

Geotechnischer Bericht Baugrunduntersuchungen

Projekt-Nr. B-22023-bgr-01

Projekt: **WORZELDORF Flurnummer 118**
Neubau einer Wohnanlage mit Tiefgarage

Auftraggeber: Instone Real Estate Development GmbH
Marienbergstraße 94
90411 Nürnberg

Bearbeiter:



Bayreuth, den 06.05.2022

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Vorbemerkung	3
2. Unterlagen	3
3. Lage und Geologie	4
4. Bauvorhaben	5
5. Baugrund	5
5.1 Aufbau	5
5.2 Errichtung einer Grundwassermessstelle	7
5.3 Hydrologie	7
6. Kennwerte Boden und Grundwasser	9
6.1 Bodenmechanische Laborversuche	9
6.2 Charakteristische Bodenkenngrößen	10
6.3 Mutterboden nach BBodSchV	11
6.4 Chemische Bodenanalysen nach LAGA und DepV	12
6.5 Grundwasser-Betonaggressivität	13
7. Einteilung der Homogenbereiche	14
7.1 Festlegung der Homogenbereiche	14
7.2 Homogenbereich O1	15
7.3 Homogenbereich B1	15
7.4 Homogenbereich X1	16
7.5 Homogenbereich X2	17
8. Gründung	18
8.1 Gründungsart und Gründungstiefe	18
8.2 Bodenpressungen, Setzungen und Bettungsmodul	18
8.3 Erddruck, Wasserdruck und Arbeitsräume	21
9. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten	22
10. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen	23
10.1 Abdichtung und Dränagemaßnahmen	23
10.2 Baumaßnahmen	23
11. Bauüberwachung und Abnahme	25
12. Zusammenfassung	25

Anlage 1:	Lageplan
Anlagen 2.1 bis 2.6:	Schnitte
Anlage 3:	Pegelausbau GWM1
Anlagen 4.1 bis 4.3:	Bodenmechanische Laborversuche
Anlagen 5.1 und 5.2:	Chemische Laboranalysen nach BBodSchV und TOC
Anlagen 6.1 bis 6.5:	Chemische Laboranalysen nach LAGA und DepV

1. Vorbemerkung

Die Instone Real Estate Development GmbH beabsichtigt auf dem Grundstück Flurnummer 118 im Westen von Worzeldorf, Stadt Nürnberg, den Neubau einer Wohnanlage mit einer Tiefgarage und beauftragte daher das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und zu Baugrund und Gründung von bodenmechanischer und gründungstechnischer Seite Stellung zu nehmen.

Mit diesem Bericht werden die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen zusammenfassend dargestellt.

2. Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden im Wesentlichen die folgenden Unterlagen verwendet:

- Geologische Karte von Bayern M 1 : 25 000
Blatt 6632 Wendelstein
- Digitale Hydrogeologische Karte M 1 : 100.000 (dHK100)
- Von der Instone Real Estate Development GmbH, Nürnberg:
Auszug Liegenschaftskataster M 1 : 2.000 (Stand: 25.02.2019)
Geotechnischer Bericht der Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH Az. 68620 vom
26.11.2020
- Ergebnisse von Aufschlussbohrungen, schweren Rammsondierungen und Laborversuchen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth
- Ergebnisse von chemischen Bodenanalysen durch das 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 Baufeld umfasst das Grundstück mit der Flurnummer 118, Gemarkung Worzeldorf, welches im Westen des Stadtteils Worzeldorf der Stadt Nürnberg liegt. Es umfasst eine Fläche von rund 2,3 ha. Im Süden wird die Fläche von der Straße „An der Radrunde“ sowie im Norden von einem Geh- und Radweg „Am Wiesengrund“ begrenzt. Im Osten schließt sich Wohnbebauung an. Das Baugrundstück ist aktuell unbebaut und wird landwirtschaftlich genutzt.

Großräumig fällt das Gelände nach Norden hin ab. Im unmittelbaren Untersuchungsgebiet weist das Gelände Höhenunterschiede von rund acht Meter auf. Etwa 40 m nördlich des Geh- und Radweg „Am Wiesengrund“ fließt der Eichwaldgraben in nordwestliche Richtung.

Unter oberflächennahen Deckschichten sind entsprechend der **Geologischen Karte** im Baubereich die **Festgesteine des Unteren Burgsandsteins** aus dem Mittleren Keuper ausgewiesen. Diese zeigen eine Wechsellagerung von meist grau (weißgrau, grüngrau, gelbgrau) gefärbten Sandsteinen mit Tonen und Tonsteinen von rotbrauner oder grüngrauer Färbung. Zur Oberfläche hin sind diese Festgesteine bis in wechselnde Tiefen unterschiedlich stark verwittert.

Eine tektonische Störungszone ist im unmittelbaren Baubereich nicht nachgewiesen.

Gemäß der **Hydrogeologischen Karte** bilden die im Untersuchungsgebiet anstehenden Ablagerungen des Burgsandsteins einen regional bedeutenden Kluft-(Poren-)Grundwasserleiter mit geringer bis mittlerer Trennfugendurchlässigkeit. Dieser bildet mit dem unterlagernden Blasensandstein in der Regel ein zusammenhängendes Grundwasserstockwerk. Entsprechend der generellen Entwässerungsrichtung der oberflächlichen Gewässer wird eine nordwestliche Fließrichtung des Grundwassers angenommen.

Nördlich des Untersuchungsgebietes befindet sich nach dem Umweltatlas des Bayerischen Landesamtes für Umwelt im Bereich des Eichwaldgrabens ein festgesetztes Überschwemmungsgebiet und eine Hochwassergefahrenfläche für HQ₁₀₀.

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

4. Bauvorhaben

Es ist der Neubau einer Wohnanlage mit Tiefgarage geplant. Genauer Planunterlagen liegen aktuell noch nicht vor.

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

5. Baugrund

5.1 Aufbau

Der Untergrund wurde insgesamt durch 11 Aufschlussbohrungen (B) sowie 11 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) erkundet (s. Lageplan Anlage 1). Zudem wurden die Erkundungsergebnisse der sechs Kleinbohrungen (B alt) aus dem Geotechnischen Bericht der Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH Az. 68620 vom 26.11.2020 für die Beurteilung mit herangezogen. Die Bohr- und Sondierprofile sind entsprechend den Kennzeichnungen der DIN 4023 in sechs von Süd nach Nord verlaufenden Schnitten (s. Anlagen 2.1 bis 2.6) dargestellt.

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

Unter dem Ackerboden (Oberboden) wurden in allen Aufschlüssen zunächst die Böden des **Deckhorizonts** angetroffen. Dabei handelt es sich überwiegend um Sande mit wechselnden tonigen, schluffigen und kiesigen Beimengungen. Zwischengeschaltet wurden zudem Tone von steifer oder halbfester Konsistenz festgestellt. Bei den angetroffenen Böden handelt es sich offensichtlich um die Verwitterungsprodukte des Burgsandsteins.

Die **Untergrenzen des Deckhorizonts** verlaufen in folgenden Tiefen unter den Ansatzpunkten:

Aufschluss	Untergrenze Deckhorizont
B1	1,50 m (336,75 m NN)
B2	1,70 m (332,50 m NN)
B3	1,90 m (329,95 m NN)
B4	4,50 m (327,55 m NN)
B5	2,40 m (336,45 m NN)
B6	3,50 m (334,45 m NN)
B7	5,40 m (326,60 m NN)
B8	3,70 m (327,90 m NN)
B9	2,50 m (336,35 m NN)
B10	0,80 m (335,55 m NN)
B12	4,10 m (327,50 m NN)
B1alt	2,00 m (337,27 m NN)
B2alt	1,90 m (336,56 m NN)
B3alt	2,40 m (334,58 m NN)
B4alt	3,20 m (331,05 m NN)
B5alt	4,10 m (328,55 m NN)
B6alt	3,70 m (327,79 m NN)

Unterhalb der Böden folgen die Sand- und Tonsteine des **Felshorizonts**. Dabei handelt es sich überwiegend um sehr mürbe bis mäßig harte Sandsteine in Wechsellagerung mit zwischengeschalteten Tonsteinlagen. Lokal wiesen die Gesteine auch höhere Festigkeiten auf. Hierbei handelt es sich offensichtlich um die Ablagerungen des Burgsandsteins

Durch die **Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH)** werden die vorliegenden direkten Aufschlüsse ergänzt. Bei den hier anstehenden Böden kann erfahrungsgemäß ab Schlagzahlen von zumindest fünf Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe der Sondierspitze von einer mitteldichten Lagerung der Sande ausgegangen werden.

Die Sondierungen zeigen eine überwiegend mitteldichte bis dichte Lagerung der Böden des Deckhorizonts an. Rückgänge der Schlagzahlen sind auf Tonzwischenlagen oder auch auf den Einfluss des Grundwassers zurückzuführen. Der sprunghafte Anstieg der Schlagzahlen gegen Ende der Sondierungen lässt das Erreichen des Felshorizonts ableiten.

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

5.2 Errichtung einer Grundwassermessstelle

Die Bohrung B8 wurde im Zuge der Feldarbeiten zu einer 2-Zoll Grundwassermessstelle (GMW1) ausgebaut. In der Anlage 3 ist der Pegelausbau der Grundwassermessstelle dargestellt.

Die Grundwassermessstelle wurde am 21.03.2022 mit einen elektronischen Datenlogger instrumentiert. Der Datenlogger ist mit einem Messintervall von sechs Stunden programmiert.

5.3 Hydrologie

Im Rahmen unserer Feldarbeiten wurden in allen ausgeführten Aufschlüssen Grundwasser angetroffen. In der folgenden Tabelle sind die Wasserstände unter den jeweiligen Ansatzpunkten sowie über Normalnull zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten (März 2022) angegeben:

Aufschluss	Grundwasser angetroffen
B1	2,20 m (336,05 m NN)
B2	2,40 m (331,80 m NN)
B3	0,70 m (331,15 m NN)
B4	0,70 m (330,35 m NN)
B5	2,85 m (336,00 m NN)
B6	2,70 m (335,25 m NN)
B7	1,20 m (330,80 m NN)
B8	0,85 m (329,75 m NN)
B9	3,15 m (335,70 m NN)
B10	3,40 m (332,95 m NN)
B12	1,30 m (330,30 m NN)

Folgende Grundwasserstände wurden im Bericht der Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH Az. 68620 vom 26.11.2020 angegeben:

Aufschluss	Grundwasser angetroffen
B1alt	kein GW
B2alt	kein GW
B3alt	kein GW
B4alt	1,54 m (332,71 m NN)
B5alt	1,89 m (330,76 m NN)
B6alt	1,23 m (330,26 m NN)

Das angetroffene Grundwasser ist als **ständig drückendes Grundwasser** anzusprechen. Als Grundwasserleiter fungieren hier die Lockergesteine sowie die Sandsteine. Die Wasserstände sind erfahrungsgemäß von den kurz- und langfristigen Witterungsverhältnissen abhängig und unterliegen jahreszeitlich bedingten Schwankungen.

Langjährige Grundwasserbeobachtungen liegen uns derzeit nicht vor. Aktuell werden die Grundwasserstände mittels elektronischen Datenlogger in der GWM1 aufgezeichnet. Das Grundstück befindet sich gemäß des Umweltatlases des Bayerischen Landesamtes für Umwelt nicht in einem ausgewiesenen Überschwemmungsgebiet. Sollten seitens der Behörde, z.B. des Wasserwirtschaftsamts kein Bemessungswasserstand (HQ₁₀₀) angegeben werden können, ist der **höchste Grundwasserstand** auf Grundlage der bisherigen Messungen vorläufig ungünstig bis zur Geländeoberkante anzusetzen.

6. Kennwerte Boden und Grundwasser

6.1 Bodenmechanische Laborversuche

Insgesamt wurden fünf Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN ISO 22 475 entnommen und im eigenen Baugrundlabor hinsichtlich bodenmechanischer Parameter untersucht. An diesen Proben wurden fünf kombinierte Sieb-Schlämmanalysen und ein Plastizitätsversuch durchgeführt sowie die Wassergehalte bestimmt. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 4.1 bis 4.3 zusammenfassend dargestellt.

Die kombinierten **Sieb-Schlämmanalysen** ergaben vier gemischtkörnige Sande mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm von 13,9 % bis 25,6 %. Zudem wurde ein feinkörniger Ton mit einem Feinanteilgehalt von 59,8 % ermittelt.

Die ermittelten **Wassergehalte** liegen zwischen 4,8 % und 16,9 %.

Der durchgeführte **Plastizitätsversuch** ergab einen Wassergehalt an der Fließgrenze von 38,7 % sowie einen Wassergehalt an der Ausrollgrenze von 19,3 %. Mit dem natürlichen Wassergehalt errechnet sich die Plastizitätszahl von 19,4 %. Die Konsistenzbestimmung ergab dann einen Wert von 1,24. Demnach handelt es sich bei der untersuchten Probe um einen mittelplastischen Ton von halbfester Konsistenz.

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

Nach den empirischen Formeln von BEYER besitzen die untersuchten Böden je nach Feingehaltsanteile **Durchlässigkeitskoeffizienten** in einer Größenordnung zwischen $k_f = 2,1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ und $k_f = 1,1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Nach der DIN 18130-1 sind diese damit als schwach durchlässig zu bezeichnen.

Aufgrund der hohen Klüftigkeit sowie der zum Teil sehr geringen Festigkeit des Gesteins war eine Prüfung der Druckfestigkeit nach DIN EN 12504 nicht möglich. Die im Profil angebenen Gesteinsfestigkeiten wurden daher mittels Feldversuchen (DIN EN ISO 14689-1:2013 Tabelle 5) abgeschätzt.

6.2 Charakteristische Bodenkenngößen

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

Tone, steif

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

Sande und Tone, halbfest

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit bzw. Reibungswinkel	$\varphi = 32,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 20 \text{ bis } 40 \text{ MN/m}^2$

Sandstein + Tonstein, sehr mürb bis mürb und Tone, fest

Feuchtwichte	$\gamma = 21,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 11,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit bzw. Reibungswinkel	$\varphi = 35,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 40 \text{ bis } 60 \text{ MN/m}^2$

Sandstein + Tonstein, mäßig hart bis hart

Feuchtwichte	$\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 12,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi = 37,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 60 \text{ bis } 80 \text{ MN/m}^2$

Diese Größen sind für erdstatische Berechnungen zu verwenden.

6.3 Mutterboden nach BBodSchV

Zur Beurteilung der Wiederverwertungsmöglichkeiten des Ackerbodens (Oberboden) wurden im Zuge der Baugrunduntersuchungen der Mutterboden an den Bohrstellen entnommen und zu zwei Mischproben vereinigt (MP1: B2, B5, B6, B9, B10 und MP2: B3, B4, B7, B8, B12). Diese wurden dem Agrolab Labor, Bruckberg, zur Analyse auf die Vorsorgewerte der BBodSchV Anhang 2, Tab. 4 entsprechend des LfU-Merkblatts „Umgang mit humusreichem und organischem Material“ vom April 2016 sowie zur Bestimmung der organischen Bestandteile auf den TOC überstellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Anlage 5.1 und 5.2 dargestellt.

Unter Berücksichtigung der im Feld vorgenommenen Bodenansprache sind die Vorsorgewerte für die Bodenart Lehm/Schluff heranzuziehen. Unter Beachtung der entsprechenden Grenzwerte hält die analysierte Mischprobe die Vorsorgewerte gemäß BBodSchV ein. Dementsprechend darf der Aushub uneingeschränkt auf landwirtschaftliche Nutzflächen zur Bildung einer durchwurzelbaren Bodenschicht aufgebracht werden.

Für Mutterboden gilt § 202 BauGB. Mutterboden ist in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Daher ist Mutterboden grundsätzlich einer Verwertung als Mutterboden zuzuführen, auch wenn erhöhte Halbmetall- oder Schwermetallgehalte nachgewiesen werden. Regionale Hintergrundwerte können bei der Verwertung berücksichtigt werden (s. § 12 Abs. 10 BBodSchV).

Eine Verwendung von Mutterboden und organischem Bodenmaterial unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht ist generell auszuschließen.

Da es sich bislang nur um stichprobenartige Ergebnisse handelt, kann eine endgültige Beurteilung hinsichtlich der Wiederverwertung bzw. der Entsorgung jedoch erst nach dem Aushub und einer repräsentativen Beprobung entsprechend der anfallenden Kubatur erfolgen.

6.4 Chemische Bodenanalysen nach LAGA und DepV

Zur Abschätzung der Wiederverwertbarkeit bzw. der möglichen Entsorgungswege der beim Aushub anfallenden Erdstoffe wurden im Zuge der Baugrunduntersuchungen aus den gewachsenen Böden zusätzliche Bodenproben gewonnen. Die entnommenen Einzelproben wurden im hauseigenen Labor zu einer Mischprobe (MP3) vereinigt. Diese wurde dem AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg, zur Analyse auf die Parameter der LAGA-Richtlinie und der Deponieverordnung (DepV) überstellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Anlagen 6.1 bis 6.5 dargestellt.

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

Probenbezeichnung	Aufschluss und Entnahmetiefe	Einstufung gemäß LAGA	Einstufung gemäß DepV
MP3 (gewachsenen Böden)	B2 (1,50 m) B4 (1,40 m) B6 (1,50 m) B8 (0,80 m) B10 (0,70 m)	Z0	DK 0

Die **gewachsenen Böden** in der Mischprobe **MP3** weisen keine Überschreitungen der jeweiligen Z0-Zuordnungswerte auf und können voraussichtlich als **Z0-Material** eingestuft und dementsprechend uneingeschränkt offen wiederverwertet werden.

Hinsichtlich den Richtlinien der **Deponieverordnung (DepV)** liegen keine Überschreitungen der DK 0-Zuordnungswerte vor. Im Falle einer repräsentativen Beprobung im Haufwerk gemäß LAGA PN98 könnte daher bei vergleichbaren Ergebnissen eine Ablagerung der Böden auf einer Deponie der **Klasse DK 0** oder höher erfolgen.

Im Geotechnischen Bericht der Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH Az. 68620 vom 26.11.2020 wurden ebenfalls zwei Mischproben hinsichtlich der Parameter der LAGA-Richtlinie und der Deponieverordnung untersucht. Für die gewachsenen Sande liegen ebenfalls keine Überschreitungen der Z0 bzw. DK 0 Zuordnungswerte vor. Die Mischprobe aus den Tonen wäre aufgrund eines erhöhten Thalliumgehalts als **Z1.1-Material** einzustufen.

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

6.5 Grundwasser-Betonaggressivität

Im Zuge der Bohrarbeiten wurden zwei Grundwasserproben entnommen und gemäß DIN 4030 auf Betonaggressivität untersucht. Der Befund lautet:

Aufschluss	pH-Wert	kalklösende Kohlensäure nach Heyer CO ₂	Ammonium NH ₄ ⁺	Sulfat SO ₄ ²⁻	Magnesium Mg ²⁺
B18	7,39	0 mg/l	0 mg/l	< 200 mg/l	100 mg/l
B10	7,53	0 mg/l	0 mg/l	< 200 mg/l	200 mg/l

Entsprechend den vorliegenden Untersuchungsergebnissen sind die untersuchten Grundwasserproben gemäß der DIN 1045-2 bzw. der DIN EN 206-1 als „**chemisch nicht angreifend**“ einzustufen.

7. Einteilung der 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 der Neubau einer Wohnanlage im Westen von Worzeldorf, Stadt Nürnberg, geplant. Unter dem Mutterboden (Ackerboden) stehen Lockergesteine in Form von Sanden und Tonen an. Darunter folgen die Festgesteine des Unteren Bursandsteins.

Aus den durchgeführten Bohrungen ergibt sich unter Einbeziehung der umweltrelevanten Inhaltsstoffe der vorhandenen Böden die folgende Einteilung der Homogenbereiche:

Homogenbereich	Bodenschicht	Benennung
O1	Oberboden	Mutterboden
B1	Deckschichten, Verwitterungsböden	Tone und Sande

Homogenbereich	Bodenschicht	Benennung
X1	Unterer Burgsandstein	entfestigte bis mäßig mürbe Sand- und Tonsteine
X2	Unterer Burgsandstein	mäßig harte bis harte Sand- und Tonsteine

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 (Ackerboden) wird in den Homogenbereich O1 eingeteilt und wurde in den Bohrungen mit einer Dicke von ca. 40 cm bis 50 cm angetroffen. Gemäß der ehemaligen DIN 18300:2012-09 entsprach der Mutterboden der Bodenklasse 1.

7.3 Homogenbereich B1

Die gewachsenen Böden werden in dem Homogenbereich B1 zusammengefasst. Es handelt sich hierbei um Sande und Tone. Die Böden des Homogenbereichs B1 können mit üblichen Hydraulikbaggern gut gelöst werden.

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

Eigenschaften und Kennwerte für Boden (Auszug) nach VOB/C	
Ortsübliche Bezeichnung	Deckschichten, Verwitterungsböden
Bodengruppen	TL, TM, SU, SU* (Versuchs- und Erfahrungswerte)
Korngrößenverteilung [%]	s. Körnungslinien Anlagen 3.1 und 3.2

Massenanteile Steine [%]	keine in Proben vorhanden
Lagerungsdichte	locker bis dicht
Konsistenz	steif, halbfest (Feld- und Laborversuch)
Organischer Anteil [%]	keine organoleptischen Hinweise
vorläufige Einstufung gemäß LAGA und DepV (s. Kap. 6.4)	Z0 bis Z1.1 und DK 0

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

7.4 Homogenbereich X1

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

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

Eigenschaften und Kennwerte für Fels (Auszug) nach VOB/C	
Ortsübliche Bezeichnung	Unterer Burgsandstein
Benennung Fels	Geschichtetes klastisches Sedimentgestein
Rohdichte Fels [g/cm³]	1,9 bis 2,5 (Literaturwert)
Verwitterung und Veränderung	verfärbt bis zersetzt (nach Tabelle 2 DIN EN ISO 14689-1)

Veränderlichkeit des Gesteins	veränderlich bis stark veränderlich (nach Tabelle 3 DIN EN ISO 14689-1)
Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m²]	1 bis 50 (Feldversuch)
Trennflächenrichtung	horizontal
Trennflächenabstand	5 cm bis 30 cm
Gesteinskörperform	Massig bis plattig (Erfahrungswerte nach Tabelle 10 DIN EN ISO 14689-1)

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

7.5 Homogenbereich X2

Innerhalb der Felszone wurden auch härtere und massigere Bereiche festgestellt. Diese werden in den Homogenbereich X2 eingeteilt.

Hierbei handelt es sich ebenfalls um die Gesteine des Unteren Burgsandsteins. Daher entspricht die allgemeine Beschreibung der Tabelle für den Homogenbereich X1. Die Gesteine des Homogenbereichs X2 weisen jedoch ein höhere Druckfestigkeit sowie größere Trennflächenabstände auf, sodass das ein erhöhte Aufwand zum Lösen der Gesteine notwendig wird. Sandsteine oder Tonsteine 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. Gründung

8.1 Gründungsart und Gründungstiefe

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

Es ist der Neubau einer Wohnanlage mit Tiefgarage geplant. Genauer Planunterlagen liegen aktuell noch nicht vor. Die im Baufeld anstehenden Sande, zumindest halbfesten Tone sowie die Festgesteine sind grundsätzlich für die Gründung von mehrgeschossigen Wohngebäuden als ausreichend tragfähiger Baugrund einzustufen. Aus bodenmechanischer Sicht ist somit eine Flachgründung mittels einer elastisch gebetteten Fundamentplatte bzw. Streifenfundamenten in und auf diesen Böden möglich.

Sollten lokal im Bereich der Gründungssohlen aufgeweichte bindige Böden angetroffen werden, wären diese gegen Unterbeton bzw. ein nichtbindiges Bodenaustauschmaterial, z.B. der Körnung 0/56 mm, auszutauschen.

Die Tone, Sande mit hohen Feingehaltsanteilen sowie die mürben Sandsteine sind als sehr feuchteempfindlich einzustufen. Bei Wasserzutritt neigen sie daher zu Aufweichungen und verlieren in den oberflächennahen Bereichen ihre Tragfähigkeit und müssten dann ausgetauscht werden. Freigelegte Gründungssohlen sind daher umgehend mit einer Sauberkeitsschicht abzudecken.

Nach Festlegung der Baumaßnahmen sollte eine auf die Bauaufgabe abgestimmte, gesonderte Geotechnische Beurteilung erfolgen. Eventuelle Sondervorschläge bitten wir 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 Bodenkenngößen (Kap. 6.2) durchgeführt. Dabei errechnet sich die Grundbruchsicherheit in Abhängigkeit von der Mindestbreite (b) und der Mindesteinbindetiefe (t = Fundamentsohle bis Geländeoberfläche) der Fundamente.

Im Folgenden werden 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 **Globalsicherheitssystem** 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 6.10, 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 in den **zumindest mitteldicht gelagerten Sanden bzw. zumindest halbfesten Tonen** können unter Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse 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)		Breite b [m]		
		0,5	1,0	1,5
Einbindetiefe t [m]	0,5	130	180	245
	1,5	300	370	420
		σ_{zul} [kN/m ²]		

Streifenfundamente (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,v} = 1,4$, nach Eurocode 7)		Breite b [m]		
		0,5	1,0	1,5
Einbindetiefe t [m]	0,5	185	255	350
	1,5	430	530	600
		$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]		

Im Bereich der **mürben Festgesteine** 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)		Breite b [m]		
		0,5	1,0	1,5
Einbindetiefe t [m]	0,5	185	260	335
	1,5	415	495	550
		σ_{zul} [kN/m ²]		

Streifenfundamente (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,v} = 1,4$, nach Eurocode 7)		Breite b [m]		
		0,5	1,0	1,5
Einbindetiefe t [m]	0,5	265	370	480
	1,5	590	705	785
		$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]		

Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

Die Werte für Streifenfundamente gelten auch für **lastabtragende Streifen** bei einer Platten Gründung.

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

Setzungsabschätzungen ergeben bei Einhaltung der angegebenen Bodenpressungen Setzungen in einer Größenordnung von maximal rund zwei Zentimetern. Erfahrungsgemäß werden dabei rund zwei Drittel der Setzungen aus dem Lastfall Eigengewicht bereits während der Bauzeit abklingen.

Bei der Bemessung einer elastisch gebetteten Fundamentplatte kann bei einer Gründung auf den Böden des Deckhorizonts zudem ein mittlerer **vertikaler Bettungsmodul von $k_s = 10,0 \text{ MN/m}^3$** angesetzt werden. Bei einer Gründung auf den Festgesteinen ist ein mittlerer **vertikaler Bettungsmodul von $k_s = 25,0 \text{ MN/m}^3$** zulässig.

8.3 Erddruck, Wasserdruck und Arbeitsräume

Für die Bemessung relativ starrer bzw. gut ausgesteifter Bauwerkswände ist der Erdruhedruck anzusetzen. Der Erdruhedruckbeiwert kann zu $K_0 = 1 - \sin \varphi$ gewählt werden.

Wird statischerseits eine horizontale Durchbiegung in halber Wandhöhe entsprechend einer Größenordnung von rund 1/1000 der Höhe nachgewiesen, so ist der Ansatz des aktiven Erddrucks ausreichend. Ein Wandreibungswinkel kann bis zu $\frac{2}{3} \varphi$ angesetzt werden, wenn keine reibungsmindernden, plastischen Anstriche oder Sperrschichten verwendet werden.

Für den höchsten Grundwasserstand (s. Kap. 5.3) sind die Bodenplatten für den entsprechenden Sohlwasserdruck und die Bauwerkswände mit dem hydrostatischen Wasserdruck (Erddruck mit Auftriebswichte) zu bemessen. Zudem ist die Auftriebssicherheit für Bauzustände und den Endzustand nachzuweisen.

Zur Hinterfüllung können die natürlich gewachsenen Sande wieder verwendet werden. Aufgeweichte, bindige Böden sind für eine fachgerechte Verdichtung nicht geeignet. Alle Erdstoffe sind während der Zwischenlagerung vor Feuchtigkeit Zutritt zu schützen. Der Einbau hat lagenweise bei optimalem Wassergehalt zu erfolgen. Sollte die Hinterfüllung überbaut werden, sind gegebenenfalls besondere Anforderungen an das Hinterfüllmaterial sowie die Verdichtung zu stellen.

9. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten

Zur Beurteilung der Durchlässigkeit des anstehenden Untergrunds werden die Ergebnisse der Siebanalysen herangezogen (s. Anlagen 4.1 und 4.2). Nach den empirischen Formeln von BEYER besitzen die untersuchten Böden je nach Feingehaltsanteile **Durchlässigkeitskoeffizienten** in einer Größenordnung zwischen $k_f = 2,1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ und $k_f = 1,1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Nach der DIN 18130-1 sind die Böden damit als schwach durchlässig zu bezeichnen.

Gemäß den Festlegungen des ATV-Merkblatts A 138 liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich in etwa zwischen $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ und $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$. Damit sind die stark bindige Sande sowie die Tone für eine **fachgerechte Versickerung nicht geeignet bzw. liegen an der unteren Grenze der erforderlichen Durchlässigkeit**.

Zudem ist gemäß dem Arbeitsblattes DWA-A 138 ist ein Sickerraum (Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand) von zumindest 0,5 m einzuhalten. Dies ist hier überwiegend nicht gewährleistet.

Aus fachlicher Sicht wird daher vom Bau einer Versickerungsanlage abgeraten.

10. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen

10.1 Abdichtung und Dränagemaßnahmen

Bei den hier angetroffenen Untergrundverhältnissen wird bei einer Einbindetiefe von weniger als drei Metern eine Abdichtung der erdberührten Bauteile gegen **mäßige Einwirkung von drückendem Wasser** (Wassereinwirkungsklasse W2.1-E) bzw. bei einer Einbindetiefe von mehr als drei Metern gegen **hohe Einwirkung von drückendem Wasser** (Wassereinwirkungsklasse W2.2-E) gemäß DIN 18533-1:2017-07 erforderlich.

Dazu wäre auch die Ausführung mit einer Betonkonstruktion in WU-Beton als „Weiße Wanne“ möglich.

10.2 Baumaßnahmen

Temporäre **Baugrubenböschungen** können oberhalb des (abgesenkten) Grundwasserspiegels in den Sanden unter maximal 45° angelegt werden. In den Festgesteinen können abhängig vom Schichteneinfall auch Böschungsneigungen bis zu 80° erfolgen. Dies ist im Einzelfall jedoch vor Ort festzulegen. Bei der Ausführung sind die Einschränkungen des Regelfalls nach DIN 4124:2002-10 zu beachten.

Mit den Aushubsohlen für die Tiefgarage wird bereits das Grundwasser erreicht. Daher werden besondere Maßnahmen zur Wasserhaltung notwendig.

Hier kann vor allem beim größeren Baugrubentiefen die Verwendung eines **wasserundurchlässigen Spundwandverbaus** erforderlich 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 ergeben sich gegebenenfalls aus der statischen Berechnung. Im Bereich der Festgesteine ist ein Vorbohren der Spunddielen mit vorzusehen. Für das anfallende Wasser innerhalb des Verbaus ist eine lokale Grundwasserhaltung innerhalb der Baugrube ausreichend.

Abhängig von den Baugrubentiefen wäre auch eine fachgerechte Grundwasserabsenkung möglich. Aufgrund der Feingehalte der anstehenden Sande kann dafür eine Vakuumanlage mit eingespülten Absenklanzeln erforderlich werden. Der Abstand der Absenklanzeln beträgt erfahrungsgemäß rund 1,0 m bis 1,5 m. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich der Absenkrichter jeweils erst einige Tage nach Inbetriebnahme der Anlage einstellt. Sollte aus Platzgründen die Ausbildung einer fachgerechten Baugrubenböschung nicht überall möglich sein, müsste dort die Baugrubensicherung mittels eines Verbaus erfolgen. Dazu kann bei einer Grundwasserabsenkung ein gebohrter Trägerbohlverbau, Berliner Verbau, ausgeführt werden. Die Notwendigkeit einer Rückverankerung ergibt sich gegebenenfalls aus der statischen Berechnung.

Eine **endgültige Beurteilung** der erforderlichen Wasserhaltungs- und Verbaumaßnahmen kann erst nach der Konkretisierung der Bauaufgabe erfolgen.

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

Bei den Baumaßnahmen ist auf die **Feuchtigkeitsempfindlichkeit** der bereichsweise anstehenden bindigen Böden hinzuweisen. Bei zusätzlicher Feuchtigkeit und mechanischer Beanspruchung neigen diese Böden zu einem Verlust ihrer Strukturfestigkeit, verursachen zusätzliche, kaum abschätzbare Setzungen und müssen dann ausgetauscht werden.

Freigelegte **Gründungssohlen** sind von aufgeweichten Erdstoffen zu säubern und gegebenenfalls nachzuverdichten.

Durch die Aushub (Felslösearbeiten) und Verdichtungsarbeiten sowie die Einbringung der Verbauträger kann es zu leichten Erschütterungen an den angrenzenden Nachbarbebauungen kommen. Zudem erfolgt im Zuge des Baugrubenaushubs sowie möglicherweise durch eine Grundwasserabsenkung eine temporäre Entspannung des Untergrundes, wodurch ebenfalls geringe Nachsetzungen ausgelöst werden können. Die Notwendigkeit einer **Beweissicherung** der näher zur Baumaßnahme angeordneten Gebäude ist daher zu prüfen.

11. 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 Untergrund- bzw. Grundwasserverhältnissen ist eine umgehende Rücksprache erforderlich.

12. Zusammenfassung

Das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, wurde beauftragt, für den Neubau einer Wohnanlage im Westen von Worzeldorf, Stadt Nürnberg, anhand durchgeführter Baugrunduntersuchungen Baugrund und Gründung von bodenmechanischer und gründungstechnischer Seite zu beurteilen.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden ergänzend zu den vorliegen Aufschlüssen der Prof. Dr. Gründer GmbH aus dem Jahr 2022 insgesamt 11 Aufschlussbohrungen sowie 11 Sondierungen mit der schweren Rammsonde ausgeführt. Mit den Gründungssohlen der Tiefgarage werden voraussichtlich für eine Flachgründung ausreichend tragfähige Böden bzw. die Festgesteine des Burgsandsteins erreicht.

Das Bauvorhaben bindet voraussichtlich in das Grundwasser ein. Daher werden besondere Maßnahmen zur Wasserhaltung und gegebenenfalls Baugrubensicherung erforderlich.

Derzeit befindet sich die Planung nach in der Konzeptfindungsphase. Nach Festlegung der Baumaßnahmen sollte eine auf die Bauaufgabe abgestimmte, gesonderte Geotechnische Beurteilung erfolgen. Zu besonderen Punkten der Gründung und der Ausführung wurde im Einzelnen Stellung genommen.

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

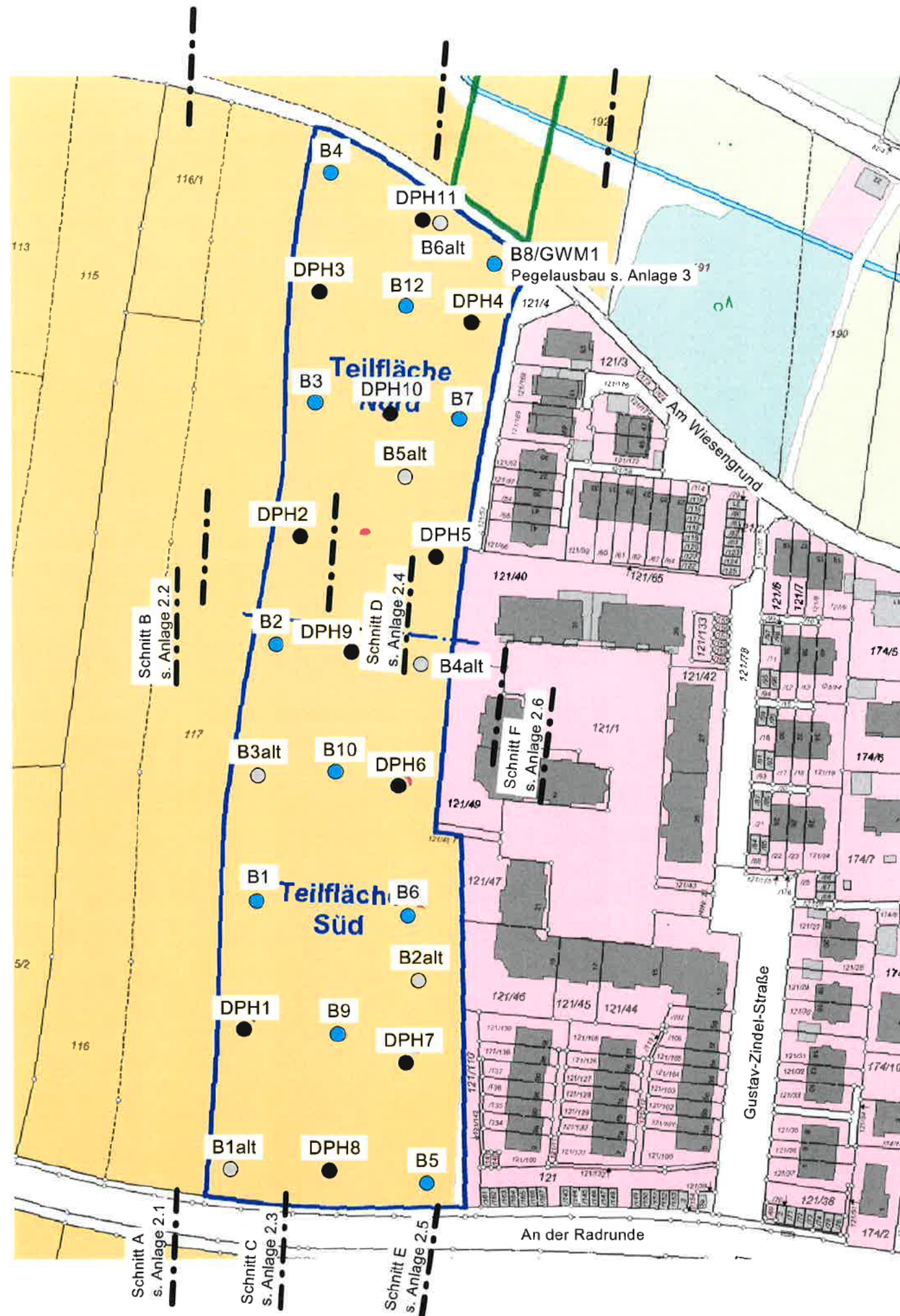
Die Bearbeiterin



Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Felder

Lageplan



M 1 : 1.500

- B Aufschlussbohrung
- Balt Bohrung Prof. Dr. Gründer GmbH 2020
- DPH Schwere Rammsondierung

gez.: sk

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

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

Auftrag: B-22023-bgr-01 Anlage 2.1

Projekt: Wohnanlage mit Tiefgarage

Ort: Worzeldorf

SÜD - NORD

B1alt

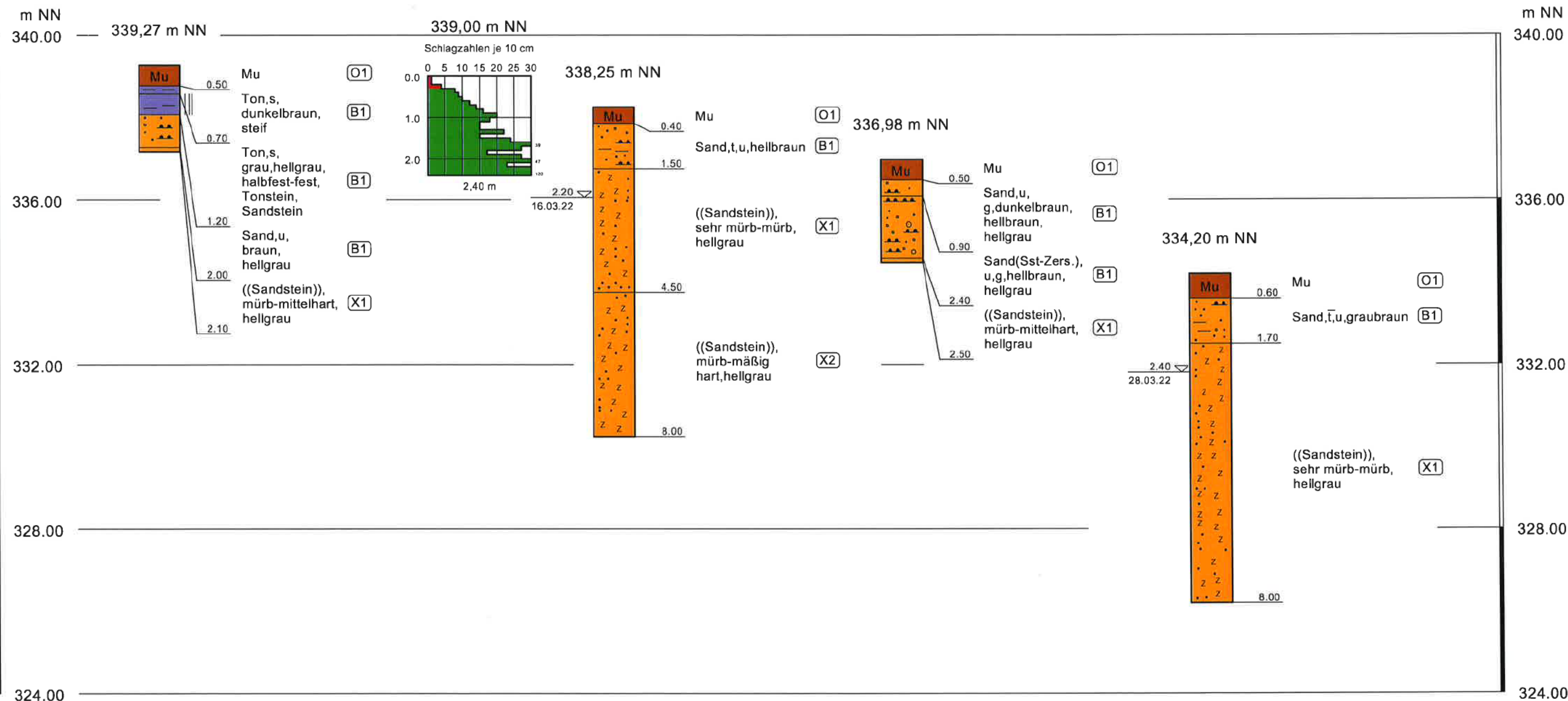
DPH1

B1

B3alt

B2

Schnitt A



M.d.H. 1 : 100

M.d.L. 1 : 750

Lage siehe Anlage 1
 gez.: sk

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

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

Tiefe
 Datum
 Tiefe
 Datum
 (Fels) schwach verwittert
 ((Fels)) stark verwittert
 entfestigt
 S(Fels) Sand (Felszersatz)
 Labor-Nr.
 Homogenbereich

Auftrag: B-22023-bgr-01 Anlage 2.2

Projekt: Wohnanlage mit Tiefgarage

Ort: Worzeldorf

SÜD - NORD

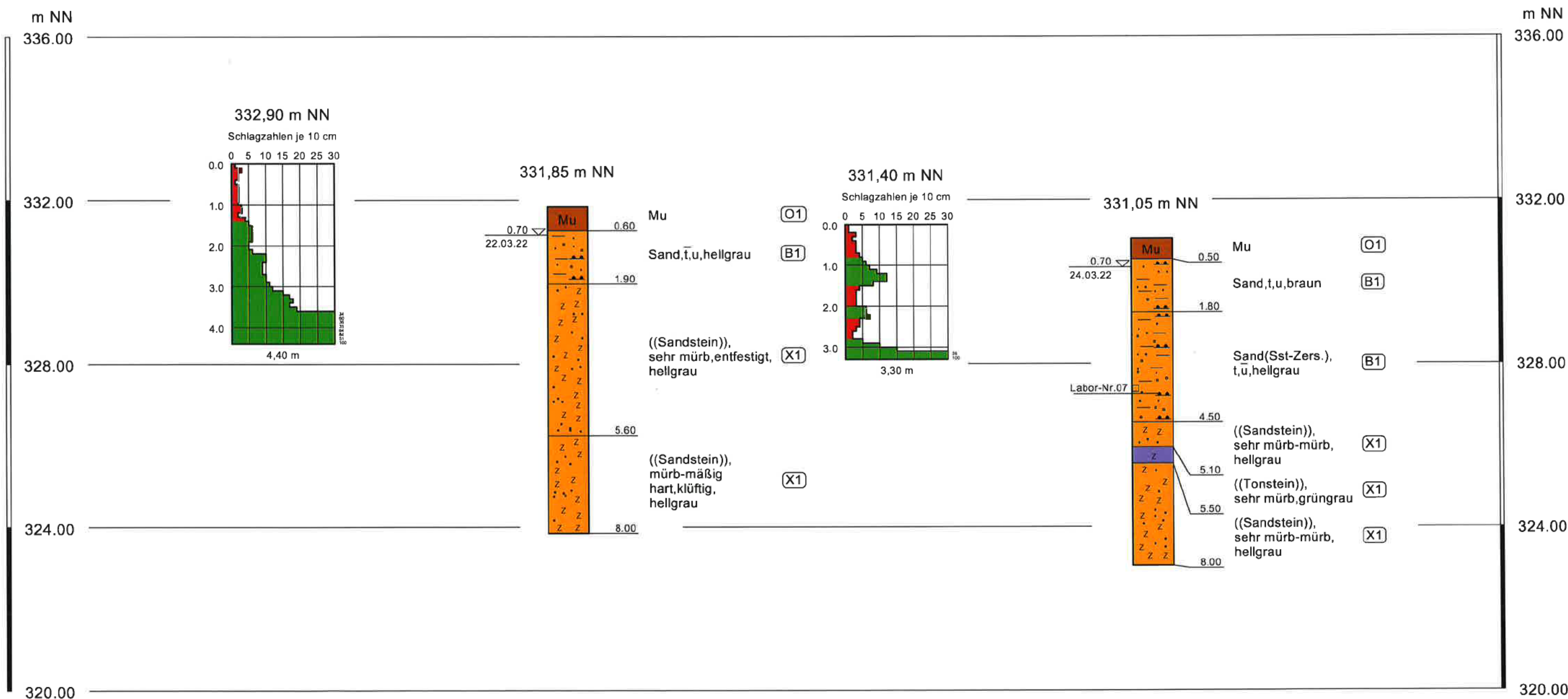
DPH2

B3

DPH3

B4

Schnitt B



M.d.H. 1 : 100
 M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1
 gez.: sk

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

steif	Mu	Mu (Mutterboden)	U (Schluff)	G (Kies)
A	A (Auffüllung)	u (schluffig)	g (kiesig)	
T (Ton)	T (Ton)	S (Sand)	Sst (Sandstein)	
t (tonig)	t (tonig)	s (sandig)	Tst (Tonstein)	

Tiefe ∇ Datum GW angetroffen
Tiefe \blacktriangledown Datum GW Ruhe

(Fels) schwach verwittert
(Fels) stark verwittert
entfestigt
S(Fels) Sand (Felszersatz)
Labor-Nr. ☐ Bohrprobe (gestört)
☐ Homogenbereich

Auftrag: B-22023-bgr-01 Anlage 2.3

Projekt: Wohnanlage mit Tiefgarage

Ort: Worzeldorf

SÜD - NORD

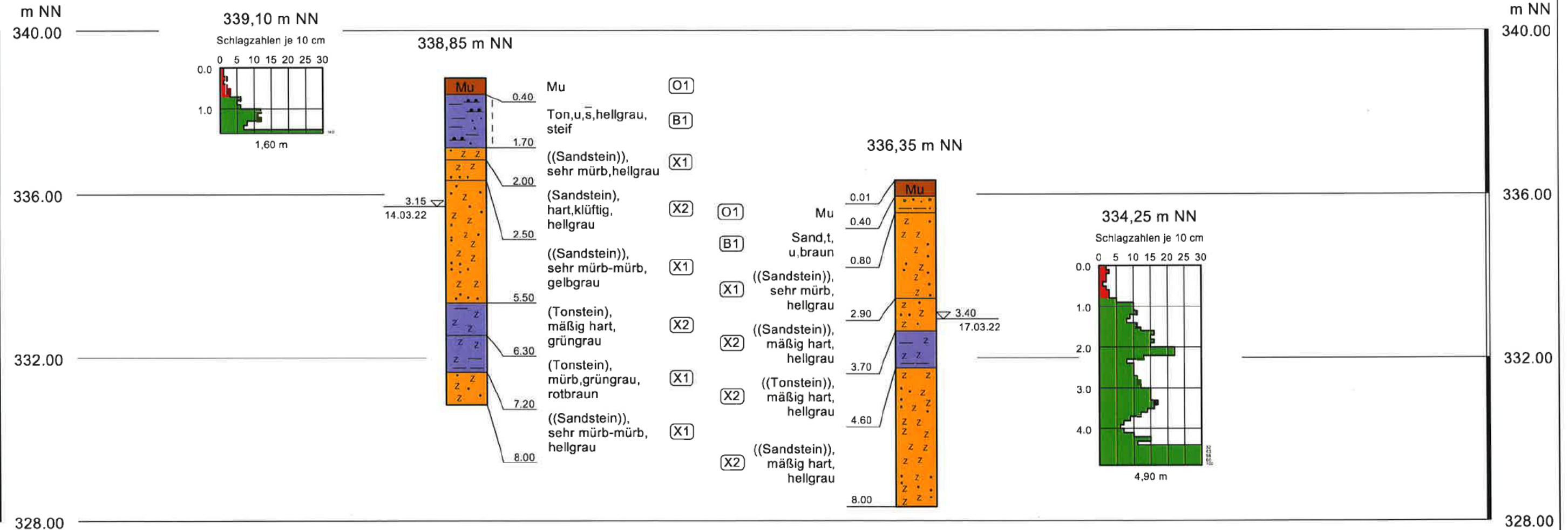
DPH8

B9

B10

DPH9

Schnitt C



M.d.H. 1 : 100

M.d.L. 1 : 750

Lage siehe Anlage 1
gez.: sk

Legende für Untergundaufschlüsse nach DIN 4023

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

Auftrag: B-22023-bgr-01 Anlage 2.4

Projekt: Wohnanlage mit Tiefgarage

Ort: Worzeldorf

SÜD - NORD

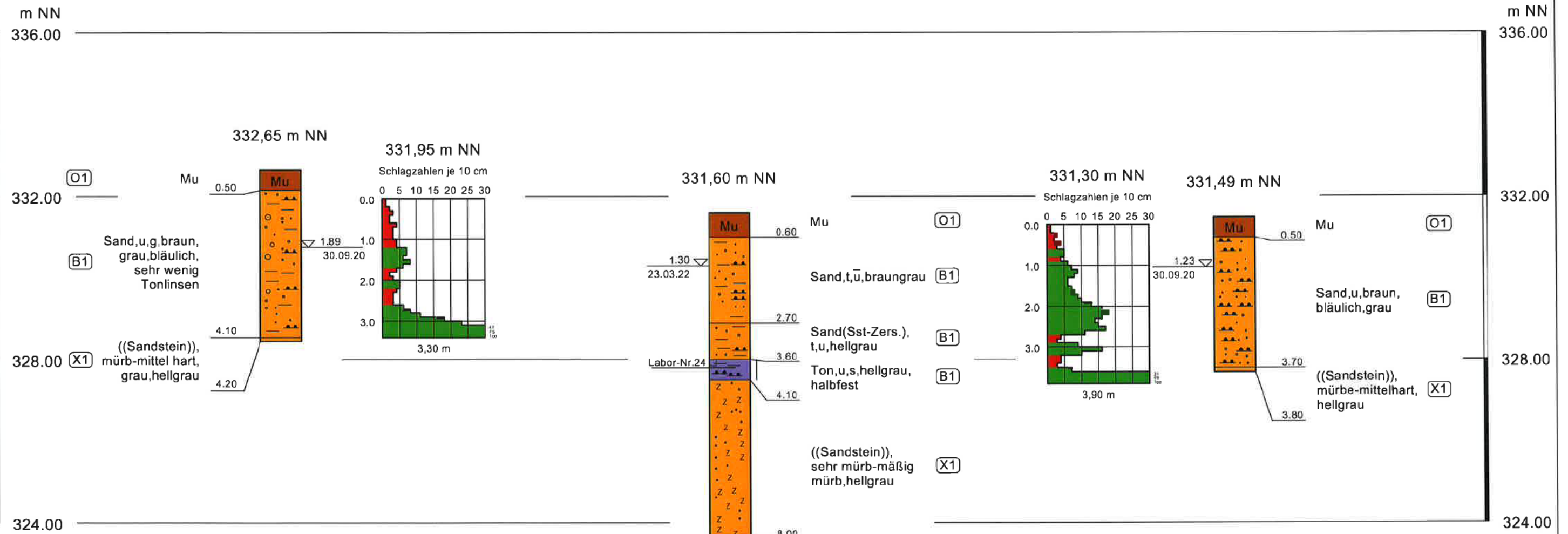
B5alt

DPH10

B12

DPH11

B6alt Schnitt D



M.d.H. 1 : 100

M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1

gez.: sk

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

halbfest	Mu	Mu (Mutterboden)	U (Schluff)	G (Kies)	Tiefe ∇ Datum Tiefe \blacktriangledown Datum	GW angetroffen GW Ruhe
steif - halbfest	A	A (Auffüllung)	u (schluffig)	g (kiesig)	(Fels) schwach verwittert ((Fels)) stark verwittert entfestigt	
steif	T	T (Ton)	S (Sand)	Sst (Sandstein)	S(Fels) Sand (Felszersatz)	Labor-Nr. <input type="checkbox"/> Bohrprobe (gestört)
	t (tonig)		s (sandig)	Tst (Tonstein)	<input type="checkbox"/> Homogenbereich	

Auftrag: B-22023-bgr-01 Anlage 2.5

Projekt: Wohnanlage mit Tiefgarage

Ort: Worzeldorf

SÜD - NORD

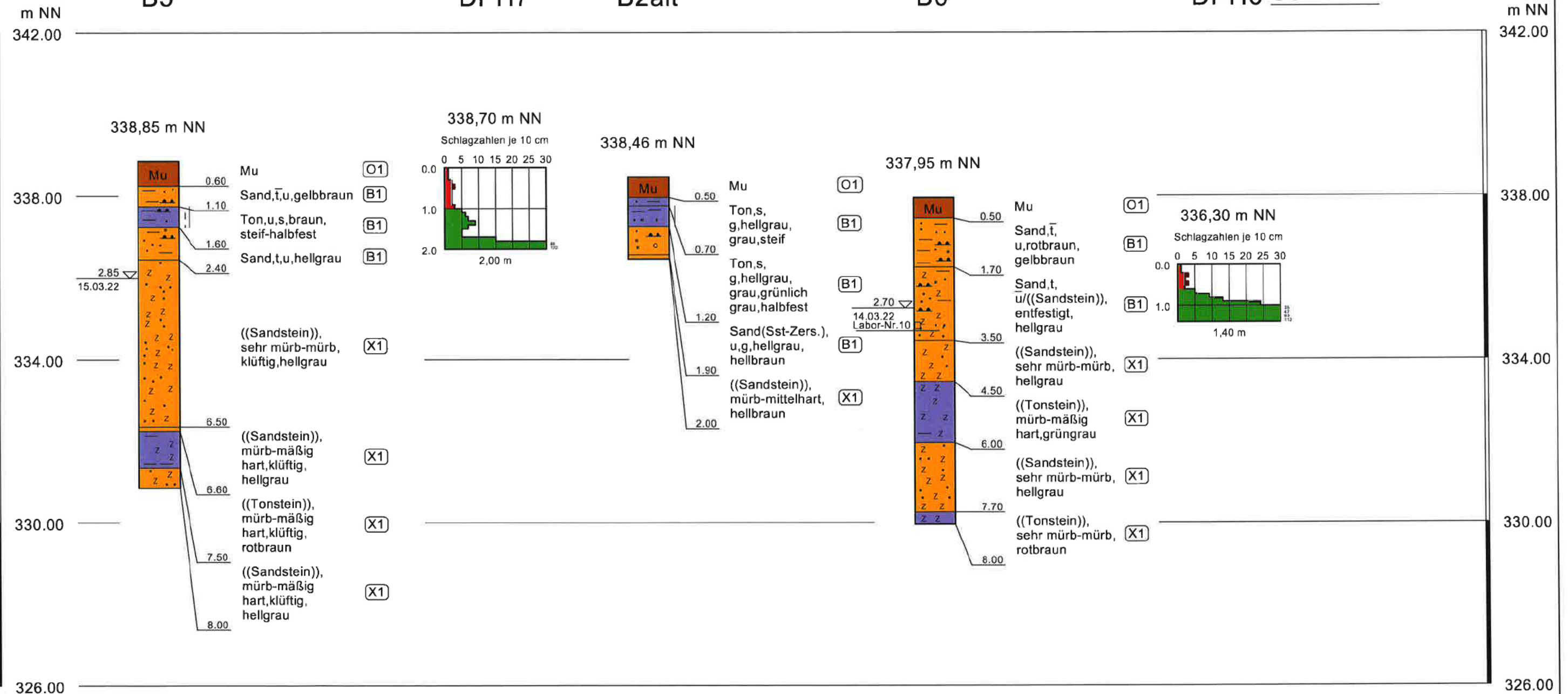
B5

DPH7

B2alt

B6

DPH6 Schnitt E



M.d.H. 1 : 100

M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1
 gez.: sk

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

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

Auftrag: B-22023-bgr-01 Anlage 2.6

Projekt: Wohnanlage mit Tiefgarage

Ort: Worzeldorf

SÜD - NORD

B4alt

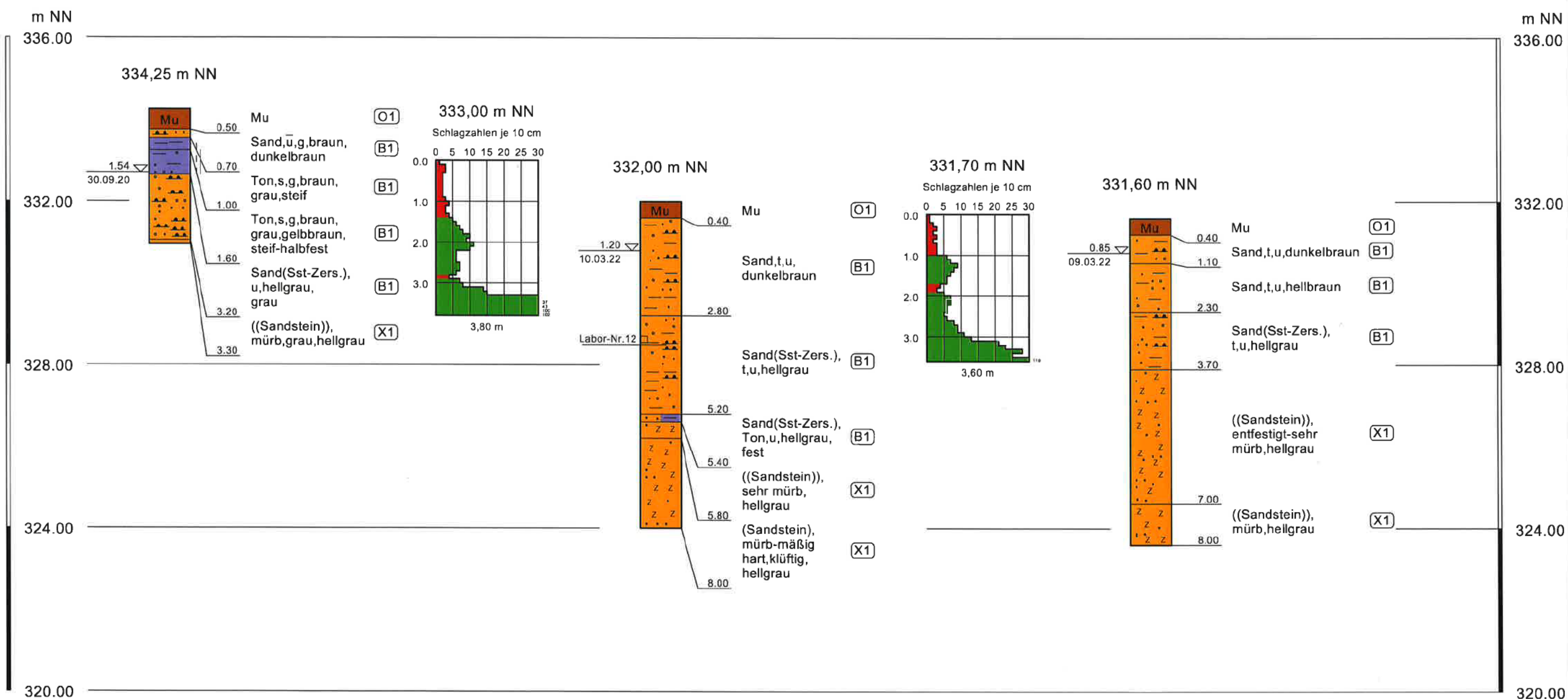
DPH5

B7

DPH4

B8

Schnitt F













M.d.H. 1 : 100

M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1

gez.: sk

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

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

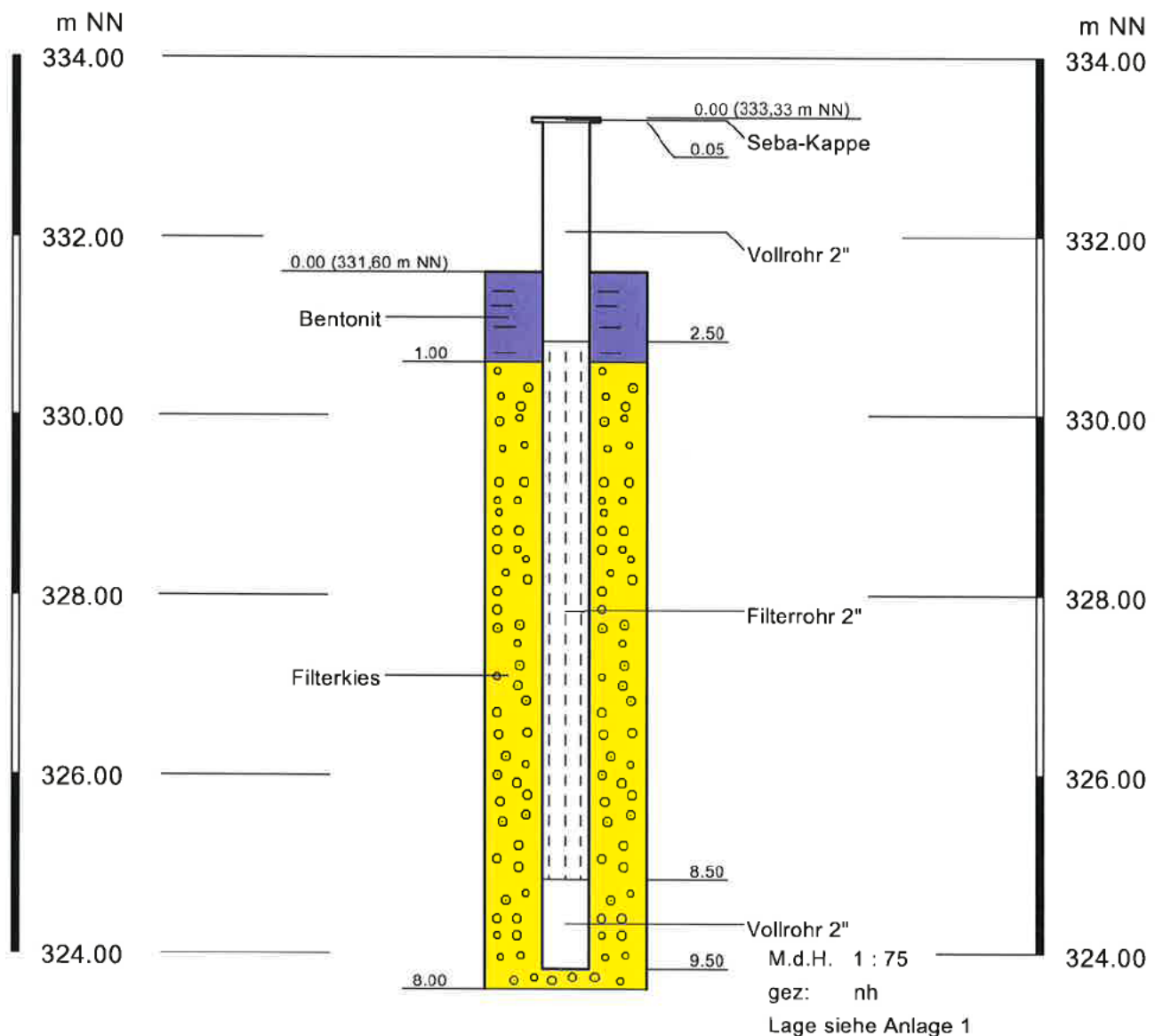
Anlage 3

Auftrag: B-22023-bgr-01

Projekt: Wohnanlage mit Tiefgarage

Ort: Worzeldorf

GWM1 (B8) Pegelausbau



Körnungslinie nach EN ISO 17892-4

WORZELDORF

Wonanlage mit Tiefgarage

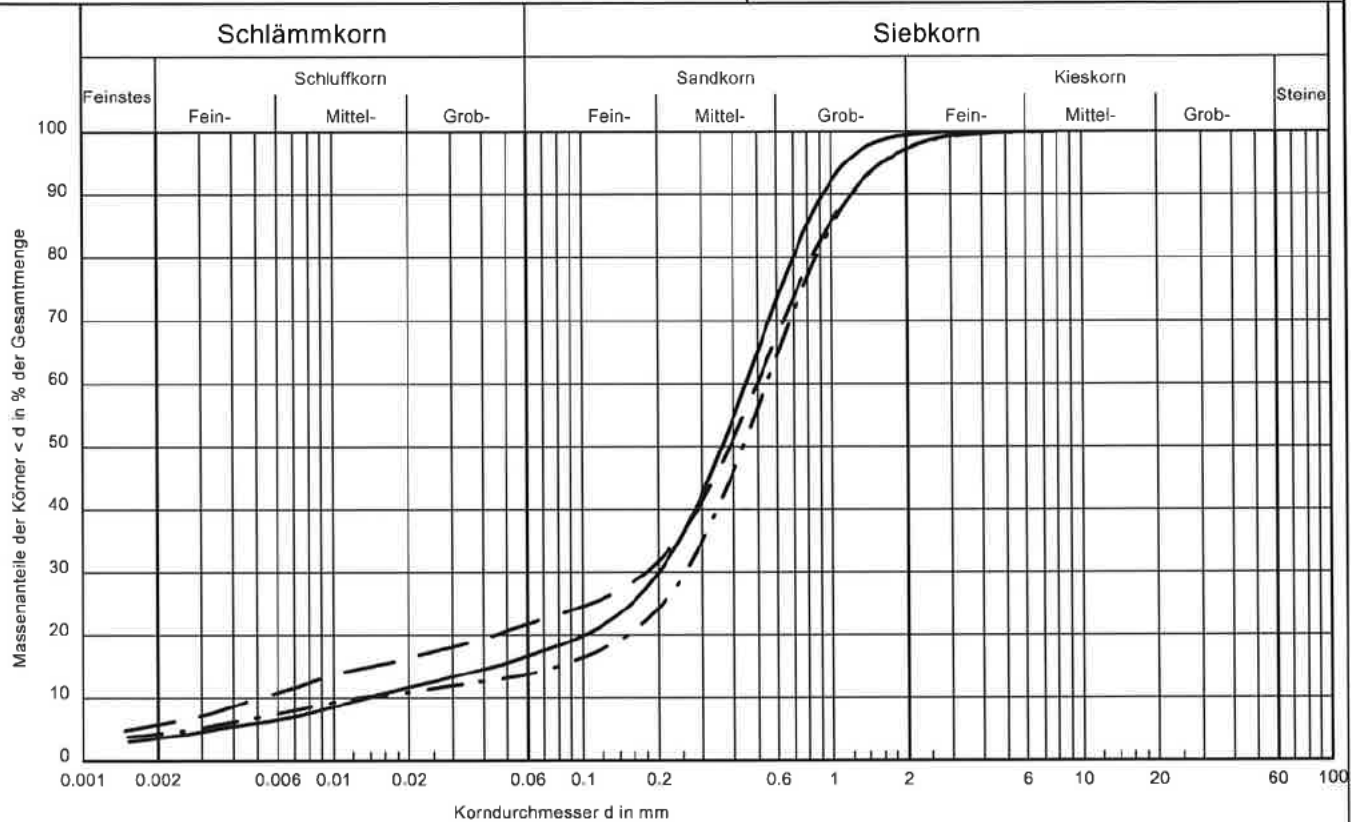
Probe entnommen am: KW10-KW12

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb/Schlammmanalyse

Bearbeiter: Kies

Datum: 03.05.2022



Labor Nr.	07	10	12
Signatur	—	— —	— . . .
Bodenart	Sand,u	Sand,t,u	Sand,u
Bodengruppe / Homogenbereich	SU* / B1	SU* / B1	SU / B1
Entnahmestelle / Tiefe	B4 / 3,8 m	B6 / 2,7 m	B7 / 3,5 m
Wassergehalt [%]	12,8	4,8	16,9
d10/d60 [mm]	0.0136 / 0.4481	0.0051 / 0.4977	0.0126 / 0.5430
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	33.1/6.6	98.1/12.7	43.1/9.5
k-Wert nach Beyer	$1.1 \cdot 10^{-6}$	$1.6 \cdot 10^{-7}$	$9.9 \cdot 10^{-7}$
Frostsicherheit	F3	F3	F2
Anteile T/U/S/G [%]	3.6/13.3/82.5/0.5	5.8/16.2/75.4/2.6	4.3/9.6/83.4/2.7

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4

WORZELDORF

Wonanlage mit Tiefgarage

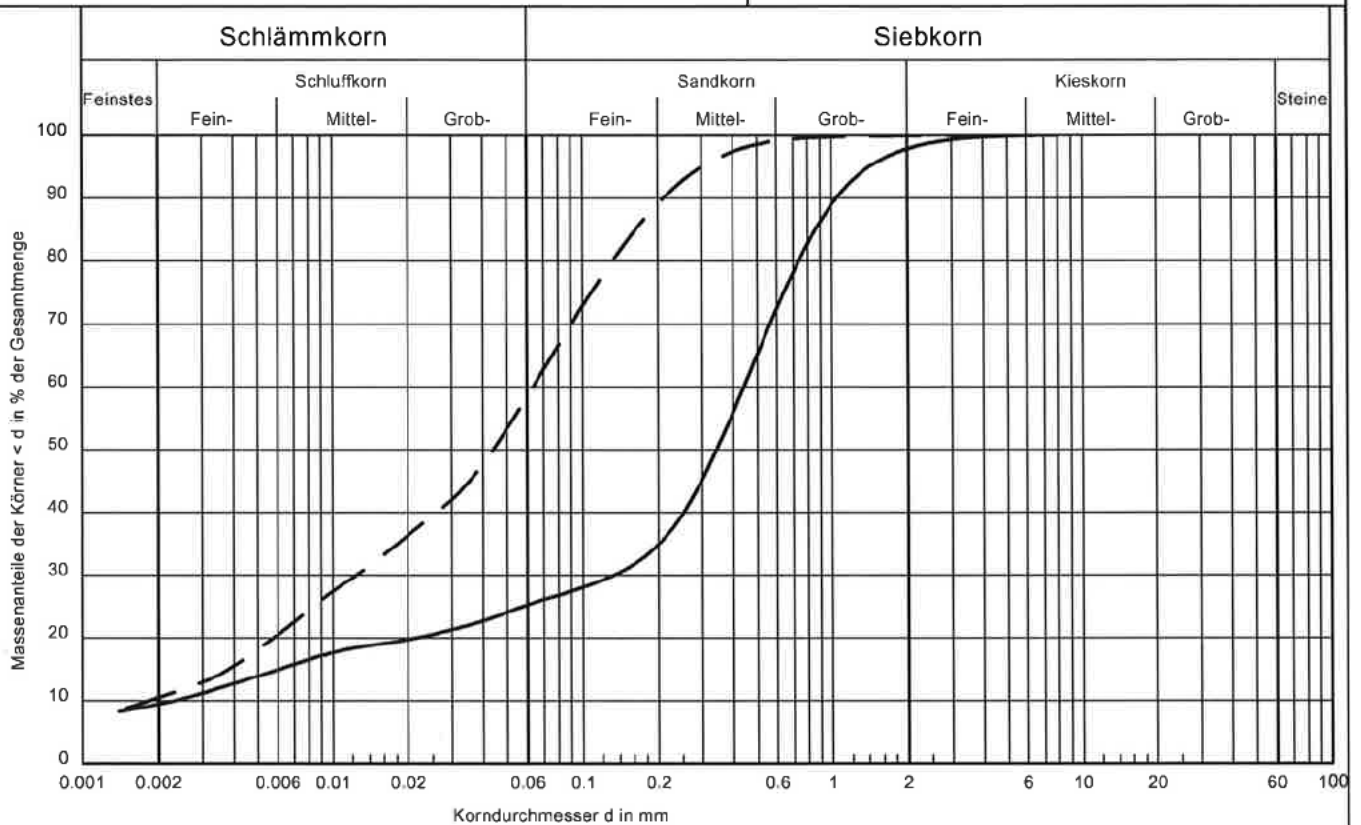
Probe entnommen am: KW10-KW12

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb/Schlammanalyse

Bearbeiter: Kies

Datum: 03.05.2022



Labor Nr.	16	24
Signatur	—	—
Bodenart	Sand,t,u	Ton,u,s
Bodengruppe / Homogenbereich	SU* / B1	TM / B1
Entnahmestelle / Tiefe	B8 / 3,2 m	B12 / 3,7 m
Wassergehalt [%]	13,2	14,7
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	0.0023 / 0.4398	0.0018 / 0.0634
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	190.7/17.2	34.6/1.3
k-Wert nach Beyer	3.3 * 10 ⁻⁸	2.1 * 10 ⁻⁸
Frostsicherheit	F3	F3
Anteile T/U/S/G [%]	9.5/16.1/72.3/2.1	10.5/49.3/40.1/0.1

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

WORZELDORF

Wohnanlage mit Tiefgarage

Bearbeiter: Kies

Datum: 03.05.2022

Prüfungsnummer: 24

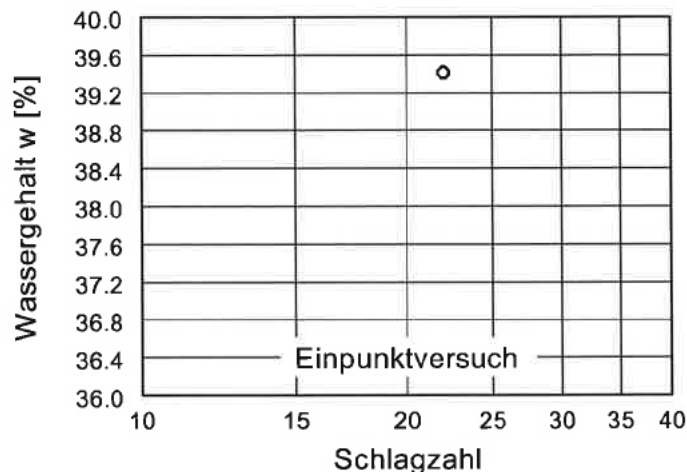
Entnahmestelle: B12

Tiefe: 3,7 m

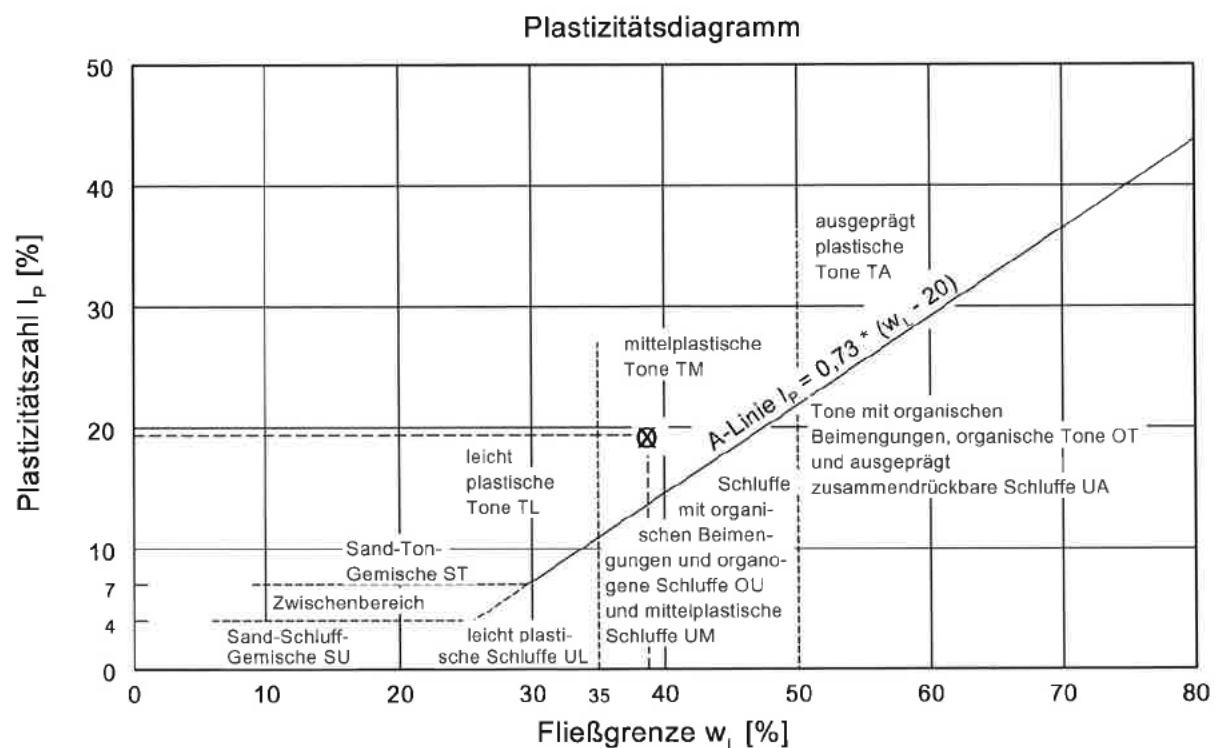
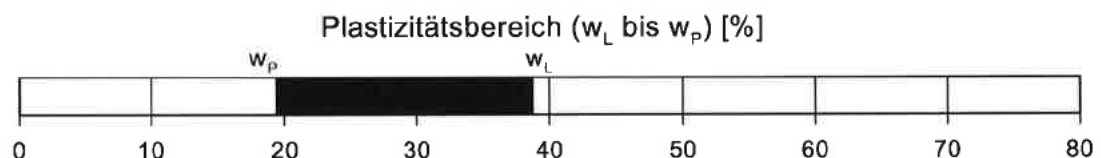
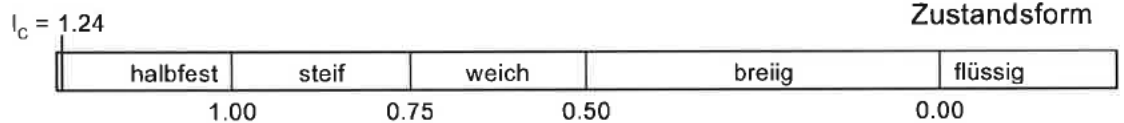
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u,s

Probe entnommen am: KW10-KW12



Wassergehalt $w = 14.7 \%$
 Fließgrenze $w_L = 38.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 19.3 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 19.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.24$



				PN B-22023-bgr-01			
				WORZELDORF			
				Wohnanlage mit Tiefgarage			
				Anlage 5.1			
Vorsorgewerte für Böden nach BBodSchV (Feststoff)							
Probenahme:	KW10 - KW12						
	Parameter:						
Probe:	Cd	Pb	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
MP1 B2,5,6,9,10 m	<0,2	15	14	7,7	0,06	5,5	47,3
MP2 B3,4,7,8,12 m	<0,2	23	14	10	0,10	5,0	47,9
BBodSchV							
Bodenart Ton	1,5	100	100	60	1	70	200
Bodenart Lehm/Schluff	1	70	60	40	0,5	50	150
Bodenart Sand	0,4	40	30	20	0,1	15	60
Zuordnungswerte							
Geologische Barriere							
DK 0	3	210	180	120	2	150	450
DK I							
DK II							
DK III							
LAGA:							
Z 0-Wert	0,6	100	50	40	0,3	40	120
Z 1.1-Wert	1	200	100	100	1	100	300
Z 1.2-Wert	3	300	200	200	3	200	500
Z 2-Wert	10	1000	600	600	10	600	1500

			PN B-22023-bgr-01		
			WORZELDORF		
			Wohnanlage mit Tiefgarage		
			Anlage 5.2		
Vorsorgewerte für Böden nach BBodSchV (Feststoff)					
Probenahme:	KW10 - KW12				
	Parameter:				
Probe:	PCB	Benzo(a)pyren	PAK	Humusgehalt	TOC
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[%]	[Masse-%]
MP1 B2,5,6,9,10 m	<0,01	<0,05	<0,05	1	0,8
MP2 B3,4,7,8,12 m	<0,01	<0,05	<0,05	2	0,93
BBodSchV					
Humusgehalt > 8 %	0,1	1	10		
Humusgehalt ≤ 8 %	0,05	0,3	3		
Zuordnungswerte					
Geologische Barriere	≤ 0,02		≤ 1		
DK 0	≤ 1	2	≤ 30		
DK I	≤ 2		≤ 500		
DK II	≤ 2		≤ 1000		
DK III					
LAGA:					
Z 0-Wert	0,02		1		
Z 1.1-Wert	0,1		5		
Z 1.2-Wert	0,5		15		
Z 2-Wert	1		20		

						PN B-22023-bgr-01				
						WORZELDORF				
						Wohnanlage mit Tiefgarage				
						Anlage 6.1				
Schadstoffparameter nach LAGA (Feststoff)										
Probenahme:		KW10 - KW12								
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]
MP3	7,8	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,02
LAGA:										
Z 0-Wert	5,5-8	100	1	1	1			<1	<1	0,02
Z 1.1-Wert	5,5-8	300	3	10	5	<0,5	<0,5	1	1	0,1
Z 1.2-Wert	5-9	500	10	30	15	<1	<1	3	3	0,5
Z 2-Wert	-	1000	15	100	20			5	5	1
Parameter:										
Probe:	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn	
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	
MP3	1,6	2	<0,2	9	4	3	<0,05	0,2	16	
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 B-22023-bgr-01 WORZELDORF Wohnanlage mit Tiefgarage Anlage 6.2			
Schadstoffparameter nach LAGA (Eluat)									
Probenahme:		KW10 - KW12							
		Parameter:							
Probe:	pH	elektr.	Chlorid	Sulfat	Cyanide	Phenol-			
		Leitf.			ges.	index			
		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			
MP3	8,6	44	<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]
MP3	<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 B-22023-bgr-01 WORZELDORF Wohnanlage mit Tiefgarage Anlage 6.3		
Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Feststoff)							
Probenahme:		KW10 - KW12					
	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-%]
MP3	0,6	<0,1	<0,1	<50	<0,02	<0,05	<0,05
Zuordnungswerte							
Geologische Barriere	≤ 3	≤ 1	≤ 1	≤ 100	≤ 0,02	≤ 1	
DK 0	≤ 3	≤ 1	≤ 6	≤ 500	≤ 1	≤ 30	≤ 0,1
DK I	≤ 3	≤ 1					≤ 0,4
DK II	≤ 5	≤ 3					≤ 0,8
DK III	≤ 10	≤ 6					≤ 4

PN B-22023-bgr-01
 WORZELDORF
 Wohnanlage mit Tiefgarage
 Anlage 6.4

Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Eluat)

Probenahme:	KW10 - KW12							
Probe:	Parameter:							
	pH-Wert	DOC [mg/l]	Phenole [mg/l]	Arsen [mg/l]	Blei [mg/l]	Cadmium [mg/l]	Kupfer [mg/l]	Nickel [mg/l]
MP3	8,6	<1	<0,01	<0,005	<0,005	<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
Probe:	Parameter:							
	Zink [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Cyanid [mg/l]	Fluorid [mg/l]	Barium [mg/l]	Quecksilber [mg/l]	
MP3	<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	
Probe:	Parameter:							
	Chrom [mg/l]	Molybdän [mg/l]	Antimon [mg/l]	Selen [mg/l]	Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen [mg/l]			
MP3	<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 B-22023-bgr-01

WORZELDORF

Wohnanlage mit Tiefgarage

Anlage 6.5

Richtwerte für den Gesamtstoffgehalt für Deponien der Klasse DK0-DKII (Feststoff)

Probenahme: KW10 - KW12

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
------------	------	-------	-------	------	-------	-------	------	-----

Richtwerte:

Richtwert DK0	3	-	2	1	0,5	-	-	-
Richtwert DKI	-	≤ 500	-	≤ 10	-	≤ 2	≤ 30	≤ 4000
Richtwert DKII	-	≤ 1000	-	≤ 25	-	≤ 2	≤ 60	≤ 8000

Parameter:

	Cyanide	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn
	(ges.)									
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]

MP1	<0,3	1,6	2	<0,2	9	4	3	<0,05	0,2	16
------------	------	-----	---	------	---	---	---	-------	-----	----

Richtwerte:

Richtwert DK0	30	45	210	3	180	120	150	2	3	450
---------------	----	----	-----	---	-----	-----	-----	---	---	-----