grundwasser während der Bau-phase eine Genehmigung einzuholen ist. Ebenso ist das Einbringen von Stoffen und auch Bauwerken und Bauteilen in das Grundwasser **genehmigungspflichtig**.

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

Die angetroffenen Böden sind im hohen Maße **feuchtigkeitsempfindlich**. Bei zusätzlicher Beanspruchung, z. B. Befahren durch Baugeräte, verlieren sie an Strukturfestigkeit und verursachen zusätzliche kaum abschätzbare Seichtsetzungen. Alle Erdarbeiten und **Verdichtungskontrollen** sind gemäß den ZTV E-StB 17 auszuführen.

12. Bauüberwachung und Abnahme

Die Erdarbeiten sind unter Beachtung dieses Berichts fachgerecht auszuführen.

Für geotechnische Beratungen während der Bauzeit vor Ort stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

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 Untergrund- bzw. Grundwasserverhältnissen ist eine umgehende Rücksprache erforderlich.

13. Zusammenfassung

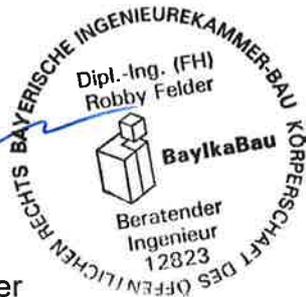
Das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, wurde beauftragt, für die Erschließung des Baugebiets „Unterleiterbach West“ in Unterleiterbach, ein Gemeindeteil des Marktes Zapfendorf, anhand durchgeführter Baugrunduntersuchungen die erforderlichen Maßnahmen für den Leitungs- und Straßenbau aus bodenmechanischer Sicht zu beurteilen.

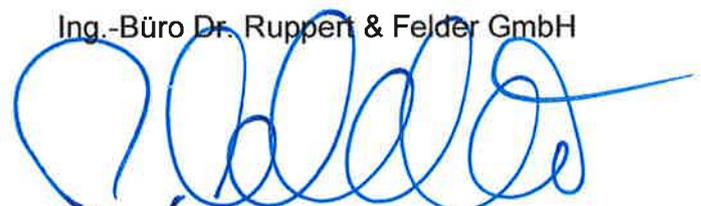
Zur Erkundung des Untergrunds wurden insgesamt zehn Kleinrammbohrungen sowie sechs Sondierungen mit der schweren Rammsonde ausgeführt. Im Bereich des Baufelds stehen unterhalb den Mutterbodenschichten die künstlichen Auffüllungen und natürlich gewachsenen Böden des Deckhorizonts in Form von Tonen, Schluffen, Sanden und Kiesen an. Grundwasser wurde nur in den Kleinrammbohrungen KRB1, KRB6 und KRB7 angetroffen. Mit den voraussichtlichen Verlegetiefen der Leitungen werden überwiegend ausreichend tragfähige Böden erreicht. Der notwendige frostsichere Oberbau für die Erschließungsstraße beträgt unter den örtlichen Gegebenheiten nach RStO 55 cm. Mit dem voraussichtlichen Erdplanum werden bindige Böden angetroffen, daher ist hier mit zusätzlichen Bodenaustauschmaßnahmen zu rechnen. Zu besonderen Punkten der Ausführung wurde im Einzelnen Stellung genommen.

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

Der Bearbeiter


A. Antonescu
Dipl.-Geophysiker



Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Felder

Lageplan



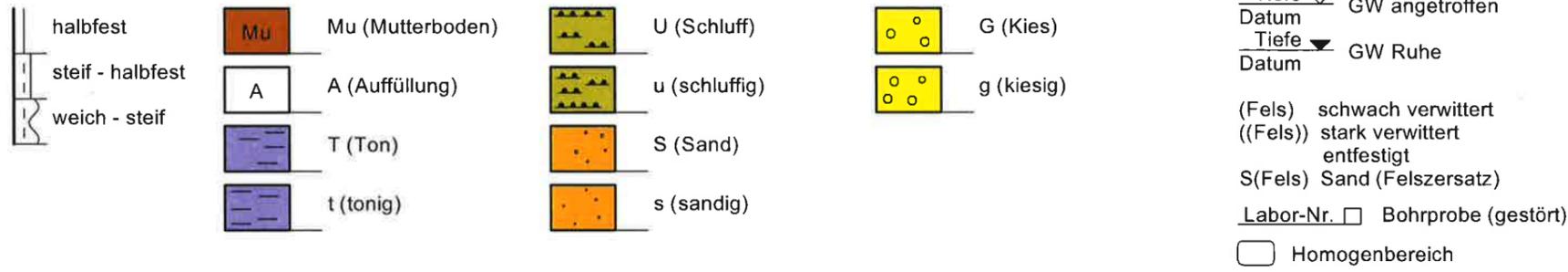
M 1 : 1.250

● KRB Kleinrammbohrung

● DPH Schwere Rammsondierung

gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: B-23349-bgr-01 Anlage 2.1

Projekt: Erschließung Baugebiet
"Unterleiterbach-West"

Ort: Zapfendorf

SÜDWEST - NORDOST

KRB1

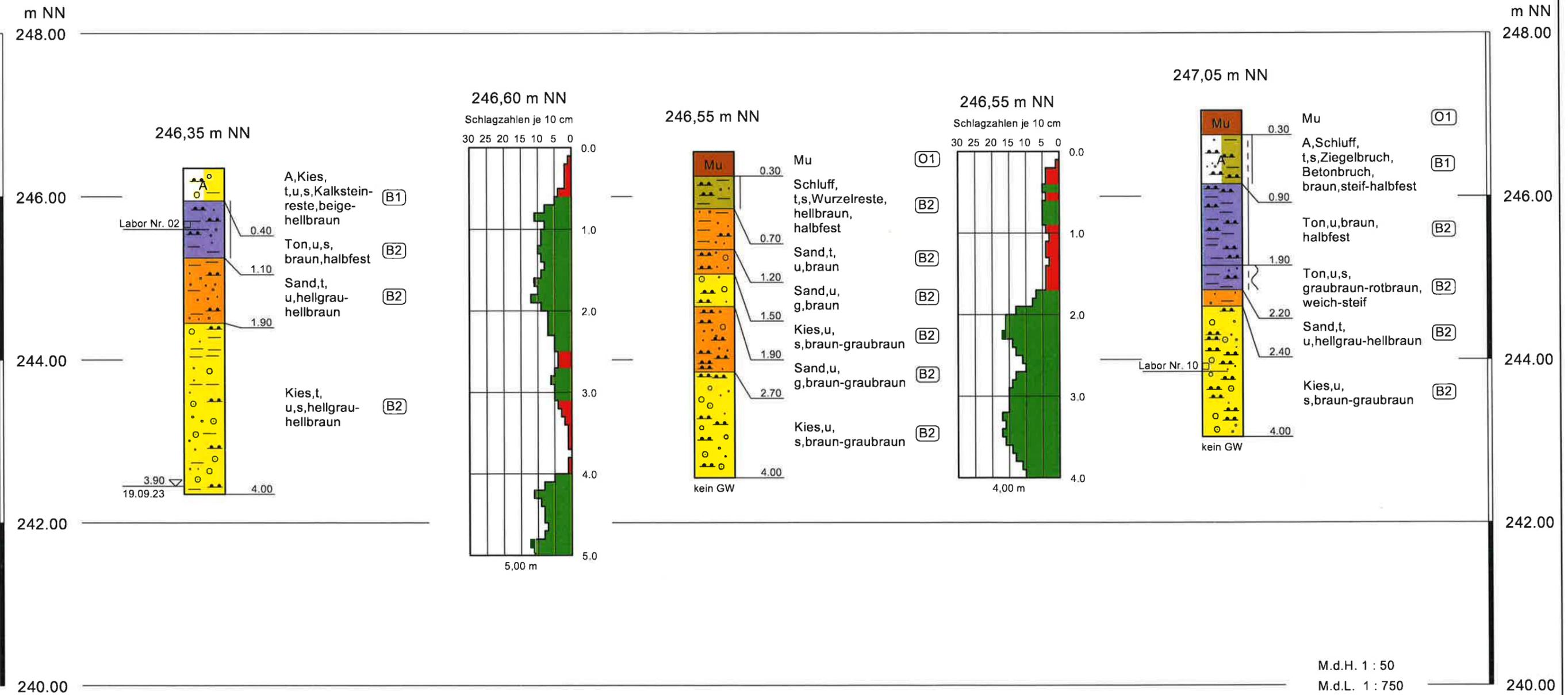
DPH1

KRB2

DPH2

KRB3

Schnitt A

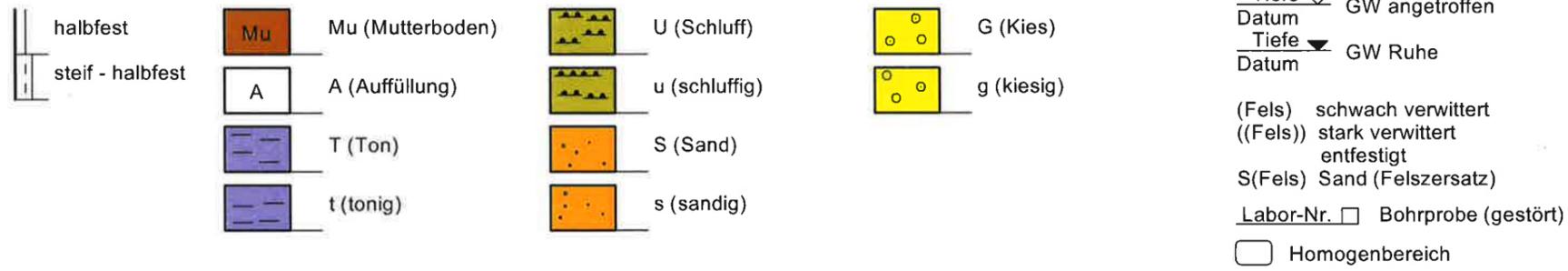


M.d.H. 1 : 50

M.d.L. 1 : 750

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: B-23349-bgr-01 Anlage 2.2

Projekt: Erschließung Baugebiet
"Unterleiterbach-West"

Ort: Zapfendorf

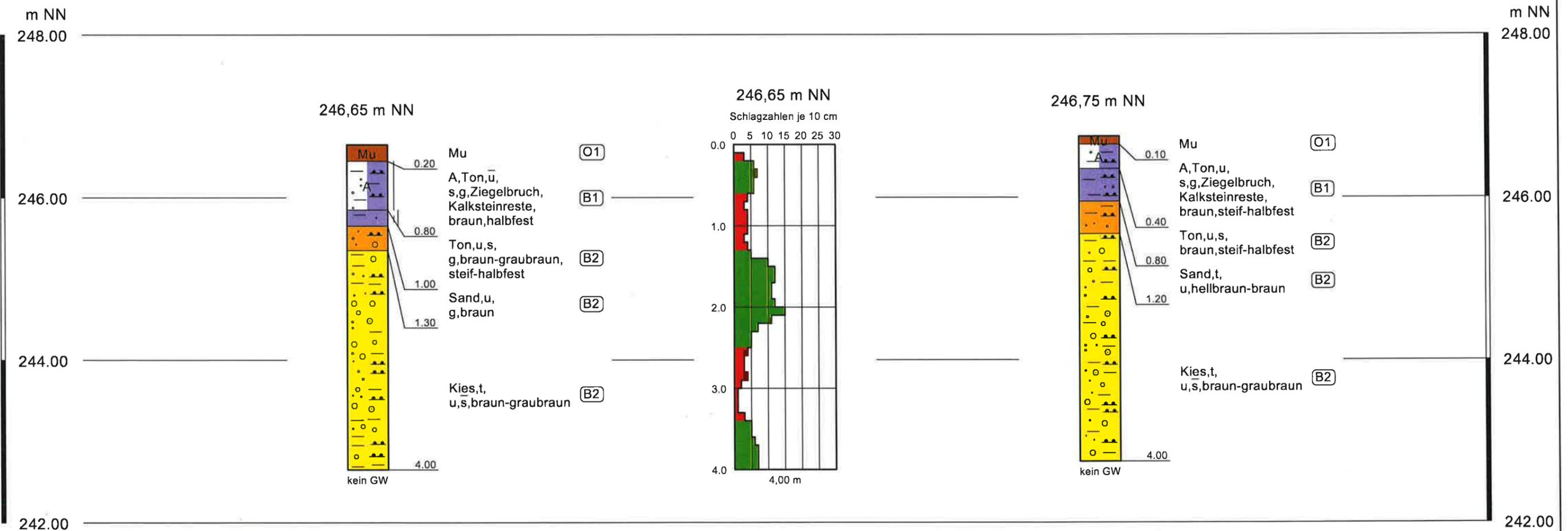
SÜDWEST - NORDOST

KRB4

DPH3

KRB5

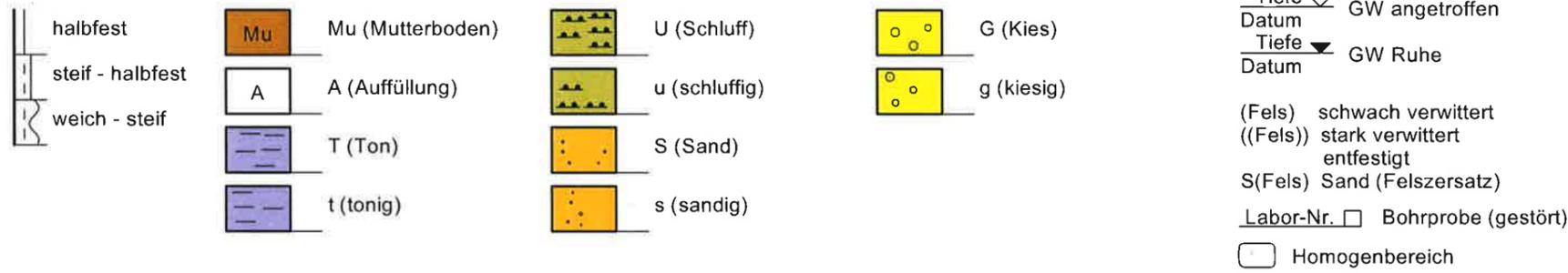
Schnitt B



M.d.H. 1 : 50
M.d.L. 1 : 250

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: B-23349-bgr-01 Anlage 2.3

Projekt: Erschließung Baugebiet
"Unterleiterbach-West"

Ort: Zapfendorf

SÜDWEST - NORDOST

KRB6

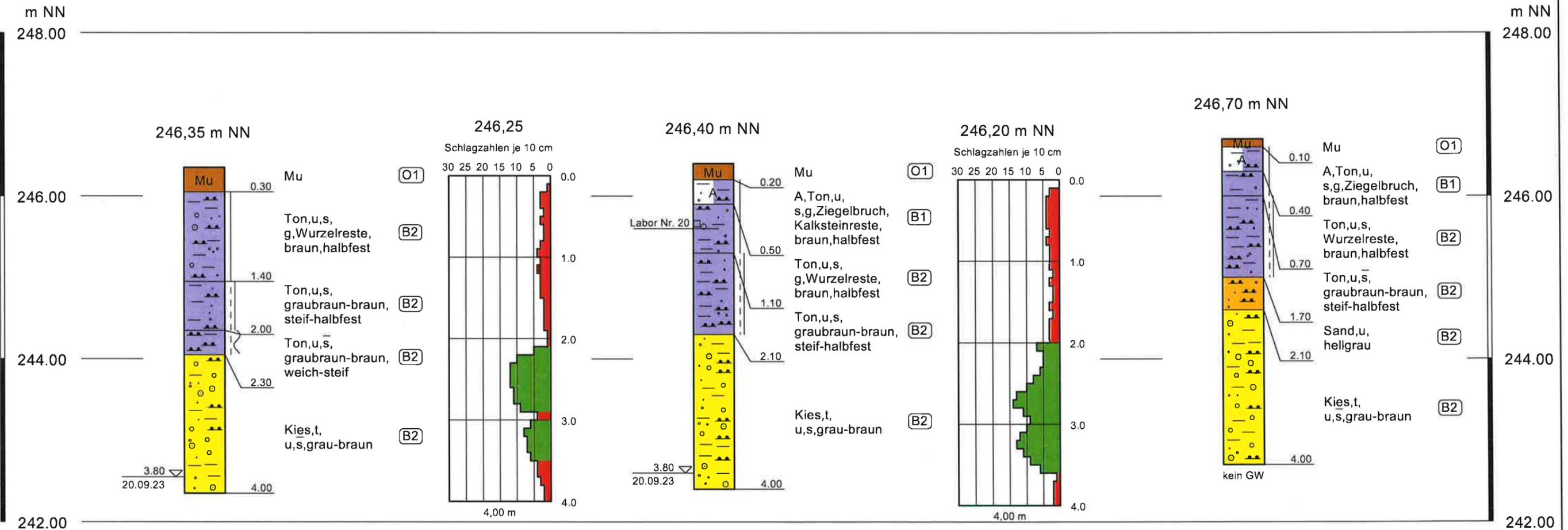
DPH4

KRB7

DPH5

KRB8

Schnitt C



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

Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

halbfest		Mu (Mutterboden)		U (Schluff)		G (Kies)
		A (Auffüllung)		u (schluffig)		g (kiesig)
		T (Ton)		S (Sand)		
		t (tonig)		s (sandig)		

Tiefe	∇	GW angetroffen
Datum		
Tiefe	∇	GW Ruhe
Datum		

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

Labor-Nr. Bohrprobe (gestört)

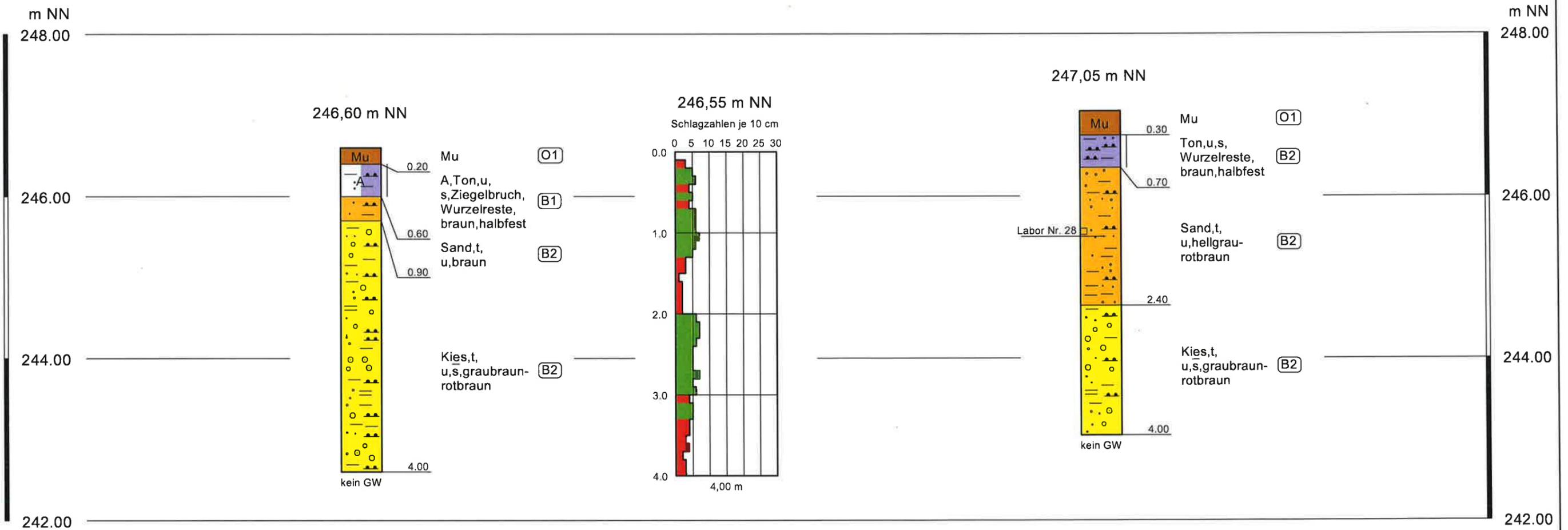
Homogenbereich

KRB9

DPH6

KRB10

Schnitt D



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

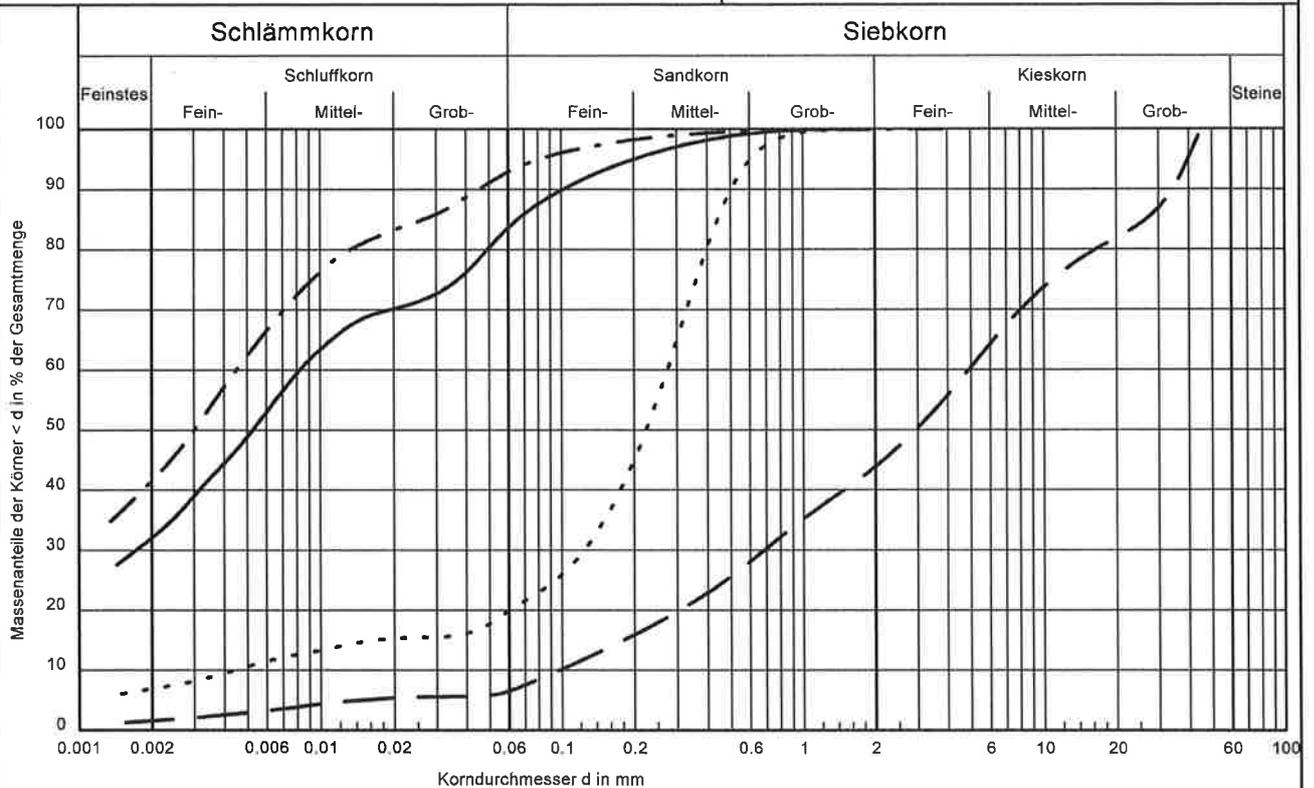
Lage siehe Anlage 1
gez.: sch

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4
ZAPFENDORF
Erschließung Baugebiet "Unterleiterbach - West"

Probe entnommen am: 19.-20.09.2023
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb/Schlämmanalyse

Bearbeiter: Antic

Datum: 13.10.2023



Labor Nr.	02	10	20	28
Signatur	————	—— —	— · — · —	· · · · ·
Bodenart	Ton,u,s	Kies,u,s	Ton,u,s	Sand,t,u
Bodengruppe / Homogenbereich	TA / B2	GU / B2	TA / B2	SU* / B2
Entnahmestelle / Tiefe	KRB1 / 0,40-1,10 m	KRB3 / 2,40-4,00 m	KRB7 / 0,50-1,10 m	KRB10 / 0,70-2,40 m
Wassergehalt [%]	18,9	4,3	21,7	6,0
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	- / 0.0082	0.0979 / 4.9021	- / 0.0045	0.0045 / 0.2737
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	-/-	50.1/1.0	-/-	61.4/12.7
k-Wert nach Beyer	-	$6.0 \cdot 10^{-5}$	-	$1.2 \cdot 10^{-7}$
Frostsicherheit	F2	F2	F2	F3
Anteile T/U/S/G [%]	32.0/52.3/15.7/ -	1.6/5.2/37.1/56.1	41.5/51.7/6.6/0.1	6.9/13.5/79.6/0.0

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

ZAPFENDORF

Erschließung Baugebiet "Unterleiterbach - West"

Bearbeiter: Antic

Datum: 13.10.2023

Prüfungsnummer: 02

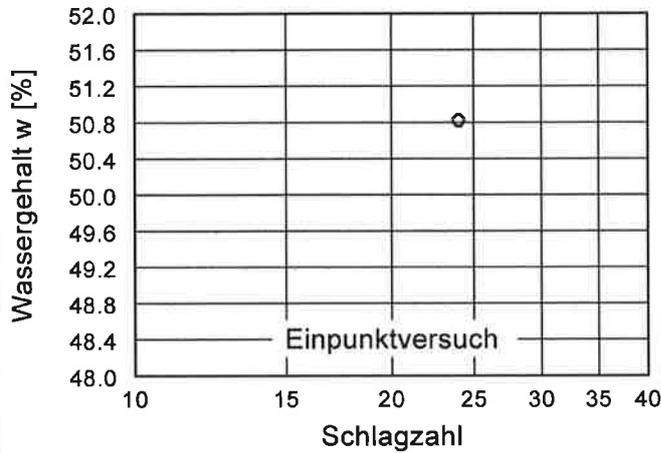
Entnahmestelle: KRB1

Tiefe: 0,40-1,10

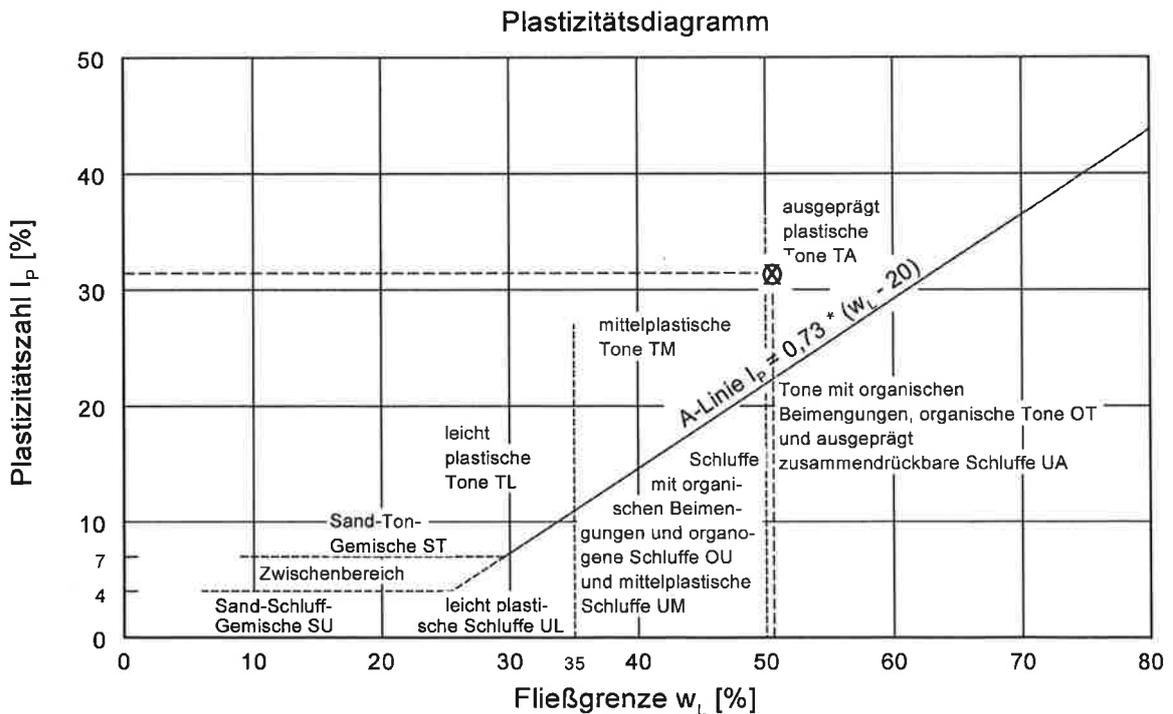
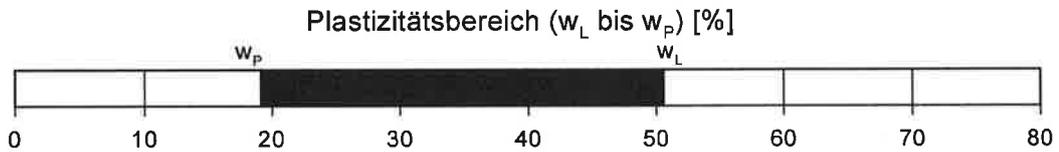
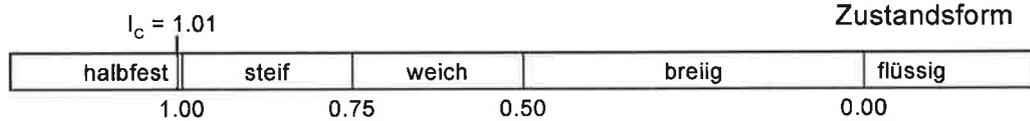
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u,s

Probe entnommen am: 19.-20.09.2023



Wassergehalt $w =$	18.9 %
Fließgrenze $w_L =$	50.6 %
Ausrollgrenze $w_p =$	19.1 %
Plastizitätszahl $I_p =$	31.5 %
Konsistenzzahl $I_c =$	1.01



PN B-23349-bgr-01
ZAPFENDORF
Erschließung Baugebiet
"Unterleiterbach-West"
Anlage 4.1

**Materialwerte für Bodenmaterial (BM-0*) nach Anlage 1, Tabelle 3
gemäß Ersatzbaustoffverordnung (Feststoff)**

Probenahme: 19-20.09.2023

Parameter	Einheit	MP1 (Lehm/schluff)	MP2 (Ton)	MP3 (Ton)	MP4 (Lehm/schluff)	BM-0 BG-0 Sand ²	BM-0 BG-0 Lehm- Schluff ²	BM-0 BG-0 Ton ²	BM-0* BG-0 ²
Feststoffe									
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%	0,82	0,72	1,67	0,49	1	1	1	1
EOX	mg/kg	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	1	1	1	1
Arsen (As)	mg/kg	6,8	7,5	15	8,7	10	20	20	20
Blei (Pb)	mg/kg	18	21	52	12	40	70	100	140
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,27	0,23	<0,39	0,24	0,4	1	1,5	1 (1,5) ^{AA}
Chrom (Cr)	mg/kg	29	29	40	35	30	60	100	120
Kupfer (Cu)	mg/kg	15	15	40	14	20	40	60	80
Nickel (Ni)	mg/kg	25	27	30	30	15	50	70	100
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,06	<0,05	0,36	0,05	0,2	0,3	0,3	0,6
Thallium (Tl)	mg/kg	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	1	1	1
Zink (Zn)	mg/kg	65	69	110	67	60	150	200	300
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg	<50	<50	<50	<50				300
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg	<50	<50	140	<50				600
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,050 (+)	<0,050 (+)	0,062	0,010 (NWC)	0,3	0,3	0,3	
PAK EPA Summe gem. ErsatzbaustoffV	mg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3	3	3	6
PAK EPA Summe gem. BBodSchV 2021	mg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3	3	3	6
PCB 7 Summe gem. ErsatzbaustoffV	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,05	0,05	0,05	0,1
PCB 7 Summe gem. BBodSchV 2021	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,05	0,05	0,05	0,1

						PN B-23349-bgr-01			
						ZAPFENDORF			
						Erschließung Baugebiet			
						"Unterleiterbach-West"			
						Anlage 4.2			
Materialwerte für Bodenmaterial (BM-0*) nach Anlage 1, Tabelle 3 gemäß Ersatzbaustoffverordnung (Eluat)									
Probenahme: 19-20.09.2023									
Parameter	Einheit	MP1 (Lehm/schluff)	MP2 (Ton)	MP3 (Ton)	MP4 (Lehm/schluff)	BM-0 BG-0 Sand*	BM-0 BG-0 Lehm, Schluff*	BM-0 BG-0 Ton*	BM-0* BG-0**
Eluat									
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	422	64	119	143				350
Sulfat (SO4)	mg/l	7,6	<2,0	6,2	22	250	250	250	250
Arsen (As)	µg/l	<2,5	<2,5	2,6	3,2				8 (13)
Blei (Pb)	µg/l	<5	<5	11	7				23 (43)
Cadmium (Cd)	µg/l	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25				2 (4)
Chrom (Cr)	µg/l	<3	<3	<3	5				10 (19)
Kupfer (Cu)	µg/l	<5	<5	20	14				20 (41)
Nickel (Ni)	µg/l	<5	<5	<5	5				20 (30)
Quecksilber (Hg)	µg/l	<0,025	0,41	0,15	0,13				0,1
Thallium (Tl)	µg/l	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06				0,2 (0,3)
Zink (Zn)	µg/l	<30	<30	38	<30				100 (210)
PCB 7 Summe gem. ErsatzbaustoffV	µg/l	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030				0,01
PCB 7 Summe gem. BBodSchV 2021	µg/l	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030				0,01
Naphthalin/Methylnaphthalin-Summe gem. ErsatzbaustoffV	µg/l	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				2
Naphthalin/Methylnaphthalin-Summe gem. BBodSchV 2021	µg/l	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				2
PAK 15 Summe gem. ErsatzbaustoffV	µg/l	0,15	0,23	<0,050	<0,050				0,2
PAK 15 Summe gem. BBodSchV 2021	µg/l	0,14	0,2	<0,050	<0,050				0,2

						PN B-23349-bgr-01			
						ZAPFENDORF			
						Erschließung Baugebiet			
						"Unterleiterbach-West"			
						Anlage 4.3			
Materialwerte für Bodenmaterial (BM-F) nach Anlage 1, Tabelle 3 gemäß Ersatzbaustoffverordnung (Feststoff)									
Probenahme: 19-20.09.2023									
Parameter	Einheit	MP1	MP2	MP3	MP4	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
Feststoffe									
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%	0,82	0,72	1,67	0,49	5	5	5	5
EOX	mg/kg	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	3	3	3	10
Arsen (As)	mg/kg	6,8	7,5	15	8,7	40	40	40	150
Blei (Pb)	mg/kg	18	21	52	12	140	140	140	700
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,27	0,23	<0,39	0,24	2	2	2	10
Chrom (Cr)	mg/kg	29	29	40	35	120	120	120	600
Kupfer (Cu)	mg/kg	15	15	40	14	80	80	80	320
Nickel (Ni)	mg/kg	25	27	30	30	100	100	100	350
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,06	<0,05	0,36	0,05	0,6	0,6	0,6	5
Thallium (Tl)	mg/kg	0,2	0,2	0,3	0,3	2	2	2	7
Zink (Zn)	mg/kg	65	69	110	67	300	300	300	1200
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg	<50	<50	<50	<50	300	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg	<50	<50	140	<50	600	600	600	2000
PAK EPA Summe gem. ErsatzbaustoffV	mg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	6	6	9	30
PAK EPA Summe gem. BBodSchV 2021	mg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	6	6	9	30
PCB 7 Summe gem. ErsatzbaustoffV	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,15	0,15	0,15	0,5
PCB 7 Summe gem. BBodSchV 2021	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,15	0,15	0,15	0,5

						PN B-23349-bgr-01 ZAPFENDORF Erschließung Baugebiet "Unterleiterbach-West" Anlage 4.4			
Materialwerte für Bodenmaterial (BM-F) nach Anlage 1, Tabelle 3 gemäß Ersatzbaustoffverordnung (Eluat)									
Probenahme: 19-20.09.2023									
Parameter	Einheit	MP1	MP2	MP3	MP4	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
Eluat									
pH-Wert		7,8	7,6	7,9	7,9	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	422	64	119	143	350	500	500	2000
Sulfat (SO ₄)	mg/l	7,6	<2,0	6,2	22	250	450	450	1000
Arsen (As)	µg/l	<2,5	<2,5	2,6	3,2	12	20	85	100
Blei (Pb)	µg/l	<5	<5	11	7	35	90	250	470
Cadmium (Cd)	µg/l	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	3	3	10	15
Chrom (Cr)	µg/l	<3	<3	<3	5	15	150	290	530
Kupfer (Cu)	µg/l	<5	<5	20	14	30	110	170	320
Nickel (Ni)	µg/l	<5	<5	<5	5	30	30	150	280
Zink (Zn)	µg/l	<30	<30	38	<30	150	160	840	1600
PCB 7 Summe gem. ErsatzbaustoffV		<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	0,02	0,02	0,02	0,04
PCB 7 Summe gem. BBodSchV 2021		<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	0,02	0,02	0,02	0,04
PAK 15 Summe gem. ErsatzbaustoffV	µg/l	0,15	0,23	<0,050	<0,050	0,3	1,5	3,8	20
PAK 15 Summe gem. BBodSchV 2021	µg/l	0,14	0,2	<0,050	<0,050	0,3	1,5	3,8	20

							PN B-23349-bgr-01	
							ZAPFENDORF	
							Erschließung Baugebiet "Unterleiterbach-West"	
							Anlage 5.1	
Schadstoffparameter nach Verfüll-Leitfaden (Feststoff)								
Probenahme:	19+20.09.2023							
	Parameter:							
Probe	KW-Index	EOX	Cyanide (ges.)	Σ PAK	B(a)P	PCB		
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]		
MP1	<50	<1,0	0,6	n.b.	<0,05	n.b.		
MP2	<50	<1,0	0,7	n.b.	<0,05	n.b.		
MP3	<50	<1,0	0,8	0,19	0,06	n.b.		
MP4	<50	<1,0	<0,3	n.b.	<0,05	n.b.		
Verfüll-Leitfaden:								
Z 0-Wert	100	1	1	3	<0,3	0,05		
Z 1.1-Wert	300	3	10	5	<0,3	0,1		
Z 1.2-Wert	500	10	30	15	<1	0,5		
Z 2-Wert	1000	15	100	20	<1	1		
	Parameter:							
	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
MP1	10	25	0,3	38	19	32	0,08	86,1
MP2	9,2	19	0,2	37	17	32	0,05	76,3
MP3	11	27	0,3	46	22	42	0,08	88,9
MP4	9,7	16	<0,2	42	19	40	<0,05	76,7
Verfüll-Leitfaden:								
Z 0-Wert (Sand)	20	40	0,4	30	20	15	0,1	60
Z 0-Wert (Lehm/Schluff)	20	70	1	60	40	50	0,5	150
Z 0-Wert (Ton)	20	100	1,5	100	60	70	1	200
Z 1.1-Wert	30	140	2	120	80	100	1	300
Z 1.2-Wert	50	300	3	200	200	200	3	500
Z 2-Wert	150	1000	10	600	600	600	10	1500
Hinweis: n.b. bedeutet, dass die Konzentration unterhalb der Nachweisgrenze liegt.								

						PN B-23349-bgr-01 ZAPFENDORF Erschließung Baugebiet "Unterleiterbach-West" Anlage 5.2		
Schadstoffparameter nach Verfüll-Leitfaden (Eluat)								
Probenahme:	19+20.09.2023							
	Parameter:							
Probe:	pH	elektr. Leitf.	Chlorid	Sulfat	Cyanide ges.	Phenol-index		
		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]		
MP1	8,1	112	<2,0	<2,0	<0,005	<0,01		
MP2	7,6	16	<2,0	<2,0	<0,005	<0,01		
MP3	3,0	715	<2,0	<2,0	<0,005	<0,01		
MP4	7,0	32	<2,0	4,7	<0,005	<0,01		
Verfüll-Leitfaden:								
Z 0-Wert	6,5-9	500	250	250	0,01	0,01		
Z 1.1-Wert	6,5-9	500 (2000)	250	250	0,01	0,01		
Z 1.2-Wert	6-12	1000 (2500)	250	250/300	0,05	0,05		
Z 2-Wert	5,5-12	1500 (3000)	250	250/600	0,1	0,1		
	Parameter:							
Probe:	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
	[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	<0,05
MP2	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,05
MP3	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,05
MP4	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,05
Verfüll-Leitfaden:								
Z 0-Wert	0,01	0,02	0,002	0,015	0,05	0,04	0,0002	0,1
Z 1.1-Wert	0,01	0,025	0,002	0,03 (0,05)	0,05	0,05	0,0002 (0,0005)	0,1
Z 1.2-Wert	0,04	0,1	0,005	0,075	0,15	0,15	0,001	0,3
Z 2-Wert	0,06	0,2	0,01	0,15	0,3	0,2	0,002	0,6