

FVG Folien-Vertriebs GmbH
Ebernhahner Straße 22

56428 Dernbach

Untersuchungen
Beratung · Gutachten
Umwelt · Baugrund
Hydrogeologie

07.03.2023

Geotechnischer Bericht

zum Projekt

Neubau

Lagerhalle „E69“

„Ebernhahner Straße 69“

D e r n b a c h

Proj.-Nr. 22542

1.0 Allgemeines

Die FVG Folien-Vertriebs GmbH erteilt, über das Planungsbüro Fries Architekten, vertreten durch Herrn Adams, den Auftrag, geotechnische Untersuchungen zum geplanten Neubau einer Lagerhalle in der Straße „Ebernhahner Straße 69“ in Dernbach durchzuführen.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse sind geotechnische Empfehlungen zur Bauausführung zusammenzustellen.

2.0 Unterlagen

- [1] Planunterlagen (Grundriss, Schnitt) digital (Fries Architekten)
- [2] Lage- und Höhenplan digital (Vermessungsbüro Neuroth & Neuroth GbR)
- [3] Versorgungspläne (Kanal, Strom, Gas, etc.) digital (VG Wirges, ENM, Telekom)
- [4] Ergebnisse der Kleinbohrungen
- [5] Ergebnisse der Rammsondierungen (schwere Sonde)
- [6] Ergebnisse hydrogeologischer Feldversuche
- [7] Bodenanalyse gemäß TR LAGA
- [8] Bodenklassifikation nach DIN 18 196
- [9] Klassifizierung in Homogenbereiche nach ATV DIN 18 300 „Erdarbeiten“

3.0 Situation

Die FVG Folien-Vertriebs GmbH beabsichtigt den Neubau einer Lagerhalle auf einem bis dato unbebauten Grundstück in der „Ebernhahner Straße“ mit der Hausnummer 69 in Dernbach auszuführen.

Das für den Neubau vorgesehene Hanggelände liegt in nördlicher Lage von Dernbach.

Vorgesehen ist der Neubau einer Halle in den maximalen Maßen von rd. 32 m x 80 m.

Die Geländehöhen der Bohransatzpunkte wurden durch das Einhängen der Bohrpositionen in den detaillierten Höhenplan [2] entnommen. Diese liegen im Untersuchungsareal somit zwischen ca. 283,36 m NN (RKS 5) und 287,33 m NN (RKS 7).

Die Lage des projektierten Bauwerks ist aus der Anlage 1 ersichtlich.

4.0 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Feststellung der Baugrundsituation wurden folgende Bodenaufschlüsse ausgeführt:

- **Kleinbohrungen** **RKS 1 - RKS 7**
- **Rammsondierungen** **DPH 1 - DPH 2**

Die Ansatzpunkte der Bodenaufschlüsse gehen aus dem Lageplan 1 : 250 (Anlage 1) hervor.

Die Ergebnisse der Profilaufnahmen der Bohrungen sind in Anlehnung an DIN 4023 in den Profilschnitten der Anlage 2.1 im Maßstab 1 : 50 dargestellt.

Aus Anlage 2.1 gehen zudem die Schlagzahldiagramme der mit der schweren Sonde nach DIN EN ISO 22476-2 ausgeführten Rammsondierungen im Maßstab 1 : 50 hervor.

Ferner sind in der Anlage 2.2 drei bauwerksspezifische geologische Profilschnitte im Maßstab 1 : 100 (H / V) ersichtlich.

Des Weiteren wurden zur Beurteilung der Versickerungsbedingungen für Niederschlagswasser hydraulische Feldversuche (Infiltrationstests) durchgeführt. Die Dokumentation sowie die Auswertung des Doppelring-Infiltrometer-Versuchs ist aus Anlage 3 ersichtlich.

Aus den Bodenaufschlüssen wurden je Baugrundeinheit repräsentative Bodenproben entnommen, bodenmechanischen Feldversuchen unterzogen und nach DIN 18 196 klassifiziert.

Gemäß ATV DIN 18 300 „Erdarbeiten“ erfolgte eine Zuordnung der angetroffenen Baugrundsichten in Homogenbereiche.

Im Hinblick auf die geordnete Verwertung / Entsorgung des im Rahmen der Baumaßnahme anfallenden Aushubmaterials wurde aus den dominierenden Baugrundeinheiten eine Bodenmischprobe gebildet und orientierend gemäß den Technischen Regeln der LAGA auf mögliche Bodenbelastungen analysiert.

Der vollständige Prüfbericht des Laboratoriums Dr. Graner & Partner GmbH, München geht aus Anlage 4 hervor.

5.0 Untersuchungsergebnisse

5.1 Geologisch - hydrogeologische Verhältnisse

Anhand verfügbarer geologischer Karten, von Erfahrungen aus Bodenuntersuchungen in der Peripherie sowie der Ergebnisse der aktuell am Projektstandort durchgeführten Bohrungen stellt sich die Baugrundsituation am Projektstandort wie folgt dar:

Die **Basis** des Untersuchungsareals wird von **paläozoischen Felsgesteinen** eingenommen, die im Zuge der Bohrarbeiten bei einer maximalen Bohrtiefe von 7,0 m nicht aufgeschlossen wurden.

Im Hangenden des Felsgesteins und dessen Zersatzzone folgen im erkundeten Bodenprofil **tertiäre Sedimente** in Form von **Kies, Sand** und **Schluff-Ton-Gemischen**, die stratigrafisch den sog. „Sedimenten der Rupeltransgression im Rheinischen Schiefergebirge“ zuzuordnen sind.

Über der tertiären Abfolge lagern im Projektareal **quartäre Lockergesteine** in Form von **Lehm** und **vulkanischen Ablagerungen**.

Als oberstes Schichtglied liegt flächendeckend humoser **Oberboden** auf.

5.1.1 Oberboden

Als oberster Horizont wurde humoser Oberboden in dunkelbrauner Farbe erbohrt.

Die Schichtstärke wurde mit rd. 0,25 m bis 0,35 m ermittelt.

5.1.2 Vulkanische Ablagerungen

Unterhalb des Oberbodens wurden, mit Ausnahme an den Bohransatzpunkten RKS 3 und RKS 7, vulkanische Ablagerungen des Laacher See Vulkans aufgeschlossen.

Es handelt sich dabei vorwiegend um feinkörnige Tuffverwitterungsprodukte und lokal um unterlagernde gemischt- bis grobkörnige Bimslagen quartären Ursprungs.

Die Tuffverwitterungsprodukte zeigen die Kornzusammensetzung eines schwach tonigen, sandigen bis stark sandigen Schluffs.

Vorwiegend ist die Struktur der dunkelbraun bis braun gefärbten Schluffe als krümelig zu beschreiben.

Die Konsistenz der feinkörnigen Tuffverwitterungsprodukte wurde zum Zeitpunkt der Geländearbeiten als ausschließlich steifplastisch angesprochen.

Bodenmechanisch sind die lehmig verwitterten Tuffprodukte, trotz steifplastischer Konsistenz, als sehr gering tragfähiger Boden einzustufen.

Die bereichsweise unterlagernden, beige bis beigebraun gefärbten Bimslagen sind bodenmechanisch als sandige Kiese, schwach kiesige Sande und in verlehmtten Zonen als schwach tonige, kiesige, stark schluffige Sande zu klassifizieren.

Die Lagerungsdichte der korngestützten Bimslagen wurde an Hand der Bohrwiderstände sowie der durchgeführten Feldversuche als locker eingestuft.

Die Mächtigkeit der vulkanischen Ablagerungen wurde zwischen rd. 0,25 m und 1,45 m erkundet.

5.1.3 Lehm

Im Liegenden der o.g. Einheiten setzt das Bodenprofil mit quartärem Lehm fort.

Von der Kornzusammensetzung her handelt es sich hauptsächlich um einen schwach tonigen, sandigen Schluff.

Zum Zeitpunkt der Geländearbeiten wurde die Konsistenz des Lehms als steifplastisch sowie an lokaler Stelle als steifplastisch bis halbfest angesprochen.

Erdbautechnisch ist der Lehm sowie die o.g. feinkörnigen Tuffverwitterungsprodukte als stark wasser- und frostempfindlicher Boden einzustufen. Er neigt bei Wasserkontakt zum Aufweichen, d.h., zur Verringerung der Tragfähigkeit. Dies gilt ebenso bei dynamischer Beanspruchung durch Verdichten und Befahren.

Die dominierenden Bodenfarben sind hellbraun und braun.

Die erbohrte Schichtmächtigkeit variiert zwischen rd. 0,30 m und 1,05 m, wobei der Übergang in die unterlagernden tertiären Sedimente meist fließend ohne scharfe Grenze erfolgt.

5.1.4 Tertiäre Sedimente

Im Liegenden der Lehmschichten folgen tertiäre Sedimente der Rupeltransgression des Rheinischen Schiefergebirges in Form von Schluff-Ton-Gemischen, Sand und Kies.

Bei den Kiesen und Sanden handelt es sich um gemischtkörnige Lagen aus Quarzit, die in Form von Linsen bis hin zu Bänken vorliegen.

Die Konsistenz der feinkörnigen Lagen wurde zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten als steifplastisch, steifplastisch bis halbfest und halbfest klassifiziert. Die Lagerungsdichte der korngestützten Kiese bzw. Sande wurde an Hand der Bohrwiderstände sowie der durchgeführten Rammsondierungen als mitteldicht, mitteldicht bis dicht und dicht eingestuft.

Die Wasser- und Frostempfindlichkeit der tertiären Sedimente ist in Abhängigkeit vom Feinkorngehalt als mittel bis hoch einzustufen.

Die Schichtstärke der tertiären Baugrundeinheit wurde mit rd. 3,9 m bis 6,4 m erschlossen, wobei die Liegendgrenze bei maximalen Bohrtiefen von 7,0 m nicht erreicht wurde.

5.2 Wasserverhältnisse

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Geländearbeiten in der Hälfte aller durchgeführten Bohrungen in Form von Vernässungszonen angetroffen.

Es handelt sich um oberflächennahes **Hang-, Schicht- und Stauwasser**, welches in seinem Auftreten in erheblichem Maße den Einflüssen der Jahreszeit und der Niederschläge unterliegt.

Dieses zirkuliert in den grobkörnigeren Kiesen und Sanden sowie über den als Wasserstauer fungierenden tonigen Lagen der tertiären Wechselfolge.

Das zusammenhängende Grundwasser ist erst auf den tiefer gelegenen Trennfugen der paläozoischen Sedimentgesteine zu erwarten, die hydrogeologisch als Kluftgrundwasserleiter einzustufen sind.

Genauere Angaben zu maximalen Grundwasserständen sind grundsätzlich nur auf der Grundlage von langjährigen Messreihen aus gesondert eingerichteten Grundwasserbeobachtungspegeln abzuleiten.

Eine Grundwasserprobe zur Überprüfung möglicher den Beton angreifender Eigenschaften des Grundwassers konnte auf Grund des geringen Wasserzulaufs in den Bohrlöchern nicht entnommen werden.

Erkenntnisse zu möglichen den Beton angreifenden Eigenschaften liegen anhand in der jüngeren Vergangenheit durchgeführter Grundwasseranalysen in der näheren und unmittelbaren Umgebung vor.

Im Zuge dessen war das Grundwasser auf Grund des Gehaltes an aggressiver Kohlensäure (CO₂) als mäßig angreifend (Expositionsklasse XA2) einzustufen.

6.0 Umweltgeologische Untersuchungen

6.1 Bodenanalyse

Im Hinblick auf die ordnungsgemäße Verwertung / Entsorgung möglicherweise als Aushub im Zuge der Baumaßnahme vom Standort zu verbringender bzw. im Rahmen der Baumaßnahme wieder vor Ort zu verwertender Bodenmassen wurde aus den dominierenden Baugrundeinheiten eine Bodenmischprobe (**MP 22542/1**) gebildet und einer orientierenden Analytik gemäß den Technischen Regeln der LAGA Parameterliste Boden zugeführt.

Die Einzelproben und die Zusammenstellung der Mischprobe sind in den Bohrprofilen der Anlage 2.1 ersichtlich.

Zur Übersicht und Einstufung werden die Untersuchungsergebnisse in den nachfolgenden Tabellen den Zuordnungswerten der TR Boden (Fassung 11/2004) gegenübergestellt.

Zu einer möglichen **Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen**, d.h. eines uneingeschränkten Einbaus (Einbauklasse 0), sind in den Tab. 1.1 und 1.2 die Feststoff- und Eluatkonzentrationen im Vergleich zu den LAGA-Zuordnungswerten aufgelistet.

Aufgrund ihrer Kornzusammensetzung wurde die Mischprobe nach den bodenartspezifischen Zuordnungswerten für „Lehm/Schluff“ beurteilt.

Hinsichtlich der vollständigen Bodenanalyse wird auf den in der Anlage 4 beigefügten Prüfbericht des Laboratoriums Dr. Graner & Partner GmbH verwiesen.

Tab. 1.1: Ergebnisse Bodenanalyse mit Zuordnungswerten für die Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen (Feststoffgehalte im Bodenmaterial)

Parameter	Dimension	Wert	LAGA-Zuordnungswerte			
		Probe	Z 0 (Sand)	Z 0 (Lehm/ Schluff)	Z 0 (Ton)	Z 0* 1)
		MP 22542/1				
Arsen	mg/kg TS	8,0	10	15	20	15 ²⁾
Blei	mg/kg TS	11	40	70	100	140
Cadmium	mg/kg TS	u.d.B.	0,4	1	1,5	1 ³⁾
Chrom (ges.)	mg/kg TS	39	30	60	100	120
Kupfer	mg/kg TS	15	20	40	60	80
Nickel	mg/kg TS	19	15	50	70	100
Thallium	mg/kg TS	u.d.B.	0,4	0,7	1	0,7 ⁴⁾
Quecksilber	mg/kg TS	u.d.B.	0,1	0,5	1	1
Zink	mg/kg TS	50	60	150	200	300
TOC	Masse-%	u.d.B.	0,5 (1,0) ^{5) 8)}	0,5 (1,0) ^{5) 8)}	0,5 (1,0) ^{5) 8)}	0,5 (1,0) ^{5) 8)}
EOX	mg/kg TS	u.d.B.	1	1	1	1 ⁶⁾
KW	mg/kg TS	u.d.B.	100	100	100	200 (400) ⁷⁾
BTX	mg/kg TS	u.d.B.	1	1	1	1
LHKW	mg/kg TS	u.d.B.	1	1	1	1
PCB ₆	mg/kg TS	u.d.B.	0,05	0,05	0,05	0,1
PAK ₁₆	mg/kg TS	u.d.B.	3	3	3	3
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	u.d.B.	0,3	0,3	0,3	0,6

- 1) maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe "Ausnahmen von der Regel" für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)
- 2) Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg
- 3) Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg
- 4) Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg
- 5) Bei einem C:N-Verhältnis >25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%
- 6) Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.
- 7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C₁₀ bis C₂₂. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C₁₀ bis C₄₀), darf insgesamt den in Klammer genannten Wert nicht überschreiten.
- 8) Gemäß den zum aktualisierten Rundschreiben des MUFV zu den Anforderungen an die bodenähnliche Verfüllung von Abgrabungen mit Bodenmaterial vom 12.12.2006 ergänzenden Regelungen zum TOC-Gehalt vom 15.01.2016 gilt: „Bodenmaterialien mit höheren TOC-Gehalten, die ausschließlich eine Überschreitung des Zuordnungswertes der Tabelle 3 für den Parameter TOC mit größer 0,5 Masse-% aufweisen, sollen primär für die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht/Oberböden genutzt werden. Um allein wegen Überschreiten des TOC-Gehaltes von 0,5 Masse-% eine Deponierung zu vermeiden, wird aufgrund aktueller Einschätzung des Landesamtes für Umwelt und des Landesamtes für Geologie und Bergbau für Verwertungen von Boden im Rahmen einer bodenähnlichen Anwendung der TOC-Gehalt auf 1,0 Masse-% angehoben.“

Tab. 1.2: Ergebnisse Bodenanalyse mit Zuordnungswerten für die Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen (Eluatkonzentrationen im Bodenmaterial)

Parameter	Dimension	Wert	LAGA-Zuordnungswerte
		Probe	Z 0 / Z 0*
		MP 22542/1	
pH-Wert	-	8,1	6,5-9,5
Leitfähigkeit	µS/cm	27	250
Chlorid	mg/l	u.d.B.	30
Sulfat	mg/l	u.d.B.	20
Cyanid	µg/l	u.d.B.	5
Arsen	µg/l	u.d.B.	14
Blei	µg/l	u.d.B.	40
Cadmium	µg/l	u.d.B.	1,5
Chrom (ges.)	µg/l	u.d.B.	12,5
Kupfer	µg/l	u.d.B.	20
Nickel	µg/l	u.d.B.	15
Quecksilber	µg/l	u.d.B.	< 0,5
Zink	µg/l	u.d.B.	150
Phenolindex	µg/l	u.d.B.	20

Die untersuchte Mischprobe **MP 22542/1** genügt sowohl im Feststoff, als auch im Eluat den LAGA-Zuordnungswerten **Z 0** für eine Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen und somit den Kriterien eines unbelasteten Bodens.

Gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) ergibt sich für die untersuchte Baugrundeinheit der **AVV-Schlüssel 17 05 04** („Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03* fallen“).

Ergänzende Hinweise

Im Hinblick auf die Verwertung / Entsorgung, die Lagerung und den Transport sowie die Nachweisführung sind die Technischen Regeln der LAGA sowie die landesspezifischen Vorgaben zu beachten.

Bedingt durch die Abstände der Beprobungsstellen können im Rahmen der Erdarbeiten möglicherweise in den Zwischenbereichen bisher verborgene, sensorisch auffällige Partien vorgefunden werden.

Die im Rahmen der Baumaßnahme anfallenden Bodenmassen sind in Abhängigkeit von den Vorkenntnissen zu möglichen Belastungen und sensorischen Feststellungen zu separieren, bei Nachweis von oder Verdacht auf Belastungen gegen Niederschlagswasser, Staubverwehungen und unkontrollierten Zugriff geschützt auf wasserundurchlässiger Grundfläche bereitzustellen, repräsentativ zu beproben und zu analysieren.

Auf der Basis der Untersuchungsergebnisse ist über den weiteren Verbleib der Aushubmassen zu befinden.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass je nach Wahl der Verwertungs- / Entsorgungsstellen aufgrund deren spezifischer Genehmigungsbescheide ggf. zusätzliche Parameter zu untersuchen sind. Hieraus kann sich eine andere, u. U. auch ungünstigere Bewertung ergeben.

7.0 Homogenbereiche

7.1 Einleitung

Für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden, Fels und sonstigen Stoffen gilt die ATV DIN 18 300 „Erdarbeiten“.

Boden und Fels sind entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Hierfür sind diverse Eigenschaften und Kennwerte sowie deren ermittelte Bandbreite anzugeben. Zusätzlich sind umweltrelevante Inhaltsstoffe bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen.

Für die bei vorliegender Maßnahme angesetzte **Geotechnische Kategorie 1** nach DIN 4020 sind die in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellten Angaben für Boden ausreichend.

Die Angaben beruhen auf den Ergebnissen bodenmechanischer Feldversuche an Proben aus den verfügbaren Bodenaufschlüssen sowie auf Erfahrungs- und Fachliteraturwerten.

Tab. 2: Eigenschaften für die Homogenbereiche Boden

Homogenbereich	Baugrundsicht	Bodengruppe nach DIN 18196	LAGA-Klassifikation	Anteil Steine, Blöcke [Masse.-%]	Konsistenz	Lagerungsdichte
I	Tuffverwitterungsprodukte	TM/(TA)	Z 0	-	steif	-
	Bims	SU*/SE/SI/GW/GI		-	-	locker
II	Lehm	TL(TM)		0-10	Steif (steif-halbfest)	-
III	Sand / Kies	SU/ST/GU/GU*		0-20	-	mittel, mitteldicht, dicht
	Schluff(-ton)	UL/TL/TM/(TA)		0-10	steif, steif-halbfest, halbfest	-

7.2 Bodenmechanische Kennwerte

Basierend auf den Ergebnissen bodenmechanischer Feldversuche sowie auf Erfahrungswerten können den am Projektstandort angetroffenen Lockergesteinen in Anlehnung an die einschlägigen Normen die folgenden bodenmechanischen Klassifizierungen und Kenndaten zugeordnet werden:

Tab. 3: Charakteristische Werte der Wichten und Scherparameter sowie Steifemoduln

Homogenbereich	Baugrundschrift	Bodengruppe nach DIN 18196	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ρ' [°]	c' [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
I	Tuffverwitterungsprodukte	TM/(TA)	17,0-19,0	7,0-9,0	22,5-27,5	1-3	10-30	2-5
	Bims	SU*/SE/SI/GW/GI	12,0-15,0	2,0-5,0	30,0-35,0	0-3	0-25	5-20
II	Lehm	TL/(TM)	20,0-21,0	10,0-11,0	26,0-28,0	3-6	30-55	6-15
III	Sand / Kies	SU/ST/GU/GU*	20,5-21,5	10,5-11,5	30,0-35,0	0-2	-	25-50
	Schluff(-ton)	UL/TL/TM/(TA)	19,0-20,0	9,0-10,0	24,0-27,0	5-15	50-150	8-20

Die Kennwerte für Schüttgüter von Schotterpolstern unter der Fundamentkonstruktion werden wie folgt festgelegt:

Tab 4: Bodenmechanische Kennwerte von möglichen Schüttgütern des Bodenpolsters

Baugrundschrift	cal γ [kN/m ³]	cal γ' [kN/m ³]	cal ρ' [°]	cal c' [kN/m ²]	cal E_s [MN/m ²]
Schotterpolster (grobkörnige Böden nach DIN 18 196)	22,0	12,0	37,5	0	80

7.3 Frostempfindlichkeit und Verdichtbarkeitsklasse

Auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen ergeben sich für die in den Bohrungen angetroffenen Böden folgende Klassifizierungen zur Frostempfindlichkeit und Verdichtbarkeit:

Tab. 5: Frostempfindlichkeit und Verdichtbarkeit

Homogenbereich	Baugrundschrift	Bodengruppe nach DIN 18196	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB	Verdichtbarkeitsklasse nach ZTV A-StB
I	Tuffverwitterungsprodukte	TM/(TA)	F3	-
	Bims	SU*/SE/SI/GW/GI	F1-F3	V2-V3
II	Lehm	TL/(TM)	F3	V3
III	Sand / Kies	SU/ST/GU/GU*	F2-F3	V2-V3
	Schluff(-ton)	UL/TL/TM/(TA)	F3	V3

F1 = nicht frostempfindlich
V1 = gut verdichtbar

F2 = gering bis mittel frostempfindlich
V2 = mäßig gut verdichtbar

F3 = sehr frostempfindlich
V3 = eingeschränkt verdichtbar

8.0 Geotechnische Hinweise zur Bauausführung

Anhand der Ergebnisse der Bodenuntersuchungen ergibt sich am Standort der geplanten Lagerhalle in Dernbach folgende Baugrundsituation:

Die Basis wird von Felsgesteinen des Paläozoikums eingenommen, die in den Bohrungen nicht aufgeschlossen wurden.

Über dem Festgestein lagert eine Decke aus Lockergesteinen des Tertiärs in Form von Schluff-Ton-Gemischen mit eingeschalteten Sanden und Kiesen (**Homogenbereich III**).

Über der tertiären Wechselfolge liegen quartäre Lockergesteine in Darstellungsweise von Lehm (**Homogenbereich II**) und vulkanischen Ablagerungen des Laacher See Vulkans (**Homogenbereich I**) auf.

Der oberste Horizont wird von humosem Oberboden gebildet.

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Geländearbeiten in der Hälfte aller durchgeführten Bohrungen in Form von Vernässungszonen angetroffen.

Es handelt sich um oberflächennahes Hang-, Schicht- und Stauwasser, welches in seinem Auftreten in erheblichem Maße den Einflüssen der Jahreszeit und der Niederschläge unterliegt.

8.1 Gründung

Nach den aktuell vorliegenden Planunterlagen [1] ist bezüglich der Höhenstellung der projektierten Lagerhalle von folgendem Ansatz auszugehen.

- OK FB Halle 284,08 m NN

Die Gründungsfuge verläuft unter Berücksichtigung der o.a. Höhenstellung und der Aufschlussresultate hangseitig (Westen) in den vergleichsweise gut tragfähigen tertiären Sedimenten (Homogenbereich III), während zur Talseite (Osten) die tertiäre Wechselfolge abtaucht und im Niveau der Sohlfuge noch gering tragfähige Lehmschichten (Homogenbereich II) und vulkanische Ablagerungen (Homogenbereich I) zu erwarten sind.

Die drei bauwerksspezifischen geologischen Profilschnitte der Anlage 2.2 veranschaulichen die örtliche Baugrundsituation.

Für die Lasteinleitung kommen vorrangig zwei Varianten an Flachgründungen in Betracht, die unter bautechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu analysieren sind.

Variante 1 stellt eine einheitliche Gründung über die tertiären Sedimente (Homogenbereich III) mittels konstruktiv **bewehrter Einzel-** und **Streifenfundamente** dar.

Die im östlichen Bereich noch anstehenden Lehmsedimente (Homogenbereich II) sowie die vulkanischen Tuffverwitterungsprodukte und Bimslagen (Homogenbereich I) sind im Hinblick auf die Minimierung von Setzungen und Setzungsdifferenzen bis auf den o.g. und in Frage kommenden Lastboden (Homogenbereich III) zu durchgründen.

Die Differenz zwischen UK statisches Fundament und empfohlener Gründungsschicht ist grundsätzlich durch Bodenaustausch in Magerbeton zu überbrücken. Im östlichsten Bauwerksbereich ist mit einem Bodenaustausch von bis zu maximal ca. 2,0 m auszugehen.

Der Bodenaustausch kann punktuell oder streifenförmig ausgeführt werden und ist unter Ausnutzung der Kurzzeitstabilität der Böschungen in möglichst senkrechter Schachtung sukzessive mit dem Aushub auszuführen. In instabilen Zonen, die vorwiegend unter Schicht- bzw. Stauwassereinfluss zu erwarten sind, kann zur Reduzierung der Betonmassen ein Austausch im Sinne einer Brunnengründung im Schutz von Betonschachtringen oder Stahlrohren erfolgen.

Auf der Grundlage einer orientierenden Setzungs- und Grundbruchberechnung gemäß der Norm EC 7 und der Grundbruchformel nach DIN 4017:2006 mit dem Programm GGU-Footing 8 kann der **aufnehmbare Sohldruck** ($\sigma_{zul.}$) bzw. der **Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes** für die Bemessungssituation BS-P bei einer Limitierung möglicher Setzungen auf größenordnungsmäßig ca. $s = 1,0 \text{ cm} \pm 5 \text{ mm}$ bei **exemplarisch** gewählten Fundamentabmessungen von $b / t = 0,7 \text{ m} / 0,8 \text{ m}$ (Streifenfundamente) bzw. $a / b / t = 1,5 \text{ m} / 1,5 \text{ m} / 0,8 \text{ m}$ (Einzelfundamente) und unter Berücksichtigung der vorstehend Angaben wie folgt in Ansatz gebracht werden:

Fundamentform	aufnehmbarer Sohldruck $\sigma_{zul.}$ [KN/m ²]	Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ [KN/m ²]
Einzelfundament	225	320
Streifenfundament	200	280

Werden in der Gründungssohle noch aufgeweichte Zonen angetroffen, so sind diese im Hinblick auf die Einhaltung der zugelassenen Sohldrücke zusätzlich zu durchgründen.

Eine detailliertere Setzungs- und Grundbruchberechnung kann auf der Grundlage eines Fundament- und Lastenplanes erfolgen.

Als alternative **Variante 2** kann die Gründung über eine **bewehrte Bodenplatte** in Kombination mit einem setzungs-dämpfendem und lastverteilendem Schotterpolster ausgeführt werden.

Die Bodenplatte ist im Bereich von Lastkonzentrationen bei Bedarf aus statischen Gesichtspunkten voutenförmig zu verstärken.

Unter der Bodenplatte ist zur Vereinheitlichung der Lastverteilung, Begrenzung des Setzungsrisikos und Verringerung der dynamischen Beanspruchung des hoch wasserempfindlichen Baugrundes, die zu einer zusätzlichen Aufweichung und nachträglichen Verschlechterung des Planums führen kann, eine Mindestpolsterstärke von 0,8 m (einschl. kapillarbrechender Schicht) vorzusehen.

Für die oberen 0,5 m werden die Körnungen 0/32, 0/45 oder 0/56 empfohlen, während für den unteren Teil höherer Schüttungen auch Körnungen bis z.B. 0/100 verwendet werden können. Der Feinkornanteil (< 0,063 mm) des Bodenaustauschmaterials sollte in Anlehnung an die DIN 18 196 für grobkörnige Böden im Lieferzustand $\leq 5 \%$ betragen.

Als zusätzliche Trennung und Gewährleistung der Filterstabilität zwischen Baugrund und Schotterpolster ist ein Geotextil der Robustheitsklasse 5 zu verlegen.

Anschließend ist lagenweise in Schichtstärken bis ca. 0,3 m einzubauen und fachgerecht in 4-6 Übergängen zu verdichten.

Als Verdichtungsgrad (D_{Pr}) ist ein Wert von 100 % der einfachen Proctordichte zu erbringen.

Das Bodenpolster ist aufgrund der Lastausbreitung mit einem Überstand entsprechend der Aufbauhöhe auszubilden.

Werden in der Ausschachtungssohle bzw. Polsteraufstandsfläche noch aufgeweichte Zonen oder vulkanische Ablagerungen (Homogenbereich I) angetroffen, so sind diese zusätzlich auszukoffern und flächenhaft durch o.a. Schüttgüter zu ersetzen.

Über bindigen Planien ist ausschließlich statisch zu verdichten, da eine dynamische Verdichtungsweise zu Bodenwassermobilisierungen mit zusätzlicher Aufweichung führen kann.

Unter Berücksichtigung o.g. Angaben und einem annähernd gleichmäßig über die Platte verteilten **Sohldrucks** von $\sigma = \text{rd. } 60 \text{ kN/m}^2$ sowie unter Ansatz einer geologischen Vorbelastung des Baugrunds ist nach einer überschlägigen Setzungsberechnung von möglichen **Setzungen** in der Größenordnung von $1,0 \text{ cm} \pm 5 \text{ Millimetern}$ auszugehen.

Setzungsdifferenzen sind in einer Größenordnung von $\leq 10 \text{ Millimetern}$ zu erwarten, wobei die höheren Setzungen aufgrund der geringeren geologischen Vorbelastung talseitig anzutreffen sind.

Die Gesamtsetzungen werden nach Abschluss der Rohbauphase zu ca. 60 % abgeklungen sein.

Für die statische Bemessung der Platte kann somit talseitig ein **Bettungsmodul** von ca. $k_s = 5,5 \text{ MN/m}^3$ und bergseitig von rd. $k_s = 7,5 \text{ MN/m}^3$ in Ansatz gebracht werden.

In Bereichen mit streifenförmigen oder punktuellen Lastkonzentrationen können die Werte bei entsprechendem Überstand der Platte um den Faktor 1,5 erhöht werden.

Grundbruchsicherheit ist bei dem gewählten Fundamentsystem bewehrte Bodenplatte gewährleistet.

Hinsichtlich der erdstatischen Kennwerte und Steifemoduln für die möglichen Schüttgüter des Bodenpolsters unter der Fundamentkonstruktion wird auf Kap. 7.2 -Bodenmechanische Kennwerte-, Tab. 4 verwiesen.

8.2 Verkehrs- und Betriebsflächen

Auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse zur Baugrundsituation sind im Rahmen der Erdarbeiten Böden von wechselhafter Tragfähigkeit zu erwarten.

Im Niveau des **Erdplanums** ist zunächst eine Grundtragfestigkeit von $E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$ zu gewährleisten.

Diese Vorgabe ist nach den Untersuchungsergebnissen in der Regel nicht erfüllt. Dies gilt insbesondere für die flächendeckend anzutreffenden, hoch wasser- und frostempfindlichen bindig verwitterten Tuffprodukte, Lehmschichten und für die feinkornreichen tertiären Sedimente.

Besonders in und nach Regenperioden kann Wasserkontakt aufgrund der hohen Wasserempfindlichkeit zu einer Aufweichung und weiteren Verringerung der ohnehin geringen Grundtragfestigkeit führen.

Grundsätzlich kommen zur Stabilisierung sowohl Bodenaustausch gegen Grobsteinmaterial als auch eine Bodenverfestigung / -verbesserung mit Bindemitteln aus Kalk, Zement bzw. Kalk- / Zement-Gemischen (Mischbinder) in Betracht.

Aufgrund der unvermeidbaren Staubeentwicklung, der sehr wechselhaften Bodenverhältnisse, die ein einheitliches Arbeiten nicht ermöglichen, sowie der erhöhten Tongehälter innerhalb der Tuffverwitterungsprodukte sowie der tertiären Wechselfolge, die zu erhöhten Bindemitteldosierungen und längeren Einwirkzeiten führen, wird von einer Bodenverfestigung / -verbesserung mit Bindemitteln abgeraten.

Es wird zunächst empfohlen, in der Ausschreibung zur Verbesserung des Erdplanums in jedem Fall vorsorglich witterungsunabhängige Fremdmaterialien als Austauschmassen zu berücksichtigen.

Für einen Bodenaustausch werden **grobkörnige Böden** nach DIN 18 196 aus gebrochenen Natursteinmaterialien oder bautechnisch gleichwertige und umweltverträgliche Recyclingbaustoffe der Körnung 0/100 bis 0/150 vorgeschlagen.

Bei steifplastischer Konsistenz ist erfahrungsgemäß von Mindestaustauschstärken in der Größenordnung von ca. 30 cm auszugehen.

In besonders ausgeprägten Schwächezonen, die unter Schicht- bzw. Stauwasser über den tonhaltigen Sedimenten zu erwarten sind, sowie in den erfahrungsgemäß sehr gering tragfähigen Tuffverwitterungsprodukten ist zu verstärken bzw. sind grobe Blöcke (\varnothing 200 - 600 mm) statisch in den Untergrund einzudrücken. Es ist so lange nachzustopfen bis sich ein stabiles Steinskelett ausgebildet hat, auf dem weiter aufgebaut werden kann.

Zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung der Bodenaustauschstärken werden zum gegebenen Zeitpunkt in der Bauphase Kontrollversuche mittels statischen Lastplattendruckversuchen nach DIN 18 134 empfohlen.

Die Schichtstärke der **ungebundenen Tragschichten** aus definierten Schotter-Splitt-Sand-Gemischen (0/32 bzw. 0/45) ist unter Berücksichtigung der zukünftigen Verkehrsbelastung durch Schwerlastverkehr, Gabelstapler etc. in Abstimmung mit den RStO 12 zu konzipieren.

Für den frostsicheren Aufbau in den Außenbereichen ist gemäß Tabelle 6 der RStO 12 unter Berücksichtigung eines Erdplanums der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 60 cm (Bk1,0) zu veranschlagen.

Bezüglich Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse (z.B. Frosteinwirkungszone) wird auf Tabelle 7 der RStO 12 verwiesen. Reduzierungen der Dicke sind bei Vorliegen einer anderen Frostempfindlichkeitsklasse des Erdplanums (z.B. bei Kies oder Bodenaustausch gegen grobkörnige Böden i. S. der DIN 18 196) ggf. möglich.

Bei Einstufung in eine hiervon abweichende Belastungsklasse bzw. gesonderten Festlegungen zur Bauweise (s.o.) sind die Vorgabewerte anzupassen.

Auf den unterschiedlichen Planien sind in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung und Einstufung der Belastungsklasse (vorläufiger Ansatz: Bk1,0) sowie der Bauweise und Art des Oberflächenbelags (Asphalt, Pflaster) folgende Werte mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 18 134 nachzuweisen:

Erdplanum	$E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$	
Frostschuttschicht	$E_{v2} \geq 120,0 \text{ MN/m}^2$	$E_{v2} / E_{v1} \leq 2,2$
Schottertragschicht	$E_{v2} \geq 150,0 \text{ MN/m}^2$	$E_{v2} / E_{v1} \leq 2,2$

Bei Ausführung von Kies- oder Schottertragschichten wird bezüglich Verdichtungsgrad und Verformungsmodul ergänzend auf die Vorgaben der ZTV SoB-StB verwiesen.

Bei Wahl der Gründungvariante mittels Einzel- und Streifenfundamente gelten zusätzlich die folgenden Angaben:

Unter der Bodenplatte der Halle ist eine kapillarbrechende Filterschicht aus abgestuftem Material der Körnung 0/32 bzw. 0/45 in einer Mindestdicke von ca. 30 cm vorzusehen.

Vorbehaltlich anderslautender Anforderungen des Hallenbodenherstellers sind auf den einzelnen Planien folgende Werte nachzuweisen:

Erdplanum	$E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$	$E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5 - 2,8$
Tragschicht	$E_{v2} \geq 120,0 \text{ MN/m}^2$	$E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$

Im Hinblick auf das „sichere Erreichen“ der geforderten Tragfähigkeit auf den ungebundenen Tragschichten unter dem Hallenboden wird unter Berücksichtigung eines Mangels an Grundtragfähigkeit erfahrungsgemäß ein Gesamtaufbau von ca. 80 cm erforderlich.

Folgender Aufbau kann gewählt werden:

- 30 cm Mineralgemisch der Körnung 0/32 o. 0/45 (kapillarbrechende Schicht)
- 50 cm Grobsteinmaterial der Körnung 0/100 o. 0/150

8.3 Versickerungsbedingungen

Zur Erkundung der Versickerungsbedingungen vor Ort wurden in den oberflächennah anstehenden Bodenschichten hydraulische Feldversuche durchgeführt.

Folgende Verfahren kamen zur Ausführung:

- **Doppelring-Infiltrometer-Versuch nach DIN 19682-7**
- **Permeabilitäts-Infiltrations-Test nach USBR**

Die Lage der durchgeführten Versickerungsversuche geht aus dem Lageplan im Maßstab 1 : 250 (Anlage 1) hervor.

8.3.1 Doppelring-Infiltrometer Versuch nach DIN 19 682-7

Zum Nachweis der Versickerungsfähigkeit, d.h., zur Bestimmung der Infiltrationsrate und Durchlässigkeit der für die Versickerung relevanten Schichten wurde ein **Doppelring-Infiltrometer-Versuch nach DIN 19682-7** ausgeführt.

Das Verfahren stellt als besonderen Vorteil eine modellhafte Mulden- oder Rigolenversickerung auf kleinem Raum dar. Hiermit können die in-situ-Eigenschaften der in weitgehend ungestörtem Verband anstehenden Bodenschichten annähernd repräsentativ erfasst werden.

Für die Bestimmung der Infiltrationsrate wurde das „Instationäre Verfahren“ mit absinkendem Wasserspiegel gewählt, welches die Versickerungsbedingungen praxisnah simuliert.

Der Versickerungsversuch erfolgte oberflächennah nach Abtrag der Vegetationsschicht in der belebten Oberbodenzone bis zur Einstellung einer annähernd konstanten Infiltrationsrate.

Die Dokumentation sowie die Auswertung des Versuchs sind aus Anlage 3 zu entnehmen.

Nachfolgend wird das Untersuchungsergebnis in tabellarischer Form dargestellt. Die angegebene Infiltrationsrate und Durchlässigkeit wird aus den zur Bestimmung heranzuziehenden Endwerten bei Wassersättigung und annähernd konstanter Infiltrationskapazität ermittelt.

Tab. 6: Ergebnis Doppelring-Infiltrometer-Versuch

Boden	k_f - Wert [m / s]	k_f - Wert [cm / s]	Durchlässigkeitsbereich nach DIN 18 130
belebte Oberbodenzone	$1,2 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-4}$	durchlässig bis schwach durchlässig

Gemäß **DIN 18 130** ist die belebte Oberbodenzone als „**durchlässig bis schwach durchlässig**“ einzustufen.

8.3.2 Permeabilitäts-Infiltrations-Tests (PIV-Test)

Zur Feststellung der Durchlässigkeit für eine eventuelle Versickerung in den tieferen tertiären Sedimenten, erfolgte ein Eingießversuch mit abnehmender Druckhöhe, ein sog. „**Permeabilitäts-Infiltration-Tests (PIV-Test)**“.

Hierzu wurde eine Rammkernsondierung bis zum Erreichen der tertiären Wechselfolge ausgeführt und ein Vollrohr DN 32 eingebaut. Anschließend Wasser eingefüllt und sodann der Wasserspiegel über einen längeren Zeitraum kontrolliert.

Die Ermittlung der Durchlässigkeit (k_f -Wert) erfolgte überschlägig nach USBR, wobei für die Berechnung ein in diesem Fall anzusetzender kugelförmiger Strömungsbereich berücksichtigt wurde. Für einen näherungsweise kugelförmigen Strömungsbereich bei einer Versickerung über die Sohle gilt mit $L = 0$ ($L =$ Länge der Versickerungsstrecke) für die Berechnung der Durchlässigkeit die Formel:

$$k_f = Q / (5,5 \times r \times H)$$

Hierin bedeuten:

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)
 Q = versickerte Wassermenge (m^3/s)
 r = Rohrlinnendurchmesser (m)
 H = mittlere Druckhöhe (m)

Die Versuchsdaten und -ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tab. 7: Ergebnisse des hydraulischen Bohrlochversuches (PIV-Test)

Bohrloch-tiefe	Boden im Sohlniveau	Messstart nach Versuchsbeginn	Absinkrate [m]	Messdauer [s]	Q [m^3/s]	H [m]	k_f [m/s]
2 m	Schluff-Ton-Gemisch	1 min	0,003	6600	$5,71 \times 10^{-10}$	1,9965	$1,45 \times 10^{-9}$
			0,001	2220	$5,66 \times 10^{-10}$	1,9945	$1,44 \times 10^{-9}$
			0,002	4200	$5,98 \times 10^{-10}$	1,9930	$1,52 \times 10^{-9}$

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse sind die tertiären Schluff-Ton-Gemische mit Durchlässigkeitsbeiwerten zwischen rd. $1,4 \times 10^{-9}$ und $1,5 \times 10^{-9}$ in Anlehnung an DIN 18 130 als „**sehr schwach durchlässig**“ einzustufen.

8.3.3 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit

Auf der Grundlage der durchgeführten Felsversuche sowie von Erfahrungswerten aus zahlreichen Bestimmungen durch Feld- und Laborversuche können den am Standort angetroffenen Böden (Lockergesteinen) folgende Bandbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) zugeordnet werden:

- belebte Oberbodenzone 1,2 x 10⁻⁶ m/s

Quartäre Sedimente:

- Tuffverwitterungsprodukte 1,0 x 10⁻⁵ bis 1,0 x 10⁻⁸ m/s
- Bims 1,0 x 10⁻³ bis 1,0 x 10⁻⁵ m/s
- Lehm 1,0 x 10⁻⁷ bis 1,0 x 10⁻⁹ m/s

Tertiäre Sedimente:

- Schluff-Ton-Gemische 1,4 x 10⁻⁹ bis 1,5 x 10⁻⁹ m/s
- Sand / Kies (feinkornreich) 1,0 x 10⁻⁵ bis 1,0 x 10⁻⁷ m/s

Nach hydrogeologischen Überlegungen kommen für Versickerungsanlagen gemäß ATV-Arbeitsblatt A 138 bevorzugt Böden in Frage, deren Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung von 1 x 10⁻³ m/s bis 1 x 10⁻⁶ m/s liegen, wobei im Hinblick auf den Grundwasserschutz zusätzlich ein ausreichendes Reinigungsvermögen vorausgesetzt werden muss.

Die Bedingung bezüglich der Durchlässigkeit wird lediglich von den im Untersuchungsgebiet geringmächtig aufgeschlossenen grobkörnigen Bimslagen erfüllt. Ferner bietet die belebte Oberbodenzone aufgrund ihrer Bodenstruktur noch (eingeschränkte) Möglichkeiten für eine oberflächennahe Versickerung.

Nach den gewonnenen Erkenntnissen liegen für eine dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser am Standort insgesamt **ungünstige bis sehr ungünstige Bedingungen** vor.

In der Konzeption etwaiger Versickerungsanlagen ist zu berücksichtigen, dass der Wechsel durchlässiger bis hin zu sehr schwach durchlässiger Baugrundeinheiten eher zu einer horizontalen Ausbreitung des Wassers in wasserwegsameren Schichten (u.a. gemischt- bis grobkörniger Bims) führt, wodurch im Hanggelände eine Verlagerung auf Nachbargrundstücke begünstigt wird.

Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass die Sickerwässer vor allem bei länger anhaltenden Niederschlagsereignissen der Morphologie folgend konzentriert abfließen oder im ungünstigsten Fall wieder an die Oberfläche gelangen können.

Vor diesem Hintergrund ist eine Bevorratung von Niederschlagswasser als Brauchwasser in Zisternen mit Notüberlauf in den Regenwasserkanal zu bevorzugen.

8.4 Allgemeine Hinweise

Die am Projektstandort anstehenden feinkörnigen Lockergesteine weisen eine vergleichsweise hohe **Frost- und Wasserempfindlichkeit** auf. Dem Schutz des Planums vor Wassereinflüssen kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Die Gründungssohle ist vor der Befahrung mit schwerem Gerät und somit vor einer Verschlechterung seiner Tragfähigkeitseigenschaften zu schützen. Eine dynamische Beanspruchung der feinkornreichen Partien kann in Verbindung mit stärkerer Wassersättigung zu Aufweichungen führen. Über dem Planum ist daher ausschließlich statisch zu verdichten. Bodenabträge sind rückschreitend und Bodenaufträge zwingend „vor Kopf“ auszuführen.

Die Aushubsohle ist sofort nach der Herstellung mit Geotextil und Mineralgemisch (Bodenplatte) abzudecken bzw. mit einer Sauberkeitsschicht aus Beton (Einzel- und Streifenfundamente) zu versiegeln um das Planum vor Witterungseinflüssen und damit einhergehenden Aufweichungen zu schützen.

Oberflächenwasser ist vom Planum fernzuhalten, kontrolliert über Dränagen zu fassen und abzuleiten.

Ferner sind für in den westlichen Einschnittsbereichen **zufließendes Schicht- und Hangwasser**, das besonders aus den gemischt- bis grobkörnigen Bimslagen zu erwartenden ist, Randgräben und Dränagen auszubilden.

Erfolgen Anschüttungen gegen das Gebäude sind den **Schutz gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser** betreffend erdberührte Wände und Bodenplatte dem Lastfall W1.2-E zuzuordnen, wenn bei wenig wasserdurchlässigem Baugrund Stauwasser durch eine auf Dauer funktionsfähige Dränage nach DIN 4095 zuverlässig vermieden wird.

Bei Verzicht auf limitierende Dränagen oder Einbindetiefen $\geq 3,0$ m u. GOK ist für erdberührte Wände und Bodenplatte eine Abdichtung gegen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser gemäß DIN 18195 Teil 6, Abschnitt 8 (Lastfall W2.2-E) auszubilden.

Hinsichtlich der **Baugrubensicherung** sind die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten. Die im Projektareal anstehenden Böden können in der wasserungesättigten Zone, sofern auf einen Verbau verzichtet werden kann, wie folgt geböscht werden:

- | | |
|----------------------------|---|
| ➤ Vulkanische Ablagerungen | $\leq 45^\circ$ |
| ➤ Lehm | $\leq 60^\circ$ (bei weicher Konsistenz $\leq 45^\circ$) |
| ➤ Schluff/Ton | $\leq 60^\circ$ |
| ➤ Kies/Sand | $\leq 45^\circ$ |

Sofern die o.a. Böschungsneigungen aufgrund des vorhandenen Platzdargebots nicht realisiert werden können, weil z.B. bestehende Bauwerke, Verkehrswege oder Leitungen tangiert werden, so sind Baugrubensicherungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Für die statische Bemessung eines Verbaus können die bodenmechanischen Kennwerte gemäß Kap. 7.2 in Verbindung mit den Bodenprofilen (Anlage 2) zugrunde gelegt werden.

Bleibende Böschungen im Lockergestein können in Abhängigkeit von der Einstufung nach DIN 18196 mit folgenden Regelneigungen angelegt werden:

Grobkörnige Böden	1 : 1,5 bis 1 : 2,0
Feinkörnige Böden ($h < 6 \text{ m}$)	1 : 1,5
($h > 6 \text{ m}$)	1 : 1,5 bis 1 : 2,0
Gemischtkörnige Böden	1 : 1,5 bis 1 : 2,0

Die Böschungsflächen sind ingenieurbologisch wirksam zu bepflanzen. Durch Wasseraustritte instabile, zu Ausbrüchen neigende Zonen sind durch Einsetzen von Grobsteinprismen, die gegen den anstehenden Boden durch ein Geotextil (Vlies) getrennt werden, zu stabilisieren.

Die beim Baugrubenaushub anfallenden Bodenmassen sind zur **Verfüllung** der **Arbeitsräume** aufgrund ihrer Einbaueigenschaften nicht bzw. nur bedingt geeignet. Es wird wiederum empfohlen, ausreichend Fremdmassen einzuplanen.

Zu den geeigneten, weniger witterungsanfälligen Ersatzschüttstoffen zählen neben abgestuften Mineralgemischen feinkornarme Steinerden und Vorsiebmaterialien sowie bautechnisch gleichwertige und zugleich umweltverträgliche Recyclingbaustoffe. Der Feinkornanteil ($< 0,063 \text{ mm}$) sollte aus o.a. Gründen einen Anteil von ca. 8 - 10 % nicht überschreiten.

Das Schüttgut ist lagenweise ($d = \text{ca. } 20 - 30 \text{ cm}$) einzubauen und in 4 - 6 Übergängen fachgerecht auf mindestens 98 % der einfachen Proctordichte zu verdichten.

8.5 Geodynamik

Der Projektstandort gehört geodynamisch zur **Erdbebenzone 0, Untergrundklasse R und Baugrundklasse C**.

Bezüglich Details wird auf die DIN EN 1998-1 und die ergänzenden Veröffentlichungen des Landes Rheinland-Pfalz verwiesen.

8.6 Eignungs-, Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen

Die zur Qualitätssicherung erforderlichen Prüfungen sind in Anlehnung an die einschlägigen Richtlinien (z.B. ZTVE-StB, ZTV SoB-StB, ZTV Asphalt-StB, RStO) und den hierin vorgegebenen Mindestumfang vorzunehmen. Die entsprechenden Nachweise sind zu führen. Auf die Verdichtungsangaben für Untergrund und Unterbau sowie den ungebundenen Oberbau (s.o.) wird verwiesen.

Die Verdichtung sollte baubegleitend durch statische Lastplattendruckversuche nach DIN 18 134, dynamische Plattendruckversuche mit dem leichten Fallgewichtsgerät sowie Dichtebestimmungen nach DIN 18 125 in Verbindung mit Proctorversuchen gemäß DIN 18 127 überprüft werden.

9.0 Schlussbemerkungen

Sollten sich planungstechnische Änderungen bzw. weitere Problemstellungen ergeben, ist eine ergänzende gutachtliche Beratung zu veranlassen.

Es wird empfohlen, die Baumaßnahme gutachtlich in Form von gesonderten Baustellenterminen und Verdichtungskontrollen begleiten zu lassen.

Die Überprüfung und Abnahme der Sohlen sowie ergänzende Angaben während der Baumaßnahme bleiben vorbehalten.

Der Geotechnische Bericht ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich.

Sachbearbeiter:



Dipl.-Geol. Thilo Born

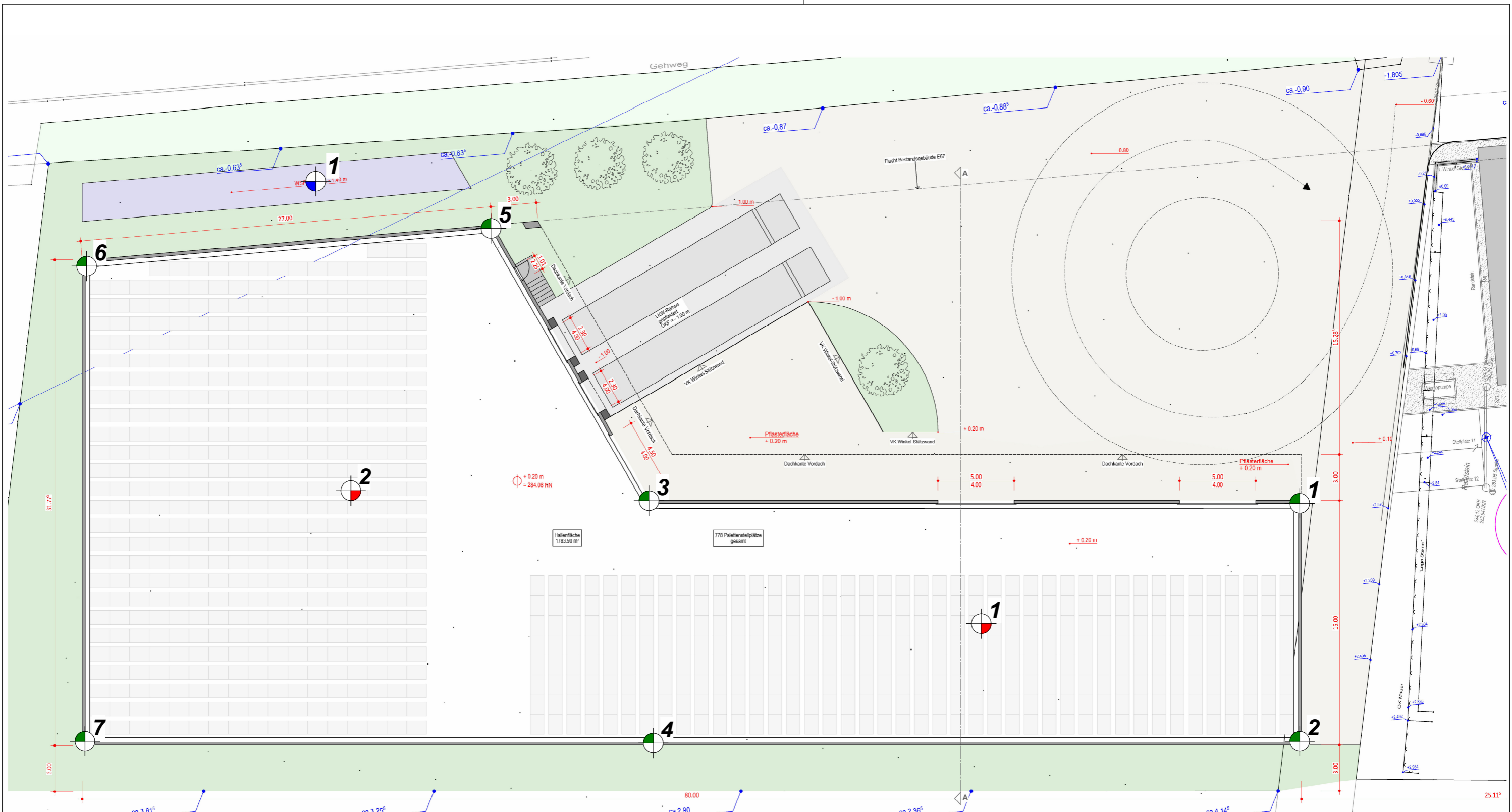


Christian Hering (B.Sc. Angew. Geow.)

Anlage 1

Lageplan

Lageplan der Bodenaufschlüsse 1 : 250



KAISER Geotechnik GmbH Auf dem Kessling 6d 56414 Niederahr		
Neubau Lagerhalle "E69" "Ebernhahner Straße 69" Dermbach		
Lageplan der Bodenaufschlüsse		Maßstab: 1 : 250
Legende:		
	DPH - schwere Rammsondierung	
	RKS - Kleinbohrung	
	Versickerungsversuche	
Planursprung: Fries Architekten	Proj.-Nr.: 22542	Anlage: 1

Anlage 2

Ergebnisse der Bodenaufschlüsse

Bohrprofile

Schlagzahldiagramme

Geologische Profilschnitte

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Boden- und Felsarten



Mutterboden, Mu



Vulkanische Aschen, V



Verwitterungslehm, L



Kies, G, kiesig, g



Sand, S, sandig, s



Schluff, U, schluffig, u



Ton, T, tonig, t

Korngrößenbereich

f - fein
m - mittel
g - grob

Nebenanteile

' - schwach (<15%)
- - stark (30-40%)

Homogenbereiche nach DIN 18300



Homogenbereich I : vulkanische Ablagerungen



Homogenbereich II : Lehm



Homogenbereich III : tertiäre Sedimente

Bodengruppe nach DIN 18196



enggestufte Kiese



weitgestufte Kiese



Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische



enggestufte Sande



weitgestufte Sand-Kies-Gemische



Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische



Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



leicht plastische Schluffe



mittelplastische Schluffe



ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff



leicht plastische Tone



mittelplastische Tone



ausgeprägt plastische Tone



Schluffe mit organischen Beimengungen



Tone mit organischen Beimengungen



grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen
 humoser Art



grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen,
 kieseligen Bildungen



nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)



zersetzte Torfe



Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytija, Dy,
 Sapropel)



Auffüllung aus natürlichen Böden



Auffüllung aus Fremdstoffen

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Bodenklasse nach DIN 18300 (veraltet)

- | | | | |
|---|---------------------------|---|---|
| 1 | Oberboden (Mutterboden) | 2 | Fließende Bodenarten |
| 3 | Leicht lösbare Bodenarten | 4 | Mittelschwer lösbare Bodenarten |
| 5 | Schwer lösbare Bodenarten | 6 | Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten |
| 7 | Schwer lösbarer Fels | | |


Konsistenz

- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |
| <i>breiig</i> | <i>weich</i> | <i>steif</i> | <i>halbfest</i> | <i>fest</i> |

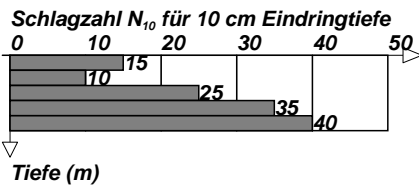
Lagerungsdichte

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| <i>locker</i> | <i>mitteldicht</i> | <i>dicht</i> | <i>sehr dicht</i> |

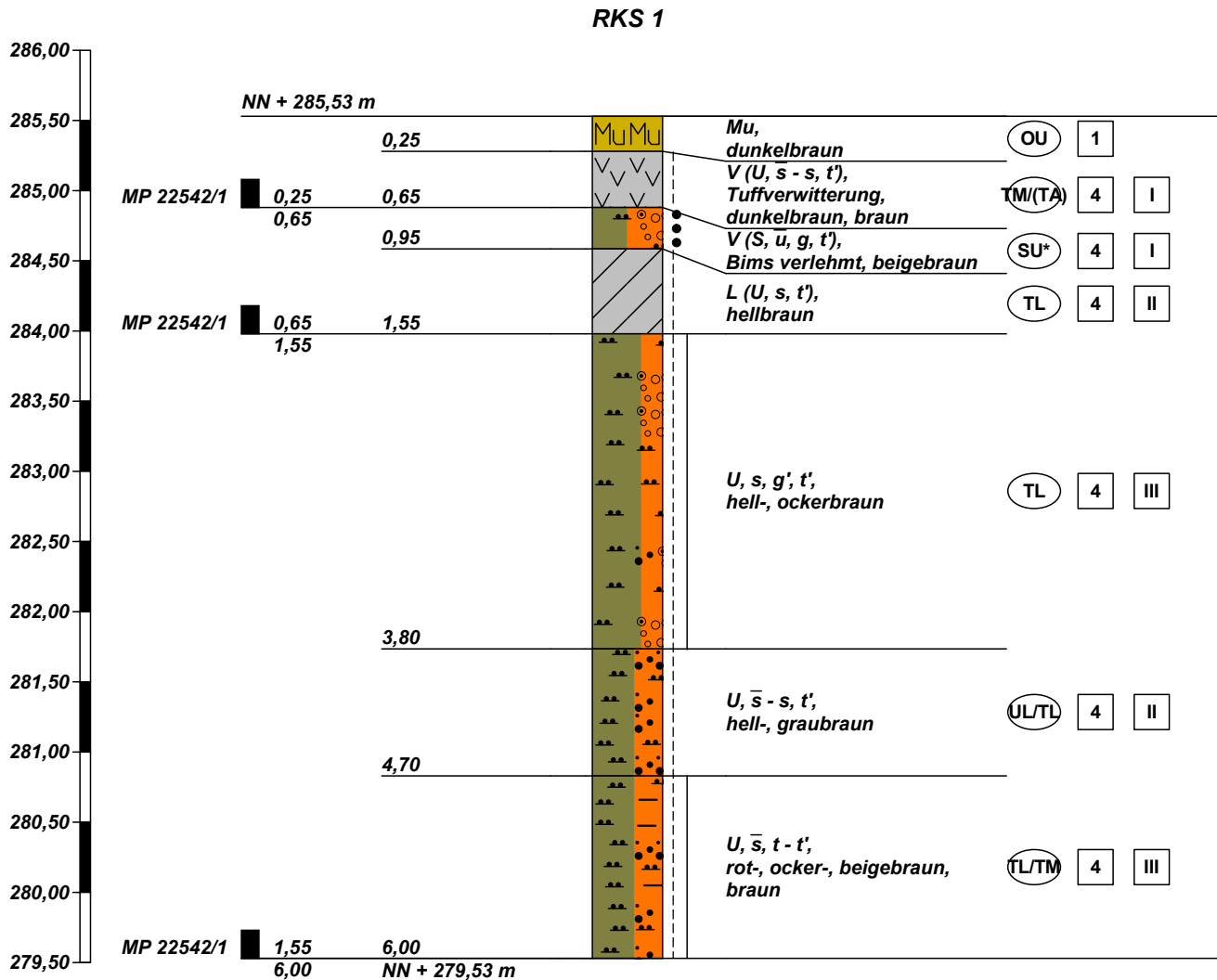
Sonstige Zeichen

- 
naß, Vernässungszone oberhalb des Grundwassers

Rammdiagramm



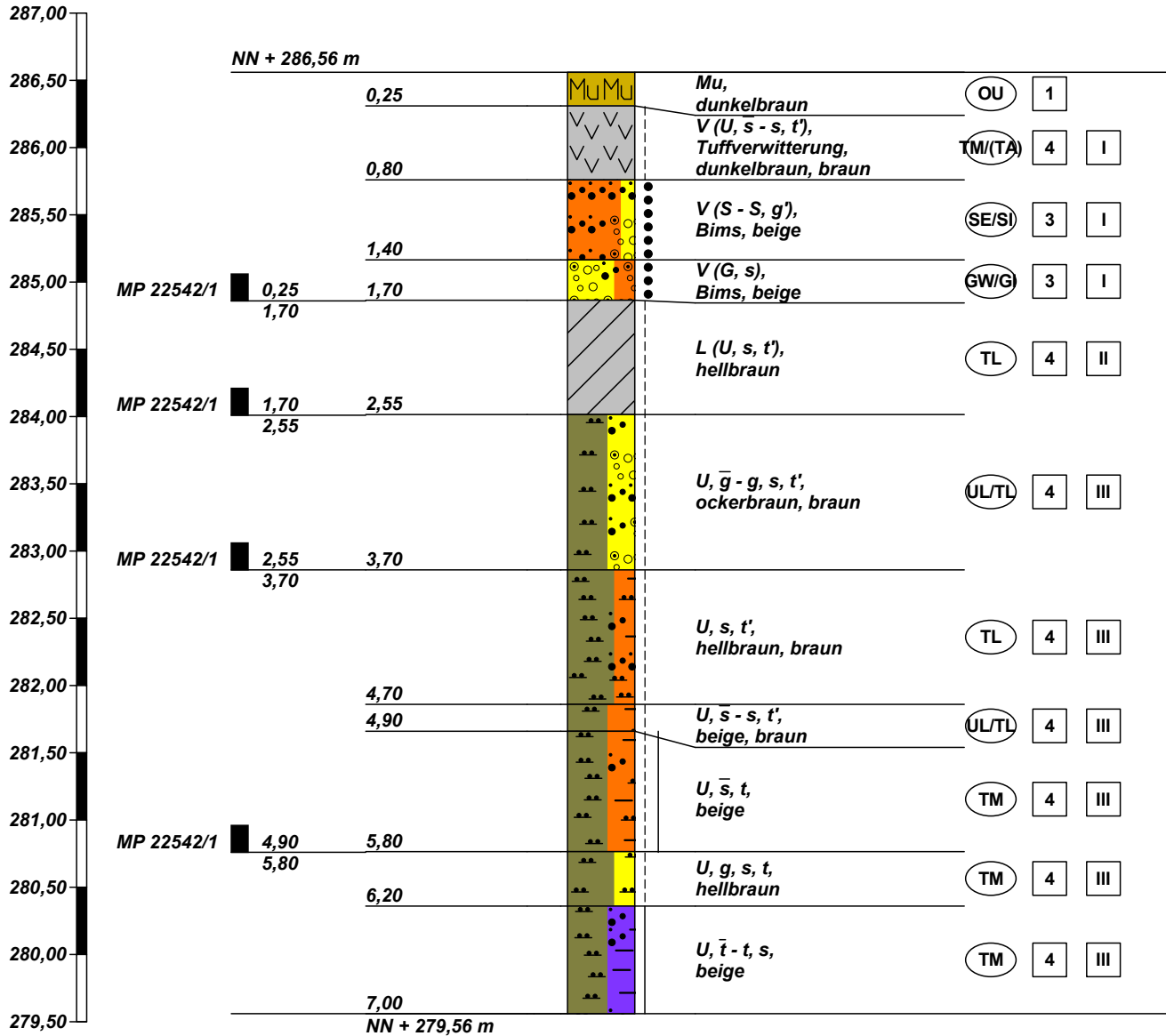
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

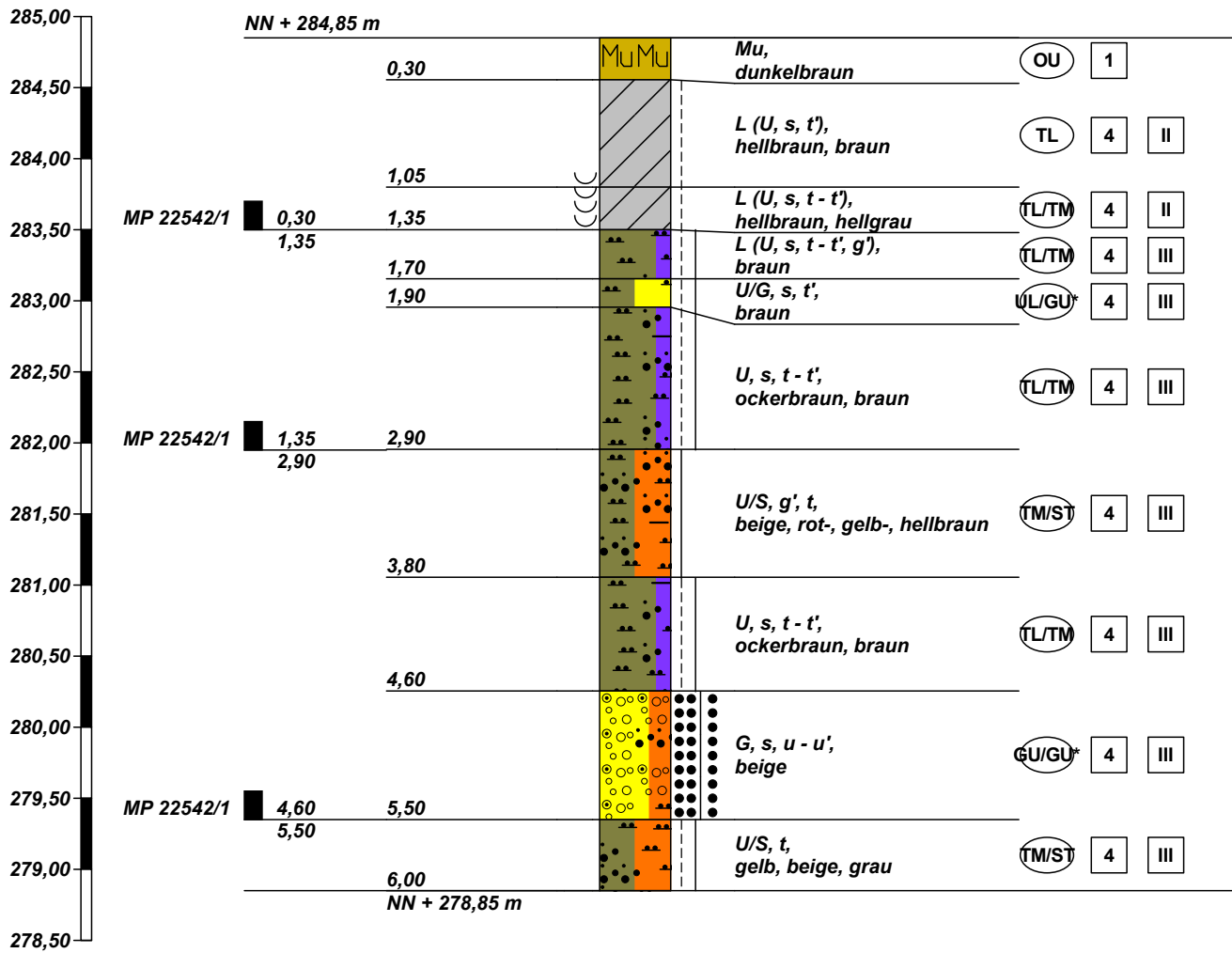
RKS 2



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

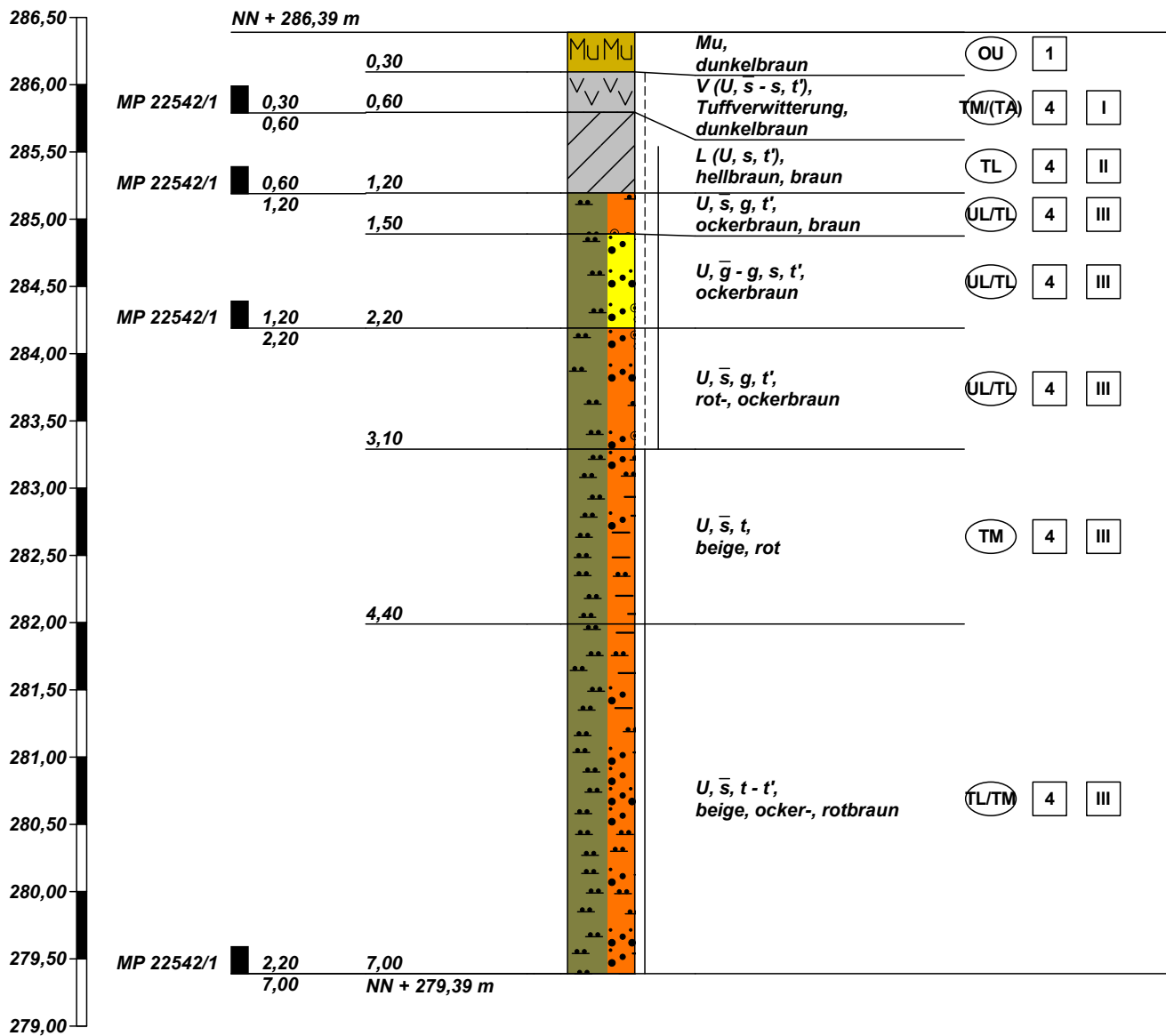
RKS 3



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

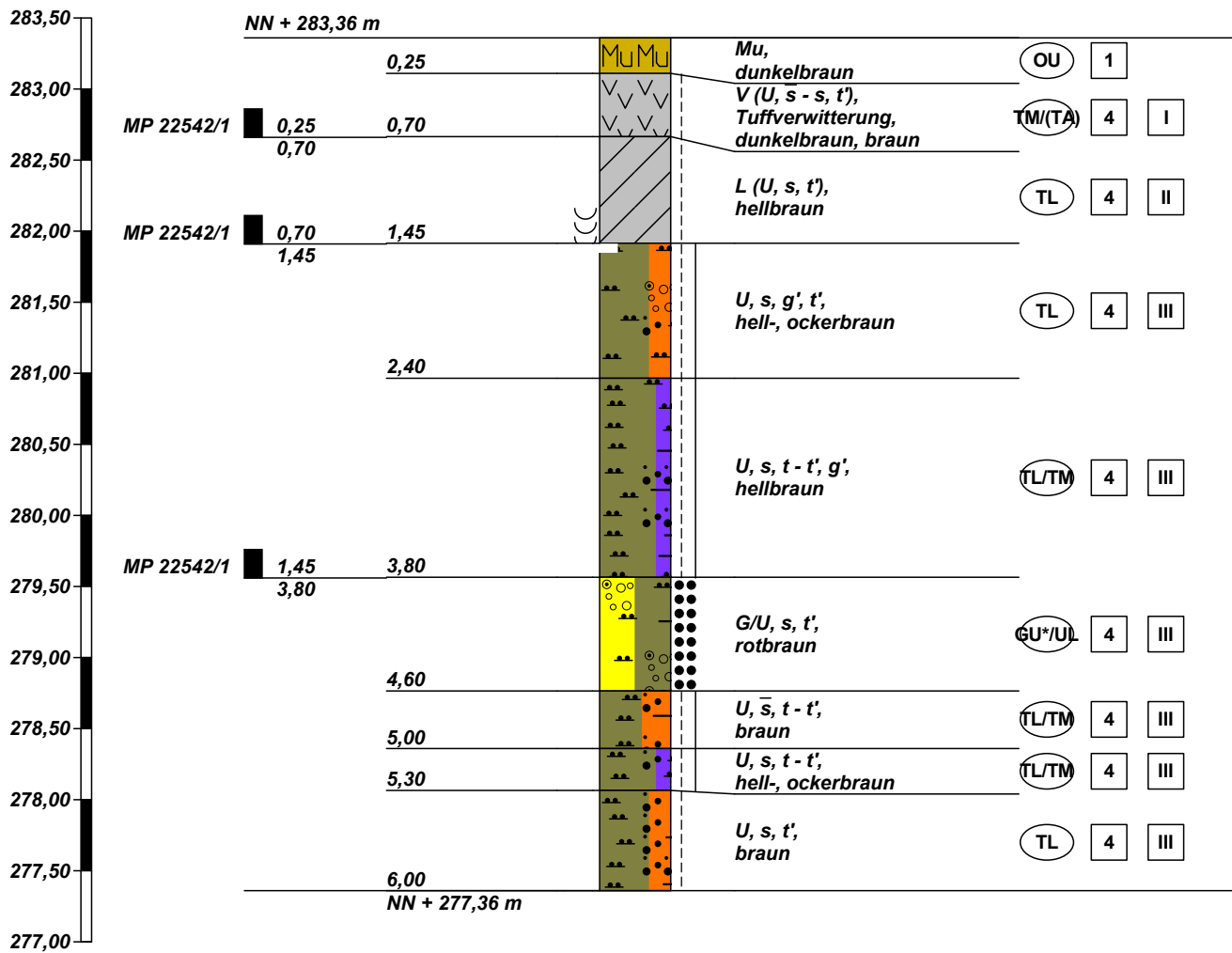
RKS 4



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

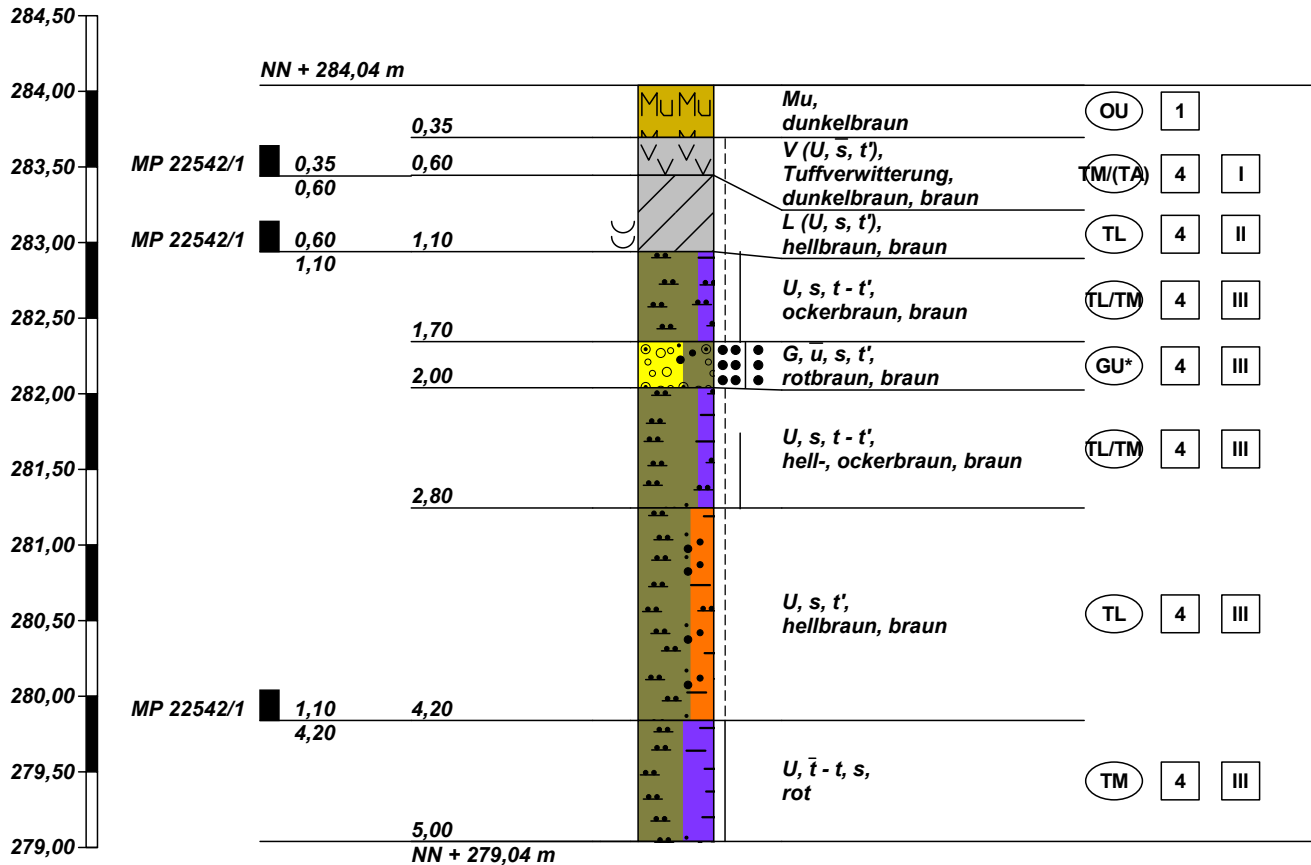
RKS 5



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

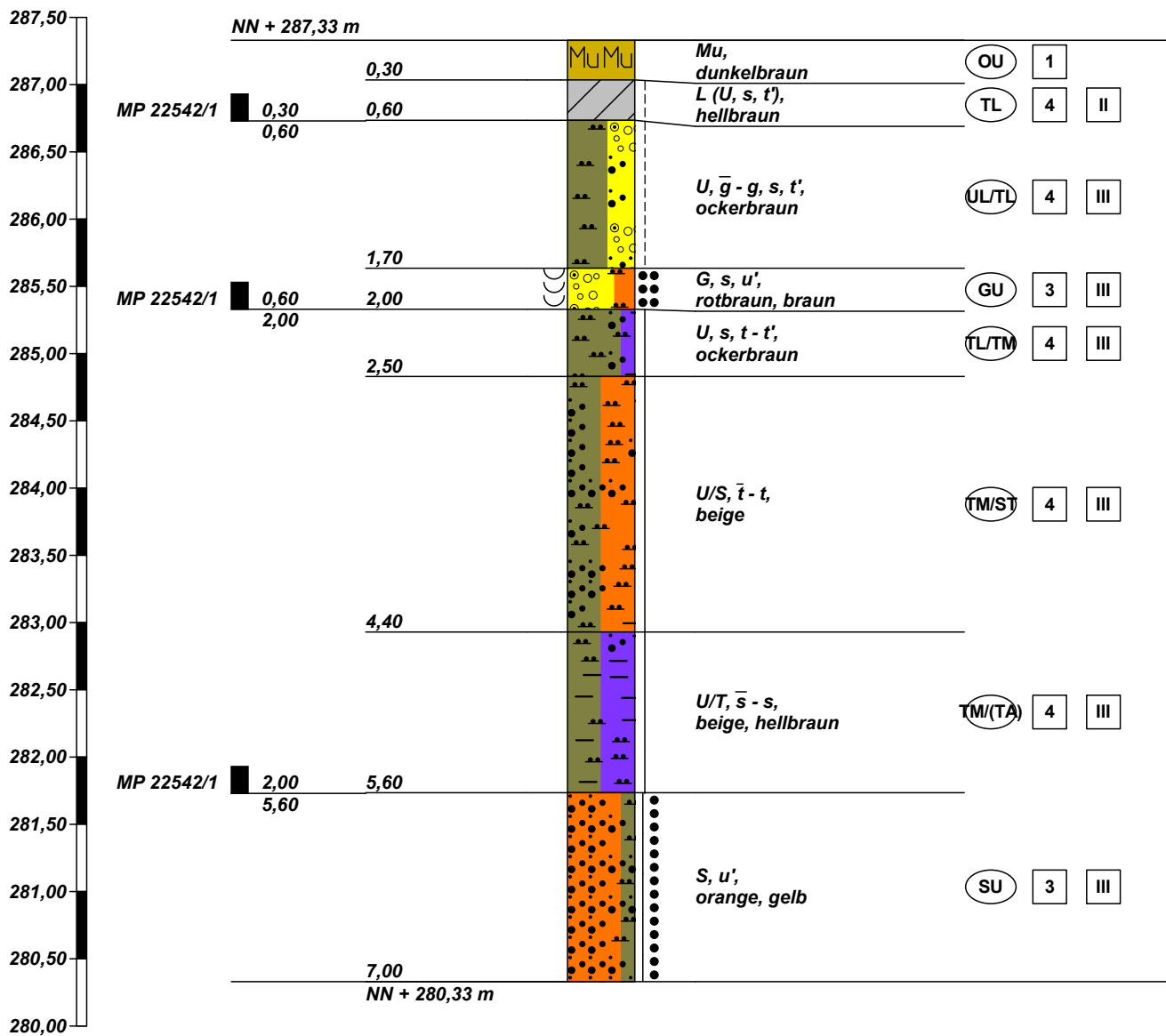
RKS 6



Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

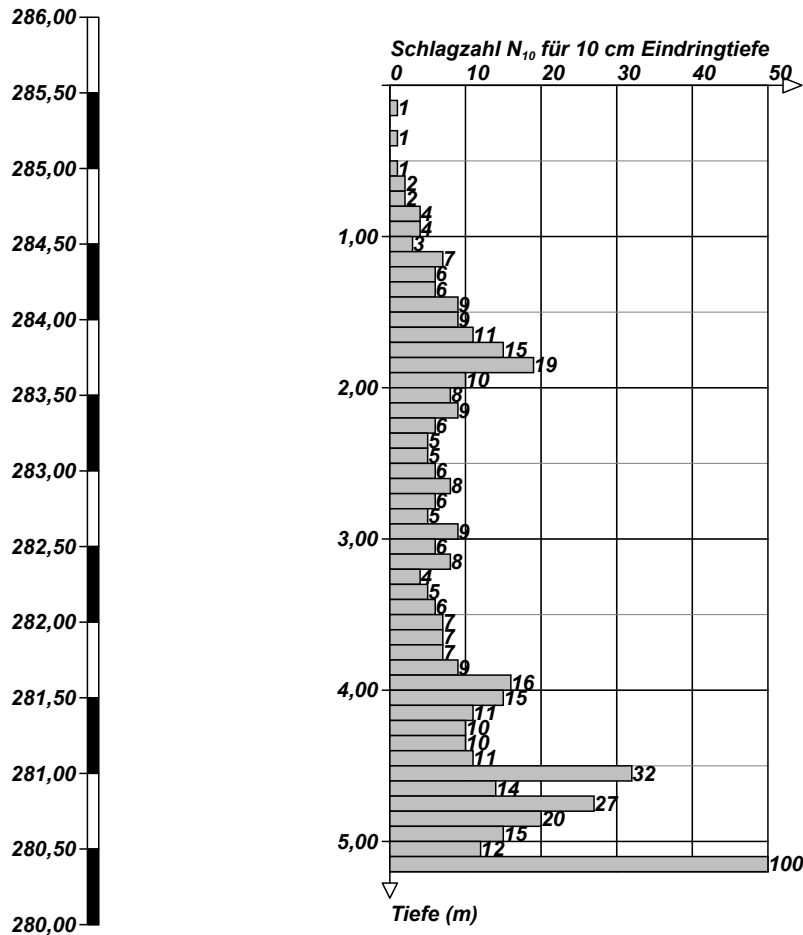
RKS 7



Höhenmaßstab 1:50

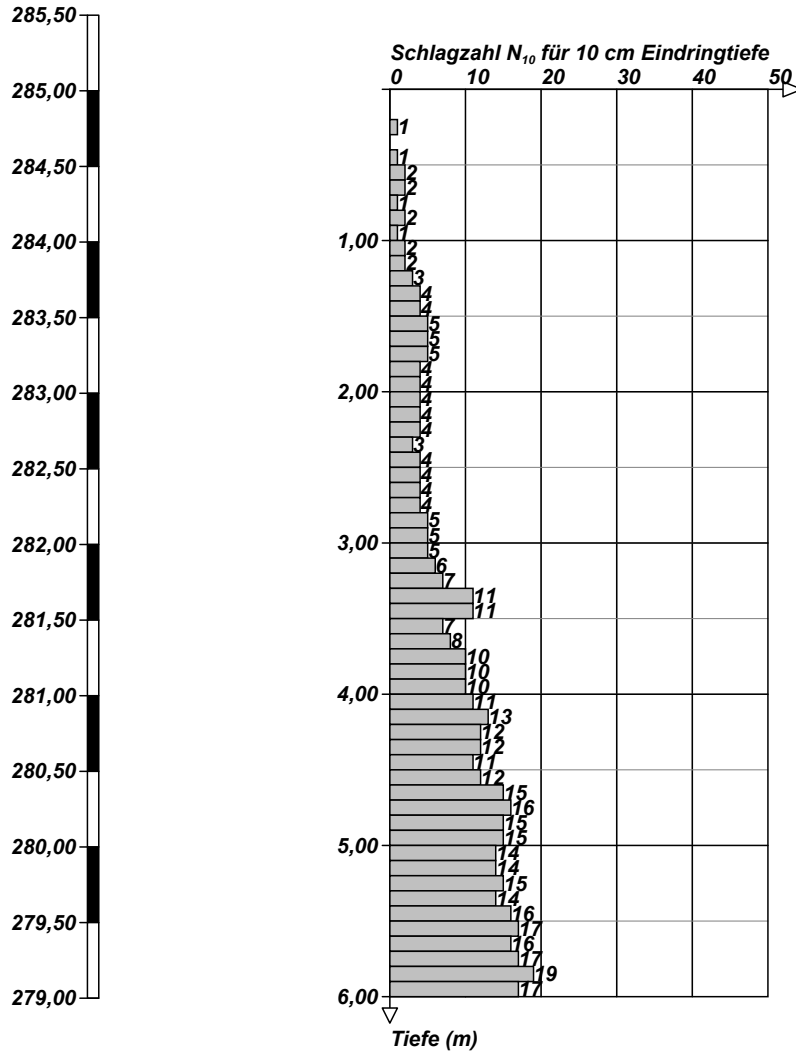
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

DPH 1



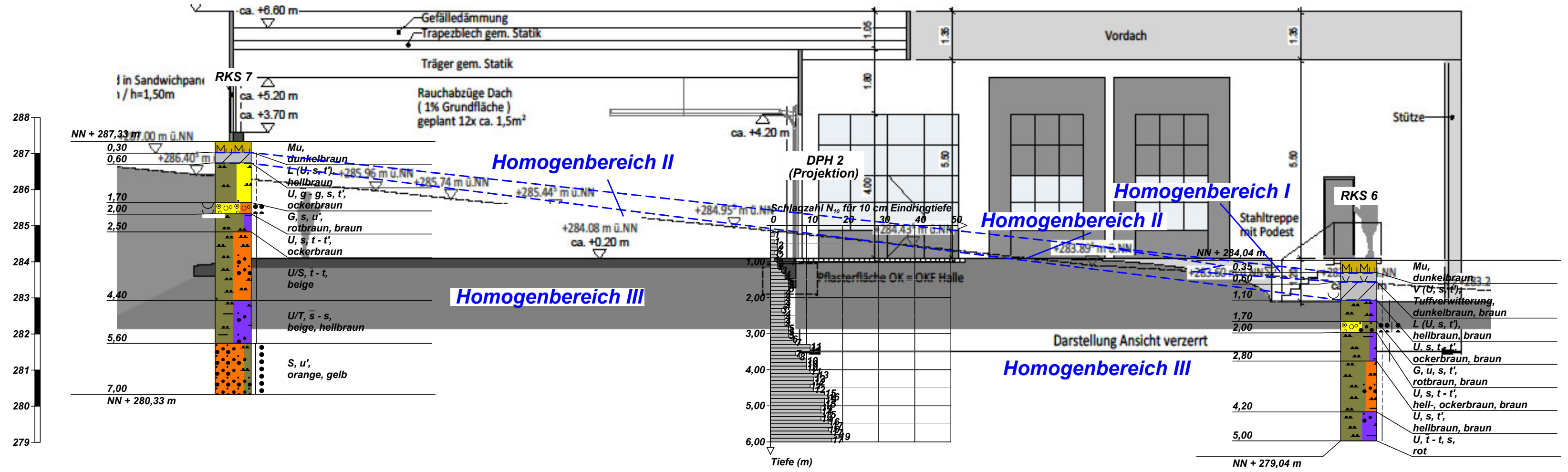
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

DPH 2



Höhenmaßstab 1:50

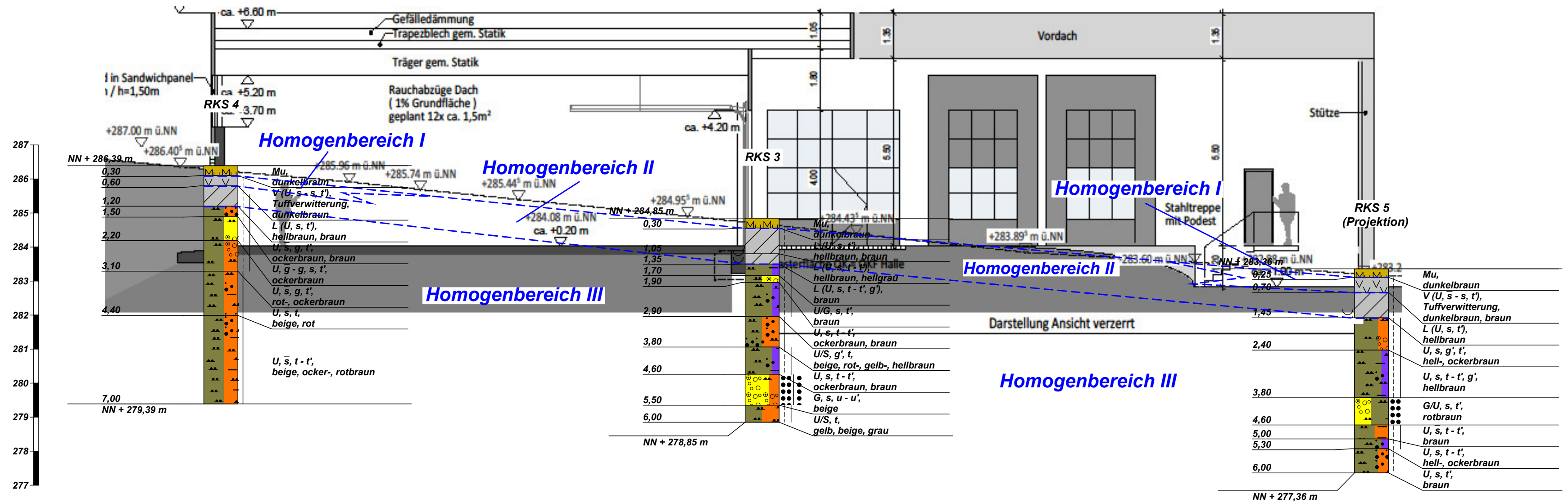
Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023



**Geologischer Profilschnitt
nördliche Bauwerksflanke**

Maßstab 1 : 100 (H / V)

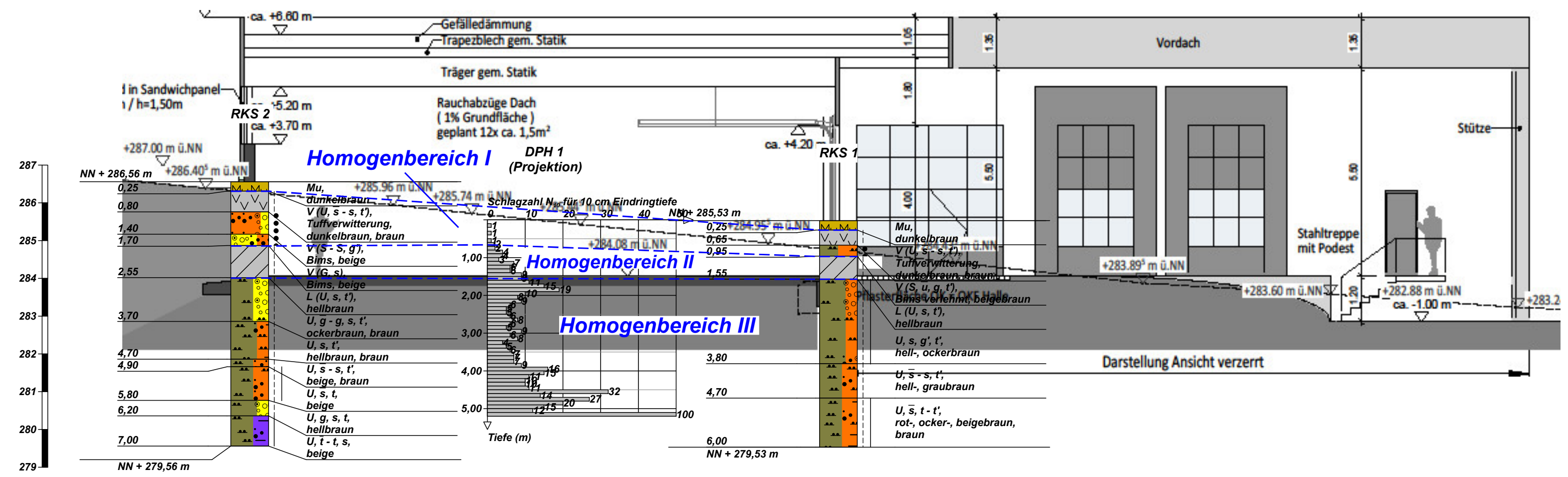
Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023



**Geologischer Profilschnitt
Bauwerksmitte**

Maßstab 1 : 100 (H / V)

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023



**Geologischer Profilschnitt
südliche Bauwerksflanke**

Maßstab 1 : 100 (H / V)

Anlage 3

Ergebnis hydraulischer Feldversuch

Doppelring-Infiltrometer-Versuch nach DIN 19682-7



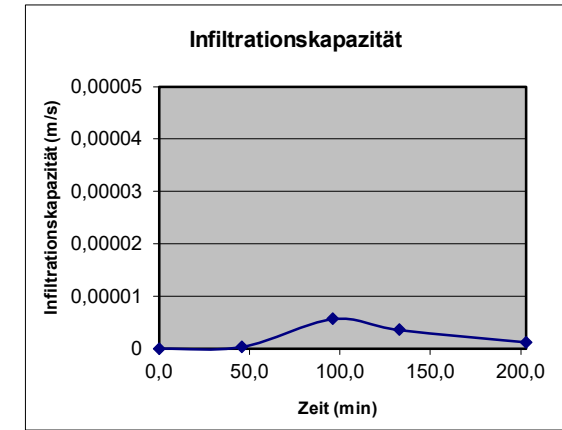
Kaiser Geotechnik GmbH
 Auf dem Kessling 6d
 56414 Niederahr
 Tel.: 02602-949520
 Fax: 02602-9495259
 info@kaiser-geotechnik.de

Doppelring-Infiltrometer-Versuch nach DIN 19682 Blatt 7

Anlage: 3

Projekt: Neubau Lagerhalle "E69", "Ebernhahner Straße 69", Dernbach
 Projektnummer: 22542
 Versuchsdatum: 13.01.2023
 Prüfposition: siehe Lageplan (Anlage 1)
 Bearbeiter: ch

Zeit	Wasserhöhe	Zeitabschnitt	Infiltration	Infiltrationskapazität	Infiltrationskapazität	
(min)	(mm)	(min)	(mm)	(mm/min)	(m/s)	
0,0	100,0	-	-	-	-	-
46,0	99,0	46,0	1	0,0	0,00000	3,6E-07
96,0	82,0	50,0	17	0,3	0,00001	5,7E-06
133,0	74,0	37,0	8	0,2	0,00000	3,6E-06
203,0	69,0	70,0	5	0,1	0,00000	1,2E-06



Feldgesättigte hydraulische Leitfähigkeit = 1,2E-06 m/s

Anlage 4

Prüfbericht

Bodenanalyse nach TR LAGA

Lochhausener Str. 205
81249 München
www.labor-graner.de

Dr. Graner & Partner GmbH, Im Steingrund 2, 63303 Dreieich

Kaiser Geotechnik GmbH
Auf dem Kessling 6d

56414 Niederahr

Niederlassung Rhein-Main

Ihre Ansprechpartner

Dr. Bernd Kugler
+49 (0) 6103 485698-22
b.kugler@labor-graner.de

Isabelle Hopf
+49 (0) 6103 485698-46
i.hopf@labor-graner.de

Dreieich, 02.02.2023

Prüfbericht 2304133

Auftraggeber: Kaiser Geotechnik GmbH
Projektleiter: Herr Hering
Auftragsnummer:
Auftraggeberprojekt: 22542 Dernbach
Probenahmedatum:
Probenahmeort: Dernbach
Probenahme durch: Auftraggeber
Probengefäße: Kunststoffbecher
+Headspace

Eingang am: 30.01.2023
Zeitraum der Prüfung: 30.01.2023 - 02.02.2023

Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025: 2018-03 · D-PL-18601-01-00

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte, Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben, Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB

Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Alexander Hartmann
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22, BIC: GENODEFIM07
Ust-ID DE 129 4000 66

E-Mail: info@labor-graner.de
Website: www.labor-graner.de



Probenbezeichnung:	MP 22542/1			
Probenahmedatum:				
Labornummer:	2304133-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraction			
	Gehalt	Einheit	BG	Verfahren
Trockenrückstand	87	%		DIN EN 14346: 2007-03
Cyanid gesamt	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN ISO 17380: 2013-10
Arsen	8,0	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Blei	11	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Cadmium	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Chrom	39	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Kupfer	15	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Nickel	19	mg/kg TS	0,5	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Quecksilber	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 12846: 2012-08
Thallium	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Zink	50	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885: 2009-09
TOC	u.d.B.	% TS	0,1	DIN EN 15936: 2012-11
EOX	u.d.B.	mg/kg TS	0,5	DIN 38414-17: 2017-01
Kohlenwasserstoffe	u.d.B.	mg/kg TS	50	DIN EN 14039: 2005-01
Kohlenwasserstoffe C10 - C22	u.d.B.	mg/kg TS	50	DIN EN 14039: 2005-01
Benzol	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Toluol	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Ethylbenzol	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
m-Xylol + p-Xylol	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Styrol	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
o-Xylol	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Cumol	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Summe BTEX	n.b.	mg/kg TS		berechnet
1,1-Dichlorethen	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Dichlormethan	u.d.B.	mg/kg TS	0,5	DIN EN ISO 22155: 2016-07
trans-1,2-Dichlorethen	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 22155: 2016-07
1,1-Dichlorethan	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 22155: 2016-07
cis-1,2-Dichlorethen	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 22155: 2016-07
1,2-Dichlorethan	u.d.B.	mg/kg TS	0,5	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Trichlormethan	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
1,1,1-Trichlorethan	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Tetrachlormethan	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Trichlorethen	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Tetrachlorethen	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 22155: 2016-07
Summe LHKW	n.b.	mg/kg TS		berechnet

Probenbezeichnung:	MP 22542/1			
Probenahmedatum:				
Labornummer:	2304133-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraction			
	Gehalt	Einheit	BG	Verfahren
Naphthalin	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Acenaphthylen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Acenaphthen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Fluoren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Phenanthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Fluoranthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Benz(a)anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Chrysen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Benzo(b)fluoranthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Benzo(k)fluoranthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Benzo(a)pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Indeno(123-cd)pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Dibenz(ah)anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Benzo(ghi)perylen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287: 2006-05
Summe PAK (nach EPA)	n.b.	mg/kg TS		berechnet
Summe PAK (ohne Naphthalin)	n.b.	mg/kg TS		berechnet
PCB Nr. 28	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308: 2016-12
PCB Nr. 52	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308: 2016-12
PCB Nr. 101	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308: 2016-12
PCB Nr. 153	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308: 2016-12
PCB Nr. 138	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308: 2016-12
PCB Nr. 180	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308: 2016-12
Summe PCB	n.b.	mg/kg TS		berechnet

Probenbezeichnung:	MP 22542/1			
Probenahmedatum:				
Labornummer:	2304133-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
	Gehalt	Einheit	BG	Verfahren
Bestimmungen im Eluat - (DIN EN 12457-4: 2003-01)				
pH-Wert	8,1			DIN EN ISO 10523: 2012-04
Elektrische Leitfähigkeit	27	µS/cm		DIN EN 27888: 1993-11
Chlorid	u.d.B.	mg/l	1	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Sulfat	u.d.B.	mg/l	2	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Cyanid gesamt	u.d.B.	mg/l	0,005	DIN EN ISO 14403: 2012-10
Arsen	u.d.B.	µg/l	2,5	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01
Blei	u.d.B.	µg/l	2,5	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01
Cadmium	u.d.B.	µg/l	0,5	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01
Chrom	u.d.B.	µg/l	5	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01
Kupfer	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01
Nickel	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01
Quecksilber	u.d.B.	µg/l	0,05	DIN EN ISO 12846: 2012-08
Zink	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01
Phenolindex	u.d.B.	mg/l	0,008	DIN EN ISO 14402: 1999-12

Ergänzung zu Prüfbericht 2304133

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Parameterspezifische Messunsicherheiten sowie Informationen zu deren Berechnung sind auf Anfrage verfügbar. Die aktuelle Liste der flexibel akkreditierten Prüfverfahren kann auf unserer Website eingesehen werden (<https://labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>).

Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung erlaubt.

Headspace beiliegend und in Ordnung.

BG: Bestimmungsgrenze
KbE: Koloniebildende Einheiten
n.a.: nicht analysierbar
n.b.: nicht berechenbar
n.n.: nicht nachweisbar
u.d.B.: unter der Bestimmungsgrenze
HS: Headspace
fl./fl.-Extr. flüssig-flüssig-Extraktion
* Fremdvergabe

