



**baugrundberatung**

-Niederlassung Ober-Ramstadt-  
Hundertwasserallee 7  
D-64372 Ober-Ramstadt  
Tel.: (06154) 409300  
info@bgm-ober-ramstadt.de

**Baugrund - Altlasten - Geotechnik - Ingenieurgeologie - Erdwärme**

# **Geotechnischer Untersuchungsbericht**

## **- Hauptuntersuchung -**

**21-188OR / GB003**

**Mörfelden Ost, Flur 17 und 20**  
**Neubau von Logistikhallen**

**Auftraggeber:** Fraport Casa Commercial GmbH  
Siemensstraße 6  
63263 Neu-Isenburg

**Projekt-Nr.:** 21-188OR / GB003

**Datum:** Ober-Ramstadt, 07.04.2022

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>		Seite
<b>1.0</b>	<b>Allgemeine Angaben .....</b>	<b>1</b>
1.1	Anlass und Auftrag .....	1
1.2	Bearbeitungsunterlagen.....	2
1.3	Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben .....	4
1.4	Regionale Geologie und Hydrogeologie.....	5
<b>2.0</b>	<b>Durchgeführte Untersuchungen und Probenahme .....</b>	<b>6</b>
<b>3.0</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>7</b>
3.1	Örtlicher Bodenaufbau / Schichtenbeschreibung .....	7
3.2	Grundwasserverhältnisse .....	9
3.3	Versickerungsversuche .....	12
3.4	Radon.....	12
<b>4.0</b>	<b>Bodenmechanische Kennwerte.....</b>	<b>13</b>
<b>5.0</b>	<b>Baugrundbeurteilung .....</b>	<b>14</b>
5.1	Allgemeines .....	14
5.2	Übersicht .....	14
5.3	Gründungsvarianten / Bodenpressung / Setzungen.....	15
5.3.1	Variante A – Sondergründung bzw. tiefgründige Bodenverbesserung .....	16
5.3.1.1	Erdplanum / flächenhafte Bodenverbesserung .....	16
5.3.1.2	Tiefgründige Bodenverbesserung.....	17
5.3.1.3	Tief-/ Sondergründung.....	18
5.3.2	Variante B – Flachgründung mit Gründungspolstern.....	19
5.3.2.1	Erdplanum / Bodenverbesserung.....	19
5.3.2.2	Flachgründung.....	19
5.4	Baugrube / Wasserhaltung / Abdichtung / Dränage .....	21
5.5	Hallenbodenkonstruktion / Verkehrsflächen .....	22
5.5.1	Hallenbodenkonstruktion .....	22
5.5.2	Verkehrs- und Stellflächen.....	23
5.6	Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit.....	24
5.7	Verdichtungskontrolle / Qualitätssicherungsprogramm .....	27
<b>6.0</b>	<b>Versickerung von Niederschlagswasser.....</b>	<b>28</b>
<b>7.0</b>	<b>Abschließende Bemerkungen.....</b>	<b>29</b>

**TABELLENVERZEICHNIS**

		Seite
Tabelle 1	Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben (Bodenmechanik) .....	6
Tabelle 2	Grundwasserstände.....	10
Tabelle 3	Auswertung und Angaben zu den Versickerungsversuchen .....	12
Tabelle 4	Bodenmechanische und bodenphysikalische Kennwerte für Homogenbereiche im Lockergestein und weitere Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte .....	13
Tabelle 5	Verformungsmodul in Abhängigkeit der max. Einzellasten .....	23
Tabelle 6	Vorgeschlagenes Qualitätssicherungsprogramm.....	27

**ANLAGEN**

1. Lagepläne
  - 1.1/1.2 Darstellung der Aufschlusspunkte, Maßstab 1 : 2.500 (A2)
  - 1.3/1.4 Darstellung der Auffülltiefen an den Aufschlusspunkten, Maßstab 1 : 2.500 (A2)
2. Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile und Schürfe gemäß DIN 4023 und der Sondierdiagramme gemäß DIN EN ISO 22476-2, Maßstab 1 : 50 und 1 : 100
3. Bodenmechanische Laborversuche
  - 3.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung
  - 3.2 Bestimmung des Wassergehaltes
4. Auswertung der Versickerungsversuche
5. Fotodokumentation der Baggerschürfe

## 1.0 Allgemeine Angaben

### 1.1 Anlass und Auftrag

Die bgm baugrundberatung GmbH wurde von der Fraport Casa Commercial GmbH beauftragt, östlich des Gewerbegebietes Mörfelden Ost für den Neubau von Logistikhallen und Stellflächen Baugrunduntersuchungen durchzuführen und die Ergebnisse gutachtlich zu bewerten.

In dem vorliegenden geotechnischen Untersuchungsbericht wird auf der Grundlage der bei den Gelände- und Laborarbeiten gewonnenen Erkenntnisse zu folgenden Punkten Stellung genommen:

- Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundung sowie der Labor- und Feldversuche
- Dokumentation der Schichtenfolge im baugrundrelevanten Tiefenbereich nach DIN EN ISO 22475-1, DIN EN ISO 14688 und 14689
- geotechnische Klassifikation der Schichten nach ATV DIN 18300 (Festlegung von Homogenbereichen)
- Angabe weiterer relevanter geotechnischer Bodenkennwerte
- Abschätzen des Schwankungsbereichs von Wasserständen im Boden
- Angaben zur Erdbebengefährdung
- Bei Flachgründungen
  - Empfehlungen zur Gründung und zulässigen Bodenpressung
  - überschlägige Setzungs- und Grundbruchberechnungen
- Bei Tiefgründungen
  - Angaben zum Gründungssystem
  - Angaben zum Gründungshorizont
  - Angaben zur äußeren Tragfähigkeit der Gründungselemente
  - Angaben zum Setzungsverhalten
- Angaben zum Fußbodenunterbau, Material- und Verdichtungsanforderungen
- Angaben zum Aufbau der Verkehrsflächen
- Aussagen zur Wasserdurchlässigkeit
- Angaben zur Anlage der Baugruben und deren Sicherung
- Empfehlungen zur Wasserhaltung und Gebäudeabdichtung
- Aussagen und Empfehlungen zur Wiederverwendbarkeit des Aushubs und Bodenverbesserungsmaßnahmen
- Hinweise zur Bauausführung

## 1.2 Bearbeitungsunterlagen

### [A] Planungsunterlagen:

- [A1] Lageplan (Planungskonzept Variante 5), M 1 : 2000, aufgestellt durch die Wenz & Co. GmbH am 20.12.2021
- [A2] Lageplan und Versickerungsvarianten (Entwässerungskonzept Variante 5), M 1 : 2000, aufgestellt durch die Wenz & Co. GmbH am 07.10.2021
- [A3] Bebauungsplan Nr. 44, "Erweiterung Gewerbegebiet Mörfelden-Ost, Teil Süd" mit Kennzeichnung der Untersuchungsfläche, ohne Bearbeitungsstand und Verfasser, zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber.
- [A4] GOLDBECK Gewerbeparks, Modular und flexibel. Broschüre, 02/2019.
- [A5] Planung: Entwurf Variante Verkehr 2, M: 1:2000 @ DIN A2, 28.06.2021, erstellt und zur Verfügung gestellt durch das Planungsbüro Wentz & Co.
- [A6] Systematik zum Betrieb Gewerbepark Mörfelden-Ost, ohne Bearbeitungsstand, ohne Verfasser, zur Verfügung gestellt durch das Planungsbüro Wentz & Co.
- [A7] Geologische Karte Blatt Nr. 6017 Mörfelden, Maßstab 1 : 25.000.
- [A8] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz. <http://gruschu.hessen.de/>, Stand 2017.
- [A9] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Wasserrahmenrichtlinie Hessen. <http://wrrl.hessen.de/>, Stand 2017.
- [A10] Bericht zu den Ergebnissen der umwelttechnischen Erkundungen vom 04. Mai 2018, ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH.
- [A11] Gutachtliche Stellungnahme zum Baugrund, Geotechnische Hinweise zur Erschließung sowie allgemeine Hinweise zur Bebauung, Datum: 13. Juli 2007, ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH.
- [A12] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Landesgrundwasserdienst. <http://lgd.hessen.de>, Stand 2017.
- [A13] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: Hydrogeologische Kartenwerke, Hessische Rheinebene, Grundwasserhöhengleichen.
- [A14] Karte zur Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft, Bundesamt für Strahlenschutz, [www.bfs.de/geoportal-radon](http://www.bfs.de/geoportal-radon), Stand 20.05.2021
- [A15] Geo- und abfalltechnischer Untersuchungsbericht - Orientierende Voruntersuchungen – 21-188OR / GB001 Vorerkundungen Mörfelden Ost, Flur 17 und 20, aufgestellt durch die b<sub>gm</sub> baugrundberatung am 28.05.2021
- [A16] Geotechnischer Untersuchungsbericht - Orientierende Voruntersuchungen – 21-188OR / GB001b Vorerkundungen Mörfelden Ost, Flur 17 und 20, aufgestellt durch die b<sub>gm</sub> baugrundberatung am 15.07.2021

**[B]** Normen, Regelwerke und Literatur:

- [B1] Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. DWA-Arbeitsblatt A 138: "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser", April 2005
- [B2] DIN EN 1997-2 (Eurocode 7): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010 – Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe Oktober 2010
- [B3] DIN Taschenbuch 113: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes – Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe August 2018.
- [B4] DIN Taschenbuch 376: Untersuchung von Bodenproben und Messtechnik – Beuth-Verlag, 2. Auflage, Berlin, April 2019.
- [B5] DIN 18533-1:2017-07: Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- [B6] DIN EN 1998-1:2010-12 Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009
- [B7] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), Ausgabe 2012, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B8] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTVA-StB), Ausgabe 1997, Fassung 2006, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B9] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (ZTV-SoB), Ausgabe 2020, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B10] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB), Ausgabe 2017, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B11] Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus (TL BuB E-StB), Ausgabe 2009, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B12] Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Teil: Güteüberwachung (TL SoB-StB), Ausgabe 2020, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B13] Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (TL Gestein-StB), Ausgabe 2004 / Fassung 2007, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- [B14] Lohmeyer, G.: Betonböden im Industriebau – Hallen- und Freiflächen. Herausgeber: Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Köln. Beton-Verlag, Düsseldorf 1996
- [B15] Schneider, Klaus-Jürgen (2004): Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen – 16. Auflage, München, August 2004.
- [B16] Witt, Karl Josef (Hrsg.): Grundbautaschenbuch, Band 1 bis 3 – 7. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2009.

### 1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben

Die Fraport Casa Commercial GmbH plant die Errichtung von Logistikhallen zur gewerblichen Nutzung.

Das Untersuchungsgrundstück liegt im Osten von Mörfelden und grenzt an das Gewerbe- und Industriegebiet Mörfelden Ost (Bebauungsplan Nr. 46, Flur 17 und 20) [A3]. Das Gelände wird aktuell landwirtschaftlich genutzt (Abb. 1 und 2). Im weiteren Verlauf der westlich angrenzenden Straße Hessenring besteht ein landwirtschaftlicher Weg mit West-Ost Ausrichtung, welcher die Untersuchungsflächen in einen nördlichen und südlichen Bereich unterteilt (s. Lageplan in Anlage 1.1). Im südlichen Teil verläuft von Nord nach Süd ein Grünstreifen mit Baumbestand, welcher während der Arbeiten nicht betreten werden durfte.



**Abb. 1:** Blick auf das nördliche Untersuchungsgebiet, Blick in Richtung Norden.



**Abb. 2:** Blick auf einen Teil des südlichen Untersuchungsgebietes, Blick in Richtung Süden.

Das Gelände weist im nördlichen Bereich ein leichtes Gefälle von Nord (rd. 106,50 m NN) nach Süd (rd. 103,00 m NN) auf. Im südlichen Teil variieren die Höhen zwischen 103,30 m und 104,70 m NN.

Nach Sichtung historischer Unterlagen und Satellitenbildern befanden sich auf den Grundstücken ehemals Kiesgruben der Firma Heinz Mitteldorf. Die Grube im südlichen Teil soll nach mündlichen Aussagen lediglich bis zum Grundwasserspiegel ausgekoffert worden sein, wohingegen im nördlichen Teil Nassauskiesungen stattgefunden haben. Die genauen Aushubtiefen sind unbekannt.

Die Fraport Casa Commercial GmbH plant den Neubau eines Gewerbeparks. Die Hallen sollen aus einem modularen Gebäudesystem (Goldbeck oder vergleichbar; [A1+A4]) hergestellt werden. Im nördlichen Teil (Fläche A+B nach [A1]) sind 25 Einzelmodule mit je 1000 m<sup>2</sup> (einschließlich Mezzanine) vorgesehen. Die Lastabtragung soll über Stützen auf Einzelfundamente erfolgen.

Im südlichen Teil (Fläche D+G nach [A1]) sind ebenfalls zwei Logistikhallen mit 4 Einheiten à 6000 m<sup>2</sup> (einschließlich Mezzanine) geplant.



**Abb. 3:** Ausschnitt aus [A1]; aktueller Planungsstand, geplante Hallen in grau dargestellt.

Die Verladezonen werden gegenüber dem Niveau des Hallenfußbodens (OK FFB) erfahrungsgemäß ca. 1,2 m als sogenannte Docking-Stationen rampenartig nach unten geführt.

Wie bereits erwähnt werden die Lasten voraussichtlich vorwiegend über Einzelstützen abgetragen. Über die Laststellung und die Höhen der zu erwartenden Bauwerks- und Verkehrslasten liegen uns derzeit noch keine detaillierten Informationen vor. Aus Erfahrungen mit vergleichbaren Objekten ist bei Gebäudehöhen um 11 m mit Einzellasten in einer Größenordnung zwischen etwa 500 kN (außen) und rd. 2.500 kN (innen, Bereich Mezzanine) zu rechnen. Die Stapel- und Verkehrslasten auf dem Hallenbodenbereich werden mit 30 kN/m<sup>2</sup> abgeschätzt.

Im Folgenden wird modellhaft angenommen, dass das Niveau OK FFB der Halle im südlichen Grundstücksteil auf einer mittleren Geländehöhe von ca. 103,50 m NN und in nördlichen Bereich bei rd. 105,00 m NN eingestellt wird. Demnach werden nur geringfügige Bodenumlagerungen notwendig sein.

### 1.4 Regionale Geologie und Hydrogeologie

Das Untersuchungsgebiet wird gemäß geologischer Karte [A7] aus pleistozänen Sanden und Kiesen aufgebaut. Oberflächennah ist eine geringmächtige Schicht aus äolischen Flugsanden vorhanden.

Die hydrogeologischen Verhältnisse lassen sich vom geologischen Aufbau des Untergrundes ableiten. Bindigen Böden (Schluff) weisen aufgrund ihres hohen Feinkornanteils eine geringe bis sehr geringe Wasserdurchlässigkeit auf. Sie neigen zu Vernässungen und bilden Stauwasserhorizonte aus. Reine Tone sind wasserundurchlässig und bilden eine Sperrschicht. Rollige Böden (Sand / Kies) sind gut wasserdurchlässig und bilden Porengrundwasserleiter aus.

Das Grundstück liegt gemäß den Angaben in [A11] in keiner ausgewiesenen Trinkwasser- oder Heilquellenschutzzone.

## 2.0 Durchgeführte Untersuchungen und Probenahme

Vom 19.04. bis 21.04.2021, am 26.04.2021 (Voruntersuchung), am 06.05.2021 (Bagger-schürfe) und vom 10.02. bis 09.03.2022 (Hauptuntersuchung) wurden die Geländearbeiten durchgeführt. Das Untersuchungsprogramm wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt und den örtlichen Gegebenheiten angepasst (vgl. Anlage 1 und 2):

- 46 Rammkernsondierungen (RKS) gemäß DIN EN ISO 22475-1 bis auf maximal 9,00 m unter Geländeoberkante (u. GOK).
- 6 schwere Rammsondierungen (DPH-15) gemäß DIN EN ISO 22476-2 bis auf maximal 7,50 m u. GOK.
- 10 Baggerschürfe (SCH) bis auf maximal 4,00 m u. GOK.
- 31 Drucksondierungen (CPT) bis auf maximal 19,28 m unter GOK
- 2 Bohrungen Ø 170 mm (KB) bis auf maximal 17,00 m unter GOK
- Durchführung von 5 Versickerungsversuchen (VV).
- Einmessen der Bohransatzpunkte, Schürfe und Versickerungsversuche mittels GPS-Gerät nach Lage und Höhe.
- Geologische Beschreibung des Bodenaufbaus nach DIN EN ISO 22475-1, DIN EN ISO 14688 und 14689.
- Darstellung gemäß DIN 4023.
- Beprobung des Bodens bzw. des Bohrguts nach organoleptischen sowie geologischen Kriterien gemäß DIN EN ISO 22475-1.

Die Probenbezeichnung erfolgte nach ihrer Entnahmestelle, der Probennummer und der Entnahmetiefe. Die Proben wurden zum Teil für bodenmechanische Laborversuche und chemisch-analytische Untersuchungen eingesetzt und alle weiteren entnommenen Proben als Rückstellproben im Probenarchiv der bgm baugrundberatung GmbH für ein halbes Jahr eingelagert.

- Bodenmechanische Laborversuche (vgl. Tab. 1):

Tabelle 1 Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben (Bodenmechanik)

Untersuchungsparameter	Untersuchungsfrequenz, Art der Probe
Korngrößenverteilung gemäß DIN EN ISO 17892-4	18 x Einzelprobe
Wassergehaltsbestimmung gemäß Din EN ISO 17892-1	10 x Einzelprobe

### 3.0 Ergebnisse

#### 3.1 Örtlicher Bodenaufbau / Schichtenbeschreibung

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden im Wesentlichen die im folgenden beschriebenen Schichten angetroffen. Die Bohrprofilardarstellungen befinden sich in Anlage 2. Die Baggerschürfe wurden mit Lichtbildaufnahmen in Anlage 5 dokumentiert.

##### Schicht 0 / Homogenbereich O – Oberboden (aufgefüllt)

Im Bereich der Untersuchungsflächen ist ein 0,20 – 0,40 m mächtiger, durchwurzelter Oberboden von brauner bis dunkelbrauner Farbe ausgebildet. Oberflächlich sowie innerhalb der Schicht sind einzelne Bauschuttanteile wie Ziegel und Beton oder Sandstein vorhanden. Die Oberbodenstärke kann abhängig von der Pflugtiefe je nach Art der landwirtschaftlichen Nutzung variieren.

##### Schicht 1 / Homogenbereich A – Auffüllungen (allgemein)

In allen Sondierungen wurde eine Auffüllung festgestellt. Die Sondierungen RKS 1 bis 14 sowie die Baggerschürfe SCH 1 bis 5 wurden im nördlichen Bereich und die RKS 15 bis 22 und SCH 6 bis 10 wurden im südlichen Bereich durchgeführt. Die exakte Lage an den Randbereichen und die Tiefe der ehemaligen Kiesgruben lässt sich durch die Rammkernsondierungen und Schürfe nicht eindeutig bestimmen. Es lässt sich lediglich die Aussage treffen, dass die ehemaligen Kiesgruben nicht unmittelbar an den landwirtschaftlichen Weg nach Norden und Süden angrenzen. Daraufhin weisen die Sondierungen RKS 13 bis 16 sowie folgendes Luftbild (Abb. 3). Hier ist zu erkennen, dass nahezu die gesamte Fläche als Kiesgrube genutzt wurde (vgl. auch Anlage 1.2).



Abb. 4: Luftbild vom 05.07.1987 aus [A10].

Nördlicher Teilbereich – Schicht 1a / Homogenbereich A1 – Auffüllung, Schluff – Deckschicht

In den Sondierungen RKS 1 bis 12 und den Schürfen 1 bis 5 wurde unterhalb des Oberbodens eine braune Auffüllung aus vorwiegend schluffigem Bodenmaterial (Erdaushub) angetroffen (Ausnahme RKS 10). Die Tiefen der Schicht variieren zwischen 0,60 m und 2,80 m u. GOK. Die Auffüllung ist teils durchwurzelt. Es wurden örtlich Fremdbestandteile in Form von Ziegel, Beton und Sandstein festgestellt. Der Bauschuttanteil ist nach unseren Erkundungen als < 10 Vol.-% einzustufen. Die Deckschicht wurde im südlichen Bereich nicht angetroffen.

Die durchgeführten schweren Rammsondierungen DPH 1 und 2 zeigen eine steifplastische Zustandsform der schluffigen Auffüllung (Schlagzahlen je 0,10 m Eindringtiefe  $n_{10} = 2 - 5$ ).

Mittlerer Bereich um landwirt. Weg – Schicht 1b / Homogenbereich A2 – Auffüllung, Sand

In den Sondierungen RKS 13 bis 16 wurde unterhalb des Oberbodens eine homogene geringmächtige Schicht aus braunem bis dunkelbraunem Sand, örtlich mit geringen Mengen an Bauschutt (Ziegel, Beton, Asphalt) erkundet. Weiterhin liegen in der Schicht wechselhafte Schluffanteile vor, sodass der Boden rollig sowie auch bindig reagieren kann. Die Schicht weist Mächtigkeiten von 0,40 m – 0,70 m auf.

Diese Auffüllung gehört mit größerer Wahrscheinlichkeit nicht zur Verfüllung der Kiesgruben, was Abb. 3 bestätigt. Nach den Rammsondierungen ist die sandige Auffüllung mitteldicht gelagert.

Nördlicher und Südlicher Teilbereich – Schicht 1c / Homogenbereich A3 – Auffüllung, Ton / Schluff – Verfüllkörper

Der Homogenbereich A3 stellt die Auffüllkörper der ehemaligen Kiesgruben im nördlichen und südlichen Untersuchungsbereich dar. Die Auffüllung ist im Allgemeinen heterogen aufgebaut. Diese besteht überwiegend aus Tonen und Schluffen, örtlich aber auch aus schluffigen Sanden. Die Nebengemengteile variieren stark. Als Fremdbestandteile wurden verschiedene Betonarten, Ziegel und Backsteine, Holz z. T. in Teer getränkt (alte Bohlen zur Leitungsabdeckung oder Schwellen?), Drähte und Kabel, Glas, Asphalt und Kanalrohre aus Steinzeugmaterial vorgefunden. Diese Fremdbestandteile lagen örtlich z. B. als Teile eines Ziegelmauerwerks vor, andernorts war Asphaltbruch mit einem Durchmesser von > 0,60 m oder Betonblöcke > 1,0 m vorhanden. Weiterhin wurden in Schurf 9 geringe Mengen an Hausmüll festgestellt. Durch die Baggerschürfe wurde ersichtlich, dass die enthaltenen Bauschuttanteile in vielen Größenordnungen vorliegen (Sandgröße bis zu Blöcken), was zum Großteil auch zum Abbruch der Rammkernsondierungen und der Schürfe führte. Die Bauschuttanteile betragen zwischen 20 und 50 Vol.-%, sodass das Material als Boden-Bauschutt-Gemisch zu bezeichnen ist. Bei der Anlage der Baggerschürfe konnte außerdem an einigen Aufschlusspunkten ein auffällig muffiger Geruch festgestellt werden. Dieser verflüchtigte sich jedoch schnell und war am Aushubmaterial selbst nicht mehr auszumachen.

Die Tiefe der Auffüllkörper konnte durch die Rammkernsondierungen im nördlichen Erkundungsbereich nur vereinzelt in den Randbereichen bestimmt werden (vgl. Lageplan in Anlage 1.2). Die westlichsten Bohrungen RKS 4, 7 und 10 zeigen Auffülltiefen von 1,30 m bis

2,50 m u. GOK, die Sondierung RKS 6 im Osten bis in 4,80 m Tiefe. Alle weiteren Bohrungen im Bereich des Verfüllkörpers, nördlich der RKS 11 und 14, mussten innerhalb der Auffüllung abgebrochen werden. Die maximale Erkundungstiefe lag bei rd. 9,00 m u. GOK.

Zur näheren Klassifizierung der Auffüllungen und des darunter folgenden natürlichen Untergrundes (→ Schicht 2) wurden Drucksondierungen (CPT) gemäß DIN EN ISO 22476-1 durchgeführt. Aufgrund der häufig groben Anteile im Auffüllungsmaterial (Beton, Blöcke, Bewehrungsstahl) gelang es nur an wenigen Positionen die Auffüllungen im nördlichen Bereich mit der Drucksonde zu durchörtern (CPT 4, 6, 25, 28).

In vorherigen Erkundungen [A11] wurden bereits Kernbohrungen im nördlichen Teil unseres nördlichen Erkundungsbereiches durchgeführt. Hier wurde die Auffüllung bis in 16,00 m – 17,35 m u. GOK erkundet.

Die Mächtigkeit der Auffüllung im südlichen Teil ist mit Tiefen zwischen 2,50 m und 4,70 m u. GOK deutlich geringer. Hier wurden mit jeder Rammkernsondierung die natürlichen Sande angetroffen (Homogenbereich B1). Bei den Erkundungen durch die ISK Ingenieurgesellschaft mbH wurde die Auffüllung bis max. 4,90 m u. GOK festgestellt [A11].

Die schweren Rammsondierungen stufen das Material überwiegend als steifplastisch ein (Schlagzahlen je 0,10 m Eindringtiefe  $n_{10} = 2 - 11$ ). Dabei sind einzelne Peaks aufgrund der Bauschuttanteile zu erkennen. Vereinzelt wurde die Konsistenz im Gelände als weich- bis steifplastisch angesprochen (RKS 3, 5, 8, 11, 21 und SCH 8).

Diese Einschätzung wird auch noch einmal durch die Ergebnisse der Drucksondierungen bestätigt. Die Auffüllungsmächtigkeiten wurden im südlichen Teil mit 3 – 5 m, meist um 4 m erkundet.

### Schicht 2 / Homogenbereich B1 – pleistozäne, natürliche Sande / Kiese

Der natürliche Boden unterhalb der Auffüllungen wird von pleistozänen Sanden gebildet. Die rolligen Materialien sind zunächst mitteldicht und mit der Tiefe zunehmend dicht gelagert. Auch nimmt der Kiesanteil mit zunehmender Tiefe zu.

Aufgrund dieser rasch ansteigenden Lagerungsdichte und des damit verbundenen hohen Eindringwiderstandes mussten alle Sondierungen im Rahmen der Voruntersuchung vor Erreichen der geplanten Endteufen in maximal 7,90 m u. GOK abgebrochen werden. Mit den Drucksondierungen der Hauptuntersuchung wurden die geplanten Endteufen zum Teil erreicht. Das Maximum lag hier bei 19, 28 m unter GOK (CPT 11). Für die Sande wurden dabei Spitzenwiderstände von  $q_c > 10 - 50 \text{ MN/m}^2$  ermittelt.

## **3.2 Grundwasserverhältnisse**

Während der Außenarbeiten (19.04.-21.04.2021, 26.04., 06.05.2021 und 10.02.- 09.03.2022) wurde Grundwasser überwiegend im südlichen und vereinzelt im nördlichen Erkundungsbereich angetroffen. Die pleistozänen Sande bilden hierbei den wasserführenden Hauptgrundwasserleiter. Das Grundwasser liegt unterhalb des bindigen wasserundurchlässigeren / was-

sersperrenden Auffüllkörpers teils gespannt vor. Zusätzlich wurde Schichtenwasser innerhalb des tonigen / schluffigen Verfüllkörpers angetroffen. Nachfolgende Tabelle 2 stellt die eingemessenen Höhen dar.

Tabelle 2 Grundwasserstände

Aufschlusspunkt	Grundwasser eingemessen in m unter GOK (angebohrt → angestiegen)	Grundwasser eingemessen in m NN (angebohrt → angestiegen)	Erkundungsbereich / Schicht / Homogenbereich
<b>Grundwasser</b>			
RKS 10	5,20	98,92	N / Pleistozäne Sande / B1
RKS 13	4,20	98,73	N / Pleistozäne Sande / B1
DPH 4	4,60	99,96	N / Pleistozäne Sande / B1
RKS 15	3,80	99,25	S / Pleistozäne Sande / B1
RKS 17	4,75 → 4,50	99,60 → 99,85	S / Pleistozäne Sande / B1
RKS 18	3,95 → 3,60	99,57 → 99,92	S / Pleistozäne Sande / B1
RKS 19	4,40 → 3,75	99,65 → 100,30	S / Pleistozäne Sande / B1
RKS 20	3,95 → 3,20	99,58 → 100,33	S / Pleistozäne Sande / B1
RKS 21	4,20	99,22	S / Pleistozäne Sande / B1
RKS 22	3,75	99,61	S / Pleistozäne Sande / B1
KB 1	4,20	100,57	N / Pleistozäne Sande / B1
KB 2	3,80	100,31	S / Pleistozäne Sande / B1
GWM 1	2,78	99,36	S / Pleistozäne Sande / B1
GWM 2	2,47	99,56	S / Pleistozäne Sande / B1
<b>Schichtenwasser</b>			
RKS 3	4,00	102,03	N / Verfüllkörper / A3
SCH 8	1,70	102,14	S / Verfüllkörper / A3

RKS = Rammkernsondierung  
 DPH = Rammsondierung  
 SCH = Baggerschurf

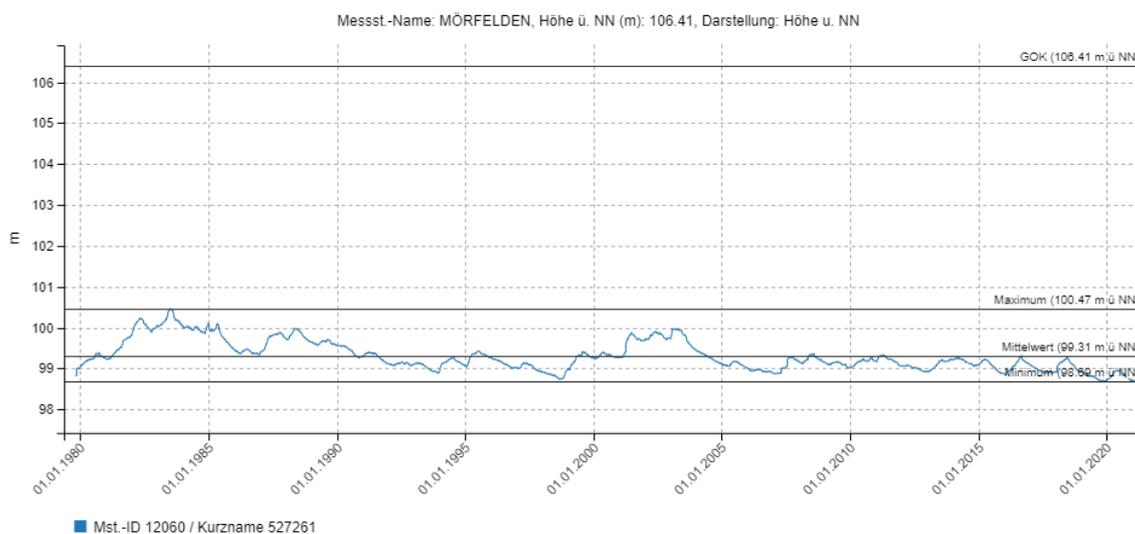
N = nördlicher Erkundungsbereich  
 S = südlicher Erkundungsbereich

Der zum Zeitpunkt der Erkundungen gemessene Grundwasserstand stellt lediglich einen Beobachtungswert (Momentaufnahme) dar. Anhand dieses Wertes kann keine Aussage über Grundwasserschwankungen getroffen werden. Demnach kann es sich bei dem gemessenen Wert in den Sondierungen um einen oberen (GW-Höchststand), einen unteren (GW-Tiefstand) oder einen Mittelwert handeln.

Der Bemessungswasserstand stellt den Grundwasserstand dar, der sich z. B. witterungsbedingt oder durch wasserwirtschaftliche Einflussfaktoren im Baugrund einstellen kann. Dieser ist maßgebend für die Abdichtung von erdberührten Bauteilen (Kapitel 5.4). Für die sichere Festlegung eines Bemessungswasserstandes sind Messdaten aus langjährigen Grundwasserbeobachtungen erforderlich.

Nach dem Grundwassermessstellenverzeichnis des Landes Hessen [A12] gibt es etwa 70 m westlich vom nördlichen Rande des Untersuchungsgebietes eine Messstelle (MÖRFELDEN

527 261), aus der Aussagen zur Tiefenlage und zu Schwankungen des Grundwasserspiegels gewonnen werden können (Abb. 5).



**Abb. 5:** Grundwasserdaten der Messstelle MÖRFELDEN (Mst.ID 12060 / Kurzname 527 261) [A12].

Der höchste Grundwasserstand gemäß der GW-Messstelle (Abb. 5) lag in den letzten 40 Jahren bei 100,47 m NN und der niedrigste bei 98,69 m NN. Die Grundwasserschwankungen liegen bei rd. 1,78 m.

Gemäß den Kartenwerken des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie [A13] können zusätzlich folgende relevante Grundwasserflurabstände für den nördlichsten und südlichsten Punkt der Untersuchungsflächen betrachtet werden:

Oktober 2015:	Norden: 99,00 m NN; Süden: 99,70 m NN
April 2001 (hohes GW):	Norden: 99,90 m NN; Süden: 100,20 m NN
April 1988 (hohes GW):	Norden: 100,00 m NN; Süden: 100,70 m NN
April 1957 (hohes GW):	Norden: 100,00 m NN; Süden: 100,50 m NN

Gemäß den Kartenwerken liegt ein Grundwassergefälle in Richtung Westen vor.

Wir empfehlen, der Bemessungswasserstand (HHW) vor dem Hintergrund der oben aufgeführten Datengrundlage bei rd. 101,00 m NN anzusetzen.

Darüber hinaus ist oberhalb dieser Ebene mit aufgestautem Sickerwasser innerhalb des Auffüllkörpers zu rechnen.

Bei der geplanten nicht unterkellerten Bauweise ist während der Bauausführung mit keinem ergiebigen Grundwasservorkommen, sondern lediglich mit dem Vorkommen von Schichten- und Oberflächenwasser zu rechnen. Wir weisen in dem Zusammenhang darauf hin, dass im

Zuge von tiefgründigen Bodenverbesserungen auch unterhalb des Grundwasserspiegels eingegriffen werden könnte.

### 3.3 Versickerungsversuche

Auf den Untersuchungsflächen wurden insgesamt fünf Versickerungsversuche (open-end-test) in verschiedenen Bodenschichten durchgeführt. Diese sind den Auswerteprotokollen der Anlage 4 beigefügt. Es wurden folgende Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt (Tabelle 3):

Tabelle 3 Auswertung und Angaben zu den Versickerungsversuchen

Versuchsnummer	Versuchsstelle	Versuchstiefe [m. u. GOK]	Versuchsschicht / Homogenbereich	Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]
VV 1	RKS 2	2,30	Auffüllung Schluff / A1	$2,6 \times 10^{-7}$
VV 2	RKS 8	1,70	Auffüllung Schluff / A3	$4,3 \times 10^{-7}$
VV 3	RKS 15	1,40	Sand / B1	$9,1 \times 10^{-5}$
VV 4	RKS 17	1,50	Auffüllung Ton / A3	$8,3 \times 10^{-9}$
VV 5	RKS 22	3,00	Sand / B1	$5,1 \times 10^{-5}$

VV = Versickerungsversuch  
RKS = Rammkernsondierung

### 3.4 Radon

Gemäß dem Bundesamt für Strahlenschutz [A7] liegen am Projektstandort die Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft zwischen 20 und 40 kBq/m<sup>3</sup>. Die Angaben stellen regionale Werte dar und sind durch Messungen vor Ort zu verifizieren.

### 4.0 Bodenmechanische Kennwerte

Tabelle 4 Bodenmechanische und bodenphysikalische Kennwerte für Homogenbereiche im Lockergestein und weitere Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte

Homogenbereich	Schicht Nr. Bodenmaterial <i>Lagerung bzw. Zustandsform</i>	Kennwerte gemäß ATV DIN 18300										Kohäsion <sup>(2)</sup>	Reibungs- winkel <sup>(3)</sup>	Steife- modul	
		Boden- gruppe	KG- Vertei- lung <sup>(1)</sup>	Dichte	Wasser- gehalt	Plastizität	Konsistenz	undräßierte Kohäsion	Lagerungs- dichte	organ. Anteil	DIN EN ISO				DIN EN ISO
		DIN18196	DIN EN ISO 17892-4	DIN EN ISO 17892-2	DIN EN ISO 17892-1	DIN EN ISO 17892-12	DIN EN ISO 17892-12	DIN 4094-4 DIN 18137	DIN 4094-1 DIN 18126	DIN 18128	DIN 18137				DIN 18137
				$\rho$	$w$	$I_p$	$I_c$	$c_u$	$D$	$C_{org}$	$c'_k$				$\varphi'_k$
		[%] <sup>(1)</sup>	[t/m <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[%]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[Grad]	[MN/m <sup>2</sup> ]			
<b>O</b>	<b>0 Oberboden</b>	[OH]	0	1,3 – 1,6	10 – 20	---	0,75	---	---	5 – 10	---	---	---		
<b>A1</b>	<b>1a Auffüllung, Schluff steif</b>	[UM-GU*]	0 – 20	1,6 – 1,8	12 – 20	0 – 15	0,75 – 1,00	10 – 30	---	< 10,0	2 – 6	27,5	3 – 8		
<b>A2</b>	<b>1b Auffüllung, Sand mitteldicht / steif<sup>(4)</sup></b>	[SU-SU*]	0 – 15	1,8 – 2,1	8 – 15	0 – 5	0,75 – 1,00	20 – 40	0,40 – 0,65	< 6,0	0 – 2	30	20 – 30		
<b>A3</b>	<b>1c Auffüllung, Ton / Schluff weich – steif steif</b>	[UM-TM, GU*, X]	0 - > 50 <sup>(5)</sup>	1,7 – 1,9	22 – 32 14 – 25	4 – 25	0,50 – 1,00 0,75 – 1,00	6 – 35 15 – 45	---	< 10,0 <sup>(6)</sup>	1 – 8 3 – 12	22,5 27,5	3 – 7 5 – 12		
<b>B1</b>	<b>2 Terrassensan- de /-kiese mitteldicht – sehr dicht</b>	GI, GW, SW, SI	0 – 10	2,0 – 2,2	5 – 10	---	---	---	0,50 – 0,90	< 4,0	0	32,5 – 35	60 – 80		

(1) Massenanteil an Steinen / Blöcken / großen Blöcken

(2) charakteristischer Wert für die Kohäsion des dräßierten Bodens

(5) Angabe aufgrund starker Inhomogenität vor allem aufgrund grober Bauschuttbestandteile mit starker Unsicherheit behaftet

(3) charakteristischer Wert für den inneren Reibungswinkel des dräßierten Bodens

(4) kann bei Wasserzufuhr und dynamischer Beanspruchung leicht in breiigen Zustand übergehen

(6) kann aufgrund der vielen Fremdanteile (wie z. B. Holz) örtlich stark abweichen

## 5.0 Baugrundbeurteilung

### 5.1 Allgemeines

Das Untersuchungsgelände liegt gemäß der Planungskarte zur DIN EN 1998-1 [B6] in der **Erdbebenzone 1** und der **Geologischen Untergrundklasse S**. Aufgrund der Bodenansprache ist die **Baugrundklasse C** anzusetzen.

Eine Untersuchung auf Kampfmittelrückstände auf dem Gelände war nicht Gegenstand der Beauftragung.

Im Zusammenhang mit möglichen Baustellenverkehr und / oder der Erstellung von Baugruben ist zu prüfen, ob die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens erforderlich wird.

Die Untersuchungsflächen wurden ausgehend vom West nach Ost verlaufenden landwirtschaftlichen Weg in einen nördlichen und südlichen Erkundungsbereich unterteilt. In diesen Flächen gab es ehemals Kiesgruben, die bereits seit Jahrzehnten rückverfüllt sind. Im südlichen Teil wurde während der Ausgrabungen ein Grünstreifen mit Baumbestand belassen. Anhand des Luftbildes aus dem Jahre 1987 und den durchgeführten Bohrungen lässt sich die Lage der ehemaligen Kiesgruben grob bestimmen (vgl. Anlage 1.2). Es ist nicht auszuschließen, dass Auffüllungsbestandteile auch außerhalb der im Lageplan verzeichneten Bereiche anzutreffen sind, da es sich bei dem Luftbild nur um eine Momentaufnahme handelt.

Nach aktuellem Planungsstand sind auf beiden Teilflächen Logistikhallen mit entsprechenden Verkehrs- und Stellflächen in den Außenbereichen geplant (s. Kap. 1.3).

### 5.2 Übersicht

Das geplante Baufeld ist anthropogen stark geprägt und ist durch das Vorhandensein unterschiedlicher Auffüllungsmaterialien gekennzeichnet.

#### Nördlicher Bereich:

Im nördlichen Bereich wurde ein großer Verfüllkörper der ehemaligen Kiesgrube festgestellt. Mit unseren Erkundungen wurden Tiefen von max. 19,28 m erreicht und dabei Auffüllungstärken bis rd. 17 m (CPT 11) erfasst. Vorangegangene Erkundungen zeigten ebenfalls Auffülltiefen bis zu 17,35 m u. GOK [A11]. Der Verfüllkörper lässt sich in zwei Homogenbereiche unterteilen. Die obere Schicht, eine Art Deckschicht (0,60 – 2,80 m u. GOK; Homogenbereich A1) zeigt eine braune Auffüllung aus Schluff mit Fremdanteilen < 10 Vol.-%. Darunter folgt die Hauptverfüllung aus Tonen und Schluffen (Homogenbereich A3). Der Fremdbestandteil liegt hier bei > 10 Vol.-%, örtlich bis zu 50 Vol.-%. Durch die verschieden großen Bauschuttanteile ist die Auffüllung insgesamt als heterogen anzusehen. Im Bereich des Auffüllkörpers wurde lediglich Schichtenwasser angetroffen. Unterhalb des Auffüllkörpers folgen

die natürlichen Sande (Homogenbereich B1), welche meist nur in den Randbereichen aufgrund der Tiefenlage erkundet werden konnten. Das Material des gesamten Auffüllkörpers ist überwiegend von steifplastischer Konsistenz, vereinzelt auch von weich- bis steifplastischer Konsistenz.

#### Mittlerer Teil:

Der Bereich um den landwirtschaftlichen Weg fällt nicht in den Bereich der ehemaligen Kiesgruben. Hier ist oberflächlich eine sandige, schluffige Auffüllung (Homogenbereich A2) mit mitteldichter Lagerung bzw. steifer Konsistenz vorhanden. Ab Tiefen von rd. 0,40 – 0,70 m unter GOK folgt der natürliche Sand (Homogenbereich B1).

#### Südlicher Teil:

Im südlichen Teil wird der gesamte Auffüllkörper der ehemaligen Kiesgrube aufgrund der gleichen Zusammensetzung dem Homogenbereich A3 zugeordnet. Der Auffüllkörper erreicht in diesem Teil nur Tiefen bis maximal rd. 5 m, wobei die Randbereiche weniger tief zu sein scheinen. Der Grünstreifen mit Baumbestand wurde während der Auskofferungen nicht tangiert. Unterhalb des Auffüllkörpers folgen die pleistozänen Sande (Homogenbereich B1). Diese sind grundwasserführend.

Das Vorhandensein von Hohlräumen innerhalb der groben Bauschuttbestandteile kann im gesamten Erkundungsbereich nicht ausgeschlossen werden.

Grundwasser wurde im südlichen Teil in Tiefenbereichen zwischen 98,72 m und 99,96 m unter GOK angetroffen. Im nördlichen Teil wurde innerhalb der bindigen Auffüllung Schichtenwasser im Bereich der RKS 3 angetroffen. Aufgrund der vorgenommenen Grundwasserdatenrecherche wird der Bemessungswasserstand mit 101,00 m NN empfohlen.

### **5.3 Gründungsvarianten / Bodenpressung / Setzungen**

Die Gründung der geplanten Hallen erfolgt überwiegend in aufgefüllten Bereichen aber auch in den natürlichen Bodenschichten (Sande Randbereiche). Für die erforderlichen Maßnahmen zur Gründung der Logistikhallen sind die Anforderungen an die Setzungsfreiheit bzw. die Setzungsempfindlichkeit entscheidend. Aufgrund des heterogenen Auffüllkörpers und dessen großer Mächtigkeit - vor allem im nördlichen Erkundungsbereich - sind unkalkulierbare Setzungen hervorgerufen durch verrottbare Auffüllungsbestandteile oder Sackungen aus unbekanntem Hohlräumen nicht auszuschließen. Als Vorzugsvariante werden daher Spezialtiefgründungsmaßnahmen (tiefgründige Bodenverbesserung oder Tiefgründungen mittels Vollverdrängerpfähle) erforderlich, um Setzungsunterschiede zu minimieren und Risiken auszuklammern.

Unter Inkaufnahme gewisser geschilderter Restrisiken ist als zweite Variante der Einbau von Gründungspolstern unter den Fundamenten zu Setzungsminderung und Sicherstellung von geeignetem Lastboden im unmittelbaren Gründungsbereich erläutert:

### 5.3.1 Variante A – Sondergründung bzw. tiefgründige Bodenverbesserung

#### 5.3.1.1 Erdplanum / flächenhafte Bodenverbesserung

Als Voraussetzung für ein ausreichend tragfähiges Erdplanum und die Befahrung mit schwerem Gerät der Spezialtiefbauunternehmen ist für das gesamte Gelände eine dem Aushub vorauseilende, wirksame Tagwasserhaltung mittels Drainagegräben und ggf. Pumpensämpfen zu betreiben. Es wird empfohlen, die Wasserhaltung dem Aushub voreilend zu betreiben. Ansonsten sind für die Erstellung eines ausreichend tragfähigen Erdplanums ( $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ) an die jeweiligen Bodenarten angepasste Maßnahmen zu ergreifen.

Nach dem Entfernen des humosen Oberbodens ist das Erdplanum bis auf die geplanten Höhen abzuführen und tiefenwirksam nachzuverdichten.

Das danach frei gelegte Erdplanum wird voraussichtlich keine ausreichende Tragfähigkeit ( $E_{v2} < 45 \text{ MN/m}^2$ ) aufweisen.

Im gesamten Baufeld ist zunächst ein Bodenaustausch von mindestens 0,5 m Stärke durch gut verdichtbares, rolliges Bodenmaterial durchzuführen, um eine Arbeitsebene für den Spezialtiefbauunternehmer zur Durchführung der tiefgründigen Bodenverbesserung herzustellen. Die Anforderungen an die Tragfähigkeit des Erdplanums gemäß ZTVE ( $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ) werden damit erfüllt.

Im Zuge des Aushubes sind sehr grobe Bauschuttbestandteile, sowie verrottbare Anteile (Holzreste etc.) zwingend auszutauschen.

Grundsätzlich ist auch Bodenverbesserung des Erdplanums mittels Bindemittelzugabe möglich. Erschwerend sind hierbei die groben Auffüllungsbestandteile (Bauschutt, Blöcke) zu berücksichtigen. Diese sind vor dem Einsatz eine Bodenfräse in einem relativ hohen Aufwand zu beseitigen. Weiterhin ist durch eine Eignungsprüfung seitens des Erdbauunternehmers nachzuweisen, dass es durch Einsatz des geplanten Bindemittels nicht zu nachteiligen Quellerscheinungen in Verbindung mit Sulfathaltigen Auffüllungsbestandteilen kommt.

Bei einer Bodenverbesserung durch die Zugabe von Bindemitteln sind die zu verwendenden Bindemittelarten und -mengen durch Eignungsprüfungen gemäß dem „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV 551) festzulegen. Für die Eignungsprüfungen ist ein entsprechender Untersuchungszeitraum einzukalkulieren. Die Bindemittelmenge kann vorläufig mit ca. 2 – 3 Gew.-% angesetzt werden.

Die Zulässigkeit des Einsatzes von Bindemitteln ist mit den zuständigen Fachbehörden abzustimmen.

Beim Bauen im Winter ist zu beachten, dass die Bodenverbesserung mit Bindemitteln unter 5°C nur noch sehr eingeschränkt bzw. bei Frost gar nicht mehr möglich ist. In diesem Fall sind Planumsverbesserungen mit gut verdichtbarem Schottermaterial o. ä. sinngemäß auszuführen.

Wir empfehlen, diese Vorgehensweise durch den ausführenden Unternehmer im Vorfeld der Baumaßnahme mittels Probefeldern überprüfen zu lassen.

Vorstehende Empfehlungen zur Behandlung der Auffüllungen mit Bindemitteln gelten auch für den Fall, dass die Auffüllung im Zuge von cut-and-fill -Maßnahmen umzulagern sind.

Im Anschluss ist ggf. der Einbau einer lastverteilenden Schicht vorzusehen. Die Notwendigkeit, das erforderliche und geeignete Material (z. B. Schottertragschicht, ZVS oder HGT) der lastverteilenden Schicht sowie die Schichtstärke und Anforderung an die Tragfähigkeit bestimmt der Auftragnehmer (Spezialtiefbauer).

Vom Niveau Arbeitsebene aus sollte anschließend die Durchführung der flächenhaften Bodenverbesserungs- / Pfahlgründungsmaßnahmen erfolgen.

### **5.3.1.2 Tiefgründige Bodenverbesserung**

Aus wirtschaftlicher Sicht bietet sich die Ausführung von Rüttelstopfsäulen, Geopier® Bohrrammsäulen, CSV-Säulen oder CMC-Säulen, etc. an. Die Spezialbodenverbesserung sollte sowohl unter den Fundamenten des aufgehenden Bauwerkes als auch als Raster unter der Hallenbodenkonstruktion erfolgen. Die genannten Spezialmaßnahmen sind im Nordteil der Flächen (Flächen A+B) wegen der großen Auffüllungsmächtigkeiten voraussichtlich „schwimmend“ auszuführen, wobei die erforderliche Bearbeitungstiefe durch das ausführende Spezialtiefbauunternehmen festzulegen ist.

Im südlichen Grundstücksteil (Flächen D+G) sind die vorhandenen, meist um 4 m mächtigen Auffüllungen vollständig mit den Säulen bis auf den natürlichen Sand zu durchhörern bzw. zu verbessern.

Durch die o.g. Verfahren werden die Steifeziffern der anstehenden Böden i.d.R. um mindestens das 2- bis 3-fache verbessert (je nach Dichte des Rasters der Ansatzpunkte für die Säulen) und somit die Tragfähigkeit des Baugrundes erhöht. Erfahrungsgemäß können dann auch die Bemessungswerte des Sohlwiderstands höher angesetzt werden, so dass sich wiederum die Fundamentgrundrisse verringern. Die Art und Anzahl der Säulen ist mit den jeweiligen Spezialtiefbauunternehmen abzustimmen, die dann auf Grundlage der Last- und Fundamentpläne Setzungsberechnungen durchführen und die Bemessungswerte festlegen.

In der Regel ist zwischen den Säulen zur Baugrundverbesserung und den Fundamentunterkanten eine mind. 0,30 m starke Lastverteilungsschicht aus gut verdichtbarem, kornabgestuftem Mineralgemisch (z. B. Schotter der Körnung 0/32 oder 0/45) einzubringen.

Die oben genannten Methoden zur Baugrundverbesserung stellen eine Übersicht von derzeit gängigen Verfahren dar. Daneben werden von einigen Firmen weitere spezielle, selbst entwickelte Verfahren angeboten, die hier nicht alle aufgezählt werden können.

Seitens des ausführenden Unternehmens ist durch Eignungsprüfungen nachzuweisen, dass eingesetzte Bindemittel (z. B. bei CSV- und CMC-Säulen) unbedenklich in Bezug auf ein mögliches Quellverhalten der anstehenden Böden sind.

Hierbei ist zu beachten, dass die teilweise sehr groben Auffüllungsbestandteile Bohrhindernisse darstellen, welche die vorgenannten Verfahren möglicherweise behindern. Dieser Umstand ist im Vorfeld mit dem Spezialtiefbauunternehmen zu klären. Insbesondere bei den Verdrängungsverfahren wie RSV-Säulen ist daher auch ein Vorbohren einzukalkulieren.

### **5.3.1.3 Tief-/ Sondergründung**

Als Gründungsmöglichkeit bieten sich zur Tiefgründung Vollverdrängungsbohrpfähle (z. B. Atlas- oder Fundex-Pfähle) oder Ramppfähle an. Die Pfähle müssen eine Mindesteinbindetiefe in die tragfähige Schicht (Sande - Homogenbereich B1) von 2,5 m aufweisen. Daraus resultiert eine Mindesteinbindung bis max. 7,5 m unter derzeitiger GOK im südlichen Bereich (Fläche D+G) und rd. 20 m unter GOK im nördlichen Bereich (Fläche A+B).

Die Tragfähigkeit eines Einzelpfahls hängt stark von dem Durchmesser und dem Herstellungsverfahren ab, weshalb bei dem derzeitigen Planungsstand keine weiteren Angaben dazu gemacht werden können. Die üblichen charakteristischen Pfahlwiderstände im Gebrauchszustand liegen bei 0,5 – 1,5 MN.

Es ist auf die Qualität der Ausführung der Pfähle zu achten. Entsprechend ist die Betonverfüllung nach den Vorgaben der DIN EN 1536:2015-10 und der EA-Pfähle hinsichtlich ihrer Betonqualität, -festigkeit, Mindesteinbindetiefe, Qualitätssicherung etc. herzustellen bzw. zu überwachen.

Grundsätzlich kann die Tiefgründung auch mit anderen Pfahltypen (z.B. Bohrpfähle, SOB-Pfähle) erfolgen. Es sind dann auf der Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse zusätzliche Empfehlungen und Angaben vom Unterzeichner anzufordern. Bei Bohrverfahren mit Bodenförderung sind jedoch die Entsorgungskosten für das anfallende Auffüllungsmaterial nachteilig zu berücksichtigen.

Die Angabe von Kennwerten für die Bemessung einer solchen Sondergründung (Pfahlmantelreibung, Pfahlspitzenwiderstand) kann erfolgen, wenn Details zur Art des geplanten Pfahlsystems vorliegen.

## 5.3.2 Variante B – Flachgründung mit Gründungspolstern

### 5.3.2.1 Erdplanum / Bodenverbesserung

Es gelten wiederum die Angaben zur Erstellung eines ausreichend tragfähigen Erdplanums gemäß Kapitel 5.3.1.1.

### 5.3.2.2 Flachgründung

Unter Inkaufnahme gewisser Setzungen kann die Gründung über Einzel- und Streifenfundamente oder eine Fundamentplatte unter Zwischenschaltung von Gründungspolstern zur Setzungsminderung und Reduzierung der Gründungsrisiken erfolgen. Wegen verbleibender Restrisiken bei einer Flachgründung in der inhomogenen Auffüllung ist diese Variante für besonders setzungsempfindliche Bauwerke oder Maschinenfundamente nicht zu empfehlen. Das Risiko unkalkulierbarer Setzungen hervorgerufen durch verrottbare Auffüllungsbestandteile oder Sackungen aus unbekanntem Hohlräumen ist grundsätzlich gegeben und besonders im nördlichen Baufeld (Fläche A+B) wegen der großen Auffüllungsmächtigkeiten relativ erhöht.

Weiterhin ist davon auszugehen, dass für den Einbau der Gründungspolster entsprechende Verdrängungsmassen (Bodenaushub aus den Homogenbereichen A1, A2 und A3) mit den entsprechenden abfalltechnischen Belastungen anfallen und daraus nicht unerhebliche Entsorgungskosten für die belasteten Materialien entstehen.

Zur Gründung und zum Einbau der Gründungspolster sind Böden an den Fundamentpositionen bis auf die erforderlichen Tiefen (Unterkante statisches Fundament + Stärke des Gründungspolsters) auszukoffern.

Die erforderliche Polsterstärke richtet sich grundsätzlich nach den auftretenden Lasten und den resultierenden Setzungen.

#### Einzel- und Streifenfundamente

Auf der Grundlage von überschlägigen Setzungsberechnungen gemäß DIN 4019 wurden die notwendigen Polsterstärken ermittelt, wobei tolerierbare **Setzungen von rd. 3 cm** und ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von  $\sigma_{R,d} = 300 \text{ kN/m}^2$  zu Grunde gelegt wurden:

Vertikallasten:	<b>bis rd. 1.500 kN</b>
Polsterstärke:	0,5 m
Vertikallasten:	<b>&gt; 1.500 kN bis ca. 2.000 kN</b>
Polsterstärke:	1,0 m
Vertikallasten:	<b>&gt; 2.000 kN bis ca. 2.500 kN</b>
Polsterstärke:	1,2 m

Bei noch höheren Einzellasten ist die Gründungsvariante A (Sondergründung) auszuführen.

Wir empfehlen, auf der Grundlage von Lastenplänen und Angaben zur geplanten Lage der Fundamentunterkanten, die erforderlichen Gründungsmaßnahmen im Detail mit dem Unterzeichner abzustimmen.

Weiter empfehlen wir, die Polster aus gut verdichtbarem Schottermaterial bis zur Körnung 0/100 herzustellen. Hierzu ist das Bodenmaterial in der Stärke des erforderlichen Polsters bis unter die Fundamentunterkante im Lastausbreitungswinkel von 45° auszuheben und das Schottermaterial lagenweise einzubauen und zu verdichten.

Auf dem Polster ist ein Verformungsmodul ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100\%$  (Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ ) für gut verdichtbares Fremdmaterial bei einem Verhältniswert  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$  nachzuweisen. Die Gründungspolster sind im Anschluss an die Verdichtungskontrollen durch das unmittelbare Einbringen der Sauberkeitsschicht vor Niederschlägen zu schützen.

Auf den kontrolliert aufgebauten Gründungspolstern kann die Gründung über Einzel- und Streifenfundamente als herkömmliche Flachgründung erfolgen. Gleiches gilt für die Sande (Homogenbereich B1), wenn diese oberflächennah angetroffen wurden.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes nach EC 7 (DIN 1054:2010-12) beträgt bei einer Gründung wie oben beschrieben

- $\sigma_{R,d} = 300 \text{ kN/m}^2$  für Einzelfundamente ( $1,0 \text{ m} < b < 3 \text{ m}$ ;  $a/b \leq 1,5$ ) bei einer Fundamentmindesteinbindetiefe von 1,0 m.
- $\sigma_{R,d} = 250 \text{ kN/m}^2$  für Streifenfundamente ( $0,5 \text{ m} < b < 1,5 \text{ m}$ ) bei einer Fundamentmindesteinbindetiefe von 0,8 m.

Bei der beschriebenen Gründungsart ist eine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch gemäß DIN 4017 bei den angegebenen Fundamentmindesteinbindetiefen gewährleistet (Ausnutzungsgrad [parallel zu b]  $\mu \leq 1$ ; Teilsicherheit  $\gamma_{R,v} = 1,4$ ).

Die oben stehenden Bemessungswerte des Sohlwiderstandes wurden so gewählt, dass möglichst gleichmäßige Setzungen von <3 cm bei den angenommenen Höchstlasten bis 2.500 kN zu erwarten sind.

Die Angabe der Setzungen erfolgt auf der Grundlage von überschlägigen Setzungsberechnungen gemäß DIN 4019 für mittig belastete Fundamente. Die Berechnungen erfolgten für den kennzeichnenden Punkt einer Rechtecklast und unter Zugrundelegung der erbohrten Bodenprofile.

Bei signifikanten Abweichungen von den angenommenen Lasten und Fundamentdimensionen bzw. nach Fertigstellung der finalen Planung sind unbedingt zusätzliche Setzungsberechnungen und Gründungsempfehlungen vom Unterzeichner anzufordern.

Sollten sich im Zuge der weiteren Planungsphase Änderungen in gründungstechnischer Sicht ergeben, so sind auf der Basis der vorliegenden Untersuchungen ergänzende Empfehlungen anzufordern. Bei abweichenden Untergrund- und/oder Grundwasserverhältnissen ist der Bodengutachter unverzüglich zu informieren.

#### **5.4 Baugrube / Wasserhaltung / Abdichtung / Dränage**

##### Bau- und Fundamentgruben/Böschungen

In Abhängigkeit von der Geländeneigung können Bau- oder Fundamentgruben mit einer Tiefe bis zu 1,25 m nach DIN 4124 senkrecht geschachtet werden. Bei größeren Einbindetiefen ist innerhalb der Sande und innerhalb des Verfüllkörpers aufgrund der teils hohen Bauschuttanteile mit max.  $\beta \leq 45^\circ$  zu böschten.

In den rolligen und kohäsionslosen Sanden (Homogenbereich B1) kann erfahrungsgemäß ein freies Böschten problematisch sein, da die Sande schon bei geringen Aushubtiefen sofort nachrutschen und es sich regelrechte Trichter mit flachen Böschungen ( $30^\circ - 45^\circ$ ) einstellen. Dies wurde auch unmittelbar nach Herstellung der Baggerschürfe in den Schürftgruben beobachtet (vgl. Anlage 5 – Fotodokumentation). Es sind daher seitens des Auftragnehmers für die Anlage der Bau und Fundamentgruben entsprechende Aushubmehrmassen einzukalkulieren. Andernfalls sind die Gruben zu verbauen. In den wasserführenden Sanden ist kein freies Böschten möglich, da diese Böden zum Fließen neigen und ohne eine sachgerechte Entwässerung sofort zusammenrutschen bzw. -fließen.

Dauerhafte Böschungen sollten nicht steiler als 1 : 1,5 angelegt werden. Sie sind durch geeignete Begrünung o. ä. Sicherungsmaßnahmen vor Erosion zu schützen.

##### Wasserhaltung

Die Grundwassersituation zum Zeitpunkt der Untersuchungen vorausgesetzt und insoweit keine Eingriffe >3 m geplant sind, werden keine grundwasserabsenkenden Maßnahmen erforderlich. Unbeschadet dessen sind während der Bauphase je nach Witterung und Jahreszeit Wasserhaltungsmaßnahmen im Hinblick auf zusetzendes Schichtenwasser oder im Hinblick auf Oberflächenwasserzutritte erforderlich.

Grundsätzlich ist im Hinblick auf die Befahrbarkeit, Bearbeitbarkeit und die Tragfähigkeit des Erdplanums für das gesamte Gelände eine Tagwasserhaltung, das heißt eine Arbeitssicherung gegen Niederschlagswasser im Sinne der VOB, Teil C, DIN 18299, mittels Dränagen, Pumpensümpfen und Schmutzwasserpumpen vorzusehen, um Oberflächenwasser effektiv abführen zu können.

##### Abdichtung / Dränage

Die anstehenden Böden des Homogenbereiches B1 und A2 sind gut durchlässig (Durchlässigkeitsbeiwert von  $k \geq 10^{-4}$  m/s). Die Materialien des Verfüllkörpers (Homogenbereiche A1 und A3) dagegen sind wenig durchlässig bis wassersperrend (Durchlässigkeitsbeiwert von  $k \ll 10^{-4}$  m/s). Der Bemessungswasserstand ist mit 101 m NN angesetzt (vgl. Kapitel 3.2).

Nach unserem derzeitigen Kenntnisstand sind jedoch keine Unterkellerungen o. dgl. vorgesehen, so dass die Anforderungen an die Abdichtung der Bodenplatte niedrig sind. Bei Herstellung eines 0,50 m mächtigen Schotterpolsters unterhalb der Bodenplatte kann aufgrund der nicht unterkellerten Bauweise gemäß DIN 18533-1 zum Schutz gegen *Bodenfeuchtigkeit* und *nicht drückendes Wasser* (Klasse **W1.1-E**) abgedichtet werden.

Anderenfalls sind unter Gelände einbindende Bauwerksteile zum Schutz gegen *Bodenfeuchtigkeit* und *nicht drückendes Wasser* (Klasse **W1.2-E**) gemäß DIN 18533-1 abzudichten, vorausgesetzt die Bildung von aufstauendem Wasser wird durch eine entsprechende Drainage gemäß DIN 4095 verhindert. Gleiches gilt für unter Gelände einbindenden Bauwerksteile, wie z. B. LKW-Andockstationen (Docks), wenn sie rampenartig nach unten führen.

Ist die Ausführung einer Drainage nicht möglich oder nicht zulässig, so liegt der Einwirkungsfall „mäßige Einwirkung von drückendem Wasser“ vor und es ist die Wassereinwirkungsklasse **W2.1-E** nach DIN 18533-1 zu berücksichtigen (bei Einbindetiefen bis maximal 3 m) vorzunehmen. Entsprechende Abdichtungsmaßnahmen sind auszuführen.

## 5.5 Hallenbodenkonstruktion / Verkehrsflächen

### 5.5.1 Hallenbodenkonstruktion

Nachfolgende Angaben und Empfehlungen gelten nur in Zusammenhang mit der Gründungsvariante B. Bei einer Spezialbodenverbesserung oder Sondergründung gemäß Variante A sind auch die Lasten aus der Fußbodenkonstruktion in das Sondergründungssystem mit einzubeziehen.

Bezüglich der Vorbereitung des Erdplanums bzw. der Anschüttung sind die Angaben in vorherigen Kapiteln zu beachten.

Auf dem so hergestellten Unterbau ist zum Abschluss eine Tragschicht aus gebrochenem Schottermaterial der Körnung 0/45 oder 0/56 in einer Stärke von mind. 0,30 m aufzubringen und zu verdichten. Auf der Oberkante der Tragschicht sind in Abhängigkeit der verwendeten Materialien und zu erwartenden max. Einzellasten Verformungsmoduln von  $E_{v2} \geq 120 - 180 \text{ MN/m}^2$  bei Verhältniswerten von  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$  nachzuweisen.

In Anlehnung an die einschlägigen Regelwerke (z. B. "Betonböden im Industriebau") sind für den Untergrund und die Tragschicht unter der Betonplatte folgende Verformungsmoduln nachzuweisen (Bedingung  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ):

Tabelle 5 Verformungsmodul in Abhängigkeit der max. Einzellasten

Einzellast [kN]	Verformungsmodul $E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	
	Untergrund	Tragschicht
32,5	≥ 30	≥ 80
60	≥ 45	≥ 100
100	≥ 60	≥ 120
150	≥ 80	≥ 150
200	≥ 100	≥ 180

Im Anfangsstadium der Baustelle sollte für die Bodenverbesserungsmaßnahmen und den Unterbau der Hallenböden Probefelder angelegt und auf den Probefeldern Plattendruckversuche gemäß DIN 18134 durchgeführt werden.

### 5.5.2 Verkehrs- und Stellflächen

Bei den folgenden Empfehlungen gehen wir davon aus, dass auf dem Erdplanum (OK Bodenverbesserung mind. 0,5 m, vgl. Kapitel 5.3.1.1 bzw. 5.3.2.1) die Mindestanforderungen gemäß den einschlägigen Vorschriften (ZTVE-StB, RStO) mit einem Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup> erreicht werden. Der weitere Aufbau kann danach wie folgt vorgenommen werden.

Die Bauweisen und Schichtdicken des Oberbaus sind von der Frostempfindlichkeit des Untergrunds bzw. Unterbaus und der Verkehrsbelastung abhängig. Es empfiehlt sich, den Aufbau entsprechend der Belastungsklassenzuordnung nach RStO 12 vorzunehmen. Entscheidend ist hierbei die Frostempfindlichkeit der anstehenden Böden.

Aufgrund der überwiegend bindigen frostempfindlichen Bodenschichten sollte einheitlich die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 angesetzt werden.

Für die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 werden nach RStO 12 die Richtwerte für die Dicke des frostsicheren Oberbaus mit

- 65 cm (Belastungsklasse Bk100 bis Bk10)
- 60 cm (Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk1,0)
- 50 cm (Belastungsklasse Bk0,3)

angegeben (Tabelle 6 der RStO). Durch die Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, wie Frosteinwirkungszone, Lage der Gradienten, Lage der Trasse, Wasserverhältnisse und Ausführung der Randbereiche (Tabelle 7 der RStO), ergeben sich Mehr- oder Minderdicken, die seitens eines Fachplaners auf der Grundlage örtlicher Kenntnisse festzulegen sind.

Die Belastungsklassen sind ebenfalls durch einen Fachplaner festzulegen.

Aus der untersuchten Bodensituation ergeben sich folgende Randbedingungen die bei der Bemessung des Oberbaus zu Grunde zu legen sind:

<u>Örtliche Verhältnisse</u>	<u>Mehr- oder Minderdicken</u>
• Frostempfindlichkeitsklasse F 3	
• die Frosteinwirkungszone I (Mörfelden)	(± 0 cm)
• günstige Wasserverhältnisse nach ZTVE-StB, da kein Grundwasser in den oberflächennahen Bereichen zu erwarten ist	(± 0 cm)
• Entwässerung der Flächen mit Rinnen und Einläufen	( - 5 cm)

Die Anforderungen an den Verdichtungsgrad und den Verformungsmodul des Oberbaus und des Untergrundes bzw. Unterbaus sind in den genannten einschlägigen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien enthalten und richten sich ebenfalls nach den Bauklassen. Außerdem sind die Bauweisen (Frostschutzschicht, Kies- oder Schottertragschicht, hydraulisch gebundene Tragschicht oder Bodenverfestigung) sowie insbesondere die Art der Fahrbahndecke (Bitumendecke, Betondecke, Pflasterdecke, usw.) zu berücksichtigen.

Als Material für die Frostschutzschicht ist qualifiziertes Material mit der Körnung 0/32 mm, 0/45 mm, 0/56 mm oder gleichwertig zu verwenden. Hierzu sind die Vorgaben der aktuellen ZTV-SoB zu beachten. Das Material ist lagenweise (max. Stärke der Einzellagen in unverdichtetem Zustand: 0,40m) aufzubauen und mit einem dynamisch wirkenden Verdichtungsgerät zu verdichten. Die gemäß RStO 12 bzw. ZTVE StB geforderten Verformungsmoduln (i.d.R. auf Erdplanum  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  und  $E_{v2} \geq 120$  bis  $150 \text{ MN/m}^2$  auf Tragschicht, Verhältniswert  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ;  $D_{Pr} \geq 103\%$ ) sind mittels Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

Wegen der Unabwägbarkeiten bezüglich des Zustands und der Tragfähigkeit des Erdplanums (witterungsabhängig) empfehlen wir, mittels Probefeldern im Zuge der Bauausführung die ausreichende Tragfähigkeit des vorgeschlagenen Aufbaus und des Erdplanums zu überprüfen, um so die Schichtstärken, den Geräteeinsatz und den Arbeitsablauf zu optimieren.

## 5.6 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit

Hinsichtlich der Verdichtungseigenschaften der angetroffenen Bodenarten kann die Einstufung nach ZTVA-StB herangezogen werden. Die Tabelle 2 der ZTVA-StB gibt Schüttenhöhen in Abhängigkeit der Geräteart sowie die Anzahl der notwendigen Übergänge an. Die Vorgaben gemäß ZTVA-StB sind von den Baufirmen in den Leistungspositionen, die Verdichtungsarbeiten betreffen, einzukalkulieren. Im Folgenden sind allgemeine Angaben für die Behandlung und die Wiederverwendung der angetroffenen Böden aufgeführt. Diese Angaben ergänzen die Empfehlungen in den vorherigen Kapiteln, gelten jedoch nicht immer uneingeschränkt auch für die vorliegende Baumaßnahme.

#### Schicht 0 / Homogenbereich O – Oberboden (aufgefüllt)

Der Oberboden stellt ein Schutzgut dar. Gemäß BauGB § 202 „Schutz des Mutterbodens“ ist der Oberboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen.

#### Schicht 1a / Homogenbereich A1 – Auffüllung, Schluff – Deckschicht

Gemäß DIN 18196 ist die Witterungs-, Erosions- und Frostempfindlichkeit dieser feinkörnigen Bodenarten als groß einzustufen. Diese Bodenarten sind ohne Verbesserungsmaßnahme aus geotechnischer Sicht nicht wieder verwertbar. Wir empfehlen, eine Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe vorzusehen. Größere Bauschuttbestandteile sind zu separieren.

Für vernässte Bodenmassen bzw. für weiche, wenig tragfähige Böden sind ausreichende Verdichtungsgrade unter Zugabe von Mischbindemittel (Kalk-Zement-Gemisch), z.B. unter Verwendung einer Fräse, einer Separator-Schaufel oder bei hohen Steinanteilen auch mit dem Baggerlöffel zu erreichen. Hierbei wird durch den Kalk kurzfristig der zu hohe Wassergehalt des Bodenaushubes auf Wassergehalte abgesenkt, die den Boden bearbeitbar machen. Die Langzeitwirkung des Zementes führt zur Erhöhung der Stabilität des Bodens. Für die Verdichtung des vergüteten Materials sind Schafffußwalzen einzusetzen. Im Hinblick auf die angrenzende Bebauung sind staubarme Bindemittelarten zu verwenden oder es ist der Mischvorgang außerhalb der Baustelle durchzuführen. Die Bindemittelzugabe ist auf ein Mindestmaß zu beschränken und es ist für eine verwirbelnde Durchmischung mit hohem Lufteinschluss zu sorgen, um die puzzolanische Reaktion (führt zur Versteinerung der Böden) zu unterbinden.

Bei einer Bodenverbesserung durch die Zugabe von Mischbindemittel sind die zu verwendenden Bindemittelarten und -mengen durch Eignungsprüfungen gemäß dem „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV 551) festzulegen. Für die Eignungsprüfungen ist ein entsprechender Untersuchungszeitraum einzukalkulieren.

Bei sehr trockener Witterung und niedrigen Bodenwassergehalten ist ein Anfeuchten der zu verbessernden Böden erforderlich. Bei Temperaturen unter 5 °C ist eine Bodenverbesserung nur noch stark eingeschränkt bzw. bei Frost gar nicht mehr möglich.

Die bindigen Bodenarten sind wasser- und frostempfindlich und während der Baumaßnahme z.B. durch Abdecken mit Folien gegen Witterungseinflüsse zu schützen, da Änderungen des Wassergehaltes zur Änderung der Konsistenz und Herabsetzung der Kohäsion führen können. Aufgeweichte und/oder vernässte Bereiche sind auszutauschen, nachzuarbeiten bzw. zu konditionieren. Im Zweifelsfall ist der Bodengutachter zu benachrichtigen.

Schicht 1c / Homogenbereich A3 – Auffüllung, Ton / Schluff – Verfüllkörper

Die heterogen zusammengesetzten Auffüllungsmaterialien sind in der vorliegenden Form aus geotechnischer Sicht grundsätzlich nicht wiederzuverwenden und sollten fachgerecht einer Verwertung zugeführt werden.

Ggf. können die Betonbestandteile separiert und gebrochen werden, insbesondere Holzreste und Asphaltbestandteile sind zwingend auszusortieren.

Schicht 1b / Homogenbereich A2 – Auffüllung, SandSchicht 2 / Homogenbereich B1 – pleistozäne, natürliche Sande / Kiese

Der Bodenaushub aus dem Bereich der Sande und rolligen Auffüllungen mit einem Feinkornanteil bis zu max. 15 M.-% kann aus bodenmechanischer Sicht ebenfalls im Unterbau (Anschüttung) sowie zur Rückverfüllung von Arbeitsräumen o. dgl. eingesetzt werden. Das Material sollte lagenweise mit Lagenstärken von maximal 0,30 m eingebaut und statisch sowie mit sog. Trenklerplatten verdichtet werden. Wegen der enggestuften Kornverteilung (Fehlen von Kieskorn) wird eine Zugabe von z. B. Zement (Art und Menge nach Eignungsprüfung durch den ausführenden Unternehmer) empfohlen, um eine ausreichende Verdichtbarkeit zu gewährleisten. Zur Verdichtungskontrolle sind gemäß DIN 18125 das Sandersatzverfahren oder gemäß DIN 18134 Plattendruckversuche durchzuführen.

Bei einem Feinkornanteil > 15 M.-% ist eine Konditionierung des Materials notwendig (s. Schicht 1a).

*Im Hinblick auf eine Wiederverwendung der angetroffenen Materialien sind auch die umwelttechnischen Aspekte zu beachten (vgl. gesonderten Bericht).*

### 5.7 Verdichtungskontrolle / Qualitätssicherungsprogramm

Alle zum Einbau vorgesehenen Erdstoffe sind vor ihrem Einbau einer Eignungsprüfung zu unterziehen bzw. es müssen von den bauausführenden Unternehmen entsprechende Nachweise vorgelegt werden. Durch den Bodengutachter wird folgendes Qualitätssicherungsprogramm vorgeschlagen:

Tabelle 6 Vorgeschlagenes Qualitätssicherungsprogramm

Untersuchungsparameter	Beprobungsfrequenz	
	Eigenüberwachung	Fremdüberwachung
<b>Probekbau</b> Jeweils 1 Probekbau für die das verbesserte Erdplanum, die Anschüttung und den Oberbau Kontrolle der Tragfähigkeit: - Proctorversuch gemäß DIN 18127 und Verdichtungsgrad gemäß DIN 18125 - Plattendruckversuche gemäß DIN 18134	2 x pro Probekbau	1 x pro Probekbau
<b>Verb. Erdplanum, Anschüttungen Schottertrag- und Frostschuttschicht</b> Kontrolle der Tragfähigkeit: - Proctorversuch gemäß DIN 18127 und Verdichtungsgrad gemäß DIN 18125 - Plattendruckversuche gemäß DIN 18134	1x je 750 m <sup>2</sup> und Lage	1x je 1000m <sup>2</sup> und Lage
<b>Leitungsgrabenverfüllung</b> Verdichtungskontrolle: Dichtebestimmung - leichte Rammsondierungen	1 x je 50 lfdm	1 x je 100 lfdm
<b>Schottertragschicht, Frostschuttschicht</b> Bestimmung des Feinkornanteils: - Korngrößenverteilung gemäß DIN EN 933-1	1x pro 500 m <sup>3</sup> und Material	1x pro 1.000 m <sup>3</sup> und Material
<b>Asphaltuntersuchungen</b>	Nach ZTV Asphalt StB	Nach ZTV Asphalt StB

Die vorstehenden Angaben gelten für große Prüflose. Wir empfehlen, den Untersuchungsumfang mit dem Unterzeichner auf der Grundlage genauerer Kenntnisse über die Art und Größe der jeweiligen Baulose abzustimmen und fortzuschreiben.

Die Beprobungsfrequenz ist im Zuge der laufenden Arbeiten ggf. augenscheinlich den Bodenverhältnissen anzupassen.

## 6.0 Versickerung von Niederschlagswasser

Die Auffüllungen in den ehemaligen Gruben variieren stark in ihrer Zusammensetzung, sind aber aufgrund der hohen Feinkornanteile schwach bis sehr schwach durchlässig einzustufen (Durchlässigkeitsbeiwert  $k$ -Wert  $1 \times 10^{-6} - < 1 \times 10^{-8}$  m/s).

Die am Projektstandort anstehenden natürlichen Sande des Homogenbereiches B1 sind hingegen besser durchlässig. Mit den Versickerungsversuchen wurden Durchlässigkeiten von

$$k = 5,1 \times 10^{-5} - 9,1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

ermittelt.

Die Durchlässigkeit des Bodens kann weiterhin aus den Kornverteilungskurven mittels Korrelationsverfahren abgeleitet werden. Die Kornverteilung der feinkornarmen Sande des Homogenbereiches B1 wurde mittels Sieb-Analysen gemäß DIN 18123 bestimmt (vgl. Kornverteilungskurven der Anlage 3.1). Die Berechnung der Durchlässigkeit erfolgte nach dem Korrelationsverfahren von BEYER. Danach kann für diese Materialien ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert

$$k \approx 5,1 \times 10^{-5} \text{ bis } 2,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

abgeleitet werden.

Bei diesen Wasserdurchlässigkeiten ist gemäß den einschlägigen Vorschriften (DWA-Arbeitsblatt A 138 [B1]) eine Versickerung von Niederschlagswasser in den pleistozänen Sanden des Homogenbereiches B1 grundsätzlich möglich.

Wir empfehlen, auf der sicheren Seite liegend mit einem Durchlässigkeitsbeiwert

$$k = 5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

zu rechnen.

Im Hinblick auf die geringe Reinigungswirkung der Sande wird i.d.R. eine Versickerung unter Zwischenschaltung einer belebten Bodenzone (Oberboden in Versickerungsmulden) erforderlich. Ob eine Versickerung über Rigolen wie geplant ist nach Ansicht des Unterzeichners nicht genehmigungsfähig. Diesbezügliche Details und Vorgaben sind im Vorfeld weiterer Planungen mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen, um Planungssicherheit zu erlangen. Im Bereich von Versickerungsanlagen sind die bindigen Deckschichten oder Auffüllungen vollständig auszukoffern und durch ausreichend durchlässiges Bodenmaterial (Kies-/Sand-Aushub) zu ersetzen.

Für den Ansatz der Durchlässigkeit und die Randbedingungen bei der Errichtung von Versickerungsanlagen sind die Angaben des genannten Arbeitsblattes DWA A 138 zu beachten.

Wichtige Anmerkung:

Die Durchlässigkeitsbestimmungen mittels Korrelationsverfahren aus der Kornverteilung und aus kleinmaßstäblichen Versickerungsversuchen sind mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Im Zuge der Bauausführung oder besser im Vorfeld der Baumaßnahme sind Bagger-schürfe bis auf den Sand anzulegen und darin noch einmal großmaßstäbliche Versickerungsversuche auszuführen, um die k-Werte zu überprüfen/verifizieren. In Abhängigkeit der Ergebnisse könnte die Ausführung, sowie die Abmessungen der Versickerungsanlagen ggf. noch angepasst werden.

## 7.0 Abschließende Bemerkungen

Sämtliche oben aufgeführten Aussagen und Empfehlungen in diesem geo- und abfalltechnischen Untersuchungsbericht beziehen sich ausschließlich auf die durch die b<sub>gm</sub> zum Untersuchungszeitpunkt untersuchten Aufschlusspunkte. Sollte im Zuge der Aushubarbeiten ein von den Ausführungen abweichender Bodenaufbau und/oder abweichende Grundwasser- verhältnisse angetroffen werden, muss der Gutachter durch die für die Aushubarbeiten verantwortliche Stelle rechtzeitig informiert und herangezogen werden, so dass mit entsprechenden Empfehlungen reagiert werden kann.

Es ist in Verbindung mit den Bauarbeiten (Baustellenverkehr, Erschütterungen aus Verdichtungsarbeiten) zu prüfen, ob eine Beweissicherung und ggf. auch Schwingungsmessungen erforderlich sind.

Den ausgesprochenen Empfehlungen liegen die im Kapitel 1 genannten Unterlagen zugrunde und basieren auf dem in diesem Bericht beschriebenen Erkundungsrahmen und den hierbei gewonnenen Erkenntnissen. Bei Planungsänderungen ist Rücksprache mit dem Gutachter erforderlich.

Der abfall- und geotechnische Untersuchungsbericht ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

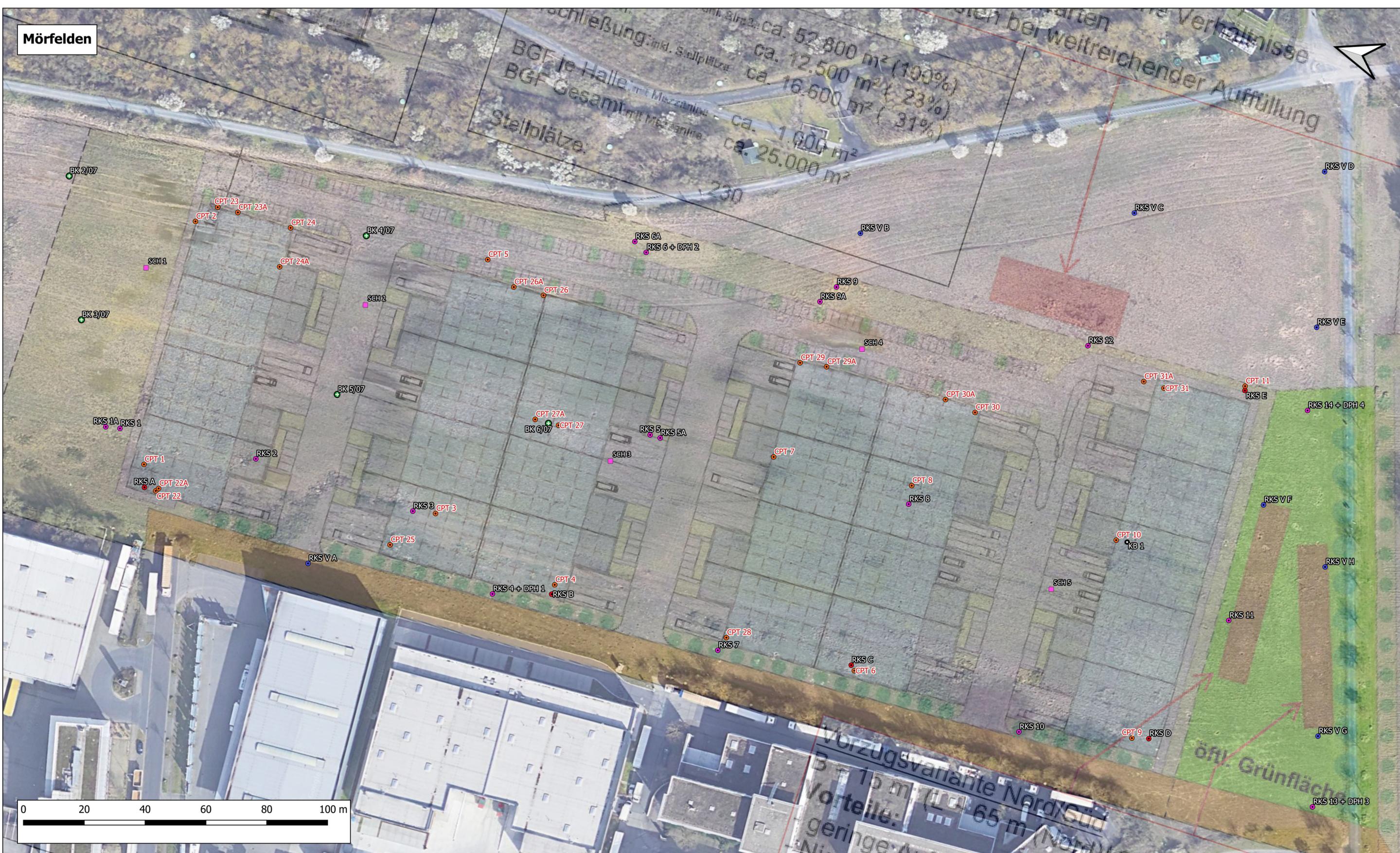
Die b<sub>gm</sub> baugrundberatung GmbH ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfen zu geben.

Ober-Ramstadt, den 07.04.2022

Mathias Müssig  
(Geschäftsführer)

ppa. Svenja Urban  
M.Sc. Geowissenschaften  
(Niederlassungsleiterin)

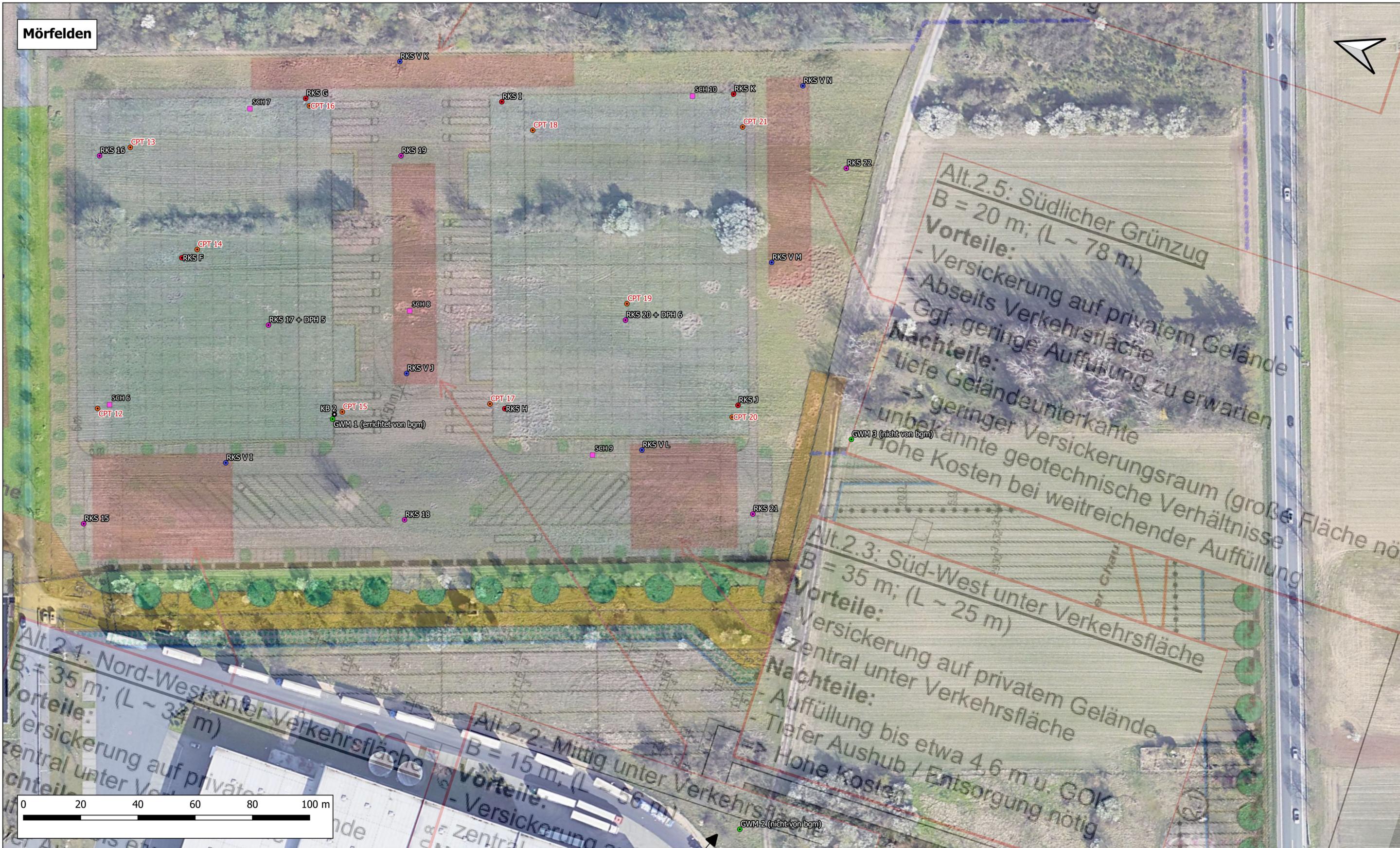
Dipl.-Geol. Thilo Meidt  
(Sachbearbeiter)



- Legende:**
- Rammkernsondierungen (RKS; 2022) [11]
  - RKS für Versickerung (2022) [14]
  - Drucksondierungen (CPT; 2022) [39]
  - Kernbohrungen (KB; 2022) [2]
  - Baggerschürfe (SCH; 2021)
  - RKS Voruntersuchung (2021) [26]
  - ISK Kernbohrungen BK (2007)
- Google Satellite

**bgm** bgm baugrundberatung GmbH  
 Hundertwasserallee 7  
 64372 Ober-Ramstadt

Anlage 1.1



**Alt.2.5: Südlicher Grünzug**  
 B = 20 m; (L ~ 78 m)  
**Vorteile:**  
 - Versickerung auf privatem Gelände  
 - Abseits Verkehrsfläche  
 - Ggf. geringe Auffüllung  
**Nachteile:**  
 - tiefe Geländeunterkante  
 => geringer Versickerungsraum (große Fläche nötig)  
 - unbekannte geotechnische Verhältnisse  
 - Hohe Kosten bei weitreichender Auffüllung

**Alt.2.3: Süd-West unter Verkehrsfläche**  
 B = 35 m; (L ~ 25 m)  
**Vorteile:**  
 - Versickerung auf privatem Gelände  
 - zentral unter Verkehrsfläche  
**Nachteile:**  
 - Auffüllung bis etwa 4,6 m u. GOK  
 - Tiefer Aushub / Entsorgung nötig  
 => Hohe Kosten

**Alt.2.1: Nord-West unter Verkehrsfläche**  
 B = 35 m; (L ~ 34 m)  
**Vorteile:**  
 - Versickerung auf privatem Gelände  
 - zentral unter Verkehrsfläche  
**Nachteile:**  
 - Hohe Kosten

**Alt.2.2: Mittig unter Verkehrsfläche**  
 B = 15 m; (L ~ 56 m)  
**Vorteile:**  
 - Versickerung auf privatem Gelände  
 - zentral unter Verkehrsfläche  
**Nachteile:**  
 - Hohe Kosten



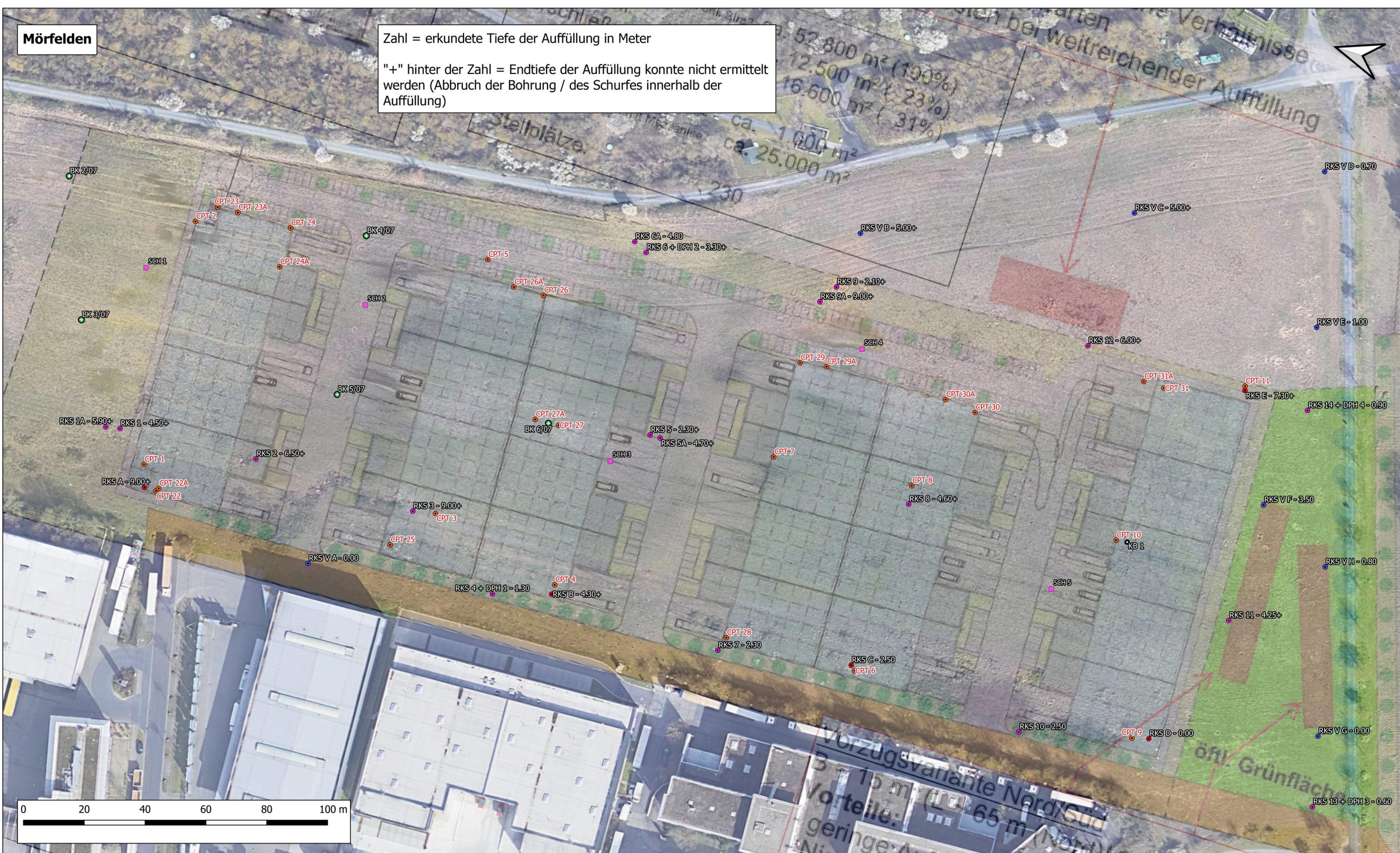
- Legende:**
- Rammkernsondierungen (RKS; 2022) [11]
  - RKS für Versickerung (2022) [14]
  - Drucksondierungen (CPT; 2022) [39]
  - Kernbohrungen (KB; 2022) [2]
  - Baggerschürfe (SCH; 2021)
  - RKS Voruntersuchung (2021) [26]
  - Grundwassermessstellen [3]
- Google Satellite

**bgm** bgm baugrundberatung GmbH  
 Hundertwasserallee 7  
 64372 Ober-Ramstadt

Anlage 1.2

# Mörfelden

Zahl = erkundete Tiefe der Auffüllung in Meter  
 "+" hinter der Zahl = Endtiefe der Auffüllung konnte nicht ermittelt werden (Abbruch der Bohrung / des Schurfes innerhalb der Auffüllung)



- Legende:**
- Rammkernsondierungen (RKS; 2022) [11]
  - RKS für Versickerung (2022) [14]
  - Drucksondierungen (CPT; 2022) [39]
  - Kernbohrungen (KB; 2022) [2]
  - Baggerschürfe (SCH; 2021)
  - RKS Voruntersuchung (2021) [26]
  - ISK Kernbohrungen BK (2007)
- Google Satellite

**bgm** bgm baugrundberatung GmbH  
 Hundertwasserallee 7  
 64372 Ober-Ramstadt

Anlage 1.3



**Alt.2.5: Südlicher Grünzug**  
 B = 20 m; (L ~ 78 m)  
**Vorteile:**  
 - Versickerung auf privatem Gelände  
 - Abseits Verkehrsfläche  
 - Ggf. geringe Auffüllung zu erwarten  
**Nachteile:**  
 - tiefe Geländeunterkante  
 => geringer Versickerungsraum (große  
 - unbekannte geotechnische Verhältnisse  
 - Hohe Kosten bei weitreichender

**Alt.2.3: Süd-West unter Verkehrsfläche**  
 B = 35 m; (L ~ 25 m)  
**Vorteile:**  
 - Versickerung auf privatem Gelände  
 - zentral unter Verkehrsfläche  
**Nachteile:**  
 - Auffüllung bis etwa 4,6 m u. GOK  
 - Tiefer Aushub / Entsorgung nötig  
 => Hohe Kosten

**Alt.2.1: Nord-West unter Verkehrsfläche**  
 B = 35 m; (L ~ 34 m)  
**Vorteile:**  
 - Versickerung auf privatem Gelände  
 - zentral unter Verkehrsfläche  
**Nachteile:**  
 - tiefe Geländeunterkante  
 - unbekannte geotechnische Verhältnisse  
 - Hohe Kosten bei weitreichender

**Alt.2.2: Mittig unter Verkehrsfläche**  
 B = 15 m; (L ~ 56 m)  
**Vorteile:**  
 - Versickerung auf privatem Gelände  
 - zentral unter Verkehrsfläche  
**Nachteile:**  
 - tiefe Geländeunterkante  
 - unbekannte geotechnische Verhältnisse  
 - Hohe Kosten bei weitreichender

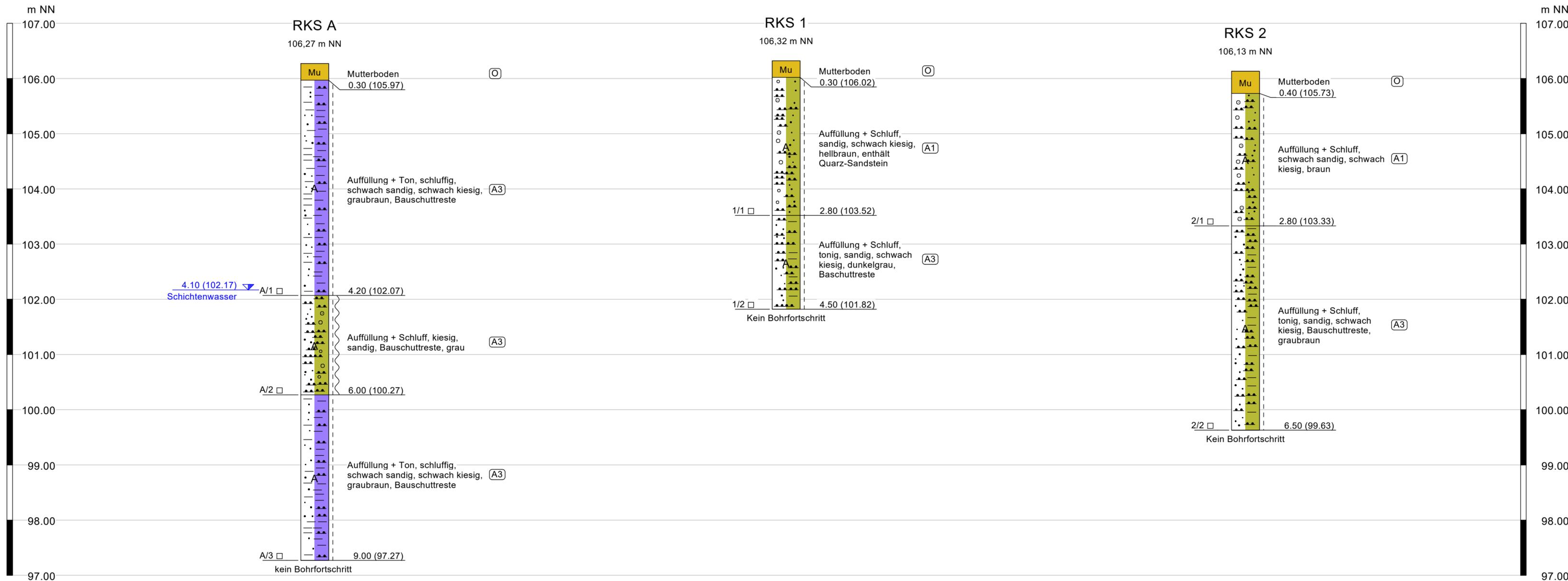
Zahl = erkundete Tiefe der Auffüllung in Meter  
 "+" hinter der Zahl = Endtiefe der Auffüllung konnte nicht ermittelt werden (Abbruch der Bohrung / des Schurfes innerhalb der Auffüllung)



- Legende:**
- Rammkernsondierungen (RKS; 2022) [11]
  - RKS für Versickerung (2022) [14]
  - Drucksondierungen (CPT; 2022) [39]
  - Kernbohrungen (KB; 2022) [2]
  - Baggerschürfe (SCH; 2021)
  - RKS Voruntersuchung (2021) [26]
  - Grundwassermessstellen [3]
- Google Satellite

**bgm** bgm baugrundberatung GmbH  
 Hundertwasserallee 7  
 64372 Ober-Ramstadt

Anlage 1.4



2.45	GW Ruhe
01.01.09	GW Bohrende
2.45	GW Bohrende
01.01.09	GW Bohrende
2.45	GW angebohrt
01.01.09	GW angebohrt

**Legende**

steif (dotted pattern)      weich - steif (horizontal lines)

A, B... = Homogenbereich

- A: Auffüllung
- Mu: Mutterboden
- Schluff: Schluff
- Ton: Ton

**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

**Projekt:** Neubau von Logistikhallen  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hautpundersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

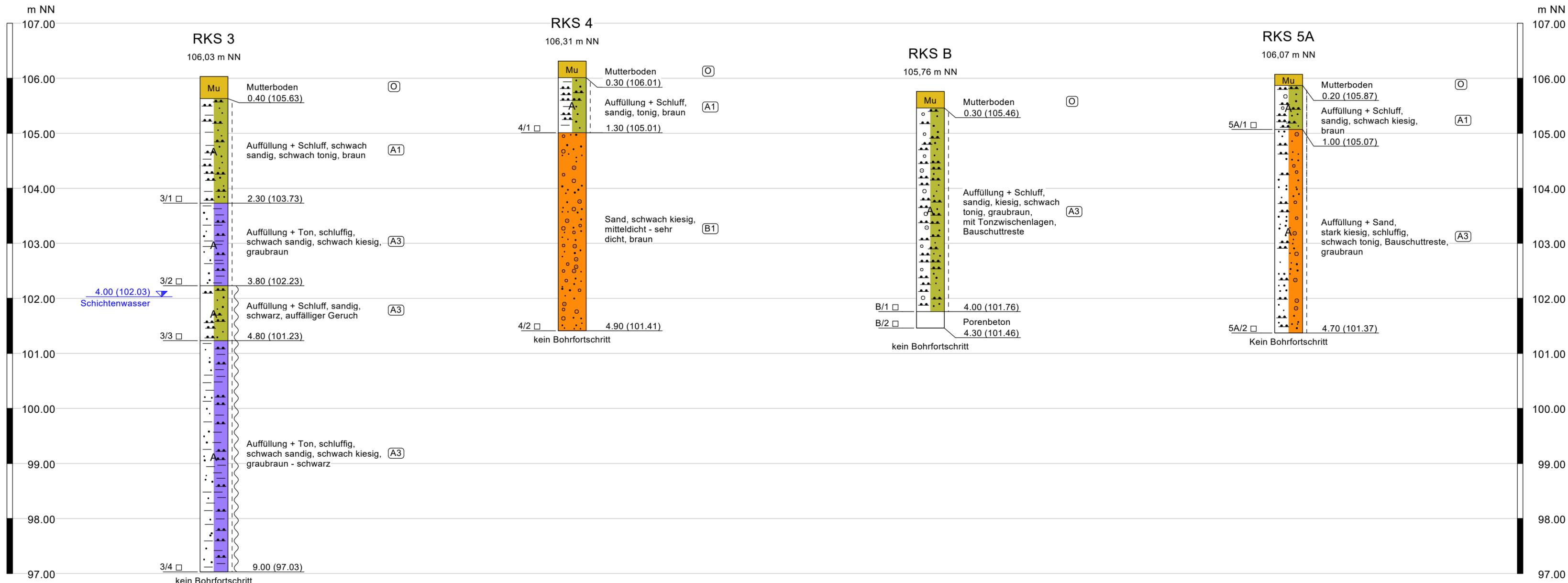
**Auftraggeber:** Fraport Casa Commercial GmbH  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Maßstab d. Höhe: 1 : 50      Projekt-Nr.: 21-118OR      Anlage-Nr.: 2.1

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023



<b>bgm baugrundberatung GmbH</b> Hundtwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt Tel.: 0 61 54 / 40 93 00				
Projekt: <b>Neubau von Logistikhallen</b> Mörfelden, Flur 17 und 20 Hauptuntersuchung Baugrund-/ Abfalluntersuchung		Auftraggeber: <b>Fraport Casa Commercial GmbH</b> Siemensstraße 6 63263 Neu-Isenburg		
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023		Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR	Anlage-Nr.: 2.2



2,45	GW Ruhe
2,45	GW Bohrende
2,45	GW angebohrt

**Legende** A, B... = Homogenbereich

	steif		Auffüllung		Schluff
	weich - steif		Mutterboden		Ton
			Sand		

**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hauptuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Maßstab d. Höhe: 1 : 50  
 Projekt-Nr.: 21-118OR  
 Anlage-Nr.: 2.3

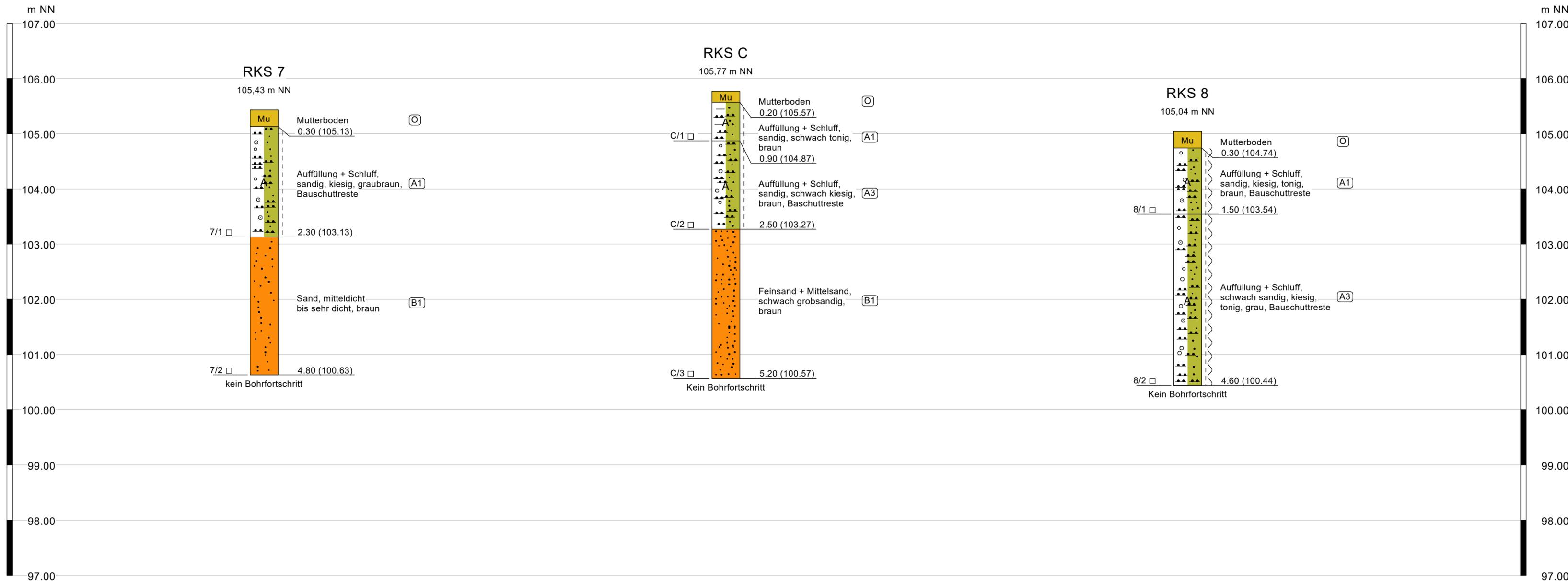
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023



vollst. Darstellung in Anlage 2.9

vollst. Darstellung in Anlage 2.9

<b>bgm baugrundberatung GmbH</b> Hundtwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt Tel.: 0 61 54 / 40 93 00			
Projekt: <b>Neubau von Logistikhallen</b> Mörfelden, Flur 17 und 20 Hauptuntersuchung Baugrund-/ Abfalluntersuchung		Auftraggeber: <b>Fraport Casa Commercial GmbH</b> Siemensstraße 6 63263 Neu-Isenburg	
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023		Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR
		Anlage-Nr.: 2.4	



2.45	GW Ruhe
2.45	GW Bohrende
2.45	GW angebohrt

**Legende**      A, B... = Homogenbereich

	steif		Auffüllung		Feinsand
	weich - steif		Mutterboden		Sand
			Mittelsand		Schluff

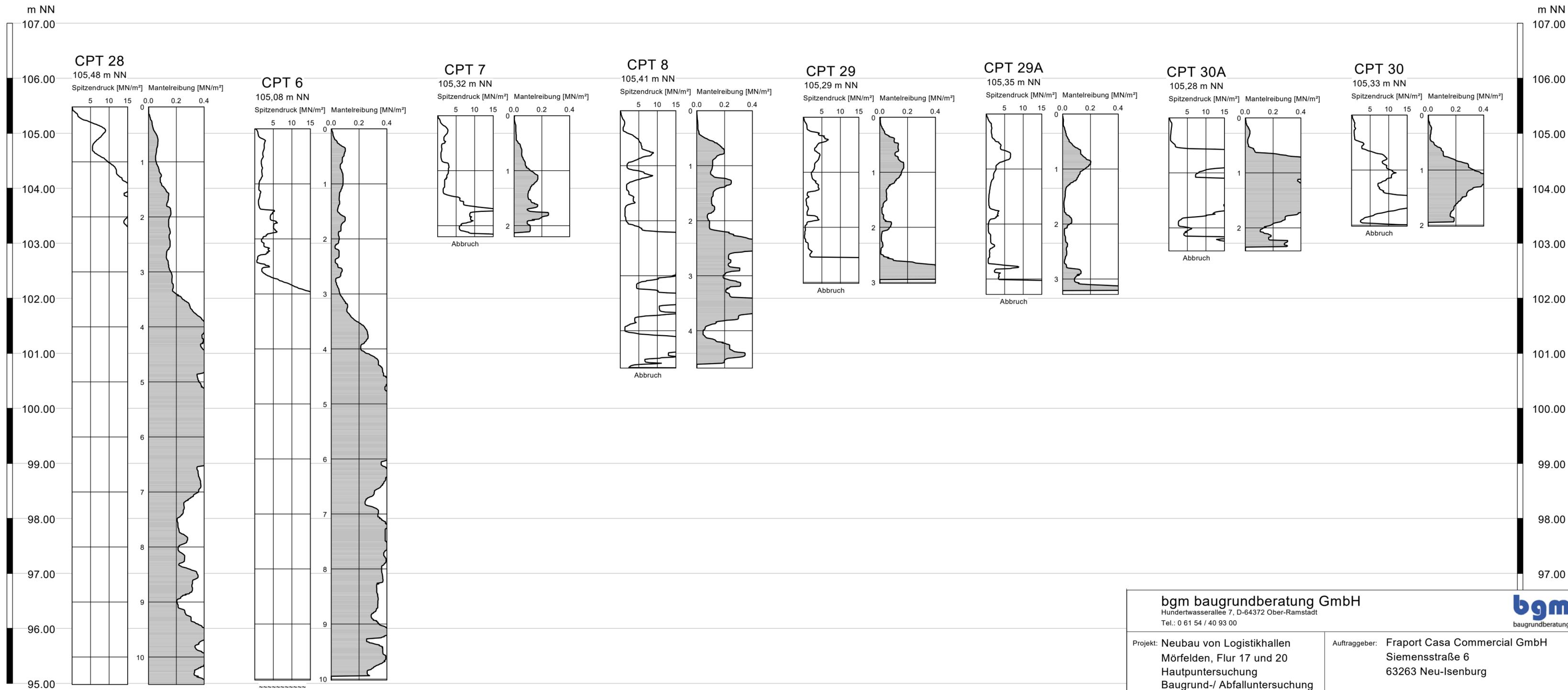
**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hauptuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

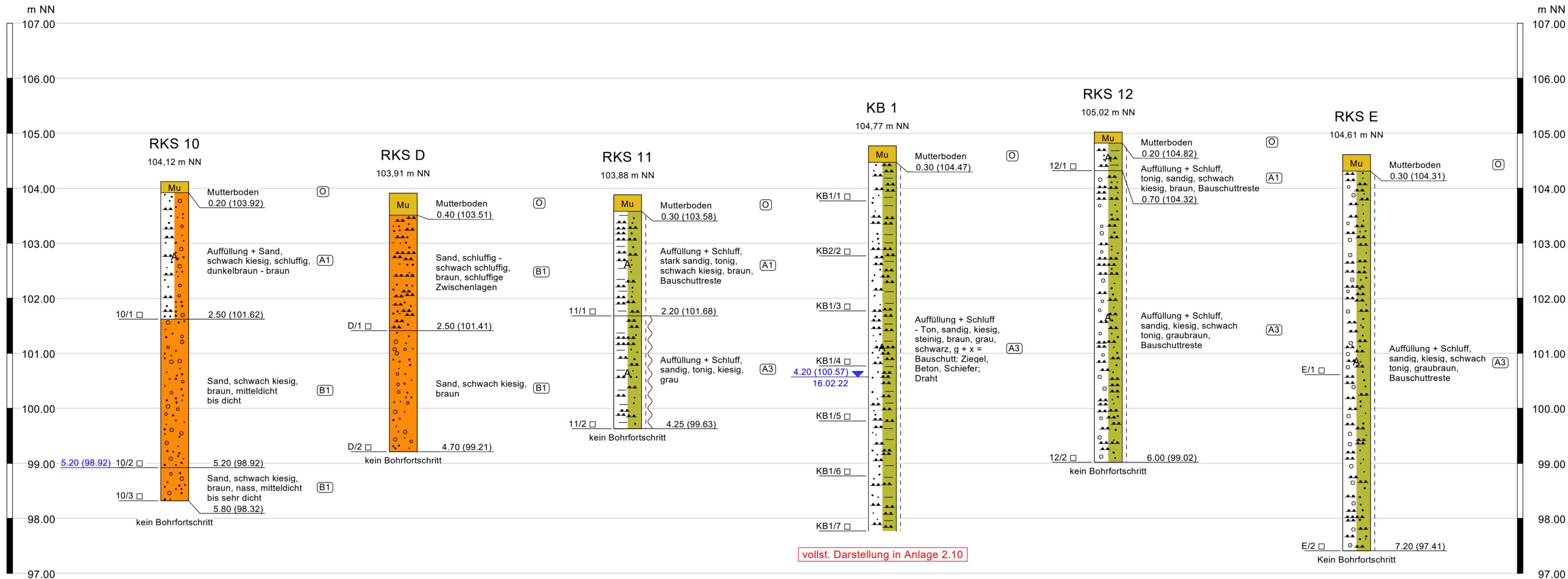
Maßstab d. Höhe:	Projekt-Nr.:	Anlage-Nr.:
1 : 50	21-118OR	2.5



vollst. Darstellung in Anlage 2.9

vollst. Darstellung in Anlage 2.9

<b>bgm baugrundberatung GmbH</b> Hundtwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt Tel.: 0 61 54 / 40 93 00			
Projekt: <b>Neubau von Logistikhallen</b> Mörfelden, Flur 17 und 20 Hauptuntersuchung Baugrund-/ Abfalluntersuchung		Auftraggeber: <b>Fraport Casa Commercial GmbH</b> Siemensstraße 6 63263 Neu-Isenburg	
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023		Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR
		Anlage-Nr.: 2.6	



vollst. Darstellung in Anlage 2.10

2.45	GW Ruhe
01.01.09	GW Bohrende
2.45	GW angebohrt
01.01.09	

**Legende**

A, B... = Homogenbereich

	steif		Auffüllung		Schluff
	weich - steif		Mutterboden		
			Sand		

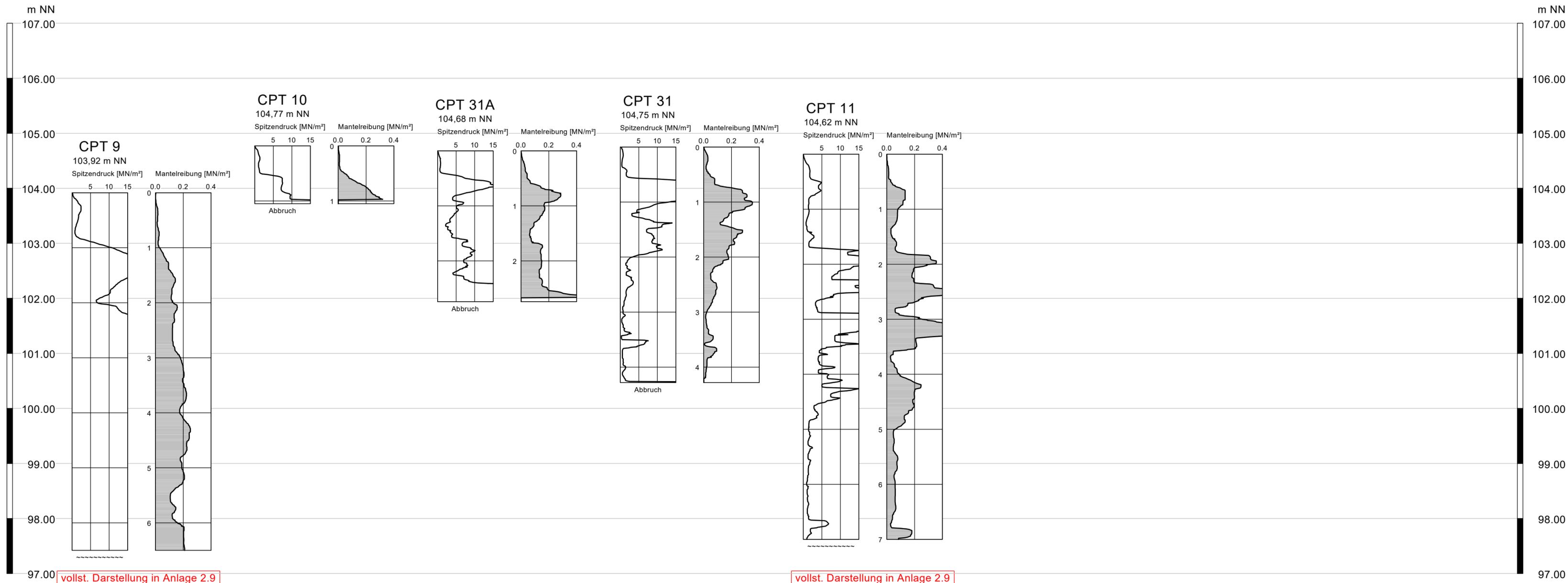
**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

**Projekt:** Neubau von Logistikhallen  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hauptuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

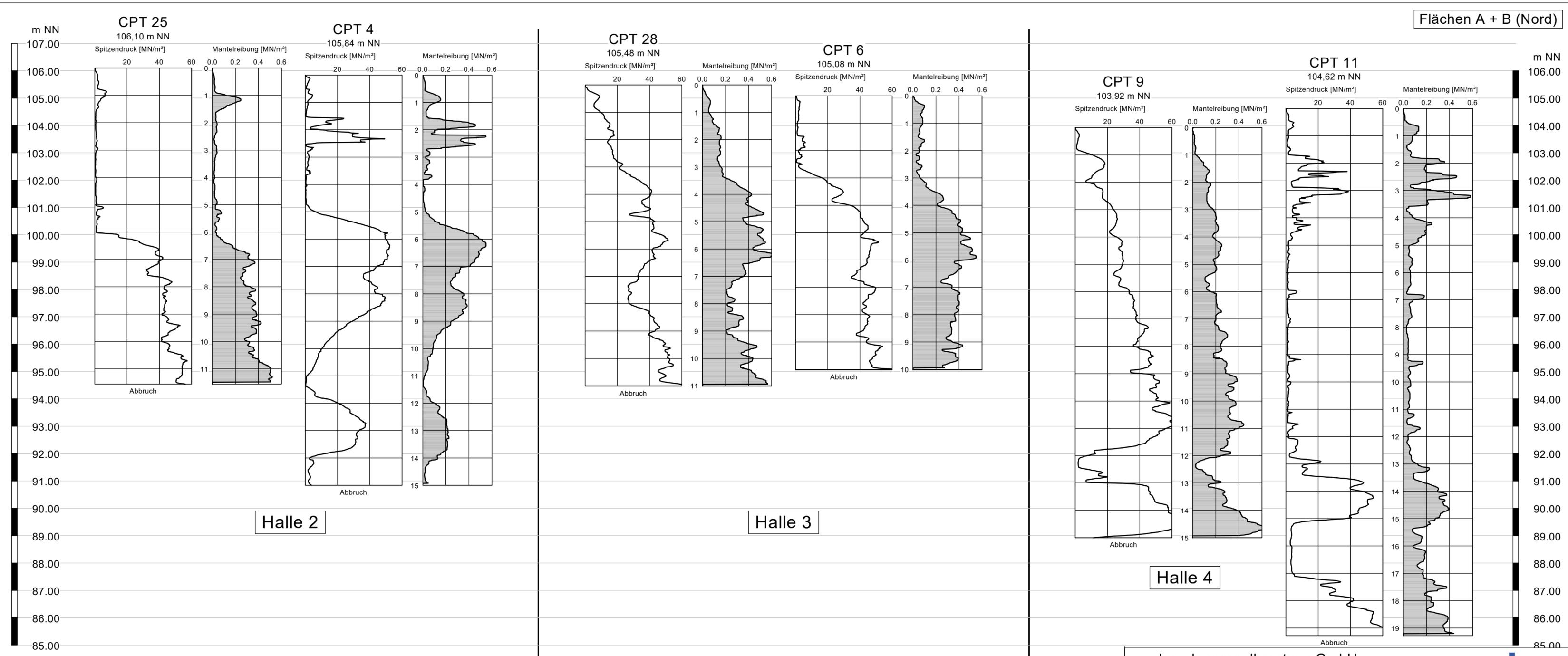
**Auftraggeber:** Fraport Casa Commercial GmbH  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

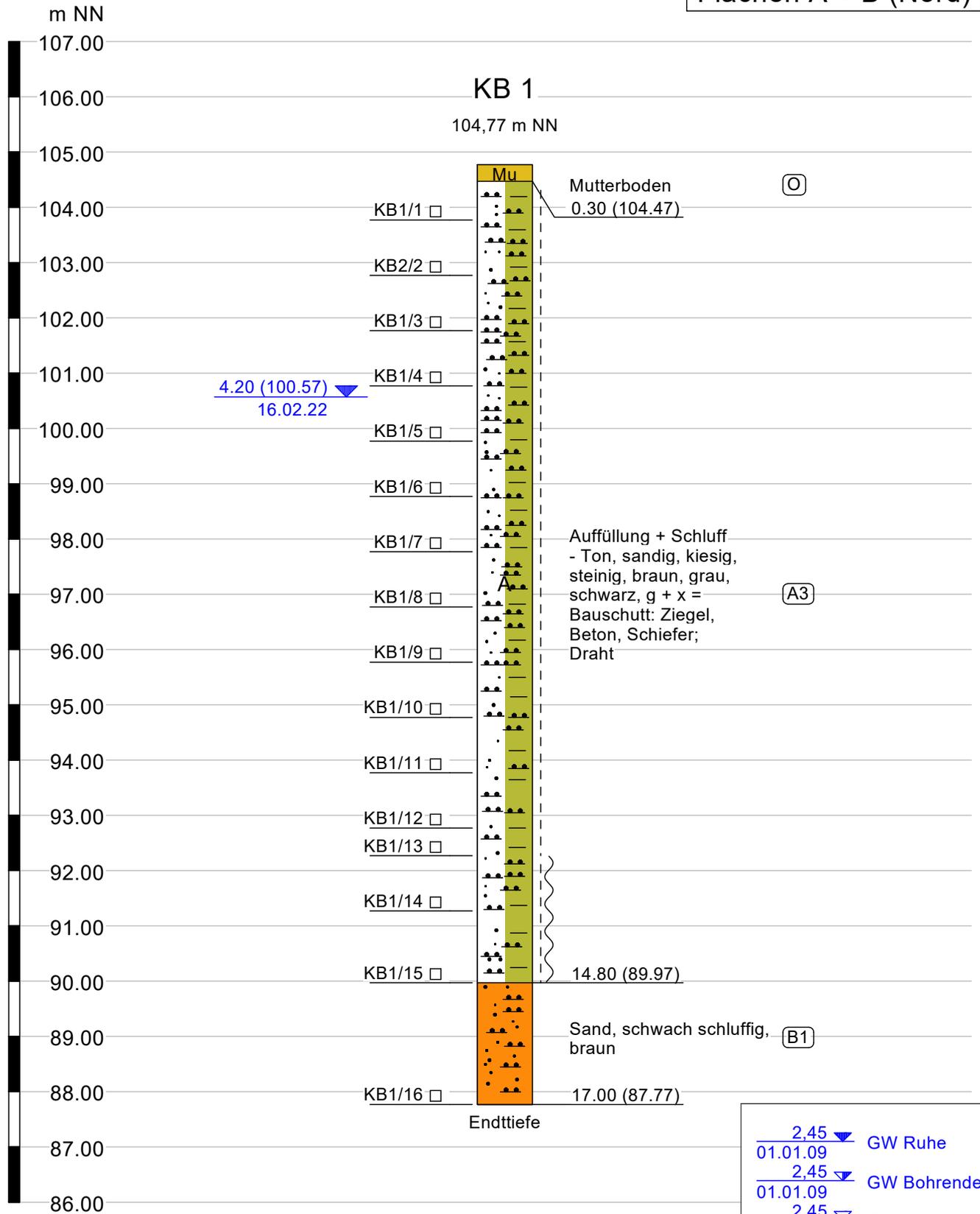
Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR	Anlage-Nr.: 2.7
----------------------------	--------------------------	--------------------



<b>bgm baugrundberatung GmbH</b> Hundtwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt Tel.: 0 61 54 / 40 93 00			
Projekt: <b>Neubau von Logistikhallen</b> Mörfelden, Flur 17 und 20 Hauptuntersuchung Baugrund-/ Abfalluntersuchung		Auftraggeber: <b>Fraport Casa Commercial GmbH</b> Siemensstraße 6 63263 Neu-Isenburg	
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023		Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR
		Anlage-Nr.: 2.8	



<b>bgm baugrundberatung GmbH</b> Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt Tel.: 0 61 54 / 40 93 00				
Projekt: <b>Neubau von Logistikhallen</b> Mörfelden, Flur 17 und 20 Hauptuntersuchung Baugrund-/ Abfalluntersuchung		Auftraggeber: <b>Fraport Casa Commercial GmbH</b> Siemensstraße 6 63263 Neu-Isenburg		
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023		Maßstab d. Höhe: 1 : 100	Projekt-Nr.: 21-118OR	Anlage-Nr.: 2.9



**bgm baugrundberatung GmbH**

Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
Tel.: 0 61 54 / 40 93 00



Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
Mörfelden, Flur 17 und 20  
Hauptuntersuchung  
Baugrund-/ Abfalluntersuchung

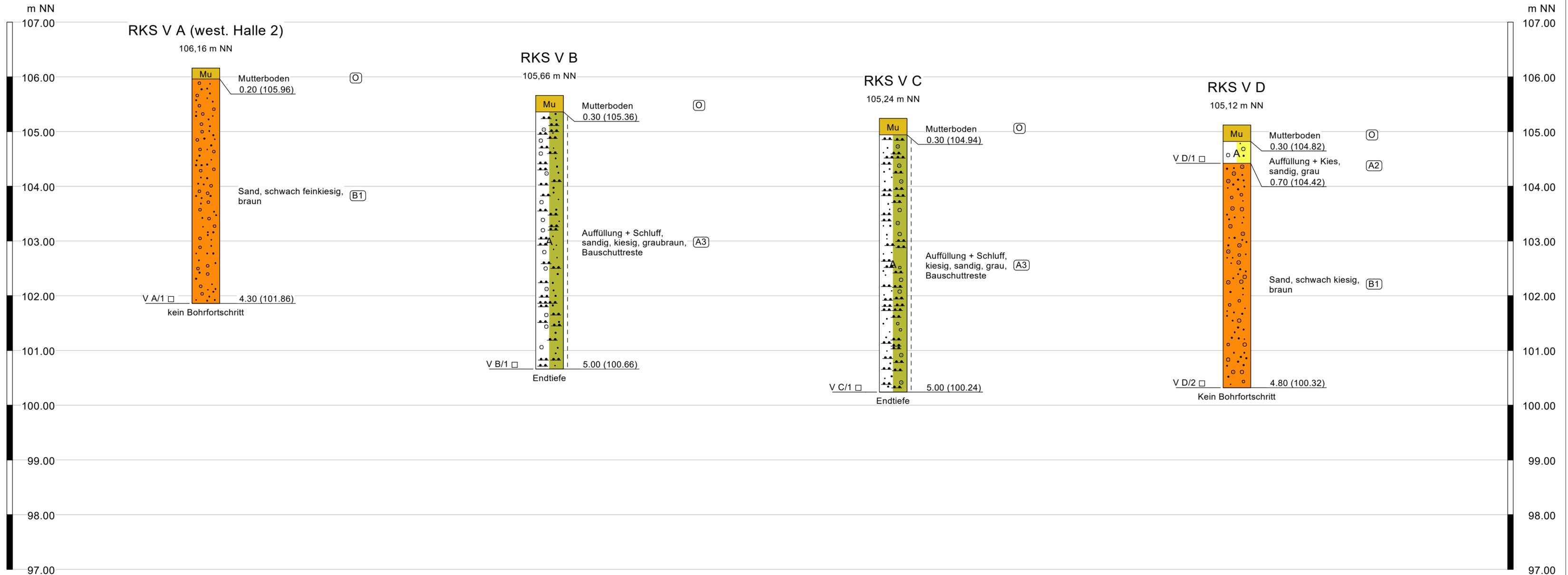
Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
Siemensstraße 6  
63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

Maßstab d. Höhe:  
1 : 100

Projekt-Nr.:  
21-118OR

Anlage-Nr.:  
2.10



2.45	▼	GW Ruhe
01.01.09	▼	GW Bohrende
01.01.09	▼	GW angebohrt
2.45	▼	GW angebohrt
01.01.09	▼	GW angebohrt

**Legende** A, B... = Homogenbereich

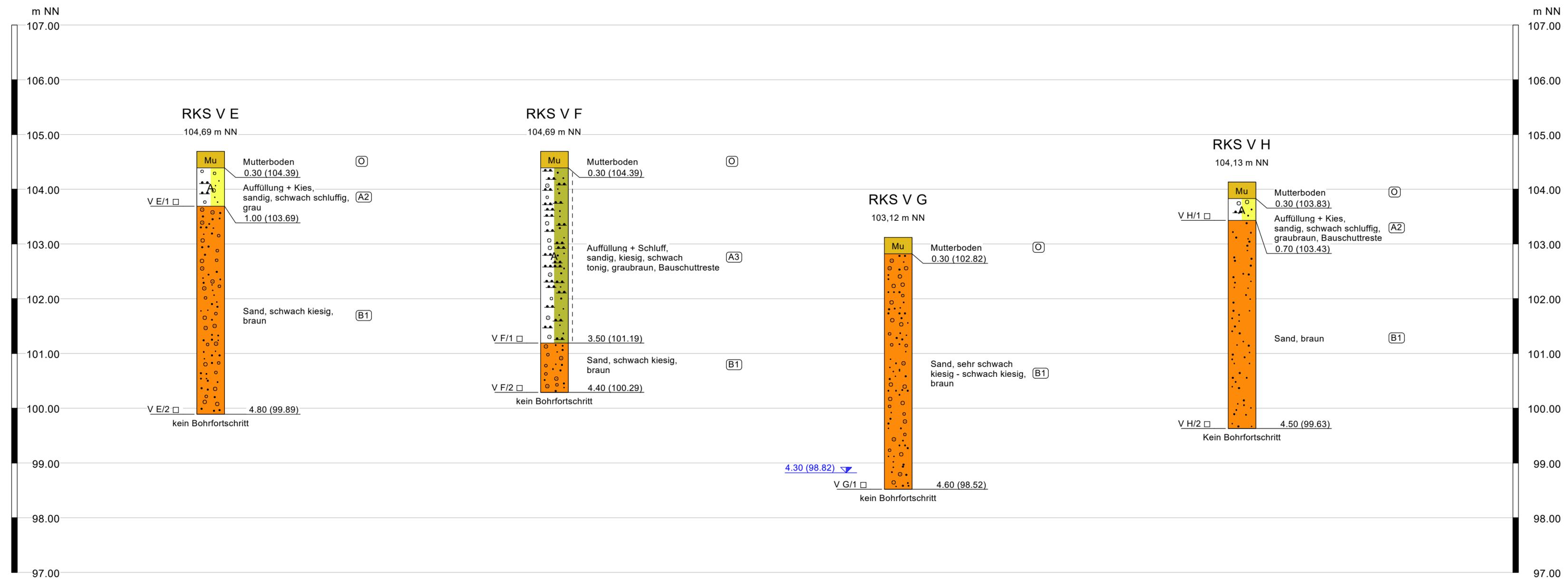
steif	A	Auffüllung	Sand
	Mu	Mutterboden	Schluff
	○	Kies	

**bgm baugrundberatung GmbH**  
Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
Mörfelden, Flur 17 und 20  
Hauptuntersuchung  
Baugrund-/ Abfalluntersuchung

Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
Siemensstraße 6  
63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023	Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR	Anlage-Nr.: 2.11
---	-------------------------	-----------------------	------------------



2.45	GW Ruhe
01.01.09	GW Bohrende
01.01.09	GW angebohrt

**Legende** A, B... = Homogenbereich

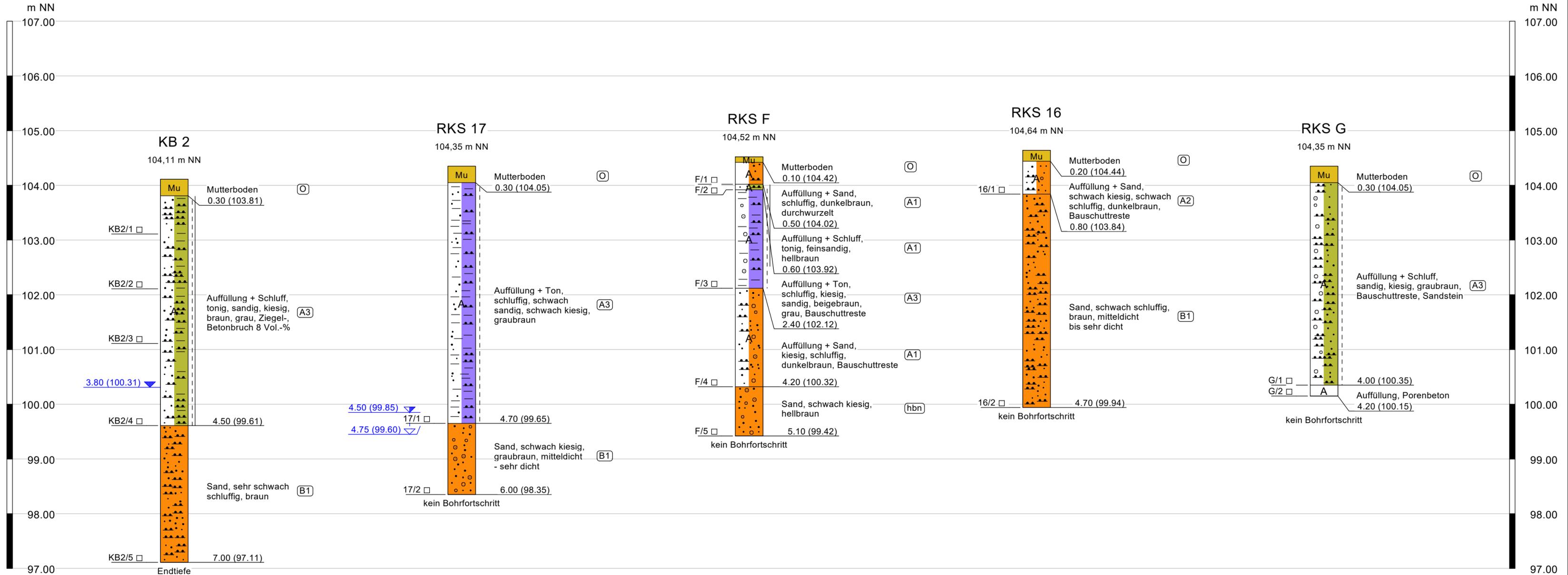
	steif		Auffüllung		Sand
	Mutterboden		Schluff		
	Kies				

**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hauptuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023	Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR	Anlage-Nr.: 2.12
---	-------------------------	-----------------------	------------------



2.45	GW Ruhe
01.01.09	GW Bohrende
01.01.09	GW angebohrt

**Legende**

	steif - halbfest		A	Auffüllung		Schluff
	steif		Mu	Mutterboden		Ton
	Sand					

A, B... = Homogenbereich

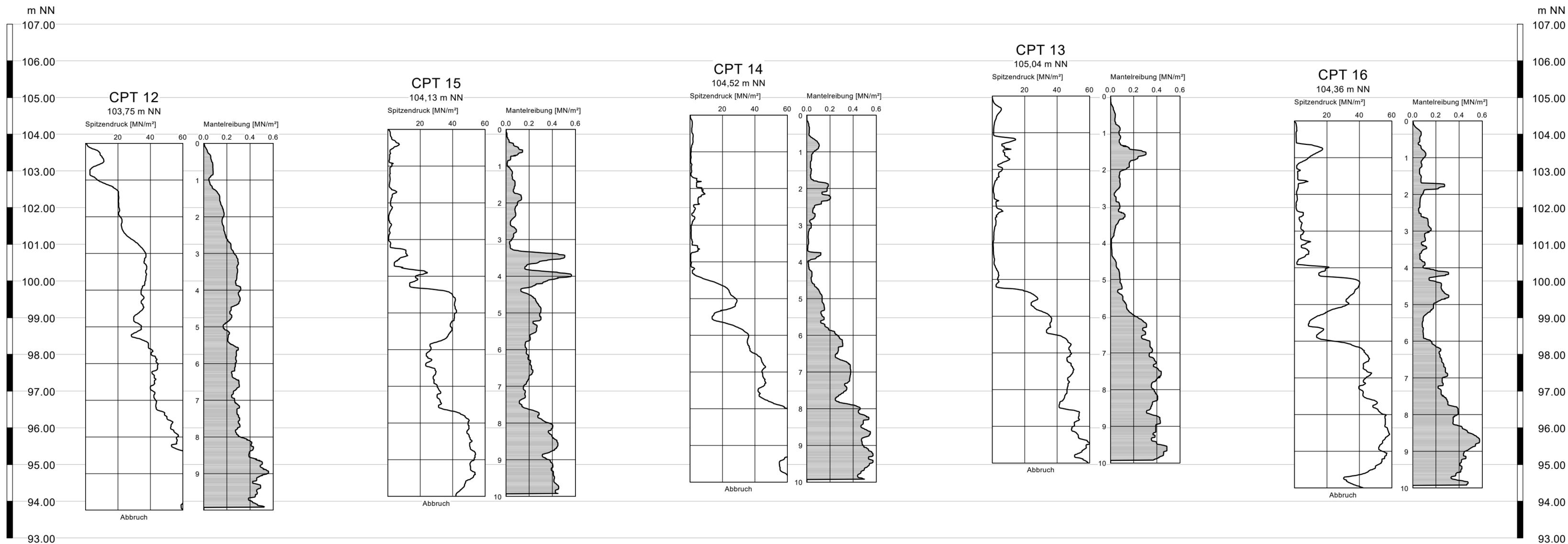
**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hauptuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

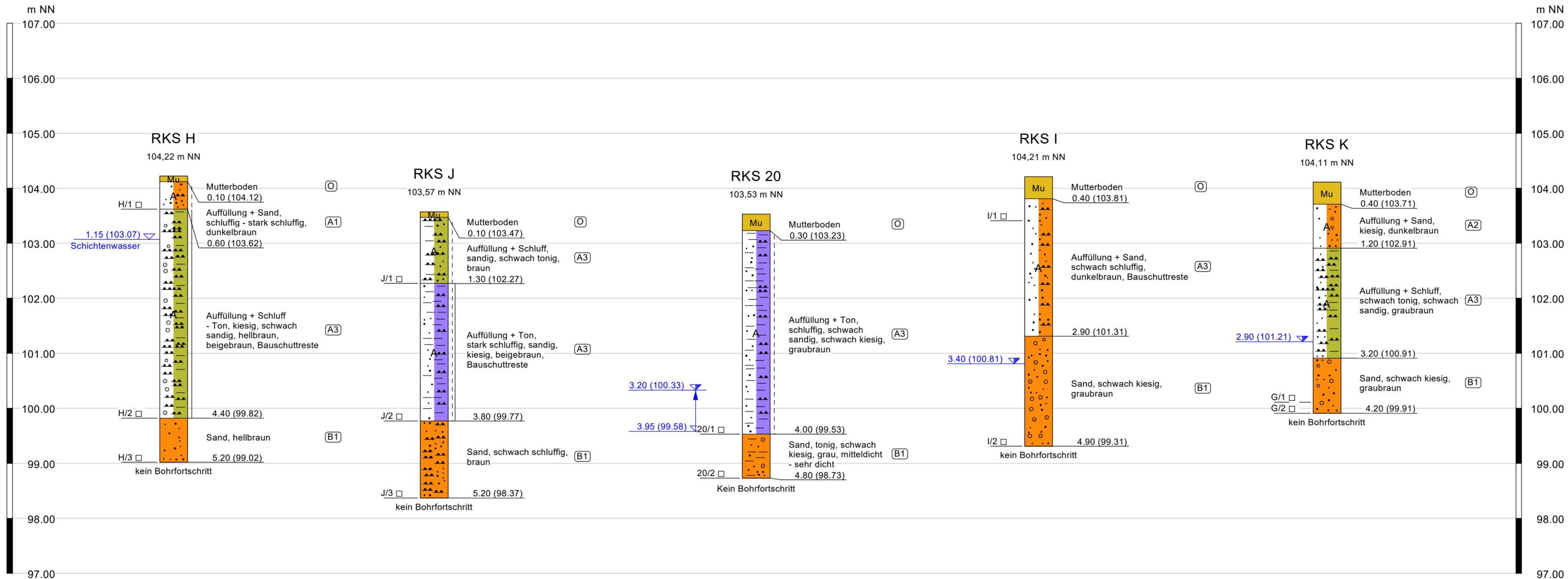
Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

Maßstab d. Höhe:	Projekt-Nr.:	Anlage-Nr.:
1 : 50	21-118OR	2.13



<b>bgm baugrundberatung GmbH</b> Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt Tel.: 0 61 54 / 40 93 00			
Projekt: <b>Neubau von Logistikhallen</b> Mörfelden, Flur 17 und 20 Hauptuntersuchung Baugrund-/ Abfalluntersuchung		Auftraggeber: <b>Fraport Casa Commercial GmbH</b> Siemensstraße 6 63263 Neu-Isenburg	
Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023		Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR
			Anlage-Nr.: 2.14



2.45	GW Ruhe
01.01.09	GW Bohrende
2.45	GW angebohrt
01.01.09	

**Legende**

	halbfest		A	Auffüllung		Schluff
	steif - halbfest		Mu	Mutterboden		Ton
	steif			Sand		

A, B... = Homogenbereich

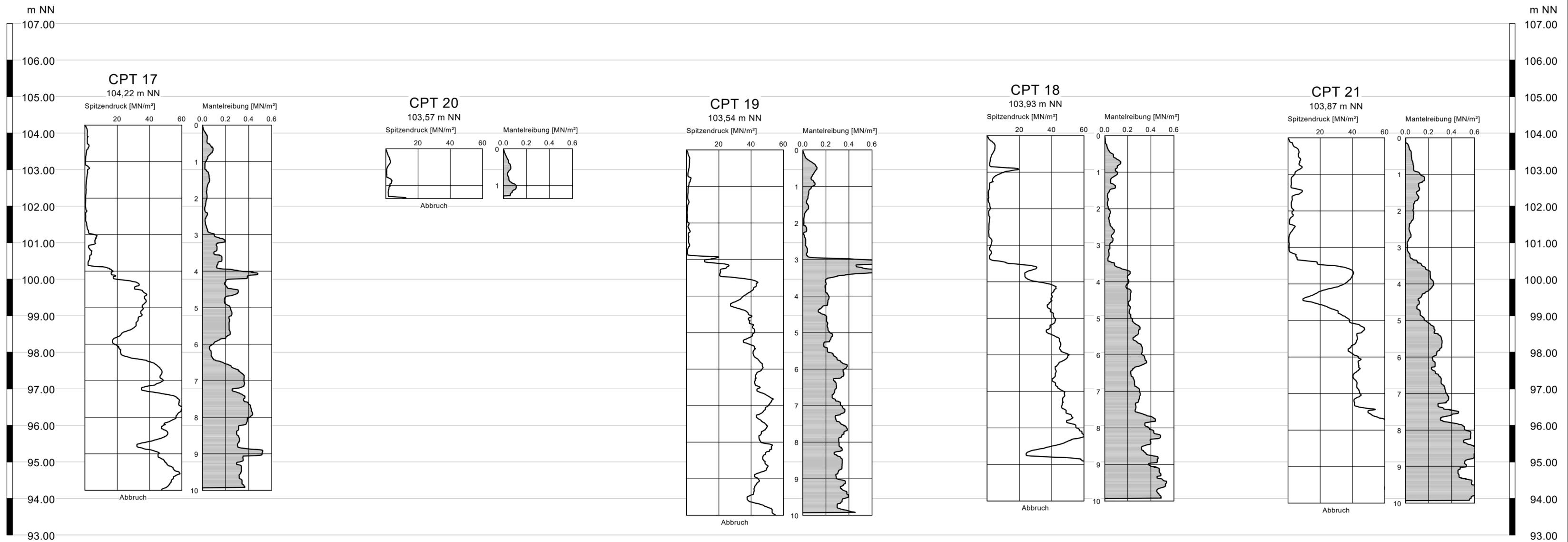
**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

**Projekt:** Neubau von Logistikhallen  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hauptuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

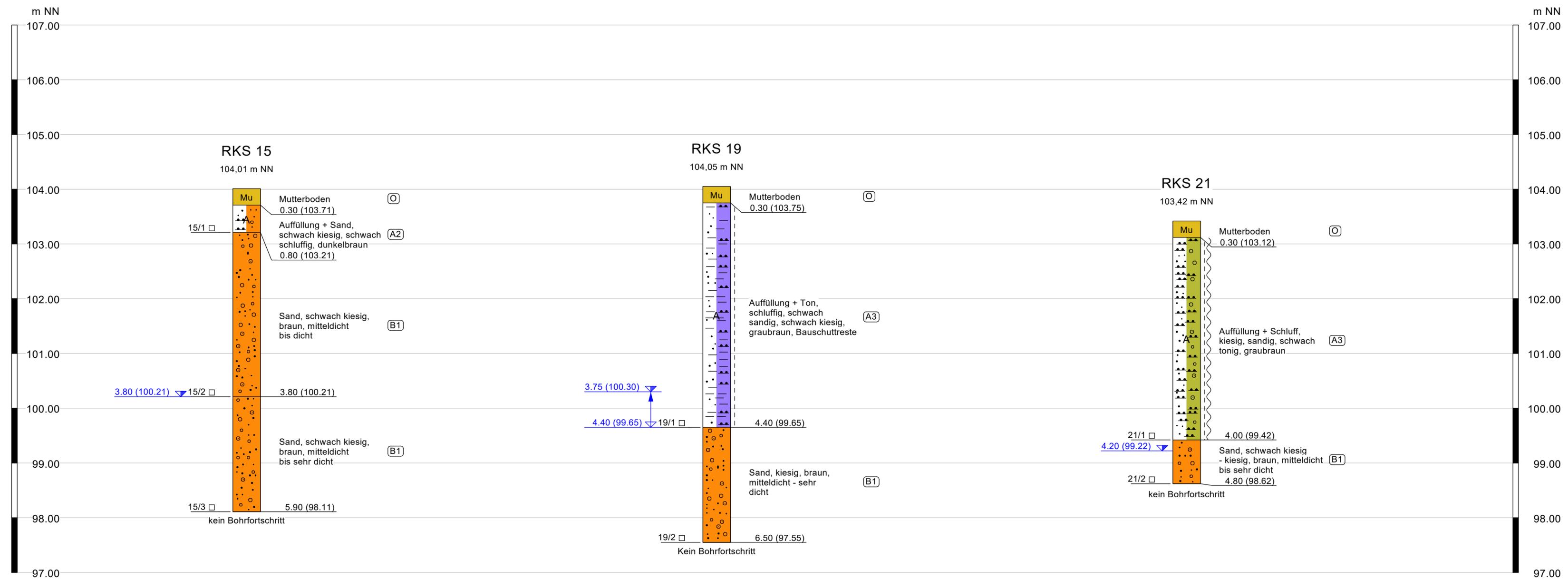
**Auftraggeber:** Fraport Casa Commercial GmbH  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

Maßstab d. Höhe:	Projekt-Nr.:	Anlage-Nr.:
1 : 50	21-118OR	2.15



<p><b>bgm baugrundberatung GmbH</b>                  Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt                  Tel.: 0 61 54 / 40 93 00</p>		<p><b>bgm</b>                  baugrundberatung</p>	
<p>Projekt: <b>Neubau von Logistikhallen</b>                  Mörfelden, Flur 17 und 20                  Hauptuntersuchung                  Baugrund-/ Abfalluntersuchung</p>		<p>Auftraggeber: <b>Fraport Casa Commercial GmbH</b>                  Siemensstraße 6                  63263 Neu-Isenburg</p>	
<p>Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023</p>		<p>Maßstab d. Höhe: 1 : 50</p>	<p>Projekt-Nr.: 21-118OR</p>
			<p>Anlage-Nr.: 2.16</p>



2.45	GW Ruhe
01.01.09	GW Bohrende
2.45	GW Bohrende
01.01.09	GW Bohrende
2.45	GW angebohrt
01.01.09	GW angebohrt

**Legende** A, B... = Homogenbereich

	steif		Auffüllung		Schluff
	weich - steif		Mutterboden		Ton
			Sand		

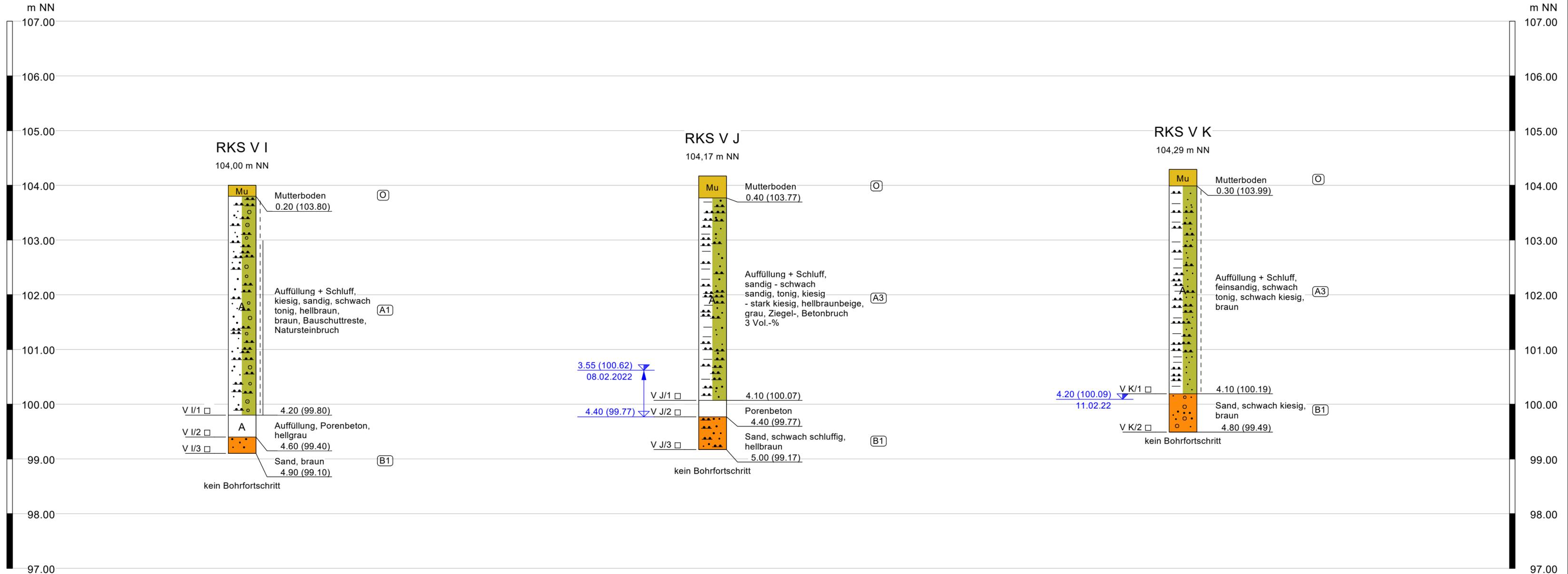
**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hautuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Maßstab d. Höhe: 1 : 50  
 Projekt-Nr.: 21-118OR  
 Anlage-Nr.: 2.17

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023



2.45	GW Ruhe
01.01.09	GW Bohrende
2.45	GW angebohrt
01.01.09	

**Legende** A, B... = Homogenbereich

	steif - halbfest		A	Auffüllung		Schluff
	steif		Mu	Mutterboden		Sand

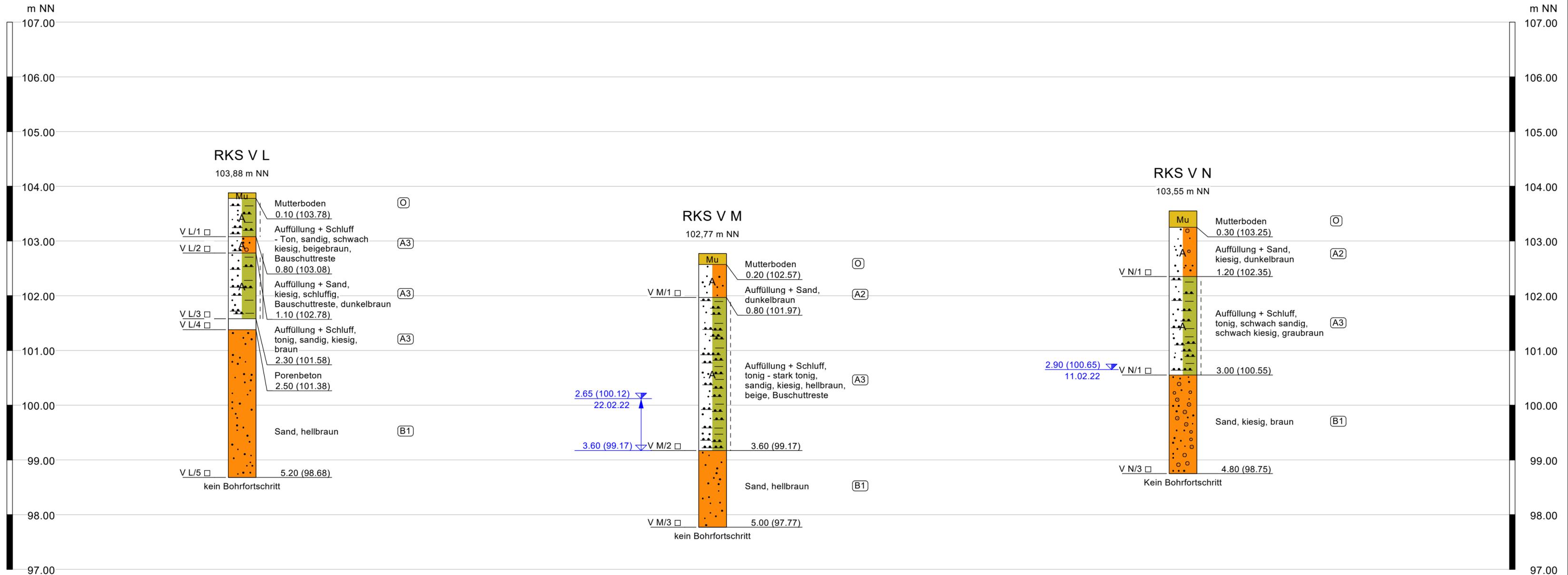
**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hautuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Maßstab d. Höhe: 1 : 50  
 Projekt-Nr.: 21-118OR  
 Anlage-Nr.: 2.18

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023



2.45	GW Ruhe
01.01.09	GW Bohrende
2.45	GW angebohrt
01.01.09	GW angebohrt

**Legende**

	steif - halbfest		A	Auffüllung		Schluff
	steif		Mu	Mutterboden		Sand

A, B... = Homogenbereich

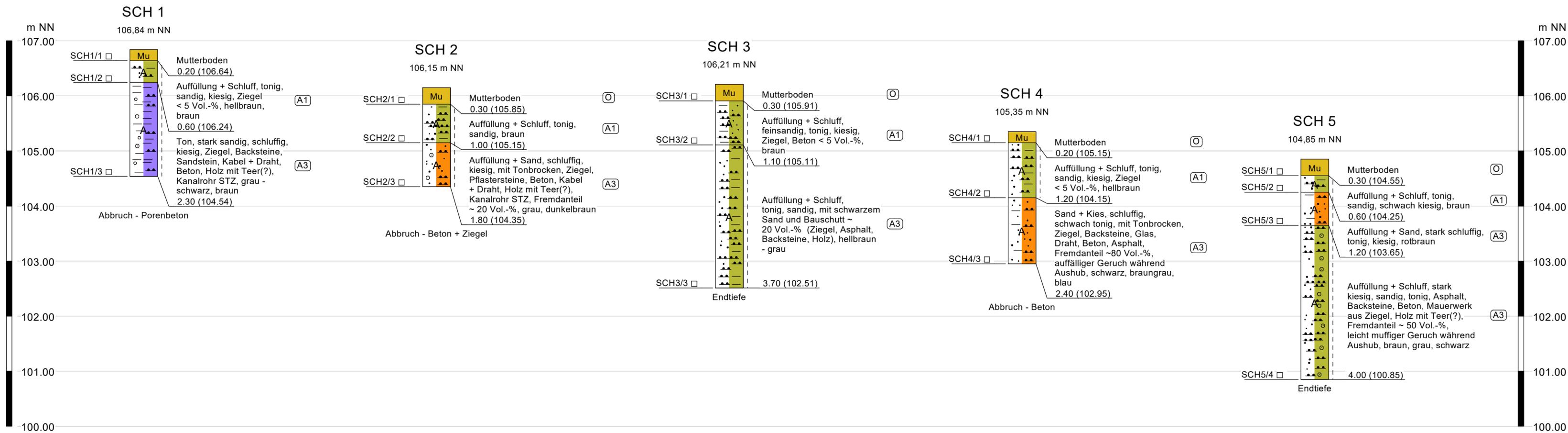
**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

Projekt: **Neubau von Logistikhallen**  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hautpundersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

Auftraggeber: **Fraport Casa Commercial GmbH**  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023

Maßstab d. Höhe:	Projekt-Nr.:	Anlage-Nr.:
1 : 50	21-118OR	2.19



**Legende** A, B... = Homogenbereich

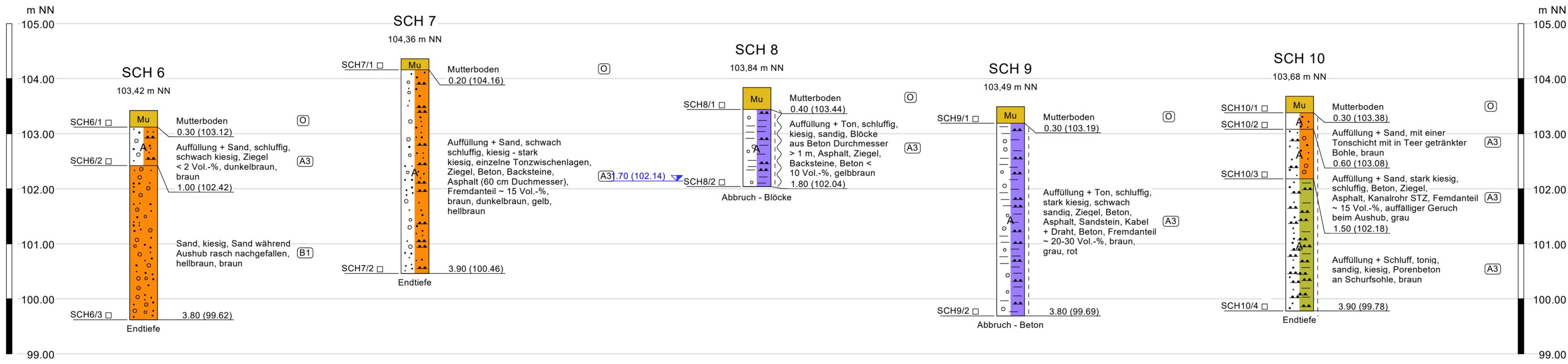
	steif		Auffüllung		Schluff
	Mutterboden		Ton		
	Sand				

**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

**Projekt:** Neubau von Logistikhallen  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hauptuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

**Auftraggeber:** Fraport Casa Commercial GmbH  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023	Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR	Anlage-Nr.: 2.20
---	----------------------------	--------------------------	---------------------



**Legende**      A, B... = Homogenbereich

	steif		Auffüllung		Schluff
	weich - steif		Mutterboden		Ton
			Sand		

**bgm baugrundberatung GmbH**  
 Hundertwasserallee 7, D-64372 Ober-Ramstadt  
 Tel.: 0 61 54 / 40 93 00

**Projekt:** Neubau von Logistikhallen  
 Mörfelden, Flur 17 und 20  
 Hautuntersuchung  
 Baugrund-/ Abfalluntersuchung

**Auftraggeber:** Fraport Casa Commercial GmbH  
 Siemensstraße 6  
 63263 Neu-Isenburg

Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gem. DIN 4023	Maßstab d. Höhe: 1 : 50	Projekt-Nr.: 21-118OR	Anlage-Nr.: 2.21
---	----------------------------	--------------------------	---------------------



bgm baugrundberatung GmbH  
 Beethovenstraße 37a  
 35410 Hungen  
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

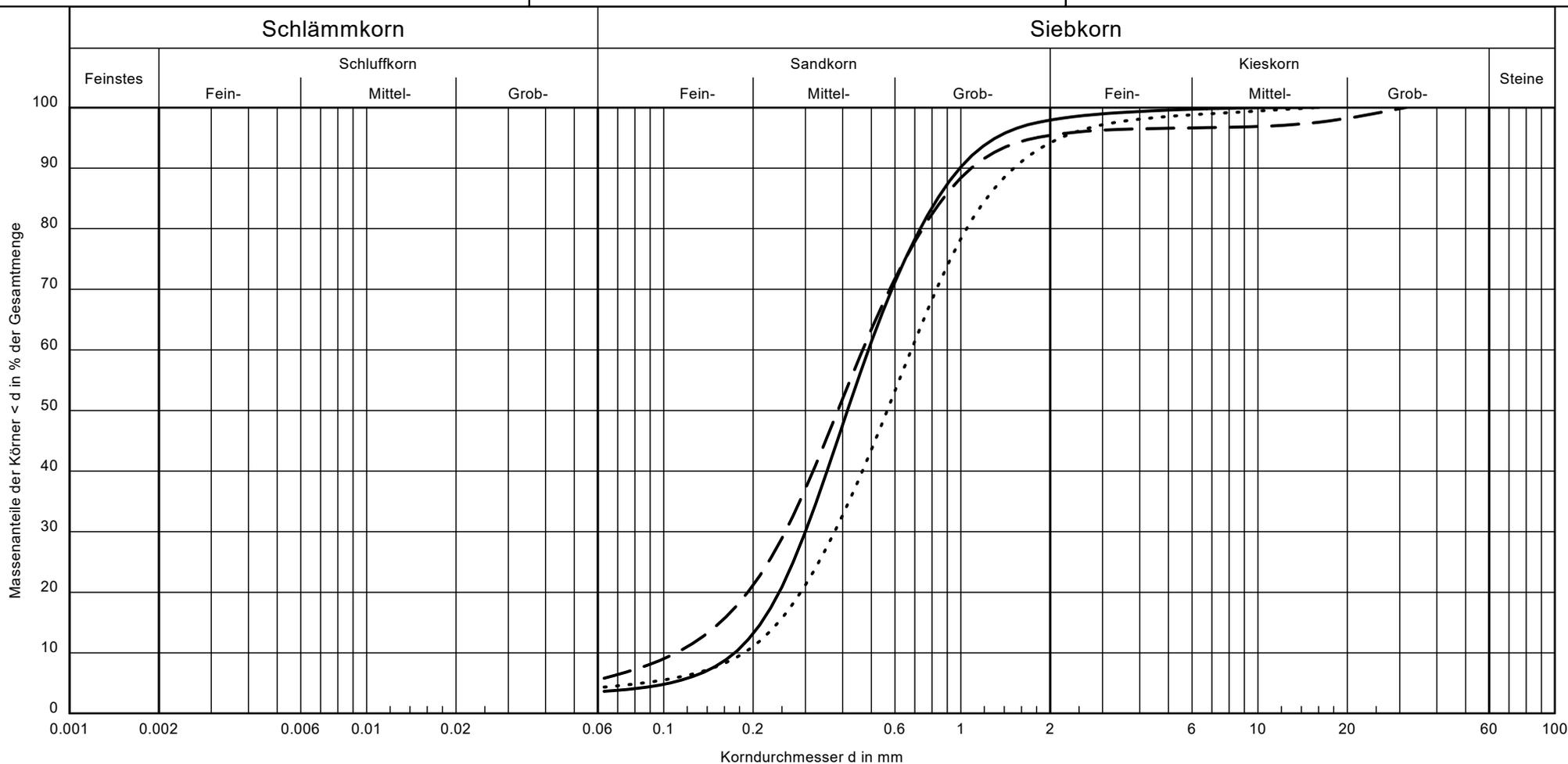
Bearbeiter: F. Görnert

Datum: 06.05.2021

# Körnungslinie

## Mörfelden, Flur 17 und 20

Prüfungsnummer : 21-188OR  
 Entnahmeart/-datum : gestört / 19-21.04.2021  
 Probenehmer : Hofmann  
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	—————	-----	.....
Probenbezeichnung	RKS 7/2	RKS 16/2	RKS 22/5
Entnahmestelle	RKS 7	RKS 16	RKS 22
Tiefe [m]	2,30 - 4,80	0,80 - 4,70	3,50 - 6,00
Bodenart	S	S, u'	S, g'
Bodengruppe	SE	SU	SE
Frostsicherheit	F1	F2	F1
d <sub>10</sub> /d <sub>60</sub> [mm]	0.1731 / 0.4888	0.1099 / 0.4672	0.1856 / 0.6811
T/U/S/G [%]	- /3.7/94.3/2.1	- /5.8/89.6/4.6	- /4.4/89.8/5.8

Bemerkungen:

Projekt Nr.:  
21-188OR  
Anlage:  
3.1.1



bgm baugrundberatung GmbH  
 Beethovenstraße 37a  
 35410 Hungen  
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

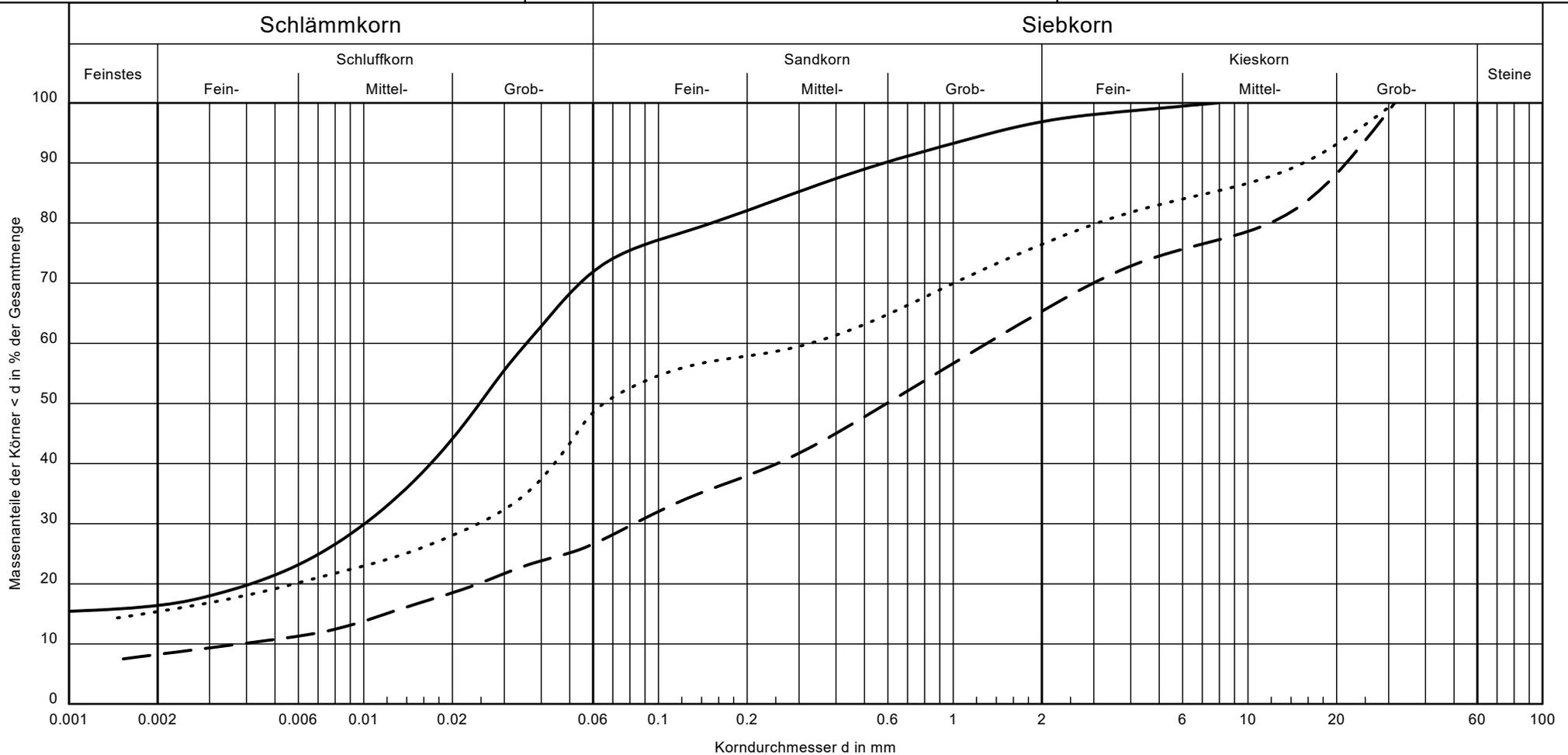
Bearbeiter: F. Görnert

Datum: 06.05.2021

# Körnungslinie

Mörfelden,  
 Flur 17 und 20

Prüfungsnummer : 21-188OR  
 Entnahmeart/-datum : gestört / 19.-21.04., 26.04.2021  
 Probenehmer : Hofmann  
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	—————	-----	.....
Probenbezeichnung	RKS 4/1	RKS 5A/2	RKS 8/1
Entnahmestelle	RKS 4	RKS 5A	RKS 8
Tiefe [m]	0,30 - 1,30	1,00 - 4,70	0,30 - 1,50
Bodenart	U, s, t	S, g, u, t'	U, s, g, t
Bodengruppe	UM	SU*	UL
Frostsicherheit	F3	F3	F3
d <sub>10</sub> /d <sub>60</sub> [mm]	- / 0.0357	0.0038 / 1.3013	- / 0.3271
T/U/S/G [%]	16.4/56.2/24.2/3.1	8.3/18.8/38.3/34.7	15.4/34.1/27.0/23.5

Bemerkungen:

Projekt Nr.:  
 21-188OR  
 Anlage:  
 3.1.2



bgm baugrundberatung GmbH  
 Beethovenstraße 37a  
 35410 Hungen  
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

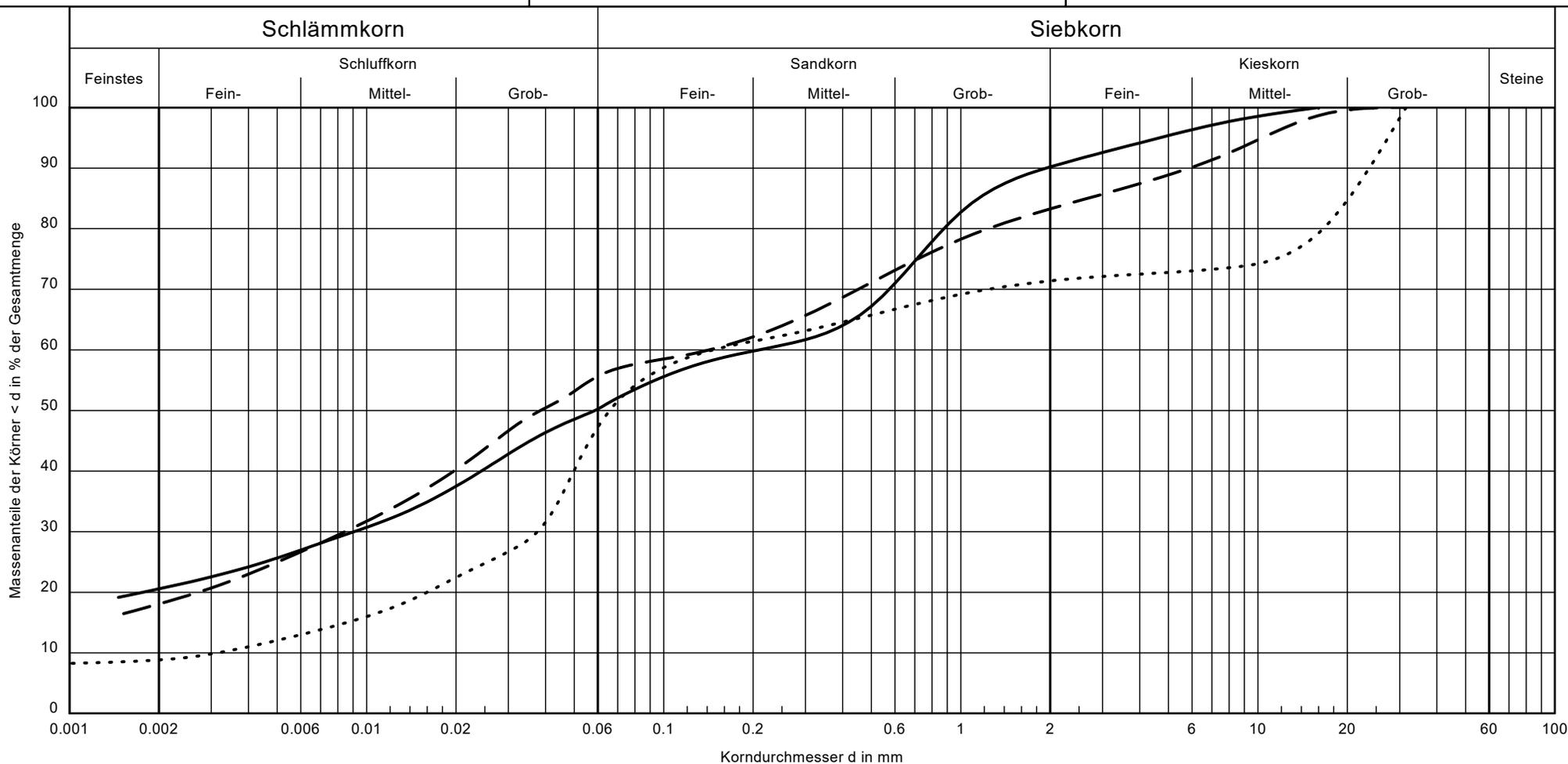
Bearbeiter: F. Görnert

Datum: 06.05.2021

# Körnungslinie

Mörfelden,  
 Flur 17 und 20

Prüfungsnummer : 21-188OR  
 Entnahmekategorie/-datum : gestört / 19-21.04.2021  
 Probenehmer : Hofmann  
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	—————	-----	.....
Probenbezeichnung	RKS 11/1	RKS 11/2	RKS 21/1
Entnahmestelle	RKS 11	RKS 11	RKS 21
Tiefe [m]	0,30 - 2,20	2,20 - 4,25	0,30 - 4,00
Bodenart	U <sub>s</sub> , t, g'	U, s, t, g	U, g, s, t'
Bodengruppe	UM	UL	TL-TM
Frostsicherheit	F3	F3	F3
d <sub>10</sub> /d <sub>60</sub> [mm]	- / 0.2090	- / 0.1420	0.0031 / 0.1466
T/U/S/G [%]	20.6/30.3/39.4/9.8	18.1/38.0/27.1/16.7	8.8/39.9/22.6/28.6

Bemerkungen:

Projekt Nr.:  
 21-188OR  
 Anlage:  
 3.1.3



bgm baugrundberatung GmbH  
 Beethovenstraße 37a  
 35410 Hungen  
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

Bearbeiter: Beitler

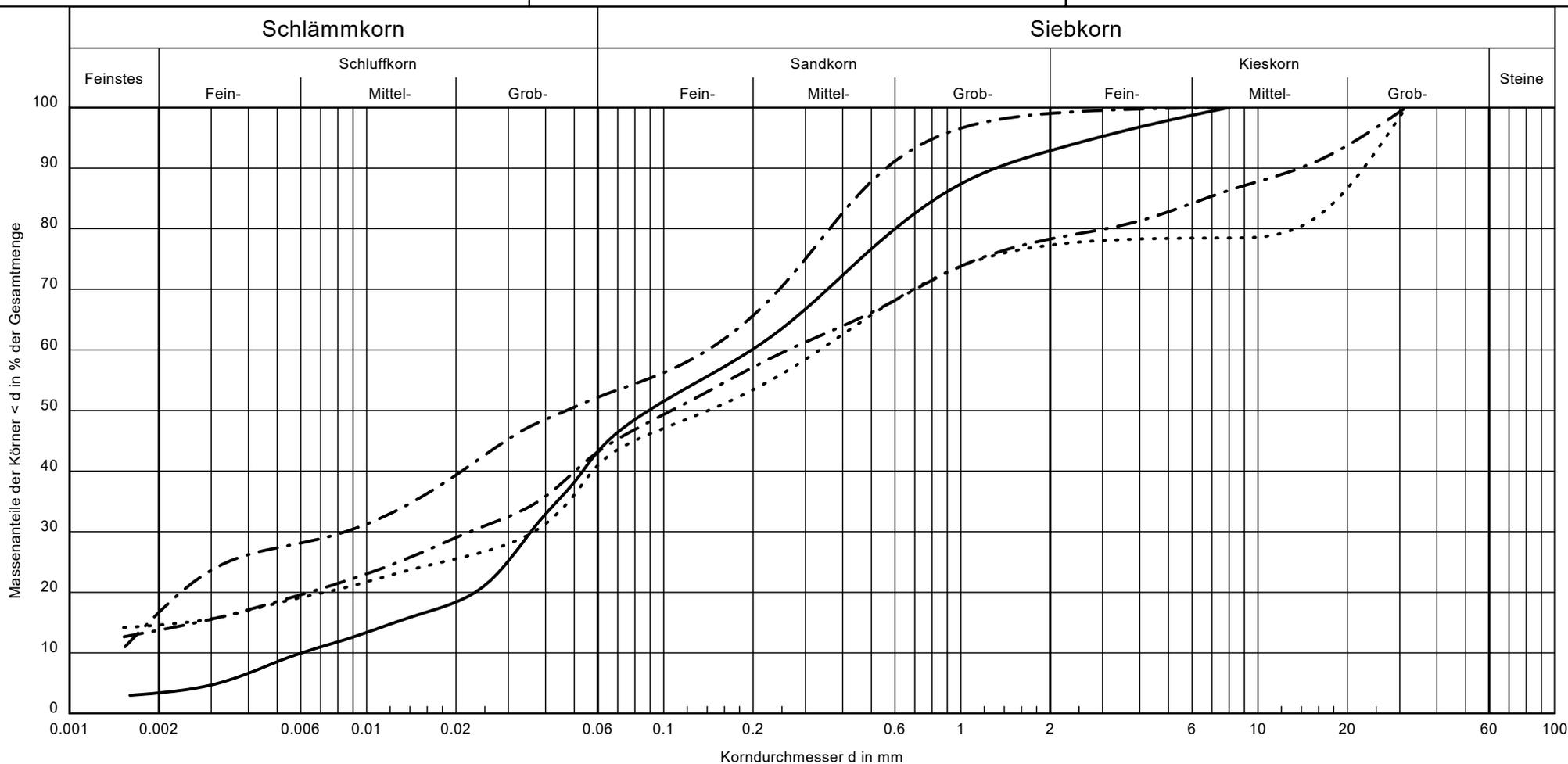
Datum: 07.03.2022

# Körnungslinie

## Mörfelden

### Flur 17 und 20

Prüfungsnummer : 21-188OR  
 Entnahmekart/-datum : gestört /10.+11.02.2022  
 Probenehmer : Borm  
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	—————	- - - - -	- · - · - · -	· · · · ·
Probenbezeichnung	RKS B/2	RKS C/2	RKS H/2	RKS K/3
Entnahmestelle	RKS B	RKS C	RKS H	RKS K
Tiefe [m]	0,30 - 4,00 m	0,20 - 0,90 m	0,10 - 0,60 m	1,20 - 3,20 m
Bodenart	U, s, g'	U, s, t	U, s, g, t'	U, s, g, t'
Bodengruppe				
Frostsicherheit	-	-	-	-
d <sub>10</sub> /d <sub>60</sub> [mm]	0.0060 / 0.1977	- / 0.1407	- / 0.2623	- / 0.3351
T/U/S/G [%]	3.4/40.9/48.5/7.1	16.7/35.9/46.4/1.0	13.7/30.1/34.4/21.7	14.6/27.3/35.4/22.7

Bemerkungen:

Projekt Nr.:  
 21-188OR  
 Anlage:  
 3.1.4



bgm baugrundberatung GmbH  
 Beethovenstraße 37a  
 35410 Hungen  
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

Bearbeiter: Beitler

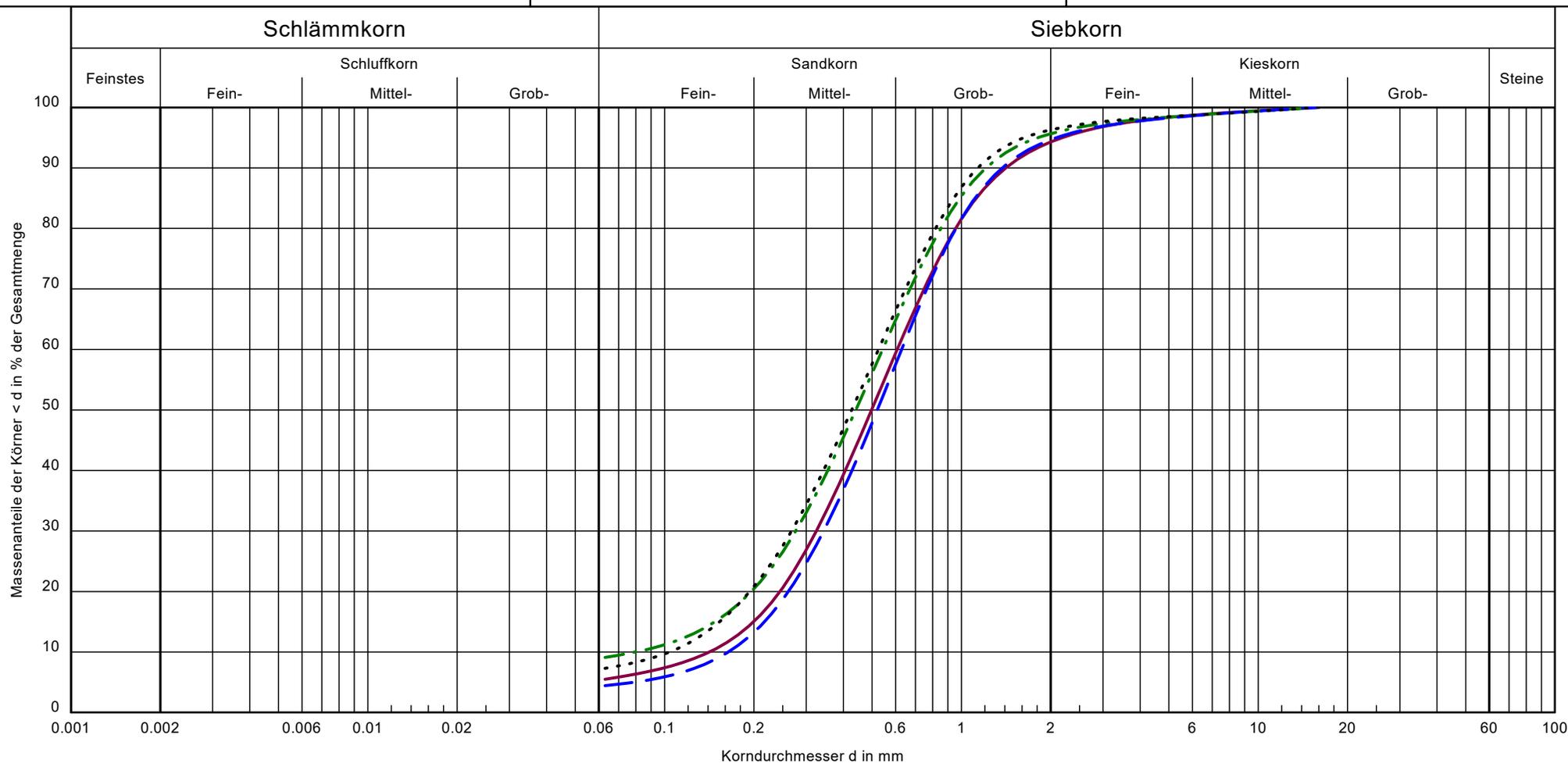
Datum: 07.03.2022

# Körnungslinie

## Mörfelden

### Flur 17 und 20

Prüfungsnummer : 21-188OR  
 Entnahmetart/-datum : gestört /10.02.+11.02.2022  
 Probenehmer : Borm  
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	—————	-----	----	.....
Probenbezeichnung	RKS VD/3	RKS VE/3	RKS VG/3	RKS VH/3
Entnahmestelle	RKS V D	RKS V E	RKS V G	RKS V H
Tiefe [m]	0,70 - 4,80 m	1,00 - 4,80 m	4,30 - 4,60 m	0,80 - 4,50 m
Bodenart	S, q', u'	S, u'	S, q'	S, u'
Bodengruppe	SU	SU	SE	SU
Frostsicherheit	F1	F1	F1	F1
k-Wert [m/s]	$1.8 \cdot 10^{-4}$	$5.1 \cdot 10^{-5}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$	$8.6 \cdot 10^{-5}$
d <sub>10</sub> /d <sub>60</sub> [mm]	0.1411 / 0.6078	0.0796 / 0.5424	0.1637 / 0.6288	0.1038 / 0.5255
T/U/S/G [%]	- /5.5/88.8/5.7	- /9.1/86.5/4.3	- /4.4/90.2/5.3	- /7.3/89.0/3.7

Bemerkungen:

Projekt Nr.:  
 21-188OR  
 Anlage:  
 3.1.5

Projekt:	Mörfelden, Flur 17 und 20	Projektleiter:	Borm
Projektnr:	21-188OR	Probennehmer:	Hofmann
Bearbeiter:	Görnert	Entnahmedatum:	19.-21.04., 26.04.2021
		Datum:	06.05.2021

### Wassergehalt durch Ofentrocknung nach DIN EN ISO 17892-1

Probenbezeichnung	RKS 4/1	RKS 5A/2	RKS 8/1
Bodenart	U,s,t	S,g*,u,t'	U,s,g,t
Entnahmetiefe [m]	0,30 - 1,30	1,00 - 4,70	0,30 - 1,50
Behälternr.	11	10	XX
Feuchte Probe + Behälter [g]	208,95	212,66	222,95
Trockene Probe + Behälter [g]	188,82	195,63	206,40
Behälter [g]	79,66	82,10	90,65
Wasser [g]	20,13	17,03	16,55
Trockene Probe [g]	109,16	113,53	115,75
<b>Wassergehalt [%]</b>	<b>18,4</b>	<b>15,0</b>	<b>14,3</b>

Probenbezeichnung	RKS 11/1	RKS 11/2	RKS 21/1
Bodenart	U,s*,t,g'	U,s,t,g	U,g,s,t'
Entnahmetiefe [m]	0,30 - 2,20	2,20 - 4,25	0,30 - 4,00
Behälternr.	XII	I	III
Feuchte Probe + Behälter [g]	225,57	219,10	209,04
Trockene Probe + Behälter [g]	207,69	191,10	178,74
Behälter [g]	81,14	76,86	76,80
Wasser [g]	17,88	28,00	30,30
Trockene Probe [g]	126,55	114,24	101,94
<b>Wassergehalt [%]</b>	<b>14,1</b>	<b>24,5</b>	<b>29,7</b>

Probenbezeichnung			
Bodenart			
Entnahmetiefe [m]			
Behälternr.			
Feuchte Probe + Behälter [g]			
Trockene Probe + Behälter [g]			
Behälter [g]			
Wasser [g]			
Trockene Probe [g]			
<b>Wassergehalt [%]</b>			

Projekt:	Mörfelden, Flur 17 und 20	Projektleiter:	Borm
Projektnr:	21-188OR	Probennehmer:	Hofmann
Bearbeiter:	Beitler	Entnahmedatum:	10.02. und 11.02.2022
		Datum:	21.02.2022

### Wassergehalt durch Ofentrocknung nach DIN EN ISO 17892-1

Probenbezeichnung	RKS B/2	RKS C/2	RKS H/2
Bodenart	S,u*,g'	S,u*,t	S,u,g,t'
Entnahmetiefe [m]	0,30 - 4,00	0,20 - 0,90	0,10 - 0,60
Behälternr.	1	4	II
Feuchte Probe + Behälter [g]	281,06	227,04	234,52
Trockene Probe + Behälter [g]	247,67	202,27	209,01
Behälter [g]	79,05	77,81	79,99
Wasser [g]	33,39	24,77	25,51
Trockene Probe [g]	168,62	124,46	129,02
<b>Wassergehalt [%]</b>	<b>19,8</b>	<b>19,9</b>	<b>19,8</b>

Probenbezeichnung	RKS K/3		
Bodenart	S,g,u,t'		
Entnahmetiefe [m]	1,20 - 3,20		
Behälternr.	VII		
Feuchte Probe + Behälter [g]	255,66		
Trockene Probe + Behälter [g]	229,33		
Behälter [g]	73,31		
Wasser [g]	26,33		
Trockene Probe [g]	156,02		
<b>Wassergehalt [%]</b>	<b>16,9</b>		

Probenbezeichnung			
Bodenart			
Entnahmetiefe [m]			
Behälternr.			
Feuchte Probe + Behälter [g]			
Trockene Probe + Behälter [g]			
Behälter [g]			
Wasser [g]			
Trockene Probe [g]			
<b>Wassergehalt [%]</b>			

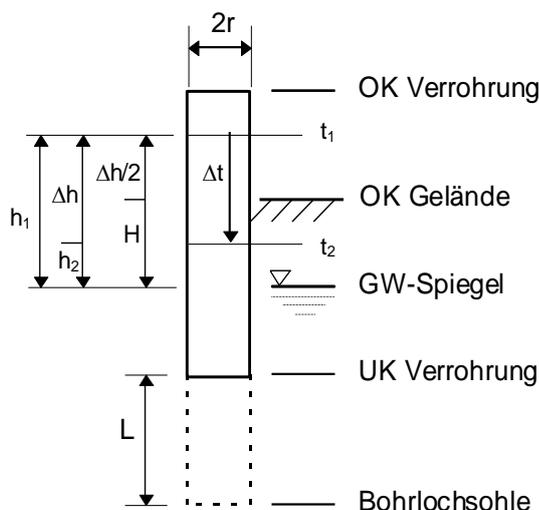
### Versickerungsversuch (open-end-test)

Projekt:	Mörfelden, Flur 17 und 20	Datum:	21.04.2021
----------	---------------------------	--------	------------

Projekt-Nr.:	21-188OR
Messstelle:	RKS 2
ROK	0,30 m.ü. GOK
GOK	106,13 m.ü. NN
GW-Spiegel	m.u. ROK
Bohrlochsohle	2,30 m.u. GOK
Rohrlänge	2,00 m

Auffüllung (Schluff, schwach sandig, schwach kiesig)

Homogenbereich A1



Versickerung	
Zeit t [s]	Wasserstand unter ROK [m]
0	0,100
1500	0,300
8500	0,600
12400	0,900
19600	1,200
23890	1,500
29840	2,000

r <sub>i1</sub> [m]	r <sub>i2</sub> [m]	L [m]	Δt [s]	h <sub>1</sub> [m]	Δh [m]	H [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	K [m/s]
0,050	0,050	0,60	1500	2,50	0,20	2,400	1,0E-06	2,9E-07
0,050	0,050	0,60	7000	2,30	0,30	2,150	3,4E-07	1,0E-07
0,050	0,050	0,60	3900	2,00	0,30	1,850	6,0E-07	2,2E-07
0,050	0,050	0,60	7200	1,70	0,30	1,550	3,3E-07	1,4E-07
0,050	0,050	0,60	4290	1,40	0,30	1,250	5,5E-07	2,9E-07
0,050	0,050	0,60	5950	1,10	0,50	0,850	6,6E-07	5,1E-07

Mittelwert = **2,6E-07**

Berechnungsformeln:

$$H = h_1 - (\Delta h/2) \text{ [m]}$$

$$Q = (r^2 \times \pi \times \Delta h) / \Delta t \text{ [m}^3\text{/s]}$$

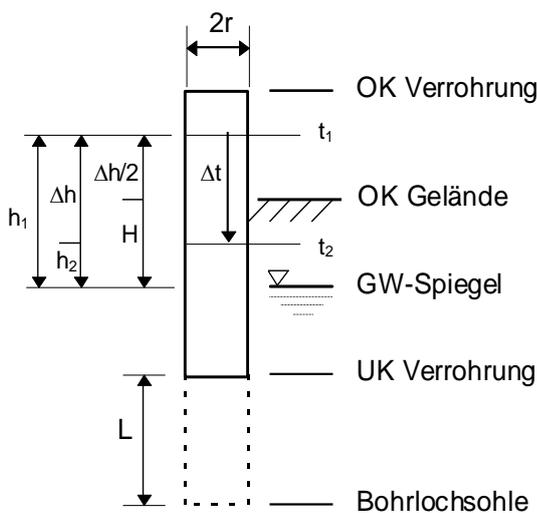
$$K = Q / (2 \times \pi \times L \times H) \times \operatorname{arcsinh}(L/2r) \text{ [m/s]}$$

### Versickerungsversuch (open-end-test)

Projekt: Mörfelden, Flur 17 und 20 Datum: #####

Projekt-Nr.: 21-188OR  
Messstelle: RKS 8  
ROK: 0,50 m.ü. GOK  
GOK: 105,04 m.ü. NN  
GW-Spiegel: m.u. ROK  
Bohrlochsohle: 1,70 m.u. GOK  
Rohrlänge: 2,00 m

Auffüllung (Schluff, schwach sandig, kiesig, tonig)  
Homogenbereich A3



Versickerung	
Zeit t [s]	Wasserstand unter ROK [m]
0	0,100
1820	0,300
9300	0,600
18500	0,900
25870	1,200
30590	1,500
44890	2,000

$r_{i1}$ [m]	$r_{i2}$ [m]	L [m]	$\Delta t$ [s]	$h_1$ [m]	$\Delta h$ [m]	H [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	K [m/s]
0,050	0,050	0,20	1820	2,10	0,20	2,000	8,6E-07	5,0E-07
0,050	0,050	0,20	7480	1,90	0,30	1,750	3,1E-07	2,1E-07
0,050	0,050	0,20	9200	1,60	0,30	1,450	2,6E-07	2,0E-07
0,050	0,050	0,20	7370	1,30	0,30	1,150	3,2E-07	3,2E-07
0,050	0,050	0,20	4720	1,00	0,30	0,850	5,0E-07	6,7E-07
0,050	0,050	0,20	14300	0,70	0,50	0,450	2,7E-07	7,0E-07

Mittelwert = **4,3E-07**

Berechnungsformeln:

$$H = h_1 - (\Delta h/2) \text{ [m]}$$

$$Q = (r^2 \times \pi \times \Delta h) / \Delta t \text{ [m}^3\text{/s]}$$

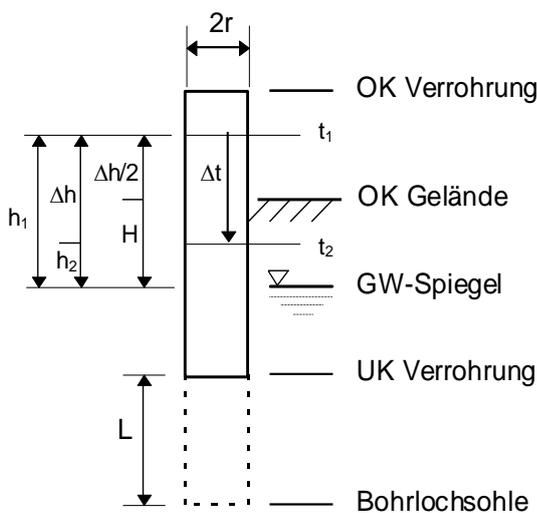
$$K = Q / (2 \times \pi \times L \times H) \times \operatorname{arcsinh}(L/2r) \text{ [m/s]}$$

### Versickerungsversuch (open-end-test)

Projekt: Mörfelden, Flur 17 und 20 Datum: 21.04.2021

Projekt-Nr.:	21-188OR
Messstelle:	RKS 15
ROK	0,70 m.ü. GOK
GOK	103,05 m.ü. NN
GW-Spiegel	4,50 m.u. ROK
Bohrlochsohle	1,40 m.u. GOK
Rohrlänge	2,00 m

Sand, schwach kiesig  
Homogenbereich B1



Versickerung	
Zeit t [s]	Wasserstand unter ROK [m]
0	0,100
15	0,600
27	1,000
45	1,500
70	2,000

$r_{i1}$ [m]	$r_{i2}$ [m]	L [m]	$\Delta t$ [s]	$h_1$ [m]	$\Delta h$ [m]	H [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	K [m/s]
0,050	0,050	0,10	15	4,40	0,50	4,150	2,6E-04	8,8E-05
0,050	0,050	0,10	12	3,90	0,40	3,700	2,6E-04	9,9E-05
0,050	0,050	0,10	18	3,50	0,50	3,250	2,2E-04	9,4E-05
0,050	0,050	0,10	25	3,00	0,50	2,750	1,6E-04	8,0E-05

Mittelwert = **9,1E-05**

Berechnungsformeln:

$$H = h_1 - (\Delta h/2) \text{ [m]}$$

$$Q = (r^2 \times \pi \times \Delta h) / \Delta t \text{ [m}^3\text{/s]}$$

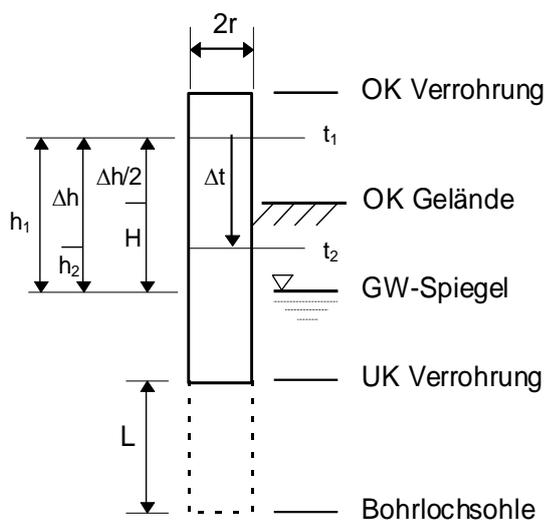
$$K = Q / (2 \times \pi \times L \times H) \times \operatorname{arcsinh}(L/2r) \text{ [m/s]}$$

### Versickerungsversuch (open-end-test)

Projekt: Mörfelden, Flur 17 und 20 Datum: #####

Projekt-Nr.: 21-188OR  
Messstelle: RKS 17  
ROK: 0,70 m.ü. GOK  
GOK: 104,35 m.ü. NN  
GW-Spiegel: 5,45 m.u. ROK  
Bohrlochsohle: 1,50 m.u. GOK  
Rohrlänge: 2,00 m

Auffüllung (Ton, schluffig, schwach sandig, schwach kiesig)  
Homogenbereich A3



#### Versickerung

Zeit t [s]	Wasserstand unter ROK [m]
0	0,100
18580	0,200
65820	0,400

r <sub>i1</sub> [m]	r <sub>i2</sub> [m]	L [m]	Δt [s]	h <sub>1</sub> [m]	Δh [m]	H [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	K [m/s]
0,050	0,050	0,20	18580	5,35	0,10	5,300	4,2E-08	9,2E-09
0,050	0,050	0,20	47240	5,25	0,20	5,150	3,3E-08	7,4E-09

Mittelwert = **8,3E-09**

Berechnungsformeln:

$$H = h_1 - (\Delta h/2) \text{ [m]}$$

$$Q = (r^2 \times \pi \times \Delta h) / \Delta t \text{ [m}^3\text{/s]}$$

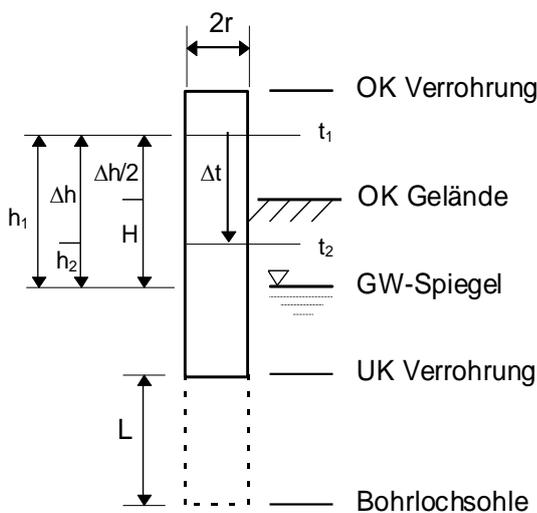
$$K = Q / (2 \times \pi \times L \times H) \times \operatorname{arcsinh}(L/2r) \text{ [m/s]}$$

### Versickerungsversuch (open-end-test)

Projekt: Mörfelden, Flur 17 und 20 Datum: 21.04.2021

Projekt-Nr.:	21-188OR
Messstelle:	RKS 22
ROK	0,20 m.ü. GOK
GOK	103,36 m.ü. NN
GW-Spiegel	3,95 m.u. ROK
Bohrlochsohle	3,00 m.u. GOK
Rohrlänge	3,00 m

Sand, schwach kiesig  
Homogenbereich B1



#### Versickerung

Zeit t [s]	Wasserstand unter ROK [m]
0	0,100
23	0,600
45	1,000
79	1,500
120	2,000
175	2,500
250	3,000

$r_{i1}$ [m]	$r_{i2}$ [m]	L [m]	$\Delta t$ [s]	$h_1$ [m]	$\Delta h$ [m]	H [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	K [m/s]
0,050	0,050	0,20	23	3,85	0,50	3,600	1,7E-04	5,4E-05
0,050	0,050	0,20	22	3,35	0,40	3,150	1,4E-04	5,2E-05
0,050	0,050	0,20	34	2,95	0,50	2,700	1,2E-04	4,9E-05
0,050	0,050	0,20	41	2,45	0,50	2,200	9,6E-05	5,0E-05
0,050	0,050	0,20	55	1,95	0,50	1,700	7,1E-05	4,8E-05
0,050	0,050	0,20	75	1,45	0,50	1,200	5,2E-05	5,0E-05

Mittelwert = **5,1E-05**

Berechnungsformeln:

$$H = h_1 - (\Delta h/2) \text{ [m]}$$

$$Q = (r^2 \times \pi \times \Delta h) / \Delta t \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$K = Q / (2 \times \pi \times L \times H) \times \operatorname{arcsinh}(L/2r) \text{ [m/s]}$$

# Fotodokumentation

## Anlage 5



Schurf 1, Foto 01



Schurf 1, Foto 02



Schurf 1, Foto 03



Schurf 1, Foto 04



Schurf 1, Foto 05



Schurf 1, Foto 06



Schurf 1, Foto 07



Schurf 2, Foto 01



Schurf 2, Foto 02



Schurf 2, Foto 03



Schurf 2, Foto 04



Schurf 2, Foto 05



Schurf 2, Foto 06



Schurf 3, Foto 01



Schurf 3, Foto 02



Schurf 3, Foto 03



Schurf 4, Foto 01



Schurf 4, Foto 02



Schurf 4, Foto 03



Schurf 4, Foto 04



Schurf 4, Foto 05



Schurf 4, Foto 06



Schurf 4, Foto 07



Schurf 4, Foto 08



Schurf 4, Foto 09



Schurf 4, Foto 10



Schurf 5, Foto 01



Schurf 5, Foto 02



Schurf 5, Foto 03



Schurf 5, Foto 04



Schurf 5, Foto 05



Schurf 5, Foto 06



Schurf 5, Foto 07



Schurf 5, Foto 08



Schurf 6, Foto 01



Schurf 6, Foto 02



Schurf 6, Foto 03



Schurf 6, Foto 04



Schurf 6, Foto 05



Schurf 6, Foto 06



Schurf 7, Foto 01



Schurf 7, Foto 02



Schurf 7, Foto 03



Schurf 7, Foto 04



Schurf 7, Foto 05



Schurf 7, Foto 06



Schurf 7, Foto 07



Schurf 8, Foto 01



Schurf 8, Foto 02



Schurf 8, Foto 03



Schurf 8, Foto 04



Schurf 8, Foto 05



Schurf 8, Foto 06 – Asphalt



Schurf 9, Foto 01



Schurf 9, Foto 02



Schurf 9, Foto 03



Schurf 9, Foto 04



Schurf 9, Foto 05



Schurf 9, Foto 06



Schurf 9, Foto 07



Schurf 10, Foto 01



Schurf 10, Foto 02



Schurf 10, Foto 03



Schurf 10, Foto 04



Schurf 10, Foto 05



Schurf 10, Foto 06