

Geotechnischer Bericht Baugrunduntersuchungen

Projekt-Nr. 17250-bgr-01

**Projekt: WALTERSHOF Marktredwitzer Straße
FLZ – Neubau Hochregallager und Parkhaus**

**Auftraggeber: FLZ Logistikzentrum GmbH & Co. KG
Ludwig-Hüttner-Straße 5-7
95679 Waldershof**

**Planer: Wittmann Strukturmechanik AG
Adam-Kraft-Straße 6
95615 Marktredwitz**

Bearbeiter: Marcel Meyer, B.Sc.

Bayreuth, den 08.09.2022

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Vorbemerkung	4
2. Unterlagen	4
3. Lage, Geologie und Hydrogeologie	5
4. Bauvorhaben	6
5. Baugrund	7
5.1 Aufbau	7
5.2 Hydrologie	9
6. Kennwerte Boden und Wasser	10
6.1 Laborversuche an Bodenproben	10
6.2 Charakteristische Bodenkenngrößen	10
6.3 Chemische Bodenanalysen	11
6.4 Grundwasser-Betonaggressivität	14
7. Einteilung nach DIN 18 300:2016-09 Erdarbeiten	15
7.1 Festlegung der Homogenbereiche	15
7.2 Homogenbereich B1	16
8. Gründung Hochregallager	17
8.1 Gründungsart und Gründungstiefe	17
8.2 Fertigmörtel oder Betonstopfsäulen	18
8.3 Erddruck, Wasserdruck und Arbeitsräume	19
9. Gründung Parkdeck	19
10. Verkehrsflächen	21
10.1 Bemessung nach RStO	21
10.2 Planum - Erdbau	22
11. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen	24
11.1 Abdichtung und Dränagemaßnahmen	24
11.2 Baumaßnahmen	24
12. Bauüberwachung und Abnahme	25
13. Zusammenfassung	26

Anlage 1:	Lageplan
Anlagen 2.1 bis 2.5:	Schnitte
Anlagen 3.1 bis 3.10:	Bodenmechanische Laborversuche
Anlagen 4.1 bis 4.5:	Chemische Bodenanalysen

1. Vorbemerkung

Die FLZ Logistikzentrum GmbH & Co. KG, Waldershof, beabsichtigt die Errichtung eines Hochregallagers und Parkhaus in Waldershof, Marktredwitzer Straße, und beauftragte daher das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und zu den geplanten Baumaßnahmen von bodenmechanischer und gründungstechnischer Seite Stellung zu nehmen.

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

2. Unterlagen

Im Wesentlichen wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Geologische Karte von Bayern M 1 : 25 000
Blatt 6038 Waldershof
- Digitale Hydrogeologische Karte M 1 : 100.000 (dHK100)
- Von der Wittmann Strukturmechanik AG, Marktredwitz:
 - Lageplan M 1 : 2.000 (Stand: 17.12.2020)
 - Grundriss, Ansichten M 1 : 500 (Stand: 17.12.2020)
- Ergebnisse von Aufschlussbohrungen, Rammsondierungen und Laborversuchen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth
- Ergebnisse von chemischen Bodenanalysen durch die AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg
- Ergebnisse von Ortsbesichtigungen und Besprechungen zwischen Vertretern des Auftraggebers, des Planungsbüros und des Ing.-Büros Dr. Ruppert & Felder

3. Lage, Geologie und Hydrogeologie

Der vorgesehene Baubereich befindet sich im Norden von Waldershof im Gewerbegebiet „An der Bahn“ auf dem Firmengelände der Firma CUBE in der Marktredwitzer Straße 61. Das Baufeld wird im Nordwesten von der bestehenden Industriehalle der Firma CUBE, im Süden von der geplanten Ortsumgebung von Waldershof und im Osten von der Marktredwitzer Straße begrenzt.

Die zu bebauende Fläche wird derzeit als Ladehof sowie als Parkplatzfläche für PKWs genutzt. Die Flächen sind größtenteils asphaltiert bzw. geschottert. Das Gelände weist bedingt durch Geländeregulierungsmaßnahmen im Zuge von früheren Baumaßnahmen keinen nennenswerten Höhenunterschiede auf.

Unter oberflächennahen Deckschichten und Geländeanschüttungen früherer Baumaßnahmen sind entsprechend der **Geologischen Karte** im Baubereich zunächst die jüngeren **Decklehme** aus dem Erdzeitalter des Tertiärs zu erwarten. Diese entstanden aus einer tiefgründigen Verwitterung der Phyllite zu tonigen-feinsandigen Zersatzprodukten. Darunter folgen dann **Phyllite, Glimmerschiefer und Grafitschiefer**, welche vermutlich zur Arzberger Serie des Kambriums gehören. Zur Oberfläche hin sind die Festgesteine bis in wechselnde Tiefen unterschiedlich stark verwittert.

Eine tektonische Störungszone ist im Bereich von Waldershof nicht ausgewiesen.

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

Gemäß der **Hydrogeologischen Karte** bilden die im Untersuchungsgebiet anstehenden Festgesteine einen Kluft-Grundwasserleiter mit geringer Gebirgsdurchlässigkeit und Ergiebigkeit. Die überlagernden Zersatzböden stellen einen Kluft-Poren-Grundwasserleiter mit stark wechselnder Mächtigkeit und Durchlässigkeit dar. Das Filtervermögen wurde in der Zersatzzone als gering bis mäßig eingestuft. Die tieferen Bereiche weisen ein geringes Filtervermögen auf.

4. Bauvorhaben

Es ist der Neubau eines Hochregallagers sowie eines Parkdecks auf dem Firmengelände der Firma CUBE geplant.

Das **Hochregallager** weist Grundrissabmessungen von rund 160 m x 40 m auf und wird voraussichtlich mittels einer elastisch gebetteten Fundamentplatte gegründet. Die Halle soll nach aktuellem Planungsstand rund zwei Meter unter der derzeitigen Geländeoberkante des Ladehofs zu liegen kommen und rund 38 m hoch werden. Nach Aussage des Planers beträgt die Bodenpressung voraussichtlich etwa 200 kN/m² bis 250 kN/m².

Zu dem **Parkdeck** liegen uns derzeit keine weiteren Informationen vor. Erfahrungsgemäß erfolgt die Gründung mittels Einzelfundamenten.

Neben der Errichtung der Gebäude ist auch die Neugestaltung der **Außenanlagen** vorgesehen. Der frostsichere Oberbau der Verkehrsflächen bestimmt sich nach den Festlegungen der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“. Zu den vorhandenen Belastungen der Verkehrsflächen liegen uns derzeit keine genaueren Informationen vor. Flächen, die einer besonderen Beanspruchung aus Schwerverkehr unterliegen (z. B. Lkw-Zufahrt und Anlieferrampe), werden in die Belastungsklasse Bk3,2 oder höher eingestuft.

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

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

5. Baugrund

5.1 Aufbau

Der Untergrundaufbau wurde durch 12 Aufschlussbohrungen (B) sowie 14 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) erkundet (s. Lageplan Anlage 1). Die Ergebnisse sind entsprechend den Kennzeichnungen nach DIN 4023 in fünf Schnitten (s. Anlagen 2.1 bis 2.5) dargestellt.

Entsprechend den ausgeführten Aufschlüssen kann der Untergrund vereinfachend in drei Horizonte eingeteilt werden: Anschüttungshorizont, Deckhorizont und Tertiärhorizont.

Unter den vorhandenen Oberflächenbefestigungen in Form von Schottern und Asphaltdecken wurden zunächst die künstlichen Auffüllungen des **Anschüttungshorizontes** angetroffen. Es handelt sich hierbei um kiesige Tone und Schluffe von steifer und halbfester Konsistenz sowie um Steine und Kiese. Die Böden des Anschüttungshorizontes weisen anthropogene Fremdbestandteile in Form von Ziegelstückchen auf.

Unter den künstlichen Auffüllungen wurden die natürlich gewachsenen Böden des **Deckhorizontes** aufgeschlossen. Hierbei handelt es sich um braun gefärbte Tone von steifer und halbfester Konsistenz.

Die **Untergrenzen der Horizonte** verlaufen in den ausgeführten Aufschlussbohrungen in folgender Tiefe unter den Ansatzpunkten:

Aufschluss	Untergrenze Anschüttungshorizont	Untergrenze Deckhorizont
B1	2,10 m (538,45 m NN)	2,80 m (537,75 m NN)
B2	0,40 m (540,20 m NN)	2,00 m (538,60 m NN)
B3	2,70 m (538,00 m NN)	nicht vorhanden
B4	0,40 m (540,25 m NN)	nicht vorhanden
B5	1,10 m (539,55 m NN)	nicht vorhanden

Aufschluss	Untergrenze Anschüttungshorizont	Untergrenze Deckhorizont
B6	2,50 m (536,15 m NN)	nicht vorhanden
B7	2,30 m (536,05 m NN)	nicht vorhanden
B8	0,90 m (537,70 m NN)	nicht vorhanden
B9	0,90 m (538,45 m NN)	nicht vorhanden
B10	0,40 m (538,95 m NN)	nicht vorhanden
B11	1,00 m (537,10 m NN)	2,30 m (535,80 m NN)
B12	1,10 m (537,75 m NN)	2,70 m (536,15 m NN)

Unterlagert werden die Deckböden von den Lockergesteinen des **Tertiärhorizontes**. Die angetroffenen Böden stellen die Verwitterungsprodukte (Meb-Zers.) der anstehenden Festgesteine dar. Es handelt sich hierbei überwiegend um Schluffe von halbfester Konsistenz sowie vereinzelt von steifer und weicher Konsistenz. Die Böden sind hauptsächlich rotbraun und hellbraun gefärbt.

Durch die **Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH)** werden die vorliegenden direkten Aufschlüsse ergänzt. Bei den hier anstehenden Böden kann erfahrungsgemäß ab Schlagzahlen von größer drei Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe der Sondierspitze von einer mitteldichten Lagerung der Kiese bzw. von einer halbfesten Konsistenz der bindigen Böden ausgegangen werden.

Die oberflächennahen Schichten sind bedingt durch die Belastung aus der Nutzung gut verdichtet und weisen relativ hohe Schlagzahlen auf. Darunter gehen die Schlagzahlen zum Teil deutlich zurück, was auf eine lockere Lagerung bzw. steife Konsistenz schließen lässt. Erst in Tiefen von fünf bis acht Metern steigen die Schlagzahlen wieder an, was auf eine halbfeste Konsistenz der Schluffe schließen lässt.

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

5.2 Hydrologie

Grundwasser wurde während der Feldarbeiten in einigen der ausgeführten Bohrungen in folgenden Tiefen unter den Ansatzpunkten angetroffen:

Aufschluss	Grundwasser angetroffen	Grundwasser in Ruhe
B1	7,00 m (533,55 m NN)	7,10 m (533,45 m NN)
B2	7,45 m (533,15 m NN)	7,30 m (533,30 m NN)
B3	10,90 m (529,80 m NN)	7,00 m (533,70 m NN)
B4	14,95 m (525,70 m NN)	9,40 m (531,25 m NN)
B9	4,15 m (535,20 m NN)	3,60 m (535,75 m NN)

Hierbei handelt es sich vermutlich um temporäres **Hangschichtenwasser**, dessen Wasserstände von den kurz- und langfristigen Witterungsverhältnissen abhängig sind und dementsprechend jahreszeitlich bedingten Schwankungen unterliegen. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen muss aufgrund der Hanglage im gesamten Baubereich mit dem Zulauf von Schichtenwasser gerechnet werden.

6. Kennwerte Boden und Wasser

6.1 Laborversuche an Bodenproben

Es wurden insgesamt neun Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN ISO 22 475 entnommen und im eigenen Baugrundlabor hinsichtlich bodenmechanischer Parameter untersucht. An diesen Proben wurden kombinierte Sieb-Schlämmanalysen sowie Plastizitätsversuche durchgeführt und die Wassergehalte bestimmt. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in den Anlagen 3.1 bis 3.10 zusammenfassend dargestellt.

Die **Sieb-Schlämmanalysen** kennzeichnen einen grobkörnigen Kies mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm von 4,3 %, einen gemischtkörnigen Kies mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm von 6,8 % sowie sieben feinkörnige Tone und Schluffe mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm zwischen 39,8 % und 73,7 %.

Die **Wassergehaltsbestimmungen** ergaben Werte zwischen 0,5 % und 35,4 %.

Die durchgeführten **Plastizitätsversuche** ergaben einen leichtplastischen Ton sowie sechs mittelplastische Schluffe von weicher und halbfester Konsistenz.

Gemäß der DIN 18 196 handelt es sich bei den untersuchten Proben um Böden der Bodengruppen GI, GU, TL und UM. Diese sind als nicht frostempfindlich (GI: Frostempfindlichkeitsklasse F1), gering bis mittel frostempfindlich (GU: Frostempfindlichkeitsklasse F2) und als sehr frostempfindlich (TL, UM: Frostempfindlichkeitsklasse F3) einzustufen.

6.2 Charakteristische Bodenkenngößen

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse können erfahrungsgemäß vereinfachend die folgenden mittleren Bodenkenngößen angegeben werden:

Tone und Schluffe, weich

Feuchtwichte	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 9,0 \text{ kN/m}^3$
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	$E_s = 5 \text{ bis } 8 \text{ MN/m}^2$

Tone und Schluffe, halbfest

Feuchtwichte	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 32,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 8 \text{ bis } 15 \text{ MN/m}^2$

Kiese

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
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

Zur Abschätzung der Wiederverwertbarkeit sowie möglicher Entsorgungswege wurden im Zuge der Baugrunduntersuchungen aus den vorhanden künstlichen Auffüllungen und natürlich gewachsenen Böden zusätzliche Bodenproben gewonnen. Die entnommenen Einzelproben wurden im hauseigenen Labor fachgerecht zu vier Mischproben vereinigt. Diese wurde der 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 4.1 bis 4.5 dargestellt.

In der folgenden Tabelle sind die Entnahmepunkte und –tiefen sowie die **vorläufige** Einstufung nach der LAGA-Richtlinie und der Deponieverordnung vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung dargestellt:

Proben- bezeichnung	Aufschluss und Entnahmetiefe	Einstufung gemäß LAGA (ausschlaggebender Parameter)	Einstufung gemäß DepV (ausschlaggebender Parameter)
MP1 (künstliche Auffüllungen, Achse West)	B1 (1,0 m) B2 (0,3 m) B3 (2,4 m) B4 (0,3 m) B5 (0,8 m)	Z1.2 (Chlorid im Eluat)	DK 0
MP2 (natürliche Böden, Achse West)	B1 (6,5 m) B1 (9,5 m) B2 (1,0 m) B3 (6,5 m) B4 (8,6 m) B5 (3,0 m)	Z1.1 (Chrom im Feststoff)	DK 0
MP3 (künstliche Auffüllungen, Achse Ost)	B6 (1,0 m) B6 (2,2 m) B7 (1,0 m) B8 (0,5 m) B10 (0,2 m)	Z1.2 (Chrom und Nickel im Feststoff)	DK 0
MP4 (natürliche Böden, Achse Ost)	B6 (7,0 m) B7 (4,5 m) B8 (5,2 m) B10 (2,3 m)	Z1.1 (Chrom und Kupfer im Feststoff)	DK 0

Die **Mischprobe MP1** wurden aus den künstlichen Auffüllungen und die **Mischprobe MP2** aus den natürlich gewachsenen Böden im Bereich der westlichen Gebäudeachse des geplanten Neubaus gebildet. Aus dem Bereich der östlichen Gebäudeachse wurden die **Mischproben MP3** (künstliche Auffüllungen) und **MP4** (natürlich gewachsene Böden) gebildet.

In den untersuchten **Mischproben MP2** und **MP4** wird gemäß der **LAGA-Richtlinie** der **Z0-Zuordnungswert** für Chrom bzw. Kupfer im Feststoff überschritten. Alle anderen Parameter sind unauffällig bzw. spielen eine untergeordnete Rolle. Entsprechend dieser Befunde wäre der Aushub im Hinblick auf die Wiederverwertbarkeit als **Z1.1-Material** einzustufen. Ein Wiedereinbau des Aushubmaterials an anderer Stelle könnte damit auch in hydrogeologisch ungünstigen Gebieten erfolgen. Lediglich ein Wiedereinbau in Wasserschutzgebieten und Überschwemmungsgebieten ist nicht mehr möglich.

Bei den untersuchten Böden handelt es sich um die Festgesteine des Grundgebirges. Gemäß der Bodenausgangsgesteinskarte von Bayern stammen diese unter anderem aus der BAG-Einheit 59 (Legendeneinheit in der Bodenausgangsgesteinskarte von Bayern). Es handelt sich hierbei um Böden resultierend aus der Erosion von Phylliten, Glimmerschiefern und ähnlichen Gesteinen. Diese Böden beinhalten nach der Vollzugshilfe für den vorsorgenden Bodenschutz „Hintergrundwerte von anorganischen und organischen Schadstoffen in Böden Bayerns“ des Landesamts für Umwelt unter anderem geogenbedingt erhöhte Chromgehalte im Feststoff.

Die gemessene Chromgehalt ist somit auf geogenen Ursprung zurückzuführen. Ein offener Einbau an anderer Stelle kann daher gegebenenfalls nach Genehmigung der zuständigen Behörde uneingeschränkt in Gebieten mit vergleichbaren geogenen Belastungen erfolgen.

In den **Mischproben MP1** und **MP3** wird gemäß der **LAGA-Richtlinie** der Z1.1-Zuordnungswert für Chlorid (MP1) bzw. Chrom und Nickel (MP3) überschritten. Alle anderen Parameter sind unauffällig bzw. spielen eine untergeordnete Rolle. Folglich sind die Mischproben als **Z1.2-Material** einzustufen. Ein Wiedereinbau an anderer Stelle kann dann nur außerhalb von Wasserschutzgebieten in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Verhältnissen erfolgen. Hydrogeologisch günstige Verhältnisse bestehen, wenn der Grundwasserleiter nach oben durch mindestens zwei Meter mächtige, flächig ausgebildete, wenig durchlässige Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen abgedeckt ist.

Die Chloridbelastungen sind auf den Eintrag von Tausalz zurückzuführen.

Hinsichtlich den Richtlinien der **Deponieverordnung** wurden in den **Mischproben MP1** und **MP3** keine Überschreitungen der Zuordnungswerte festgestellt. Dementsprechend wäre der Aushub der Böden im Falle einer repräsentativen Beprobung gemäß LAGA PN98 eine Entsorgung auf einer Deponie der **Klasse DK 0 oder höher** zu verbringen.

Hinsichtlich den Richtlinien der **Deponieverordnung** wird in den **Mischproben MP2** und **MP4** der DK II-Zuordnungswert für den Glühverlust überschritten. Gemäß der Deponie-Info 10 sind Überschreitungen des Glühverlusts und des TOCs allein kein Ausschlusskriterium. Alle übrigen Parameter der Mischproben sind unauffällig. Im Falle einer repräsentativen Beprobung im Haufwerk gemäß LAGA PN98 kann bei vergleichbaren Ergebnissen eine Ablagerung des **gesamten Aushubs** auf einer Deponie der **Klasse DK 0** oder höher erfolgen.

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

6.4 Grundwasser-Betonaggressivität

Im Zuge der Bohrarbeiten wurde aus dem Aufschluss B9 eine Grundwasserprobe 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⁺
B9	5,84	71,5 mg/l	0 mg/l	< 200 mg/l	100 mg/l

Entsprechend den vorliegenden Untersuchungsergebnissen ist die untersuchte Grundwasserprobe gemäß der DIN 1045-2 bzw. der DIN EN 206-1 aufgrund der erhöhten Konzentration an kalklösender Kohlensäure als „**chemisch mäßig angreifend**“ einzustufen. Für Betonbauteile, welche dauerhaft mit dem Grundwasser in Berührung kommen können, ist hier entsprechend der DIN 1045 ein Beton ungünstig mit der **Expositionsklasse XA2** zu wählen.

7. Einteilung nach DIN 18 300:2016-09 Erdarbeiten

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

7.1 Festlegung der Homogenbereiche

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

Die beim Aushub anfallenden Böden sollen nach Möglichkeit wiederverwendet werden. Überschüssiges Bodenmaterial soll abgefahren und eventuell an anderer Stelle wieder eingebaut bzw. entsorgt werden.

Um die Böden besser beschreiben zu können, werden zudem die Bodenklassen entsprechend der alten DIN 18 300:2012-09 mit angegeben.

Aus den durchgeführten Aufschlüssen sowie dem bisherigen Planungsstand ergibt sich zunächst die folgende Einteilung der Homogenbereiche:

Homogenbereich	Bodenschicht	Benennung
B1	Künstliche Auffüllungen, Deckschichten und Tertiärböden	Tone, Schluffe, Kiese und Schotter

Aufgrund der stichprobenhaften Probenentnahme sind Abweichungen der Eigenschaften und Kennwerte innerhalb der Homogenbereiche grundsätzlich möglich. Zur Einstufung der Homogenbereiche während der Arbeiten stehen wir gerne zur Verfügung.

7.2 Homogenbereich B1

Die zu lösenden Böden, in Form von künstlichen Auffüllungen, Deckschichten sowie Tertiärböden, werden in den Homogenbereich B1 zusammengefasst. Es handelt sich hierbei um Tone und Schluffe von überwiegend steifer und halbfester Konsistenz sowie Kiese und Schotter.

Die Böden des Homogenbereiches B1 können mit üblichen Hydraulikbaggern gut gelöst werden. Zumindest steife bindige Böden sowie die Kiese und Schotter sind bei guter Witterung für einen fachgerechten Wiedereinbau aus bodenmechanischer Sicht geeignet.

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	Künstliche Auffüllungen, Deckschichten und Tertiärböden
Bodengruppen	TL, TM, UL, UM, ST, SU*, SU, GU*, GU, GI (Versuchs- und Erfahrungswerte)
Korngrößenverteilung [%]	s. Körnungslinien Anlagen 3.1 bis 3.3
Massenanteile Steine [%]	bis zu 50 (Schätzwert)
Wassergehalt [%]	0,5 bis 35,4 (Versuchswerte)
Lagerungsdichte (Sande, Kiese)	locker, mitteldicht, dicht
Konsistenz (Tone und Schluffe)	weich, steif, halbfest (Hand- und Laborversuche) s. Plastizitätsversuche Anlagen 3.4 bis 3.10

Konsistenzzahl [-]	Erfahrungswerte und Laborversuche: weiche bindige Böden 0,50 bis 0,75 steife bindige Böden 0,75 bis 1,00 halbfeste bindige Böden 1,00 bis 1,25 feste bindige Böden > 1,25
Undrained Scherfestigkeit [kN/m²]	weiche bindige Böden: $c_u = 25$ bis 50 steife bindige Böden: $c_u = 50$ bis 100 halbfeste bindige Böden: $c_u = 100$ bis 200 feste bindige Böden: $c_u \geq 200$
Organischer Anteil [%]	keine organoleptischen Hinweise

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

8. Gründung Hochregallager

8.1 Gründungsart und Gründungstiefe

Aus Gründen der Frostsicherheit ist eine Mindestgründungstiefe von 1,30 m unter der Geländeoberfläche einzuhalten.

Das Hochregallager soll mittels einer elastisch gebetteten Fundamentplatte gegründet werden. Die Dicke der Fundamentplatte beträgt etwa einen bis anderthalb Meter. Die Fußbodenoberkante des Neubaus soll in etwa zwei Meter unter der derzeitigen Geländeoberkante zu liegen kommen. Nach Aussage des Planungsbüros beträgt der Sohldruck σ_d etwa 200 bis 250 kN/m².

Mit den voraussichtlichen Gründungssohlen werden überwiegend die steifen und halbfesten Schluffe des Tertiärhorizontes sowie vereinzelt des Anschüttungs- und Deckhorizontes erreicht. Diese Böden sind für die genannten Lasten als nicht ausreichend tragfähig einzustufen. Bei einer Gründung auf und in den Böden ist mit erheblichen Setzungen und Setzungsdifferenzen zu rechnen.

Eine überschlägige Setzungsberechnung ergab bei einer Bodenaustauschdicke von zwei Metern bereits Setzungsbeträge von mehr als zehn Zentimetern. Aus bodenmechanischer Sicht empfehlen wir daher eine tiefreichenden Baugrundverbesserung, z.B. mit pfahlähnlichen Elementen wie Fertigmörtel- bzw. Betonstopfsäulen vorzunehmen.

- Eventuelle Sondervorschläge zur Gründung sind uns zur Prüfung bodenmechanischer und gründungstechnischer Belange vorzulegen.

8.2 Fertigmörtel oder Betonstopfsäulen

Für eine fachgerechte Gründung kann hier eine tiefreichende Baugrundverbesserung mit pfahlähnlichen Elementen wie Fertigmörtel- bzw. Betonstopfsäulen ausgeführt werden.

Fertigmörtelstopfsäulen oder **Betonstopf- bzw. -rüttelsäulen** entstehen durch Zugabe einer Zementsuspension zum eingebauten Kies oder Schotter und bilden somit eine verfestigte Säule. Für diese pfahlähnlichen Gründungselemente werden spezielle Betone verwendet. Abhängig vom Herstellungsverfahren, den Untergrundverhältnissen und den gewählten Durchmessern können solche Stopf- bzw. Rüttelsäulen zulässige vertikale Lasten in einer Größenordnung von 600 kN bis 800 kN aufnehmen.

Die Stopf- bzw. Rüttelsäulen befinden sich bei der geplanten Einbindetiefe des Gebäudes bereits in den Böden des Tertiärhorizontes. Die Ermittlung der Tragfähigkeit, die Bemessung und die Herstellung der Säulen sind von der ausführenden Spezialtiefbaufirma anzugeben und zu gewährleisten.

Horizontale Belastungen können von den unbewehrten Stopfsäulen nur in untergeordnetem Maß aufgenommen werden. Im Bereich der weichen bis steifen bindigen Böden kann erfahrungsgemäß mit einer undränierten Scherfestigkeit c_u zwischen etwa 25 kN/m² und 50 kN/m² gerechnet werden. Sollten genauere Angaben erforderlich sein, müssten die undränierten Scherfestigkeiten durch entsprechende Drehflügelsondierungen ermittelt werden.

Das Verfahren selbst kann gut an kleinräumig wechselnde Untergrundverhältnisse angepasst und in relativ kurzen Zeiträumen ausgeführt werden.

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

8.3 Erddruck, Wasserdruck und Arbeitsräume

Für die Bemessung relativ starrer bzw. gut ausgesteifter Bauwerkswände ist der Erdruehdruk anzusetzen. Der Erdruehdrukbeiwert 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 (ungünstig bis zur Geländeoberkante) 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 zumindest steifen Tone und Schluffe sowie die nichtbindigen Böden 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. Gründung Parkdeck

Zu der geplanten Gründung liegen uns derzeit keine Informationen vor. Erfahrungsgemäß werden Parkdecks mittels Einzelfundamenten gegründet.

Mit den voraussichtlichen Gründungssohlen werden überwiegend die steifen und halbfesten Schluffe des Tertiärhorizontes sowie bereichsweise des Anschüttungs- und Deckhorizontes erreicht.

Diese Böden sind für die genannten Lasten als nicht ausreichend tragfähig einzustufen. Bei einer Gründung auf und in den Böden ist mit erheblichen Setzungen und Setzungsdifferenzen zu rechnen.

Es werden daher voraussichtlich Bodenaustauschmaßnahmen notwendig. Dicke des Bodenaustausches ist von den gewählten Fundamentabmessungen (vorhandene Bodenpressung) sowie den zulässigen Setzungen und Setzungsunterschieden abhängig.

Zur Ermittlung der möglichen Bodenaustauschdicken wurden für verschiedene Bodenpressungen sowie unterschiedliche Fundamentabmessungen **Setzungsberechnungen** durchgeführt. Dabei wurden **Bodenaustauschdicken von 0,5 m, 1,0 m sowie 1,5 m** unter den Einzelfundamenten angenommen. Für die unterschiedlichen Berechnungsvarianten wurden anschließend für eine **Mindesteinbindetiefe von 1,3 m** und den notwendigen Fundamentbreiten die Sicherheiten gegen Grundbruch sowie die zugehörigen rechnerischen Setzungen ermittelt.

Im Einzelnen ergaben sich die folgenden Berechnungsergebnisse:

Fundamentbreite	Charakteristischer Sohldruck	Dicke Bodenaustausch	Rechnerische Gesamtsetzung
2,0 m	200 kN/m ²	0,5 m	2,3 cm
3,0 m	200 kN/m ²	0,5 m	3,6 cm
2,0 m	250 kN/m ²	1,0 m	2,3 cm
3,0 m	250 kN/m ²	1,0 m	3,8 cm
2,0 m	300 kN/m ²	1,5 m	2,3 cm
3,0 m	300 kN/m ²	1,5 m	4,0 cm

Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

Für alle untersuchten Lastfälle werden **ausreichende Grundbruchsicherheiten** erreicht.

Erfahrungsgemäß werden sich zumindest rund ein Drittel der Setzungen aus dem Eigengewicht des Bauwerks relativ kurzfristig, d. h. bereits während der Bauzeit einstellen. Die Verträglichkeit der rechnerischen Setzungen mit der gewählten Bauwerkskonstruktion ist seitens des Tragwerkplaners zu beurteilen. Danach richtet sich die endgültige Wahl der Fundamentabmessungen sowie der Bodenaustauschmaßnahmen.

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. Bei den bindigen Böden im Untergrund wird unterhalb des Schotterpolsters die Verlegung eines Geotextils als Trennlage empfohlen. Sollten lokal aufgeweichte bindige Böden in der Aushubsohle angetroffen werden, sind diese zusätzlich auszubauen.

10. Verkehrsflächen

10.1 Bemessung nach RStO

Die Dicke des frostsicheren Oberbaus der Verkehrsflächen bestimmt sich nach den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“. Im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums stehen überwiegend steife und halb feste Tone und Schluffe an. Wir raten daher, hier einheitlich von der Frostempfindlichkeitsklasse F3 auszugehen.

Gemäß der RStO 12 sind Verkehrsflächen mit besonderer Beanspruchung aus Schwerverkehr mindestens in die Belastungsklasse Bk3,2 einzuteilen. Sollte eine höhere Belastungsklasse zutreffend sein, können sich die Mindestdicken des frostsicheren Oberbaus erhöhen.

Für die Verkehrsflächen wird bei der Einteilung in die Belastungsklasse Bk3,2 und in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 60 cm erforderlich.

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

Frosteinwirkung: Zone III + 15 cm

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

$$60 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 75 \text{ cm}$$

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

Bei Bauweisen mit Asphalttragschichten ist auf der Oberkante der Frostschuttschicht für die Belastungsklasse Bk3,2 ein Verformungsmodul der Wiederbelastung von E_{v2} größer oder gleich 120 MPa gefordert.

10.2 Planum - Erdbau

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

Bei einem Verkehrsflächenoberbau 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 voraussichtlichen Erdplanum werden überwiegend die steifen und halbfesten Tone und Schluffe erreicht. Auf diesen Böden können die erforderlichen Verformungsmoduln voraussichtlich nicht erreicht werden. Daher werden hier Bodenaustauschmaßnahmen von etwa 20 cm bis 30 cm notwendig. Bei stärker aufgeweichten Böden kann sich die Dicke des Bodenaustauschs erhöhen.

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

Auf den bindigen Böden ist unter dem Bodenaustausch ein Geotextil als Trennschicht zu verlegen. Entsprechend dem „Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen ist hier ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 zu wählen.

Alternativ könnte auch eine **Bodenverbesserung** mit einem hydraulischen Bindemittel, z. B. aus einem Kalk-Zementgemisch, verwendet werden. Die im voraussichtlichen Planum anstehenden Schluffe und Tone eignen sich erfahrungsgemäß für den Einsatz von Mischbindemitteln mit einem Verhältnis von Kalk/Zement von 50/50. Dabei werden in den anstehenden Böden voraussichtlich Bindemittelzugaben in einer Größenordnung von etwa 3% bis 5% erwartet. Die Zugabemengen sind abhängig vom Wassergehalt der Böden. Bei höheren Wassergehalten ist die Zugabemenge gegebenenfalls zu erhöhen.

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

Zu Baubeginn sollten **Probefelder** angelegt und mittels Plattendruckversuchen geprüft werden. Abhängig von den Ergebnissen können dann die endgültigen Bodenaustausch- oder Bodenstabilisierungsmaßnahmen und Austausch- oder Stabilisierungsdicken für die einzelnen Bereiche festgelegt werden.

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

11. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen

11.1 Abdichtung und Dränagemassnahmen

Die Notwendigkeit von Abdichtungsmaßnahmen für die ins Erdreich einbindende Halle richten sich nach der Nutzung und sind seitens des Planers festzulegen.

Sollte eine Abdichtung der erdberührten Bauteile (z. B. Bodenplatte) erforderlich sein, wird bei Ausführung einer dauerhaft funktionierenden, rückstaufreien Ringdränage für die Bodenplatte eine **Abdichtung** gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser (Wassereinwirkungsklasse W1.2-E) gemäß DIN 18 533:2017-07 ausreichend sein.

Die üblichen **Dränagemassnahmen** sind als ausreichend anzusehen und gemäß den Vorgaben der DIN 4095 auszuführen. Unterhalb der Bodenplatte ist als Flächenfilter eine wenigstens 15 cm dicke Schicht mit einem Kies, z. B. der Körnung 8/16 mm oder 16/32 mm, herzustellen. Der Flächenfilter muss in die Ringdränage entwässern können.

Sollte keine Dränage ausgeführt werden, ist bei den anstehenden Böden (zumindest temporär) mit aufstauendem Sickerwasser bis zur Geländeoberfläche zu rechnen. In diesem Fall wird dann bei der geplanten Einbindetiefe des Gebäudes von weniger als drei Metern eine Abdichtung der erdberührten Bauteile gegen **mäßige Einwirkung von drückendem Wasser** (Wassereinwirkungsklasse W2.1-E) gemäß DIN 18533-1:2017-07 erforderlich.

Alternativ dazu kann auch einer Betonkonstruktion als „Weiße Wanne“ ausgeführt werden.

11.2 Baumaßnahmen

Temporäre **Baugrubenböschungen** sind in den Kiesen und weichen bindigen Böden unter maximal 45° anzulegen. Zumindest steife bindige Böden können unter einem Winkel von 60° abgeböschert werden. Bei der Ausführung sind die Einschränkungen des Regelfalls nach DIN 4124:2002-10 zu beachten.

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

Die anstehenden bindigen Böden sind im hohen Maße **feuchtigkeitsempfindlich**. Bei zusätzlicher Beanspruchung, z. B. Befahren durch Baugeräte, verlieren sie an Strukturfestigkeit und verursachen zusätzliche kaum abschätzbare Setzungen. Ein unmittelbares Befahren des Planums ist zu vermeiden. Auflockerungen sind fachgerecht nachzuverdichten.

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

12. Bauüberwachung und Abnahme

Die Erd- und Gründungsarbeiten sind unter Beachtung dieses Berichts fachgerecht auszuführen. Für geotechnische Beratungen während der Bauzeit vor Ort stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Zusätzlich zum vorliegenden Bericht wird eine Abnahme der Gründungssohlen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder empfohlen. Den prüfstatischen Bericht bitten wir uns vorzulegen, soweit er gründungstechnische Belange betrifft.

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

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

13. Zusammenfassung

Das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, wurde beauftragt, für den Neubau eines Hochregallagers in Waldershof anhand durchgeführter Baugrunduntersuchungen Baugrund und Gründung von bodenmechanischer und gründungstechnischer Seite zu beurteilen.

Der Untergrund wurde durch 12 Aufschlussbohrungen und 14 Rammsondierungen erkundet. Unter den vorhandenen Oberflächenbefestigungen wurden zunächst die künstlichen Auffüllungen in Form von Kiesen und Schottern sowie steifen und halbfesten Tonen und Schluffe angetroffen. Unterlagert werden diese von steifen und halbfesten Tonen des Deckhorizontes. Bis in die Endtiefen der Aufschlüsse wurden die überwiegend halbfesten sowie steifen Schluffe des Tertiärhorizontes angetroffen. In einzelnen Bohrungen wurde ein Zutritt von Schichtenwasser festgestellt.

Aufgrund der hohen Lasten des Hochregallagers werden weitere Maßnahmen zur Gründung notwendig. Aus bodenmechanischer Sicht empfehlen wir eine tiefreichende Baugrundverbesserung mittels pfahlähnlichen Elementen.

Für die Gründung des Parkdecks werden voraussichtlich Bodenaustauschmaßnahmen unter den Einzelfundamenten notwendig.

Entsprechend der RStO 12 ist mit einem frostsicheren Oberbau der Verkehrsflächen von bis 75 cm zu rechnen. Bei den im Planum anstehenden bindigen Böden können Bodenaustauschmaßnahmen notwendig werden.

Zu besonderen Punkten der Ausführung wurde im Einzelnen Stellung genommen.

Für weitere Fragen bodenmechanischer Art stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Der Bearbeiter

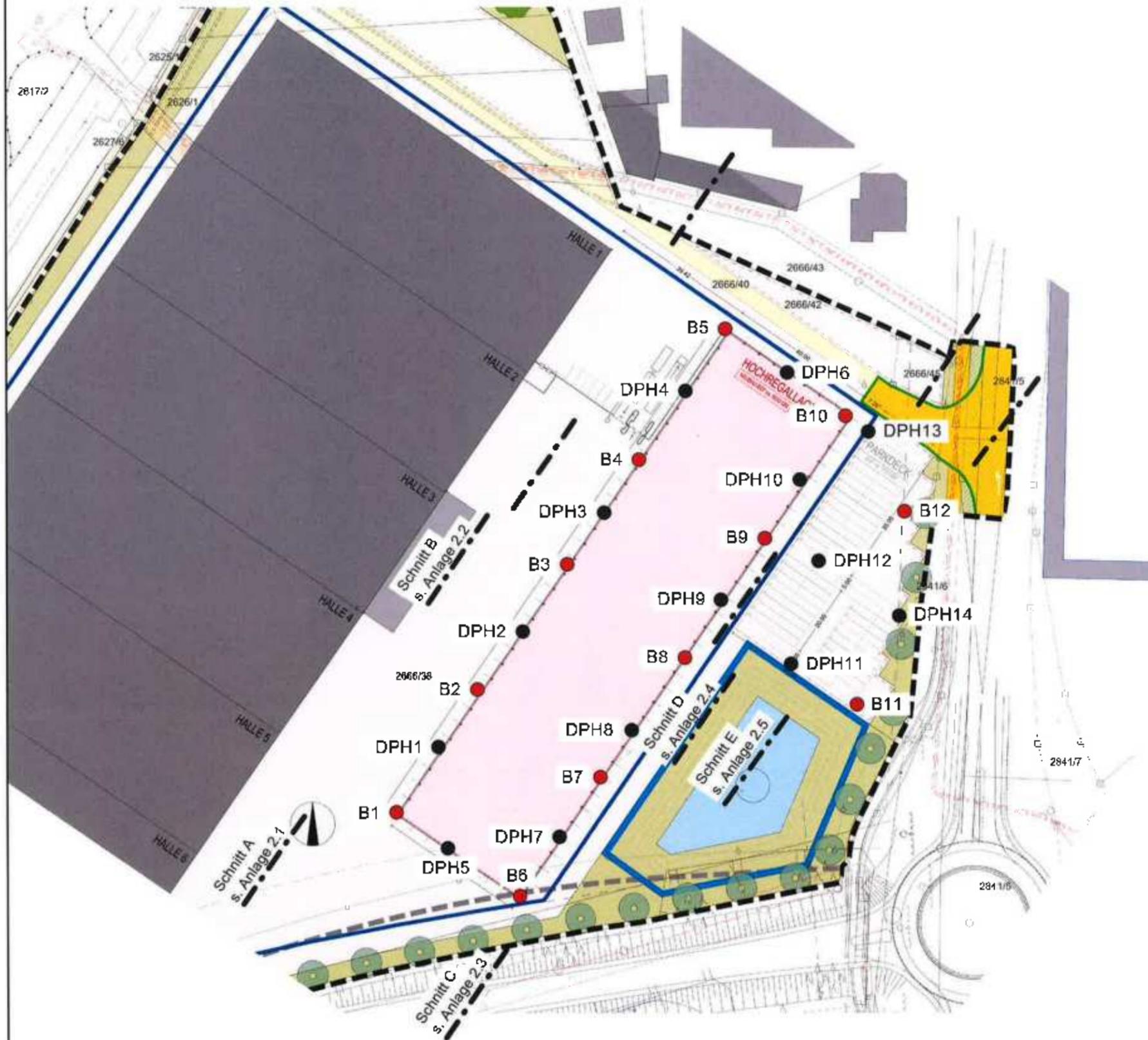

Marcel Meyer, B.Sc.



Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder GmbH

Dipl.-Ing. (FH) Felder

Lageplan



M 1 : 1.250

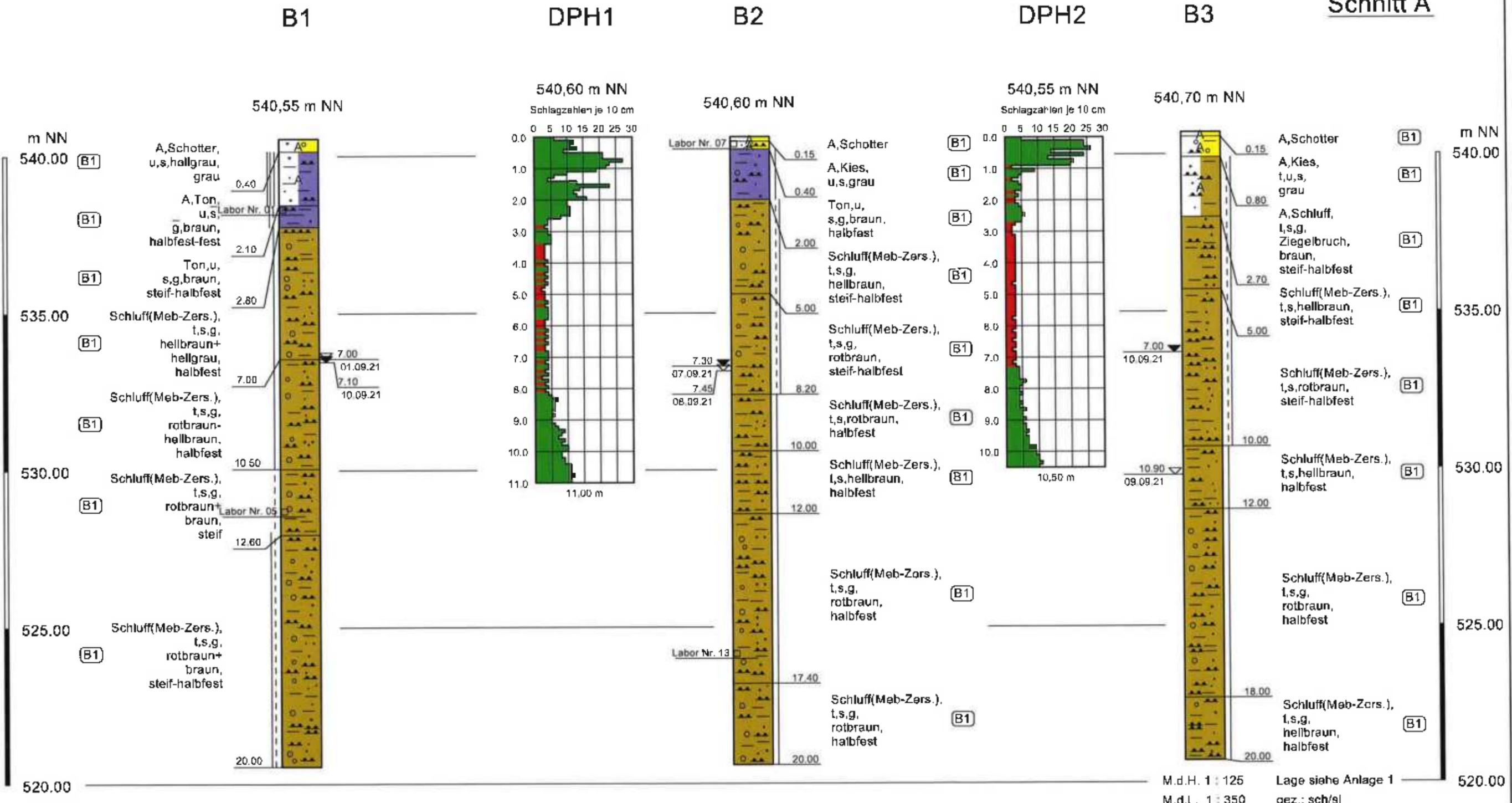
- B Aufschlussbohrung
- DPH Schwere Rammsandierung

gez.: sch

Schnitt A

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

<ul style="list-style-type: none"> halbfest - fest halbfest steif - halbfest steif 	<ul style="list-style-type: none"> A (Auffüllung) T (Ton) t (tonig) U (Schluff) 	<ul style="list-style-type: none"> u (schluffig) S (Sand) s (sandig) G (Kies) 	<ul style="list-style-type: none"> g (kiesig) Meb (Glimmerschiefer) 	<ul style="list-style-type: none"> Tiefe ▽ Datum GW angetroffen Tiefe ▽ Datum GW Ruhe (Fels) schwach verwittert ((Fels)) stark verwittert entfestigt S(Fels) Sand (Felsersatz) Labor-Nr. □ Bohrprobe (gestört) □ Homogenbereich
--	---	---	---	---



M.d.H. 1 : 125 Lage siehe Anlage 1
 M.d.L. 1 : 350 gez.: sch/sl

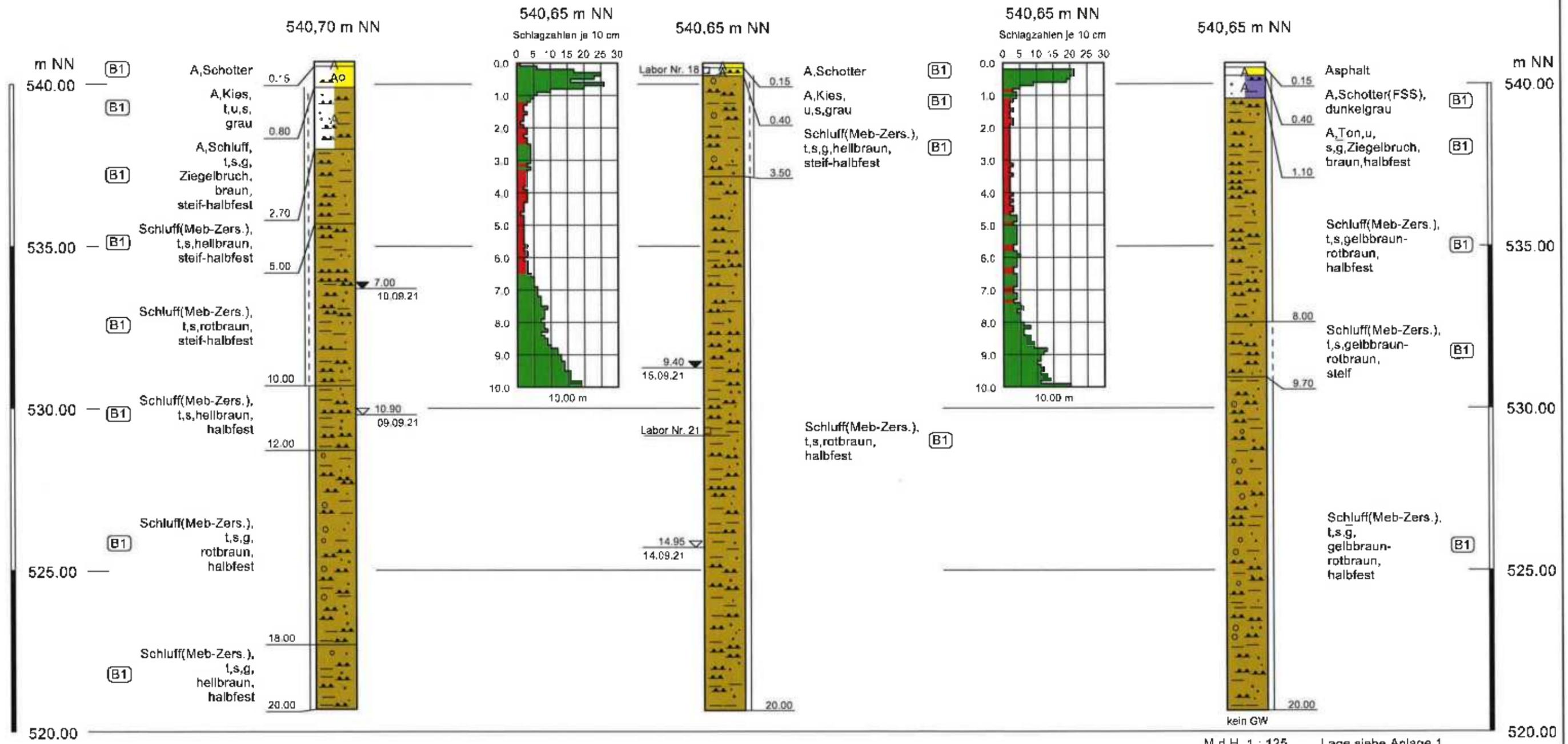
Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

halbfest	A (Auffüllung)	u (schluffig)	g (kiesig)
steif - halbfest	T (Ton)	S (Sand)	Meb (Glimmerschiefer)
steif	t (tonig)	s (sandig)	
	U (Schluff)	G (Kies)	

Tiefe / Datum	GW angetroffen
Tiefe / Datum	GW Ruhe
(Fels)	schwach verwittert
((Fels))	stark verwittert
	entfestigt
S(Fels)	Sand (Felszersatz)
Labor-Nr.	Bohrprobe (gestört)
	Homogenbereich

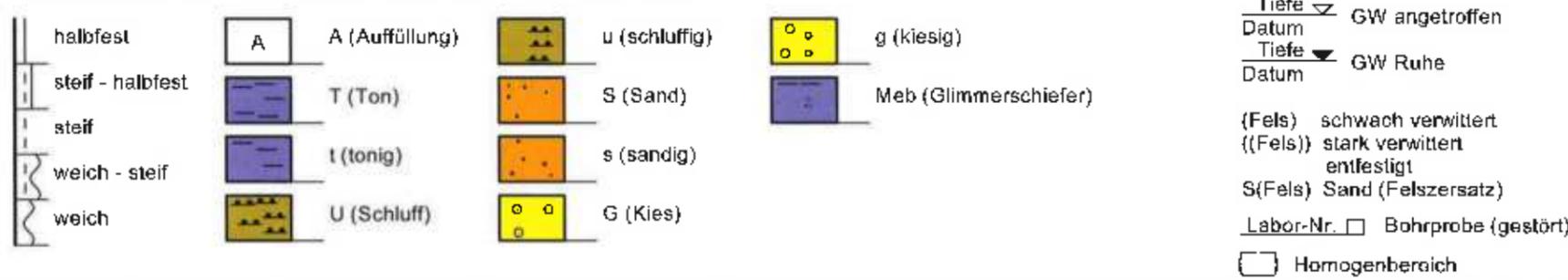
Auftrag: 17250-bgr-01 Anlage 2.2
 Projekt: FLZ Hochregallager + Parkhaus
 Ort: Waldershof
 SÜDWEST - NORDOST

B3 DPH3 B4 DPH4 B5 Schnitt B



M.d.H. 1 : 125 Lage siehe Anlage 1
 M.d.L. 1 : 350 gez.: sch/sl

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: 17250-bgr-01 Anlage 2.3

Projekt: FLZ Hochregallager + Parkhaus

Ort: Waldershof

SÜDWEST - NORDOST

DPH5

B6

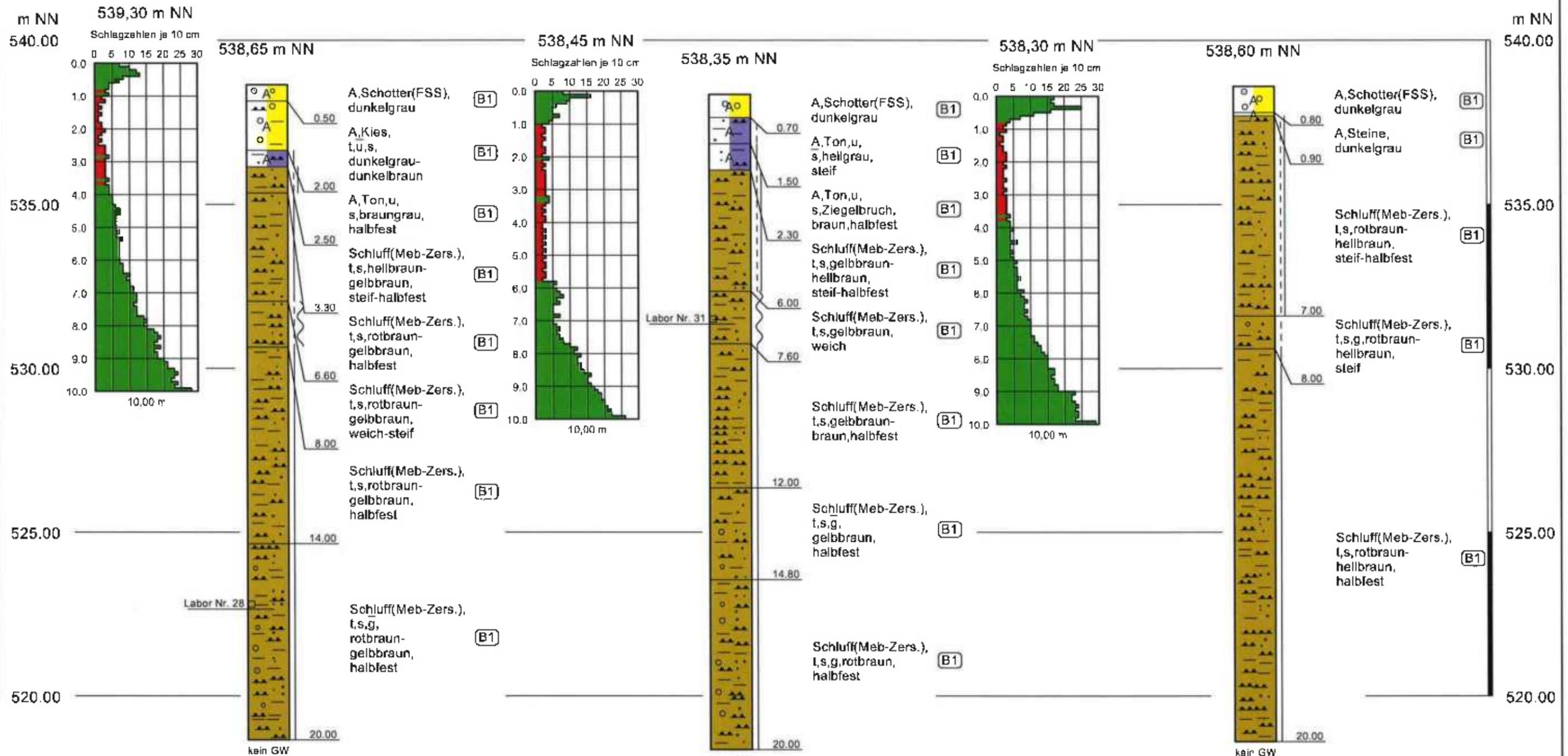
DPH7

B7

DPH8

B8

Schnitt C



M.d.H. 1 : 125

M.d.L. 1 : 350

Lage siehe Anlage 1

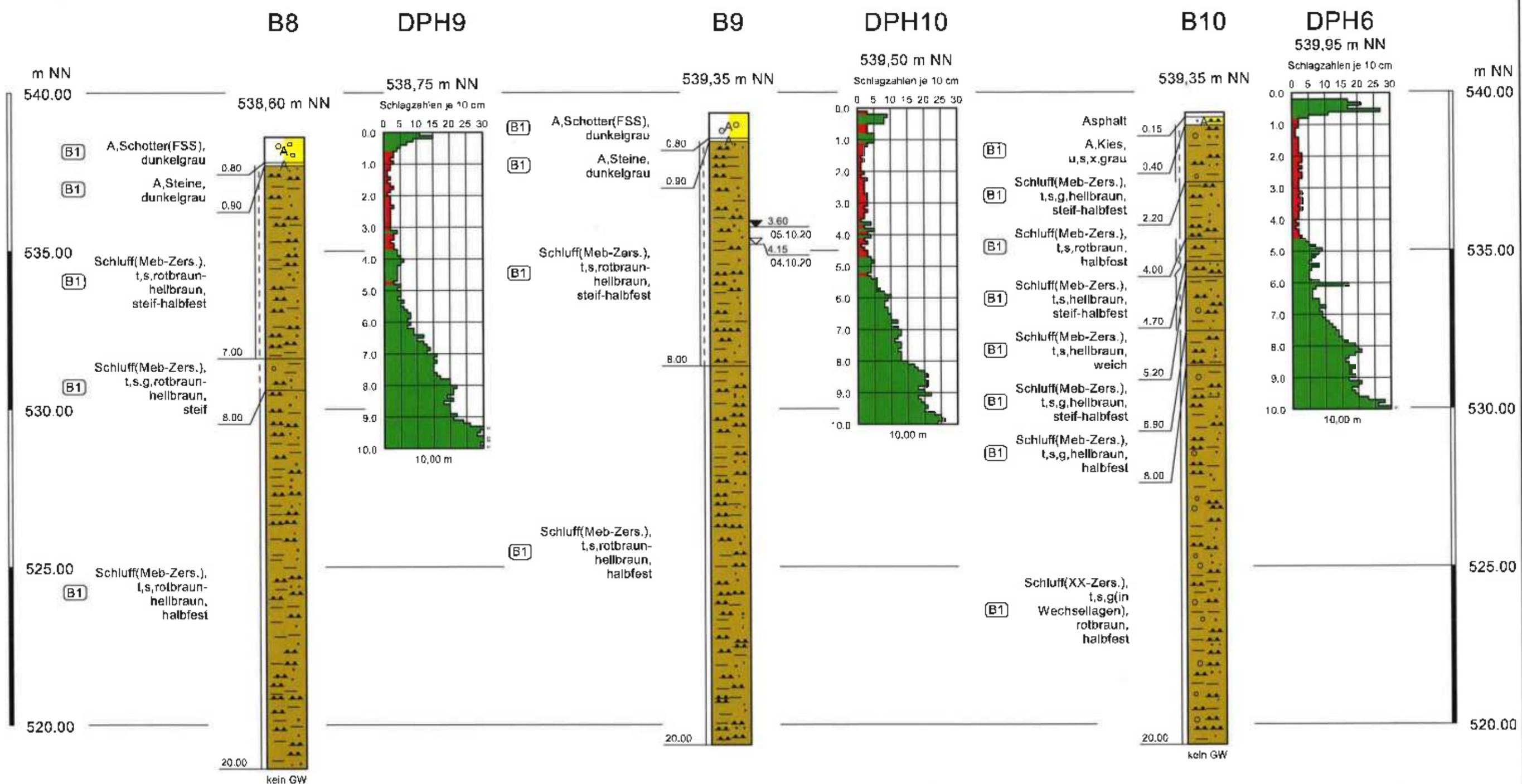
gez.: sch/sl

Schnitt D

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

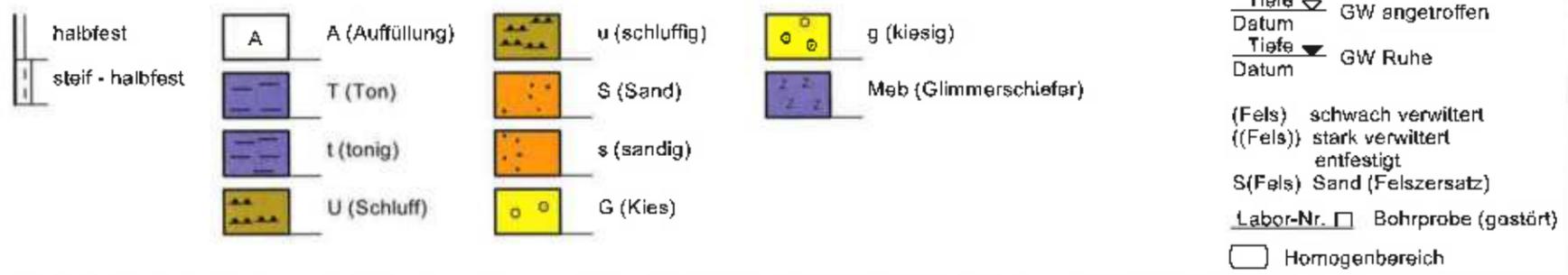
halbfest	A	A (Auffüllung)	u (schluffig)	g (kiesig)
steif - halbfest	T	T (Ton)	S (Sand)	Meb (Glimmerschiefer)
steif	t	t (tonig)	s (sandig)	
weich	U	U (Schluff)	G (Kies)	

Tiefe ▽ Datum GW angetroffen
 Tiefe ▽ Datum GW Ruhe
 (Fels) schwach verwittert
 ((Fels)) stark verwittert
 entfestigt
 S(Fels) Sand (Felsersatz)
 Labor-Nr. □ Bohrprobe (gestört)
 □ Homogenbereich



M.d.H. 1 : 125 Lage siehe Anlage 1
 M.d.L. 1 : 350 gez.: sch/sl

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023



Auftrag: 17250-bgr-01 Anlage 2.5

Projekt: FLZ Hochregallager + Parkhaus

Ort: Waldershof

SÜDWEST - NORDOST

Schnitt E

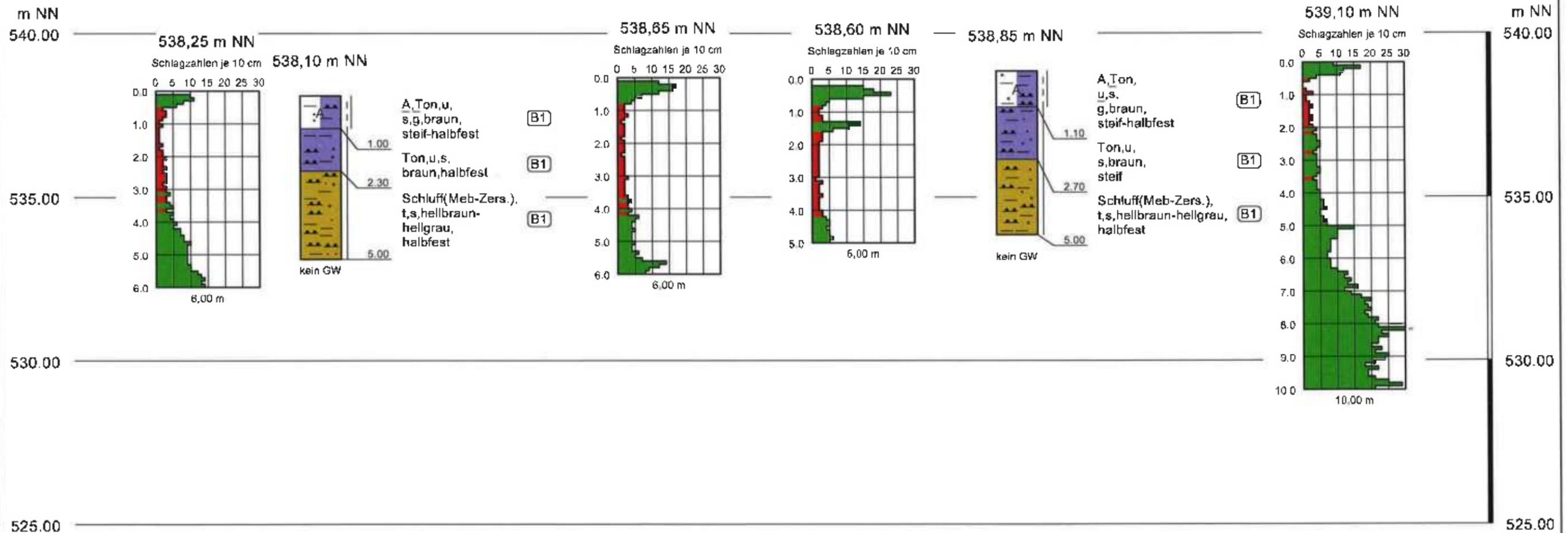
DPH11 B11

DPH12

DPH14

B12

DPH13

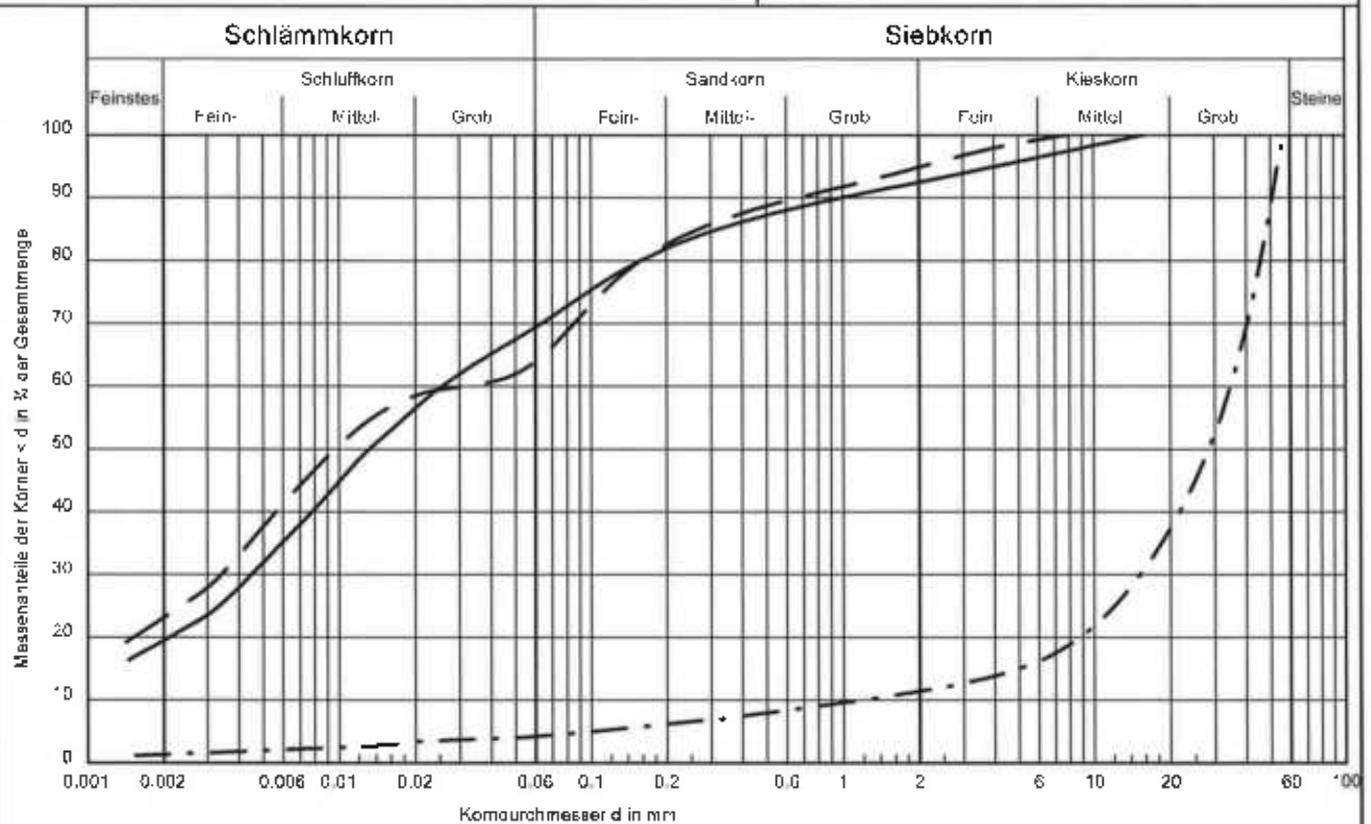


M.d.H. 1 : 125 Lage siehe Anlage 1
 M.d.L. 1 : 350 gez.: sch

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4
WALDERSHOF
FLZ - Hochregal + Parkhaus

Probe entnommen am: 05.10.2021
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb/Schlammnanalyse

Bearbeiter: Kies Datum: 01.02.2022

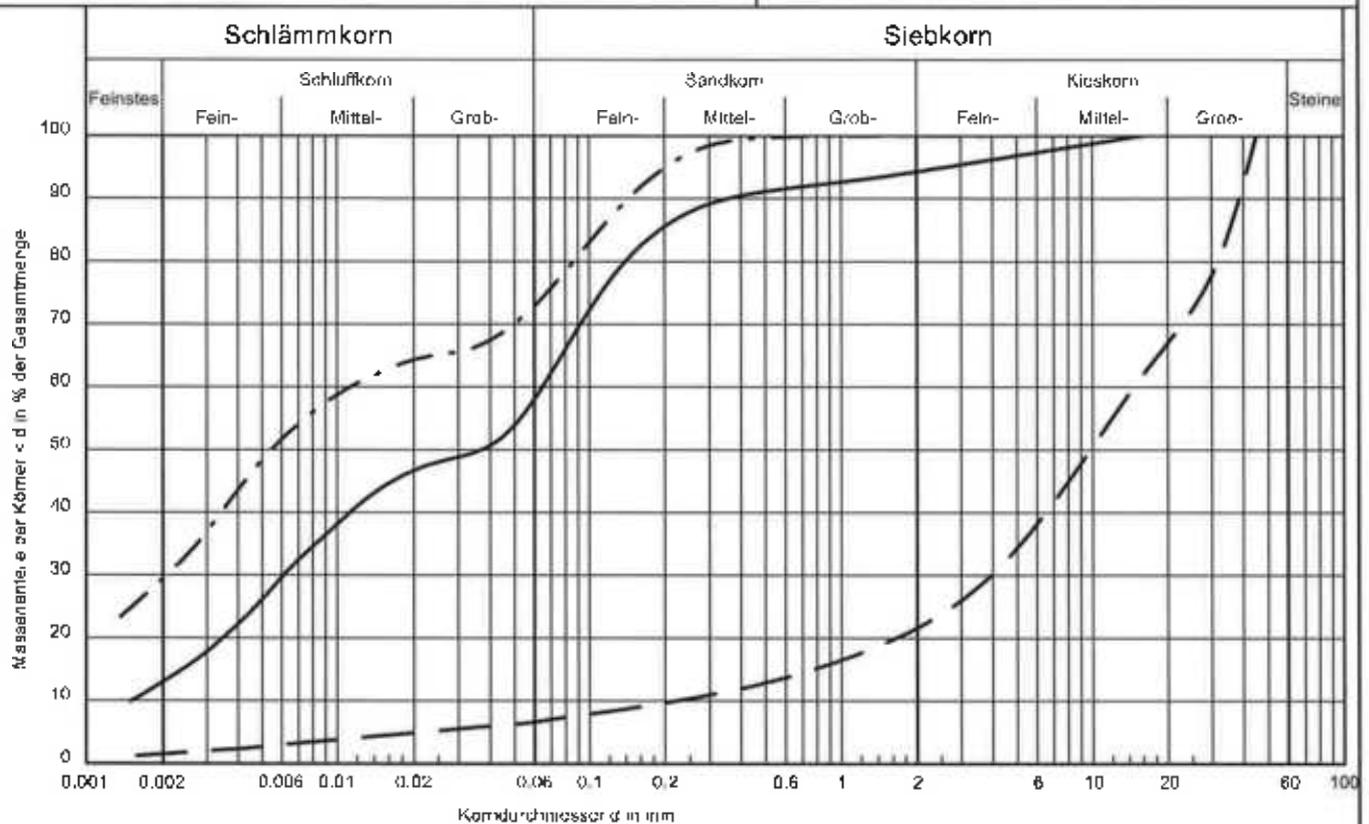


Labor Nr.	02	05	07
Signatur	—	— —	— . . .
Bodenart	Ton, u. s. g.	Schluff, t. s. g.	Kies, s.
Bodengruppe / Homogenbereich	TL / B1	UM / B1	GI / B1
Entnahmestelle / Tiefe	B1 / 2,4 m	B1 / 12,0 m	B2 / 0,3 m
Wassergehalt [%]	11,6	13,5	0,5
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	- / 0.0256	- / 0.0317	1.1677 / 34.5924
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	-/-	-/-	29.8/5.8
k-Wert nach Beyer	-	-	8.5 * 10 ⁻³
Frostsicherheit	F3	F3	F1
Anteile T/U/S/G [%]	19.5/50.4/22.5/7.5	23.2/41.5/30.2/5.2	1.3/3.0/7.1/88.6

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4 WALDERSHOF FLZ - Hochregal + Parkhaus

Probe entnommen am: 05.10.2021
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb/Schlammanalyse

Bearbeiter: Kies Datum: 01.02.2022



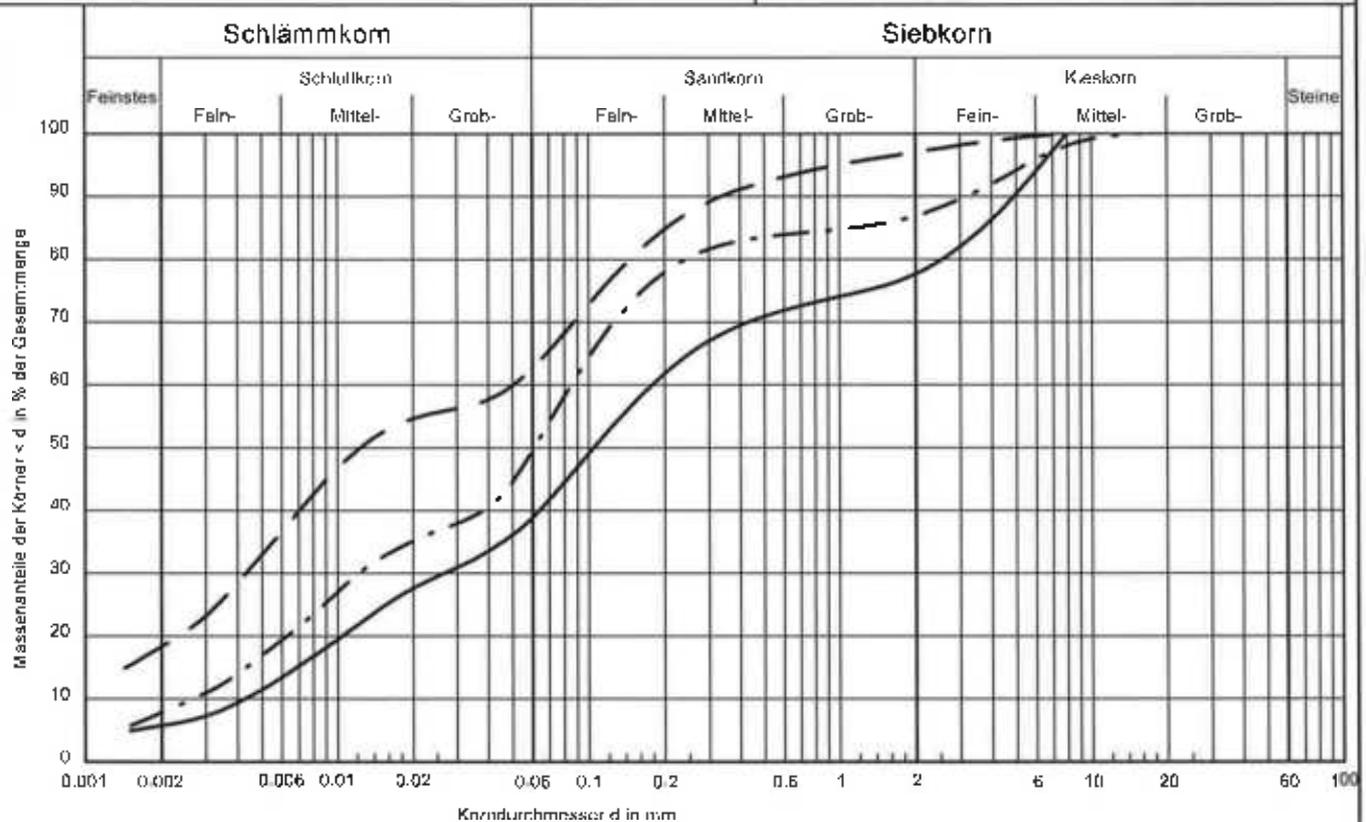
Labor Nr.	13	18	21
Signatur	———	- - -	- - - -
Bodenart	Schluff,t,s,g	Kies,u,s	Schluff,t,s
Bodengruppe / Homogenbereich	UM / B1	GU / B1	UM / B1
Entnahmestelle / Tiefe	B2 / 16,6 m	B4 / 0,3 m	B4 / 11,5 m
Wassergehalt [%]	24,2	1,2	25,1
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	0.0015 / 0.0646	0.2225 / 14.6374	- / 0.0113
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	43.0/0.4	65.8/4.8	-/-
k-Wert nach Beyer	$1.4 \cdot 10^{-8}$	$3.1 \cdot 10^{-4}$	-
Frostsicherheit	F3	F2	F3
Anteile T/U/S/G [%]	13.0/46.3/34.9/5.7	1.5/5.3/14.9/78.4	29.4/44.3/26.2/0.0

Körnungslinie nach EN ISO 17892-4
WALDERSHOF
FLZ - Hochregal + Parkhaus

Probe entnommen am: 05.10.2021
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb/Schlämmanalyse

Bearbeiter: Kies

Datum: 01.02.2022



Labor Nr.	28	31	38
Signatur	—	- - -	- . . .
Bodenart	Schluff,t,s,g	Schluff,t,s	Schluff,t,s,g
Bodengruppe / Homogenbereich	UM / B1	UM / B1	UM / B1
Entnahmestelle / Tiefe	B6 / 14,0-20,0 m	B7 / 6,0-7,6 m	B10 / 8,0-20,0 m
Wassergehalt [%]	15,9	35,4	29,8
d_{10}/d_{60} [mm]	0.0043 / 0.1778	- / 0.0502	0.0027 / 0.0852
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	41.5/0.9	-/-	32.1/0.7
k-Wert nach Beyer	$1.1 \cdot 10^{-7}$	-	$4.4 \cdot 10^{-8}$
Frostsicherheit	F3	F3	F3
Anteile T/U/S/G [%]	5.7/34.1/37.9/22.3	18.3/45.2/33.5/3.0	7.8/43.2/35.9/13.1

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

WALDERSHOF

FLZ - Hochregal + Parkhaus

Bearbeiter: Kies

Datum: 01.02.2022

Prüfungsnummer: 02

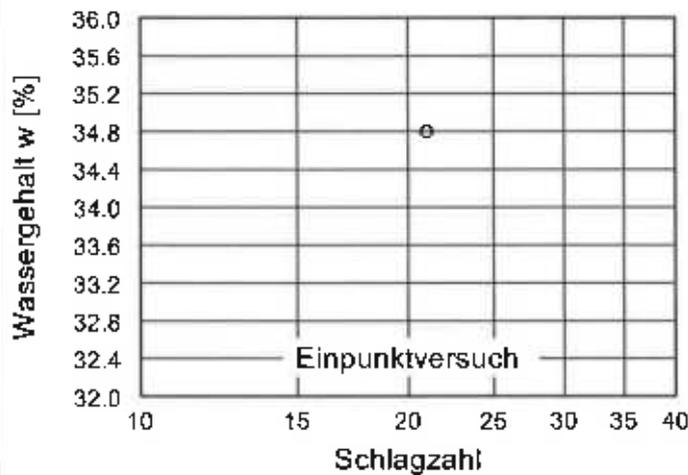
Entnahmestelle: B1

Tiefe: 2,40 m

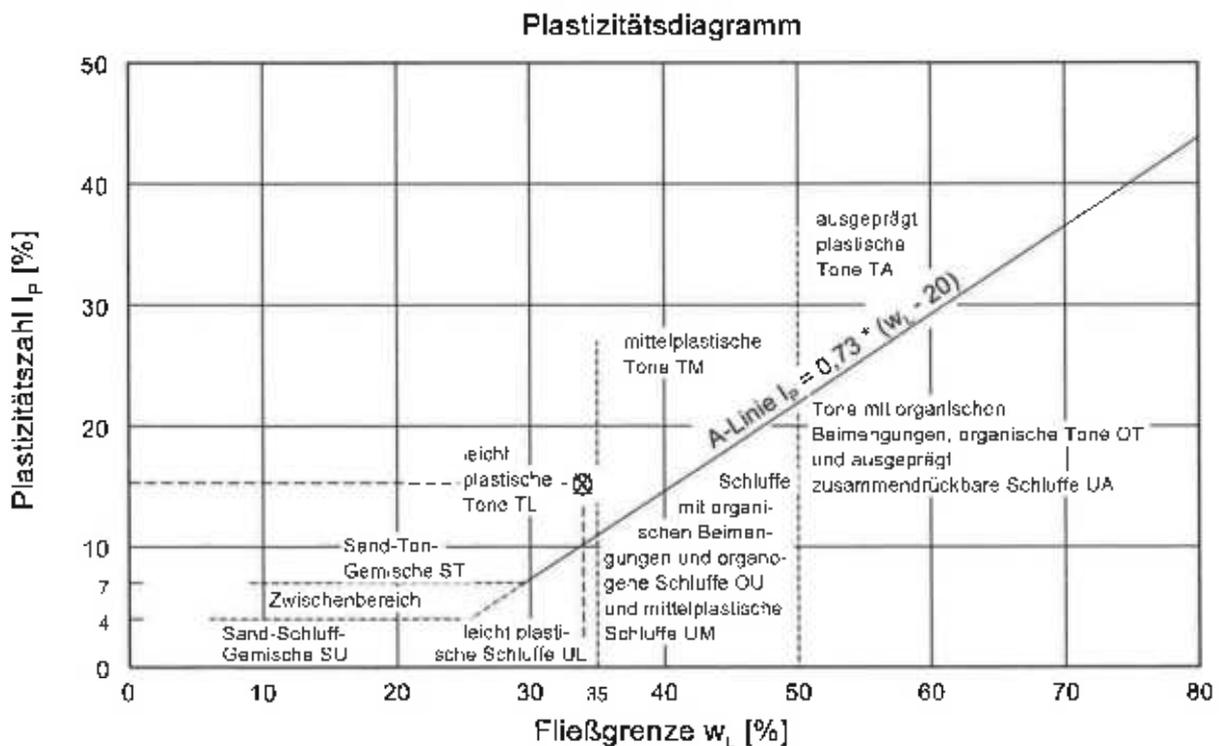
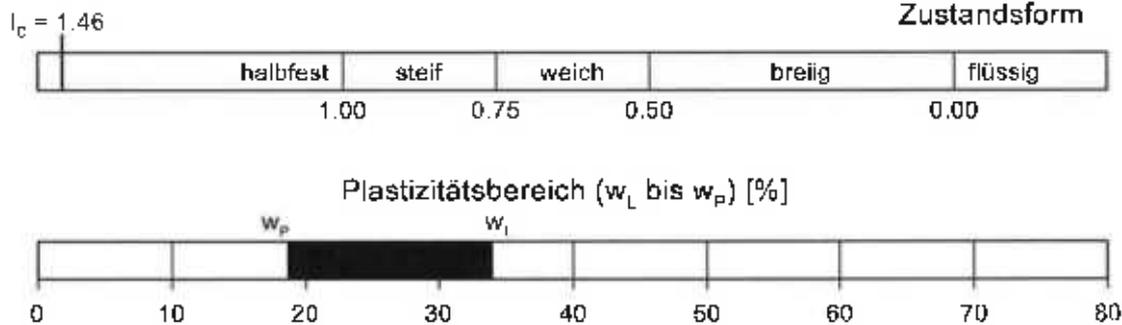
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u,s,g

Probe entnommen am: 05.10.2021



Wassergehalt $w =$	11.6 %
Fließgrenze $w_L =$	34.0 %
Ausrollgrenze $w_p =$	18.6 %
Plastizitätszahl $I_p =$	15.4 %
Konsistenzzahl $I_c =$	1.46



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

WALDERSHOF

FLZ - Hochregal + Parkhaus

Bearbeiter: Kies

Datum: 02.02.2022

Prüfungsnummer: 05

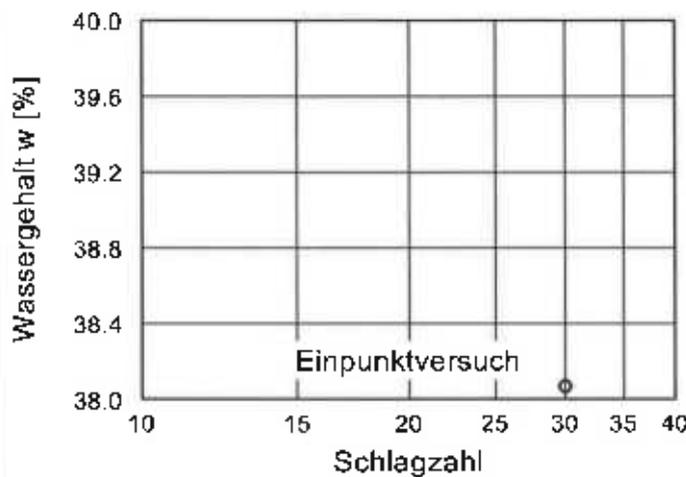
Entnahmestelle: B1

Tiefe: 12,0 m

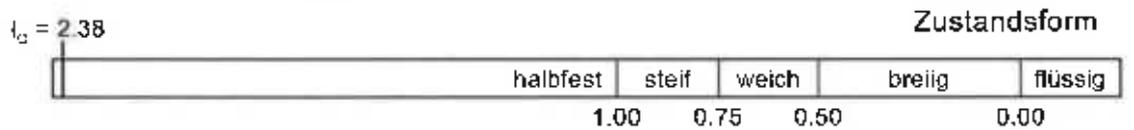
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u.s.g

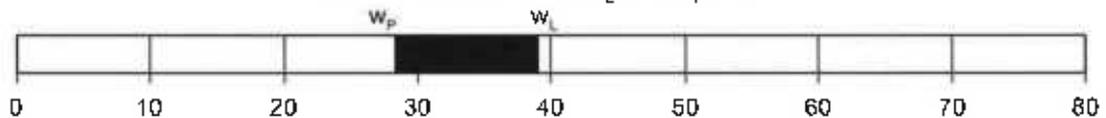
Probe entnommen am: 05.10.2021



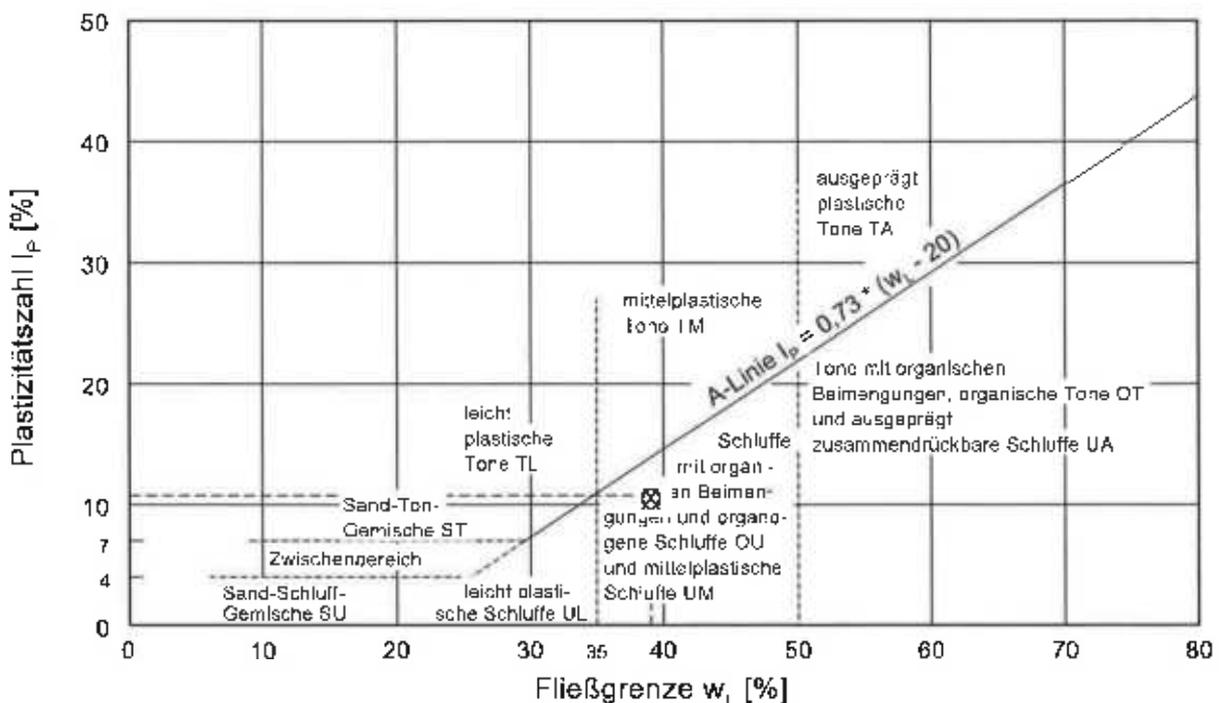
Wassergehalt $w = 13.5 \%$
 Fließgrenze $w_L = 39.1 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 28.3 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 10.8 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 2.38$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

WALDERSHOF

FLZ - Hochregal + Parkhaus

Bearbeiter: Kies

Datum: 02.02.2022

Prüfungsnummer: 13

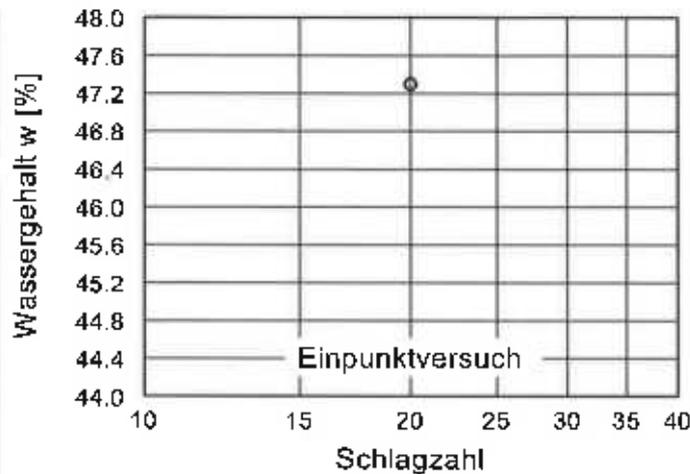
Entnahmestelle: B2

Tiefe: 16,6 m

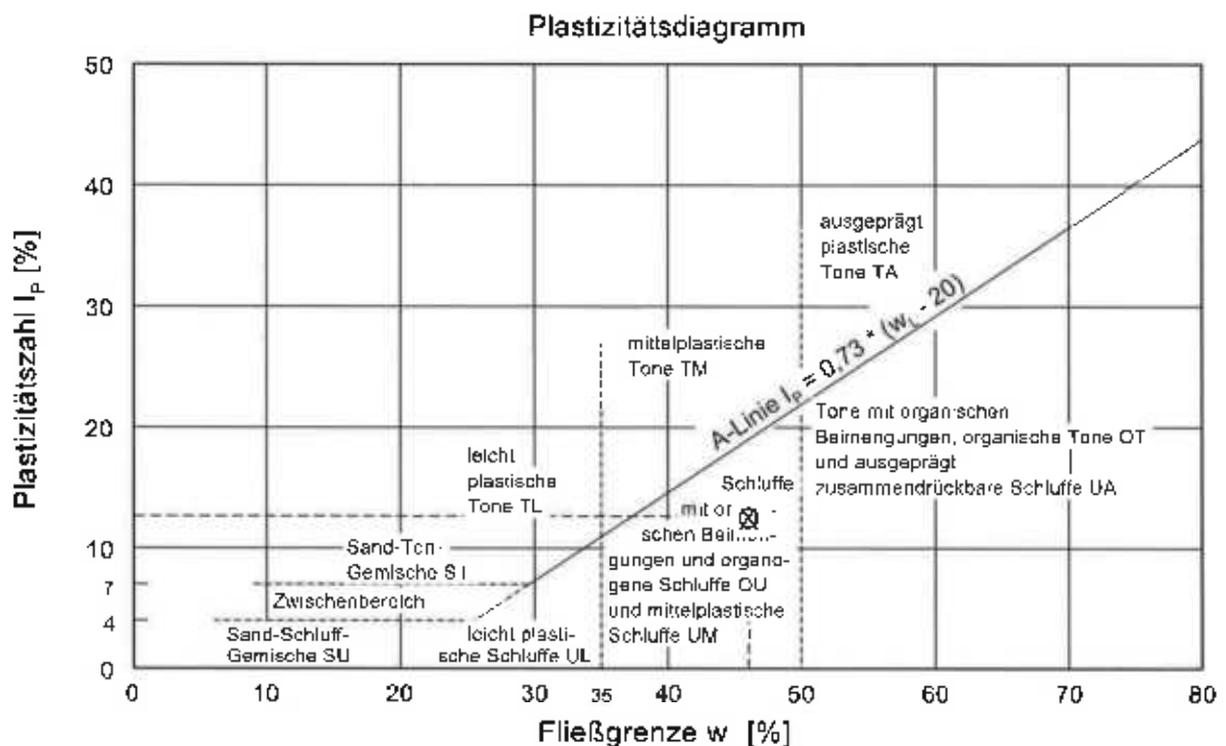
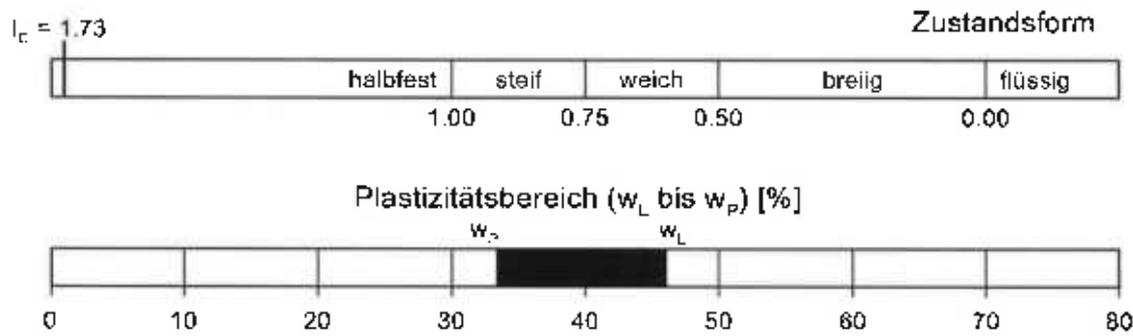
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff,t,s,g

Probe entnommen am: 05.10.2021



Wassergehalt $w = 24.2 \%$
 Fließgrenze $w_L = 46.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 33.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 12.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.73$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

WALDERSHOF

FLZ - Hochregal + Parkhaus

Bearbeiter: Kies

Datum: 02.02.2022

Prüfungsnummer: 21

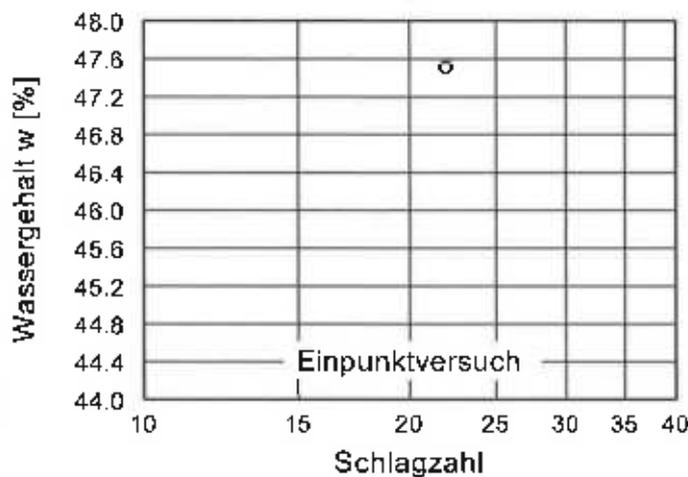
Entnahmestelle: B4

Tiefe: 11,5 m

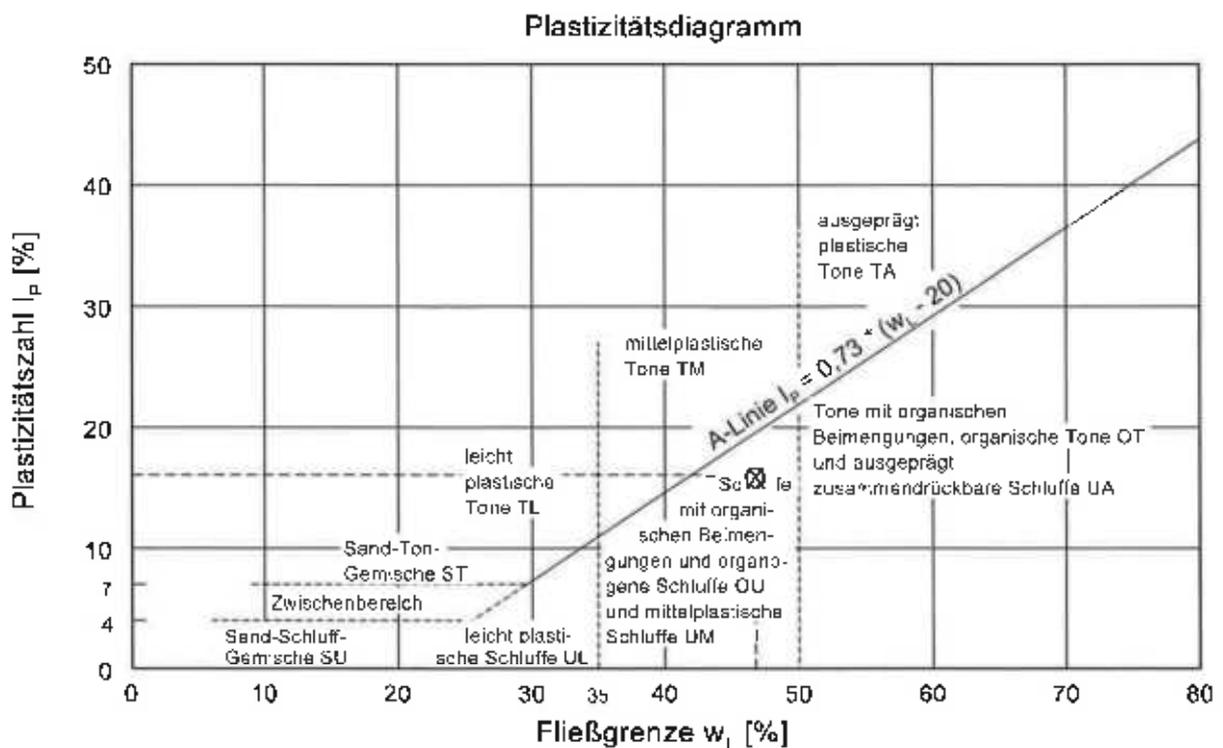
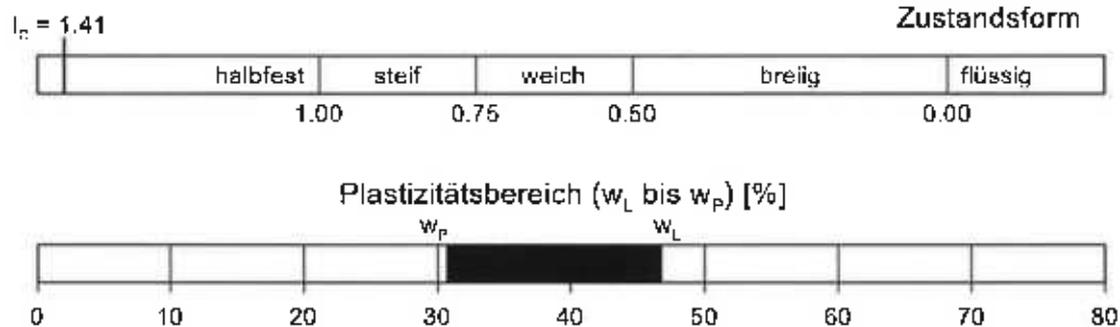
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff,t,s

Probe entnommen am: 05.10.2021



Wassergehalt $w = 24.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 46.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 30.7 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 16.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.41$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

WALDERSHOF

FLZ - Hochregal + Parkhaus

Bearbeiter: Kies

Datum: 02.02.2022

Prüfungsnummer: 28

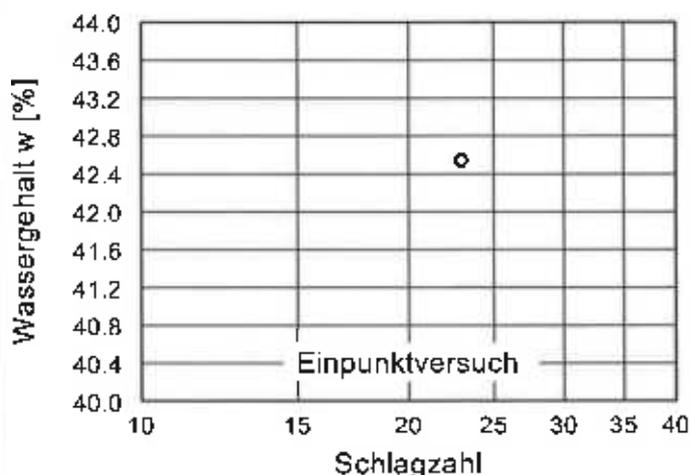
Entnahmestelle: B6

Tiefe: 14,0-20,0 m

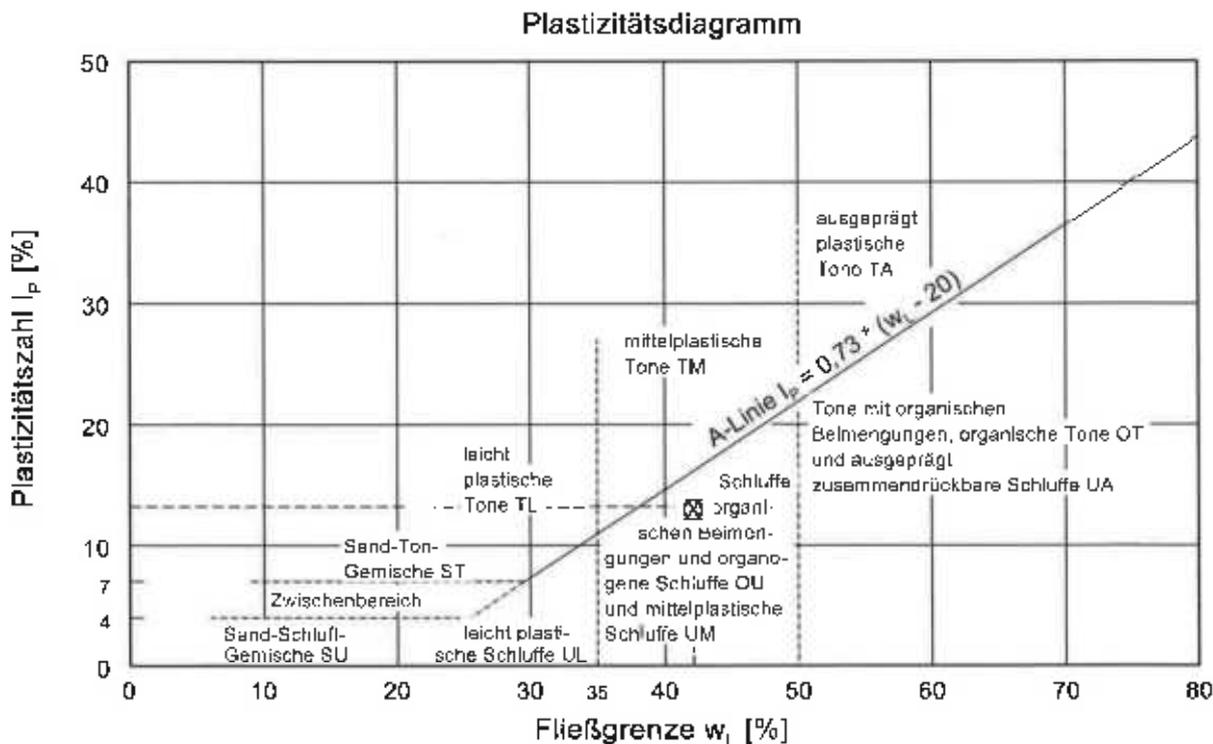
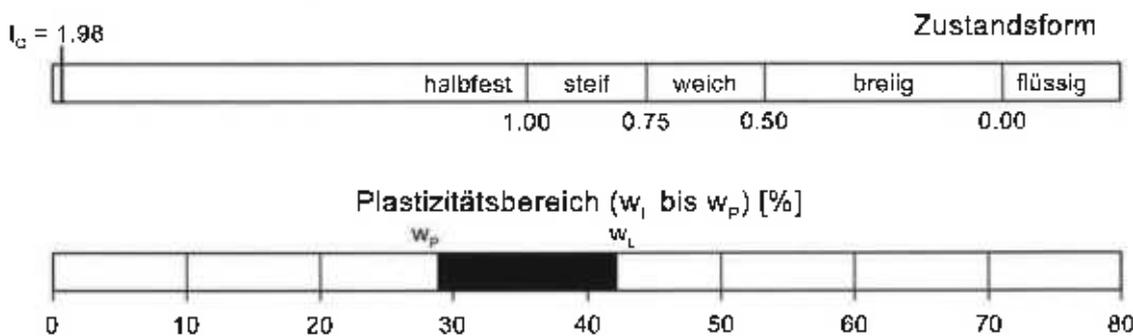
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff,t,s.g

Probe entnommen am: 05.10.2021



Wassergehalt $w =$	15.9 %
Fließgrenze $w_L =$	42.1 %
Ausrollgrenze $w_p =$	28.9 %
Plastizitätszahl $I_p =$	13.2 %
Konsistenzzahl $I_c =$	1.98



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

WALDERSHOF

FLZ - Hochregal + Parkhaus

Bearbeiter: Kies

Datum: 02.02.2022

Prüfungsnummer: 38

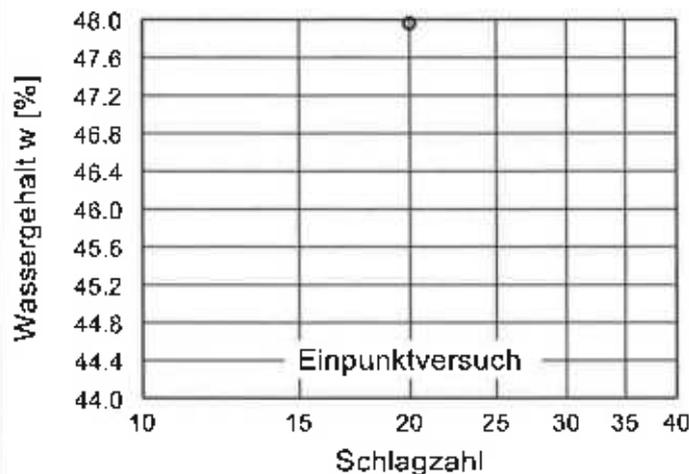
Entnahmestelle: B10

Tiefe: 8,0-20,0 m

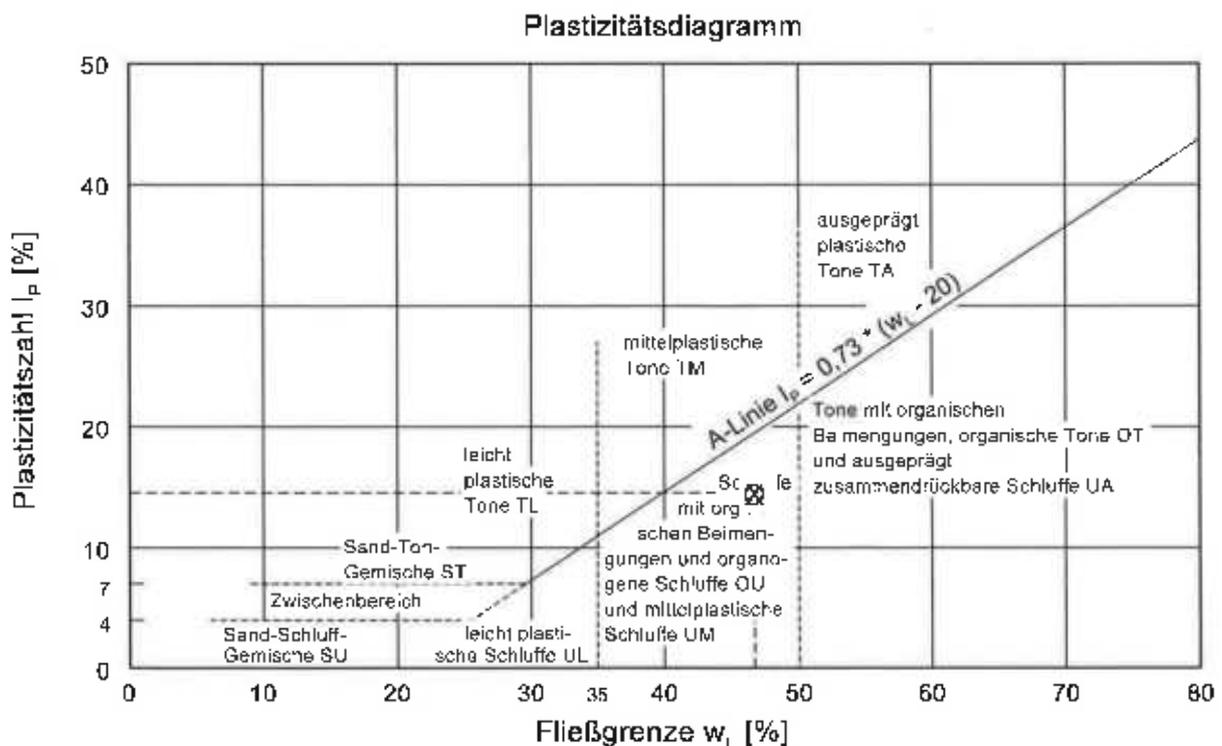
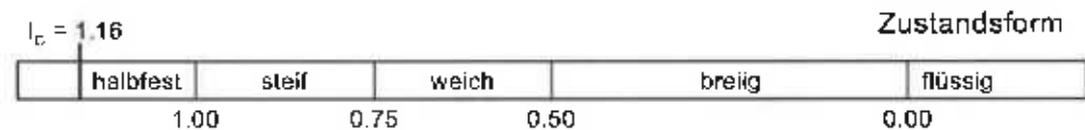
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schluff,t,s,g

Probe entnommen am: 05.10.2021



Wassergehalt $w = 29.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 46.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 32.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 14.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.16$



Schadstoffparameter nach LAGA (Feststoff)										
Probenahme: 05.10.2021										
Parameter: Probe: pH-Wert KW-Index EOX Cyanide (ges.) Σ PAK B(a)P Naphthalin LHKW BTX PCB										
		[mg/kg]								
MP1	8,0	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,02
MP2	7,9	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,02
MP3	7,5	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,02
MP4	5,2	<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]									
MP1	8,3	12	<0,2	65	28	56	0,06	0,2	51	
MP2	7,8	15	<0,2	71	32	35	<0,05	<0,1	61	
MP3	4,3	9	<0,2	140	45	110	0,06	0,1	70	
MP4	6,2	13	<0,2	55	44	29	<0,05	<0,1	51	
LAGA:										
Z 0 Wert	20	100	0,5	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	500	500	500	10	10	1500	

							PN 17250-bgr-01 WALDERSHOF FLZ-Hochregal + Parkhaus Anlage 4.2		
Schadstoffparameter nach LAGA (Eluat)									
Probenahme:	05.10.2021								
Probe:	Parameter:								
	pH	elektr. Leitf.	Chlorid	Sulfat	Cyanide ges.	Phenol-Index			
		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			
MP1	9,0	199	19	7,2	<0,005	<0,01			
MP2	9,0	116	3,9	5,4	<0,005	<0,01			
MP3	7,8	108	<2,0	7,9	<0,005	<0,01			
MP4	5,9	31	7,3	<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			
Probe:	Parameter:								
	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
MP1	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	0,008	<0,005	<0,0002	<0,0005	<0,05
MP2	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0005	<0,05
MP3	<0,005	<0,005	<0,0005	0,006	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0005	<0,05
MP4	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,0002	<0,0005	<0,05
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 17250-bgr-01 WALDERSHOF FLZ-Hochregal + Parkhaus Anlage 4.3	
Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Feststoff)							
Probenahme:	05.10.2021						
	Parameter:						
Probe:	GIÜHverlust	TOC	BTX	KW-Index	PCB	PAK	Extrahierbare lipophile Stoffe
			Summe		Summe	Summe	
	[Masse-%]	[Masse-%]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[Masse-%]
MP1	2,0	0,21	<0,1	<50	<0,02	<0,05	<0,05
MP2	5,5	<0,1	<0,1	<50	<0,02	<0,05	<0,05
MP3	1,9	0,23	<0,1	<50	<0,02	<0,05	<0,05
MP4	5,5	<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	≤ 6	≤ 3					≤ 0,8
DK III	≤ 10	≤ 6					≤ 4

								PN 17250-bgr-01 WALDERSHOF FLZ-Hochregal + Parkhaus Anlage 4.4	
Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Eluat)									
Probenahme:		05.10.2021							
		Parameter:							
Probe:	pH-Wert	DOC [mg/l]	Phenole [mg/l]	Arsen [mg/l]	Blei [mg/l]	Cadmium [mg/l]	Kupfer [mg/l]	Nickel [mg/l]	
MP1	9,0	8	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	0,008	<0,005	
MP2	9,0	2	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,005	
MP3	7,8	2	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,005	
MP4	5,9	1	<0,01	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,005	<0,005	
Zuordnungswerte									
Geologische Barriere									
DK 0	6,5 - 9		≤ 0,06	≤ 0,01	≤ 0,02	≤ 0,002	≤ 0,05	≤ 0,04	
DK I	5,5 - 13	≤ 50	≤ 0,1	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,004	≤ 0,2	≤ 0,04	
DK II	5,5 - 13	≤ 50	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 1	≤ 0,2	
DK III	5,5 - 13	≤ 80	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 1	≤ 0,1	≤ 5	≤ 1	
DK III	4 - 13	≤ 100	≤ 2,5	< 2,5	≤ 5	≤ 0,5	≤ 10	≤ 4	
		Parameter:							
Probe:	Zink [mg/l]	Chlorid [mg/l]	Sulfat [mg/l]	Cyanid [mg/l]	Fluorid [mg/l]	Barium [mg/l]	Quecksilber [mg/l]		
MP1	<0,05	19	7,2	<0,005	0,85	<0,05	<0,0002		
MP2	<0,05	3,9	5,4	<0,005	0,95	<0,05	<0,0002		
MP3	<0,05	<2,0	7,9	<0,005	<0,50	<0,05	<0,0002		
MP4	<0,05	7,3	<2,0	<0,005	<0,50	<0,05	<0,0002		
Zuordnungswerte									
Geologische Barriere									
DK 0	≤ 0,1	≤ 10	≤ 50	≤ 0,01			≤ 0,0002		
DK I	≤ 0,4	≤ 80	≤ 100	≤ 0,01	≤ 1	≤ 2	≤ 0,001		
DK II	≤ 2	≤ 1.500	≤ 2.000	≤ 0,1	≤ 5	≤ 5	≤ 0,005		
DK III	≤ 5	≤ 1.500	≤ 2.000	≤ 0,5	≤ 25	≤ 10	≤ 0,02		
DK III	≤ 20	≤ 2.500	≤ 5.000	≤ 1	≤ 50	≤ 30	≤ 0,2		
		Parameter:							
Probe:	Chrom [mg/l]	Molybdän [mg/l]	Antimon [mg/l]	Selen [mg/l]	Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen [mg/l]				
MP1	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<200				
MP2	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<200				
MP3	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<200				
MP4	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<200				
Zuordnungswerte									
Geologische Barriere									
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 17250-bgr-01		
								WALDERSHOF		
								FLZ-Hochregal + Parkhaus		
								Anlage 4.5		
Richtwerte für den Gesamtstoffgehalt für Deponien der Klasse DK0-DKII (Feststoff)										
Probenahme:	05.10.2021									
	Parameter:									
Probe:	EOX	PAK	B(a)P	LHKW	Benzol	PCB	BTX	MKW		
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]		
MP1	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
MP2	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
MP3	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
MP4	<1,0	<0,05	<0,05	<0,2	<0,05	<0,02	<0,1	<50		
Richtwerte:										
Richtwert DK0	3	-	2	1	0,5	-	-	-		
Richtwert DK	-	≤ 500	-	≤ 10	-	≤ 2	≤ 30	≤ 4000		
Richtwert DKII	-	≤ 1000	-	≤ 25	-	≤ 2	≤ 80	≤ 6000		
	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	8,3	12	<0,2	65	28	56	0,06	0,2	51
MP2	<0,3	7,8	15	<0,2	71	32	35	<0,05	<0,1	61
MP3	<0,3	4,3	9	<0,2	140	45	110	0,06	0,1	70
MP4	<0,3	6,2	13	<0,2	55	44	29	<0,05	<0,1	51
Richtwerte:										
Richtwert DK0	30	45	210	3	180	120	150	2	3	450