

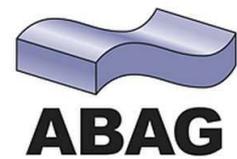
- Baugrundgutachten
- Bodenmechanik
- Probenahmen
- Baustoffprüfungen
- Geologische und Hydrogeologische Untersuchungen
- Analysen
- Gefährdungsabschätzung
- Umweltberatung
- Geothermie
- Betontechnik

Zeichen: **21.049600.08**

Datum: 08.12.2021

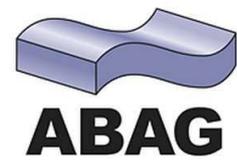
Auftraggeber:	F&S concept Projektentwicklung GmbH & Co. KG Otto-Lilienthal-Straße 34 53879 Euskirchen
Bauvorhaben:	Erschließung des Neubaugebiets „Seeterrassen“ in 53909 Zülpich
Planer:	Ingenieurbüro Klaus Hüllbrock Veynauer Weg 24 53881 Euskirchen
Gegenstand:	Geotechnischer Bericht
Datum der Untersuchungen:	02.+03.11.2021

Der Bericht umfasst 32 Seiten und 7 Anlagen



## Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der Anlagen</b> .....	<b>3</b>
<b>I Vorbemerkungen</b> .....	<b>4</b>
I.1 Vorgang und Auftrag .....	4
I.2 Unterlagen.....	4
I.3 Normen und technische Regelwerke .....	4
<b>II Bauvorhaben</b> .....	<b>7</b>
<b>III Geotechnische Untersuchungen</b> .....	<b>8</b>
III.1 Feldarbeiten .....	8
III.2 Laboruntersuchungen .....	9
<b>IV Baugrundverhältnisse</b> .....	<b>9</b>
IV.1 Geologischer und hydrogeologischer Rahmen.....	9
IV.1.1 Geologie .....	9
IV.1.2 Hydrogeologie und Hydrologie .....	9
IV.2 Georisiken .....	10
IV.2.1 Erdbeben.....	10
IV.2.2 Frosteinwirkung .....	10
IV.2.3 Hochwasser.....	10
IV.2.4 Kampfmittel .....	11
IV.3 Bodenschichten .....	11
IV.4 Beurteilung der Durchlässigkeit.....	14
<b>V Umweltrelevante Aspekte</b> .....	<b>16</b>
V.1 Abfallschlüssel nach der AVV .....	16
V.2 Beurteilung des Oberbodens nach der BBodSchV .....	17
V.2.1 MPO1: Oberboden KRB1 bis KRB11.....	17
V.2.2 MPO2: Oberboden KRB12 bis KRB14 .....	17
V.3 Beurteilung der Böden nach LAGA TR Boden.....	18
V.3.1 Beurteilung nach LAGA TR Boden .....	19
V.4 Zusammenfassung und Hinweise .....	19
V.4.1 Zusammenfassung.....	19
V.4.2 Hinweis zur Abfallhierarchie.....	20
V.4.3 Allgemeine Hinweise .....	20
<b>VI Homogenbereiche, Kennwerte und Klassifikationen</b> .....	<b>21</b>
VI.1 Homogenbereiche .....	21
VI.2 Kennwerte und Klassifikationen.....	21
<b>VII Empfehlungen zur Bauausführung</b> .....	<b>23</b>
VII.1 Wiederverwertung .....	23
VII.2 Baugruben und Gräben .....	23
VII.3 Wasserhaltung.....	24
VII.4 Verbau .....	25
VII.5 Grabensohle .....	25
VII.6 Schachtbauwerke .....	26
VII.7 Grabenverfüllung .....	26
VII.8 Sonstige Hinweise .....	28
<b>VIII Verkehrsflächen</b> .....	<b>28</b>
VIII.1 Straßenbau.....	28



---

VIII.1.1	Planum .....	28
VIII.1.2	Oberbau .....	30
<b>VIII.2</b>	<b>Gehwegbau .....</b>	<b>31</b>
VIII.2.1	Planum .....	31
VIII.2.2	Oberbau .....	31
<b>IX</b>	<b>Abschließende Bemerkung .....</b>	<b>32</b>

## Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1	Lage der Aufschlusspunkte
Anlage 2	Bohrprofile und Profilschnitte
Anlage 3	Schichtenverzeichnisse
Anlage 4	Legende zu den Bohrprofilen
Anlage 5	Protokolle der Versickerungsversuche
Anlage 6	Laborberichte
Anlage 7	Asphalt- und Pflasterbauweisen für Verkehrs- und Gehwege nach der RStO 12

## **I Vorbemerkungen**

### **I.1 Vorgang und Auftrag**

Die Ingenieurbüro Klaus Hüllbrock plant für die Auftraggeberin die Erschließung des Neubaugebietes (NBG) „Seeterrassen“ in 53909 Zülpich.

Für die Planung benötigt die Auftraggeberin eine Baugrunduntersuchung. Die ABAG GmbH erhielt den Auftrag zur Durchführung der Felduntersuchungen sowie der Erarbeitung des Geotechnischen Berichts, einschließlich chemischer Laboruntersuchungen des Bodenmaterials und Beurteilung der Durchlässigkeit der Böden. Die Erkundungsarbeiten wurden am 02. und 03.11.2021 vorgenommen.

Mit dem vorliegenden Bericht werden die durchgeführten Feldarbeiten abschließend dokumentiert, die bodenmechanischen Rechenwerte und Bemessungswerte festgelegt sowie die Gründungsempfehlung erläutert (Geotechnischer Bericht DIN 4020).

### **I.2 Unterlagen**

- [1] Digitale geologische Karte NRW 1:100.000; 2021, Land NRW, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
- [2] Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.000, Blatt 5305 Zülpich; 1979, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen
- [3] Sonderplan Bodengutachten, 1:1.000; Stand 25.08.2021: Ingenieurbüro Klaus Hüllbrock

### **I.3 Normen und technische Regelwerke**

- [4] Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 3005) geändert worden ist
- [5] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 – Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen; DWA: korrigierter Nachdruck November 2008
- [6] Arbeitsblatt DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser; DWA: korrigierte Fassung März 2006
- [7] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- [8] DIN 1054: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1; Ausgabe April 2021
- [9] DIN 1055-2: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngößen; Ausgabe November 2010
- [10] DIN 4020: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2; Ausgabe Dezember 2010

- [11] DIN 4023: Baugrund- und Wasserbohrungen, Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse, Ausgabe Februar 2006
- [12] DIN 4095: Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung; Ausgabe Juni 1990
- [13] DIN 4124: Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten; Ausgabe Januar 2012
- [14] DIN 4150-3: Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen; Ausgabe Dezember 2016
- [15] DIN 18125-2: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte des Bodens - Teil 2: Feldversuche; Ausgabe November 2011
- [16] DIN 18127: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch; Ausgabe September 2012
- [17] DIN 18130-1: Baugrund - Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche; Ausgabe Mai 1998
- [18] DIN 18196: Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke; Ausgabe Mai 2011
- [19] DIN 18300: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten; Ausgabe September 2012
- [20] DIN 18300: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten; Ausgabe September 2019
- [21] DIN 18301: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Bohrarbeiten; Ausgabe September 2019
- [22] DIN 18320: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Landschaftsbauarbeiten; Ausgabe September 2019
- [23] DIN EN 933-1 Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren; Ausgabe März 2012
- [24] DIN EN 932-2: Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 2: Verfahren zum Einengen von Laboratoriumsproben; Ausgabe März 1999
- [25] DIN EN 1610: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Ausgabe Dezember 2015
- [26] DIN EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009; Ausgabe März 2014
- [27] DIN EN 1997-1/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Ausgabe Dezember 2010
- [28] DIN EN 15527: Charakterisierung von Abfällen - Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Abfall mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC/MS); Ausgabe September 2008
- [29] DIN EN 16907-1: Erdarbeiten – Teil 1: Grundsätze und allgemeine Regeln; Ausgabe April 2019

- [30] DIN EN ISO 14688-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002); Ausgabe Mai 2018
- [31] DIN EN ISO 22475-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1:2006); Ausgabe Januar 2007
- [32] DIN EN ISO 22476-2: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen (ISO 22476-2:2005 + Amd 1:2011); Ausgabe März 2012
- [33] Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist
- [34] Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln M Bodenverfestigungen; Ausgabe 2004
- [35] Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues M Geok E; Ausgabe 2016
- [36] Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von Reststoffen/Abfällen — Technische Regeln.- 5. erw. Auflage; Erich Schmidt Verlag; 2003
- [37] Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil 2: Technische Regeln für die Verwertung — 1.2 Bodenmaterial (TR Boden); Stand 05.11.2004
- [38] Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung RAS-Ew; Ausgabe 2005
- [39] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO; Ausgabe 2012
- [40] Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau RuVA-StB 01; Ausgabe 2001, Fassung 2005
- [41] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen ZTV A-StB; Ausgabe 2012
- [42] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt ZTV Asphalt-StB; Ausgabe 2007, Fassung 2013
- [43] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB; Ausgabe 2017
- [44] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau ZTV SoB-StB; Ausgabe 2020

## II Bauvorhaben

Das Bauvorhaben umfasst die Erschließung des NBG „Seeterrassen“ in Zülpich. Dabei sollen Verkehrsflächen (Straßen und Gehwege) errichtet und das Gebiet an Versorgungsleitungen und das Kanalnetz angeschlossen werden. Für die Verkehrsflächen wird angenommen, dass die Fahrbahnoberkante etwa auf der jetzigen Geländeoberkante zu liegen kommt. Der Kanal soll in Tiefen zwischen 1,85 m und 2,87 m liegen.

Tabelle 1: Projekthöhen.

Bezeichnung	Tiefe [m u. GOK]
Kanalsole	zw. 1,85 u. 2,87
Angenommene Fahrbahnoberkante	ca. GOK

Die im Folgenden getroffenen Aussagen beziehen sich auf diese Höhen. Sie sind vor Bauausführung verantwortlich zu prüfen, da sie gegebenenfalls Auswirkungen auf die Gründungsempfehlungen haben.

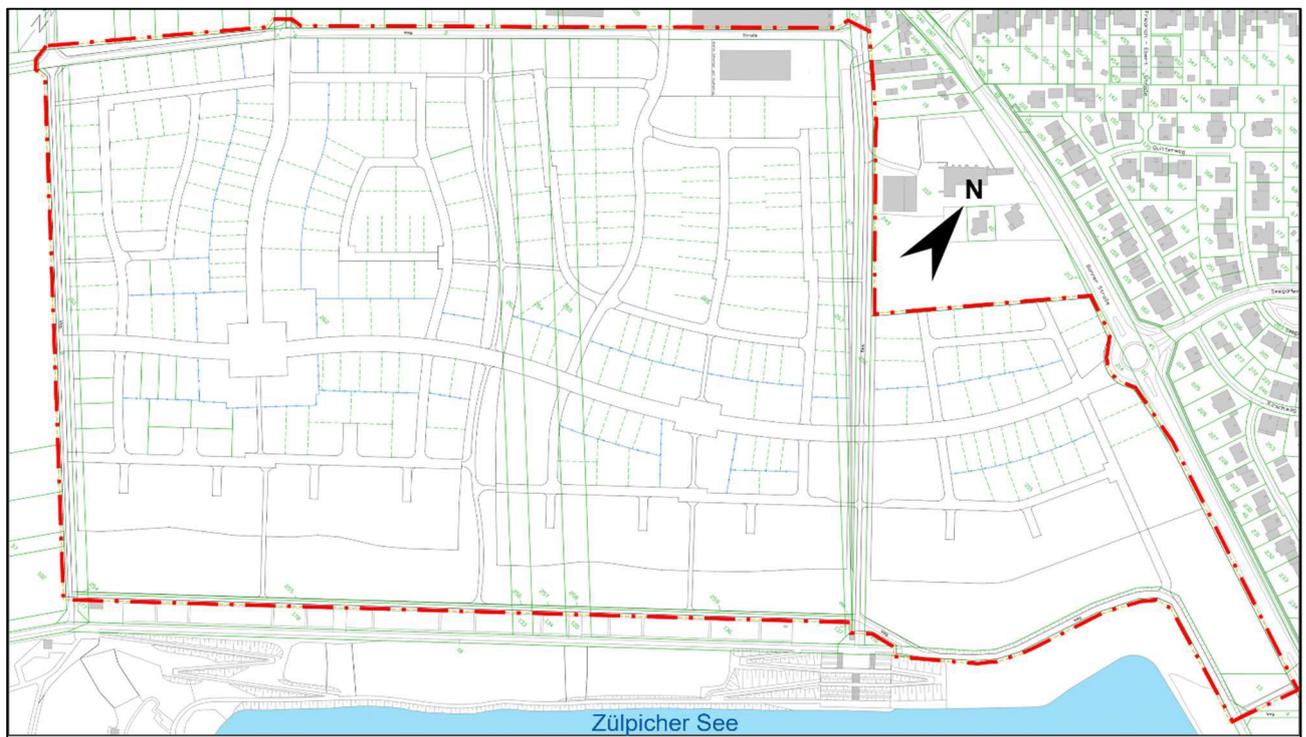


Abbildung 1: Auszug aus dem Entwurfsplan [3].

### III Geotechnische Untersuchungen

#### III.1 Feldarbeiten

Am 02.+03.11.2021 wurden die folgenden Erkundungsarbeiten ausgeführt:

- 14 Kleinrammbohrungen (KRB, Sondierbohrungen) Ø 60 – 40 mm nach DIN EN ISO 22475-1 mit durchgehender Gewinnung gekernter Bodenproben.
- 7 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde DPH nach DIN EN ISO 22476-2.
- Entnahme von 51 Einzelproben aus Bodenmaterial unterhalb des Oberbodens.
- Entnahme von 14 Einzelproben des Oberbodens.

Die erkundete Schichtenfolge wurde nach DIN EN ISO 14688-1 mit visuellen und manuellen Methoden angesprochen und beprobt. Die Bodenproben wurden bei Schichtwechsel oder organoleptischer Auffälligkeit entnommen.

Die Ansatzstellen wurden nach Lage und Höhe eingemessen (siehe Tabelle 2) und sind im Lageplan in Anlage 1 dargestellt. Anlage 2 zeigt die Ergebnisse der Bohrungen in Bohrprofilen und Profilschnitten. Die zugehörigen Schichtenverzeichnisse finden sich in Anlage 3. Die in den Profildarstellungen verwendeten Kennbuchstaben und Bodensymbole sind der Legende in Anlage 4 zu entnehmen.

Tabelle 2: Lage und Höhe der Aufschlusspunkte.

Bohrung	GOK Bohrpunkt [mNHN]	Koordinaten [UTM32, ETRS89]	
		E	N
KRB1/DPH1	177,25	333971,223	5617243,736
KRB2/DPH2	171,23	334503,238	5617357,229
KRB3/DPH3	173,09	334187,924	5617105,883
KRB4	173,06	334227,712	5617040,242
KRB5	172,59	334328,313	5617125,055
KRB6	172,79	334347,128	5617244,458
KRB7/DPH7	174,72	334168,270	5617289,641
KRB8	169,97	334558,248	5617318,455
KRB9	171,56	334469,092	5617330,012
KRB10	177,98	334162,322	5617428,666
KRB11/DPH11	176,68	334314,098	5617528,561
KRB12	168,41	334693,102	5617428,421
KRB13/DPH13	169,39	334649,367	5617488,931
KRB14/DPH14	171,20	334550,367	5617562,792



## III.2 Laboruntersuchungen

Zur umwelttechnischen Klassifikation der Böden wurden die folgenden chemischen Analysen durchgeführt:

- 3 × Parameter der LAGA TR Boden an Mischproben.
- 2 × Bestimmung der Vorsorgewerte (Tabelle 4.1 und 4.2) nach BBodSchV an Mischproben des Oberbodens.

Die Dokumentation der Laboruntersuchungen kann den Laborberichten in Anlage 6 entnommen werden.

## IV Baugrundverhältnisse

### IV.1 Geologischer und hydrogeologischer Rahmen

#### IV.1.1 Geologie

Nach den geologischen Karten befindet sich im Untergrund des Baugebietes zunächst eine Lage aus *oberpleistozänem* Lösslehm und Löss des *Quartärs*. Diese Schicht setzt sich vorwiegend aus oberflächennah entkalktem, gelb-, grau- und rotbraunem, schwach feinsandigem, schwach tonigem Schluff zusammen. Unterhalb des Lösses liegt die *unter- bis mittelplozäne* sogenannte *Jüngere Hauptterrasse* des *Quartärs*, die aus einer Wechsellagerung von grauem Fein- und Mittelkies mit gelb- bis rotbraunem Mittel- und Grobsand besteht und lokal Steinlagen führt. Die Terrasensedimente des *Quartärs* werden von *tertiären* Lockergesteinen unterlagert. Diese lassen sich den *miozänen bis pliozänen Reuverton, Rotton und Hauptkies* (grauer, örtlich rötlicher Kies, Sand, Schluff und grauer Ton) und den *Inden- und Ville-Schichten* (z. T. kalkhaltiger, grauer Sand und Ton) zuordnen. Nach oben schließt die erkundete Schichtenfolge mit dem angedeckten Oberboden ab.

#### IV.1.2 Hydrogeologie und Hydrologie

In keiner der Bohrungen wurde Wasser angetroffen. Das erbohrte Material wurde mehrheitlich als feucht angesprochen. Es ist jedoch ganzjährig mit zeitweiligem, witterungsbedingtem Schichtwasser oder Staunässe auf den bindigen und daher gering durchlässigen Schichten im Untergrund zu rechnen.

Das den Untersuchungsbereich umschließende Gewässereinzugsgebiet mit einer Fläche von rund 4,3 km<sup>2</sup> entwässert in den südöstlich gelegenen *Mühlengraben* (Gewässerkennzahl 274474) und gehört zum übergeordneten Teileinzugsgebiet der *Erft*, welches dem Flussgebiet *Rhein* zuzuordnen ist. Unter dem im Untersuchungsgebiet befinden sich die *Hauptterrassen des Rheinlandes*, ein ergiebiger bis sehr ergiebiger Porengrundwasserkörper mit einer Fläche von rund 150 km<sup>2</sup>. Wei-

terhin liegt das Bauvorhaben in Zone IIIB des geplanten Trinkwasserschutzgebietes (WSG) *Oberelvenich*. Abbildung 2 zeigt eine Übersichtskarte der hydrologischen Rahmenbedingungen.

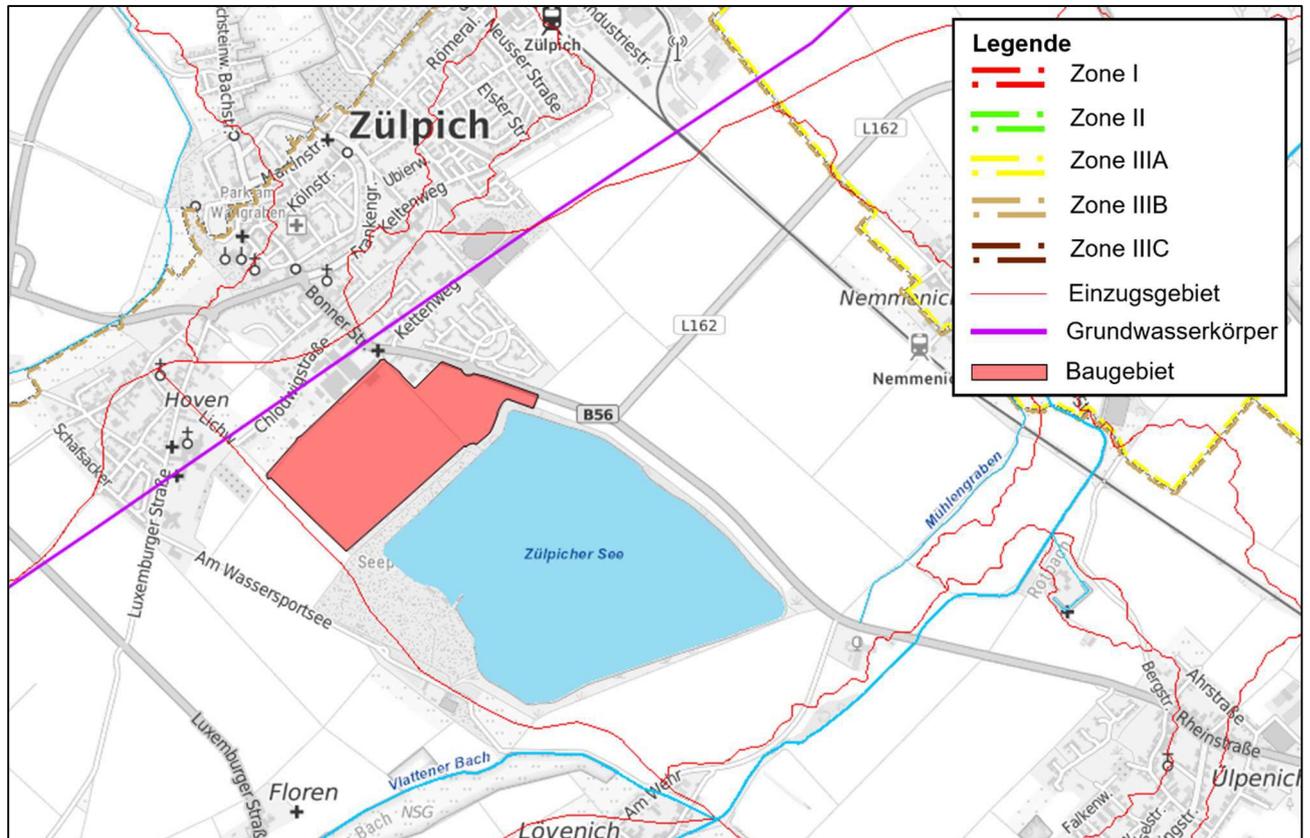


Abbildung 2: Hydrologische Rahmenbedingungen.

## IV.2 Georisiken

### IV.2.1 Erdbeben

Für das Baugrundstück gilt nach DIN 4149 folgende Zuordnung:

- Erdbebenzone: 2
- Untergrundklasse: T (Übergangsbereich zwischen Sedimentbecken und Felsuntergrund)
- Baugrundklasse: C (Lockergestein)

### IV.2.2 Frosteinwirkung

Das Bauvorhaben liegt in der Frosteinwirkungszone I. Die Frosteindringtiefe beträgt in dieser Zone rund 80 cm.

### IV.2.3 Hochwasser

Das Baugebiet liegt außerhalb von festgesetzten Überflutungsflächen sowie hochwassergefährdeten Gebieten.

#### IV.2.4 Kampfmittel

Die Organisation, Durchführung und Überwachung von Kampfmittelerkundungen waren nicht Auftragsgegenstand.

### IV.3 **Bodenschichten**

Der erkundete Untergrund lässt sich in die nachfolgend beschriebenen Schichtkomplexe untergliedern:

- Schicht 1: Oberboden
- Schicht 2: Lösslehm und Löss (Quartär)
- Schicht 3: Terrassensande und -kiese (Quartär)
- Schicht 4: Quarzsand und verlehmtter Quarzsand (Tertiär)
- Schicht 5: Tone, Schluffe und Ton-Schluff-Sand-Gemische (Tertiär)

An den Aufschlusspunkten wurden Kleinrammbohrungen (KRB) und schwere Rammsondierungen (DPH) abgeteuft, wobei eine Endteufe von 5 m unter Geländeoberkante (u. GOK) angestrebt wurde. Diese wurde in der KRB10 und den DPH1, DPH3 und DPH7 aufgrund von zu hohem Bohr- bzw. Rammwiderstand nicht erreicht. Die DPH11 wurde zur Erkundung einer gering tragfähigen Schicht auf 6,0 m vertieft.

Alle Aufschlüsse wurden unterhalb einer landwirtschaftlich genutzten Fläche abgeteuft. Zunächst wurde der Oberboden (Bodengruppe [OU]) bzw. der Pflughorizont erkundet. Unterhalb des Oberbodens wurde zunächst mehrheitlich eine Abfolge Lösslehm und Löss (Bodengruppe UL) angetroffen. Lokal (KRB1, KRB7) fehlt dieses Schichtglied und der Oberboden liegt direkt auf den grob- bis gemischtkörnigen Terrassensanden und -kiesen (Bodengruppen SU, SU\*). Unterhalb der Lösslage wurden lokal verlehnte gemischtkörnige Terrassensande und -kiese (Bodengruppen SW, SU, SU\*, GW, GU, GU\*) und teilweise verlehnte tertiäre Sande (Bodengruppen SW, SI, SE, SU, SU\*) angetroffen. Als letztes Schichtglied wurden unterhalb der tertiären Sande oder den Terrassensanden und -kiesen tertiäre Tone und Schluffe angetroffen, die teilweise mit Sanden vermischt sind (Bodengruppen TL, UL, ST\*, SU\*).

Anlage 1 zeigt die Lage der Aufschlusspunkte. Eine detaillierte Übersicht über die erbohrte Schichtenfolge zeigen die Einzelprofile und Profilschnitte in Anlage 2 bzw. die zugehörigen Schichtenverzeichnisse in Anlage 3. Eine Legende zu den Profildarstellungen ist der Anlage 4 zu entnehmen.

In den nachfolgenden Tabellen 3 und 4 werden die erkundeten Schichten zusammenfassend beschrieben. Hierbei ist anzumerken, dass Schichtgliedern mit grobkörnigen Hauptkomponenten (Sand, Kies, Steine etc.) anstatt einer Lagerungsdichte eine Konsistenz zugeordnet wird, wenn der Anteil feinkörniger Nebenkomponten die mechanischen Eigenschaften maßgebend prägt. Aussagen über die Konsistenz und Lagerungsdichte beziehen sich dabei immer auf den Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten. Diese Hinweise werden im Folgenden nicht gesondert wiederholt.

Tabelle 3: Zusammenfassende Beschreibung des Oberbodens und der quartären Böden (Bodenschichten 1 bis 3).

Schicht	1	2	3
<b>Bezeichnung</b>	Oberboden	Lösslehm und Löss	Terrassensande und -kiese
<b>Oberkante</b> [m u. GOK]	GOK	0,5 – 0,8	0,5 – 3,5
<b>Unterkante</b> [m u. GOK]	0,5 – 0,8	1,1 – 3, 5	2,1 – 5,0
<b>Ansprache</b> <sup>1)</sup>	U, s, g', h'	U, fs', g', t'	mS, u S, ḡ, u' G, s, u' – u mS, g, u' – u S, g, u G + S, u' G, s – s̄, u'
<b>Farbe</b>	dunkelbraun	braun und hellbraun	braun, rötlichbraun, orangebraun
<b>Konsistenz</b>	weich	weich – steif	steif – halbfest
<b>Lagerungsdichte</b>	—	—	mitteldicht – sehr dicht
<b>Bodengruppe(n)</b> nach DIN 18196	[OU]	UL	SW, SU, SU*, GW, GU, GU*
<b>Bodenklasse(n)</b> nach DIN 18300	1	4	3 – 4
<b>Frostempfindlichkeit</b> <sup>2)</sup> nach ZTV-E StB 17	n. r.	F 3 (sehr empfindlich)	F 1 – F 3 (nicht bis sehr empfindlich; abhängig vom Grad der Verlehmung)
<b>Durchlässigkeit</b> nach DIN 18130-1	durchlässig	schwach durchlässig	schwach durchlässig bis durchlässig (abhängig vom Grad der Verlehmung)
<b>Sonstiges</b>	In den Bereichen der KRB12 bis KRB14 mit ca. 5 Vol.-% Bauschutt (Ziegelbruch)	ca. oberster Meter i. d. R. verlehmt und entkalkt	lokal verlehmt

<sup>1)</sup> Eine Legende zu den Symbolen findet sich in Anlage 4.

<sup>2)</sup> Siehe Abbildung 3 und Tabelle 5.

Tabelle 4: Zusammenfassende Beschreibung der tertiären Böden (Bodenschichten 4 und 5).

Schicht	4	5
<b>Bezeichnung</b>	Tertiärer Quarzsand	Tertiäre Tone und Schluffe
<b>Oberkante</b> [m u. GOK]	1,1 – 3,8	0,5 – 0,8
<b>Unterkante</b> [m u. GOK]	2,7 – 5,0	1,1 – 3, 5
<b>Ansprache</b> <sup>1)</sup>	fS, ms', u' fS, ms' - ms, u fS, ms fS, u' - ū, ms' fS + mS, gs', u' mS, fs, gs', u' S, u'	T, u' - u, fs' – fs T + U, fs' T + fS, u' – u U + T, fs' S + T/U fS + T/U fS, t, u' - u
<b>Farbe</b>	hellgrau, orange(braun), (hell)braun	grau, (hell)braun, orange(grau)
<b>Konsistenz</b>	steif – halbfest	vorwiegend halbfest, lokal steif, nahe der Endteufe lokal auch fest
<b>Lagerungsdichte</b>	mitteldicht – sehr dicht	—

Schicht	4	5
<b>Bezeichnung</b>	Tertiärer Quarzsand	Tertiäre Tone und Schluffe
<b>Bodengruppe(n)</b> nach DIN 18196	SW, SI, SE, SU, SU*	TL, UL, ST*, SU*
<b>Bodenklasse(n)</b> nach DIN 18300	3 – 4	4, vereinzelt 6 nahe der Endteufe
<b>Frostempfindlichkeit<sup>2)</sup></b> nach ZTV-E StB 17	F 1 – F 3 (nicht bis sehr empfindlich; abhängig vom Grad der Verlehmung)	F 3 (sehr empfindlich)
<b>Durchlässigkeit</b> nach DIN 18130-1	schwach durchlässig bis durchlässig (abhängig vom Grad der Verlehmung)	schwach durchlässig
<b>Sonstiges</b>	teilweise verlehmt	lokal geringmächtige (wenige Dezimeter) Wechselagerungen aus Sanden und Tonen möglich

<sup>1)</sup> Eine Legende zu den Symbolen findet sich in Anlage 4.

<sup>2)</sup> Siehe Abbildung 3 und Tabelle 5.

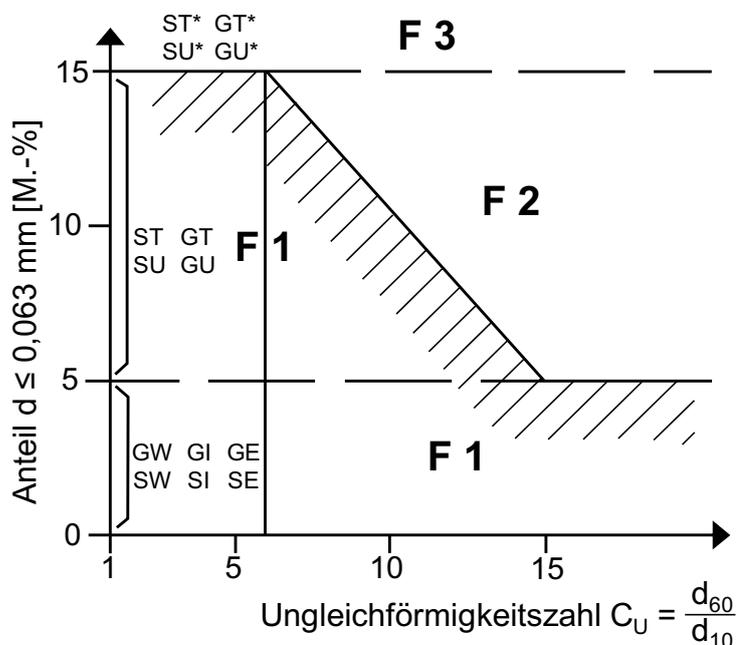


Abbildung 3: Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen nach ZTV E-StB 17.

Tabelle 5: Frostempfindlichkeitsklassen der Bodengruppen nach ZTV E-StB 17.

	<b>Frostempfindlichkeit</b>	<b>Bodengruppen (DIN 18196)</b>
<b>F 1</b>	nicht frostempfindlich	GW, GI, GE, SW, SI, SE
<b>F 2</b>	gering bis mittel frostempfindlich	TA, OT, OH, OK, ST <sup>1)</sup> , GT <sup>1)</sup> , SU <sup>1)</sup> , GU <sup>1)</sup>
<b>F 3</b>	sehr frostempfindlich	TL, TM, UL, UM, UA, OU, ST*, GT*, SU*, GU*

<sup>1)</sup> Zu F 1 gehörig bei einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von 5 Ma.-% bei  $C_U \geq 15$  oder 15 Ma.-% bei  $C_U \leq 6$ . Im Bereich  $6 < C_U < 15$  kann der für eine Zuordnung zu F 1 zulässige Anteil an Korn unter 0,063 mm linear interpoliert werden (siehe Abbildung 3).

#### IV.4 Beurteilung der Durchlässigkeit

In den Bohrungen KRB4, KRB5, KRB6, KRB10 und KRB12 wurden Versickerungsversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Untergrundes durchgeführt. Der Versickerungsversuch in der KRB8 wurde verworfen, da anhand vom Bohrgut bereits erkennbar war, dass keine ausreichende Durchlässigkeit gegeben ist. Die nachfolgende Tabelle 6 fasst die Ergebnisse der Versickerungsversuche zusammen. Die detaillierten Versuchsprotokolle finden sich in Anlage 5.

Tabelle 6: Ergebnisse der Versickerungsversuche.

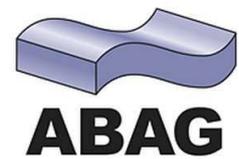
Untersuchungs- punkt	Schicht(en)	Durchlässigkeitsbeiwert $k_{f,U}$	Bemessungswert <sup>1)</sup> $k_{f,B}$
		[m/s]	
KRB4	Quarzsand/Sand-Ton-Schluff-Gemisch	$1,71 \times 10^{-6}$	$3,42 \times 10^{-6}$
KRB5	Verlehmter Quarzsand/ Quarzsand-Ton-Gemisch	$1,67 \times 10^{-7}$	$3,34 \times 10^{-7}$
KRB6	Quarzsand	$2,04 \times 10^{-6}$	$4,08 \times 10^{-6}$
KRB9	Verlehmter Terrassensand und -kies/Ton	$2,40 \times 10^{-7}$	$4,80 \times 10^{-7}$
KRB10	Verlehmter Quarzsand/ Schluff-Ton-Gemisch	$1,00 \times 10^{-8}$	$2,00 \times 10^{-8}$
KRB12	Verlehmter Terrassensand und -kies/ Ton-Schluff-Gemisch	$1,27 \times 10^{-7}$	$2,54 \times 10^{-7}$

<sup>1)</sup> Nach DWA Merkblatt A 138 Tabelle B.1 mit dem Korrekturfaktor  $\kappa = 2,0$  faktorisiert.

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen durch eine Sickeranlage mit verzögerter Versickerung (in Trockenperioden) dem Untergrund zugeführt werden.

Nach dem DWA-A 138 (April 2005) sollte der Bemessungswert  $k_{f,B}$  des Bodens, in dem die Versickerung stattfindet, zwischen  $k_{f,B} = 1,0 \times 10^{-6}$  m/s und  $k_{f,B} = 1,0 \times 10^{-3}$  m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickertraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Außerdem ist zu beachten, dass nach Abs. 3.2.2 des Arbeitsblattes Mindestabstände zu Gebäuden und Grundstücksgrenzen zu beachten sind.

Anhand der Versickerungsversuche lässt sich der tertiäre Quarzsand im unverlehmten Zustand mit einem gemessenen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_{f,U} = 1,71 \times 10^{-6}$  m/s bzw. einem Bemessungswert  $k_{f,B} = 3,42 \times 10^{-6}$  m/s als durchlässig im Sinne der DIN 18130-1 beschreiben und bietet somit gemäß dem DWA-A 138 eine ausreichende Durchlässigkeit für die gezielte Versickerung von Niederschlagswasser.



Für die quartären und tertiären Lehm- und Tonböden wurden Bemessungswerte  $k_{f,B}$  zwischen  $k_{f,B} = 2,0 \times 10^{-8} \text{ m/s}$  und  $k_{f,B} = 4,8 \times 10^{-7} \text{ m/s}$  ermittelt, sodass diese Böden im Sinne der DIN 18130-1 als schwach durchlässig einzustufen sind. Damit entsprechen diese Böden aufgrund der geringen Durchlässigkeit nicht den Anforderungen für eine gezielte Einleitung von Niederschlagswasser.

Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte geben das mögliche Spektrum im Baugebiet wieder. Da die hier durchgeführten Versickerungsversuche nur punktuell mit großen Abständen durchgeführt wurden, empfehlen wir, insbesondere für zentralisierte Versickerungsanlagen mit großen angeschlossenen Fläche ( $> 500 \text{ m}^2$ ), nach Festlegung der Standorte und Tiefenlagen, Versickerungsversuche in Schürfen durchzuführen.

## V Umweltrelevante Aspekte

Während der Bohrarbeiten am 02. Und 03.11.2021 wurden Einzelproben (EP) aller angetroffenen Böden entnommen. Diese sind in den Profilen in Anlage 2 entsprechend gekennzeichnet. Für die chemischen Untersuchungen wurden die EP der Böden nach dem Schema in Tabelle 7 zu Mischproben (MP) vereinigt. Die Mischproben des Oberbodens (MPO1 und MPO2) wurden auf die Vorsorgewerte der BBodSchV und die Proben der restlichen Böden (MP1 bis MP3) nach LAGA TR Boden untersucht.

Tabelle 7: Probenzusammenstellung.

Bezeichnung der Laborprobe	Bezeichnung der Einzelproben	Untersuchungspunkte (KRB)	Untersuchte Schichten	Untersuchungsprogramm
MP1	1.2 + 1.3 + 2.2 + 2.3 + 3.2 + 3.3 + 4.2 + 5.2 + 5.3 + 5.4 + 6.2 + 6.3 + 6.4 + 7.2 + 7.3 + 7.4 + 8.2 + 8.3 + 9.2 + 9.3 + 10.2 + 11.2 + 11.3 + 12.2 + 13.2 + 14.2	1 – 14	Lehmböden einschl. verlehmtter Sande	LAGA TR Boden
MP2	1.4 + 1.5 + 2.4 + 2.5 + 3.4 + 3.5 + 4.3 + 6.5 + 9.4 + 11.4 + 11.5 + 12.3 + 13.3 + 14.3 + 14.4		Sande und Kiese	
MP3	4.1 + 4.2 + 4.3 + 4.4 + 5.5 + 8.4 + 9.5 + 10.3 + 10.4 + 10.5 + 11.6 + 12.4 + 13.4 + 14.5		Tone einschl. Ton-Schluff-Sand- Gemische	
MPO1	1.1 – 11.1	1 – 11	Oberboden	Vorsorgewerte BBodSchV Tab. 4.1 + Tab 4.2
MPO2	12.1 + 13.1 + 14.1	12 – 14	Bauschutthaltiger Oberboden	

MP: Mischprobe

KRB: Kleinrammbohrung

Im Folgenden werden die chemischen Untersuchungen zusammenfassend dargestellt und beurteilt. Die detaillierten Analysenergebnisse sind den Laborberichten der Eurofins Umwelt Südwest GmbH in Anlage 6 zu entnehmen.

### V.1 Abfallschlüssel nach der AVV

Sämtliche untersuchten Böden (Oberboden, Böden im Untergrund) sind im Entsorgungsfall mit dem Abfallschlüssel 17 05 04 (*Böden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03\* fallen*) zu kennzeichnen.

## V.2 Beurteilung des Oberbodens nach der BBodSchV

Die nachfolgende Tabelle 8 zeigt eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der chemischen Untersuchung des Oberbodens mit den Vorsorgewerten der Tabellen 4.1 und 4.2 der BBodSchV. Für die Beurteilung der Vorsorgewerte werden gemäß der Bodenansprache die Grenzwerte der Bodenart „Lehm/Schluff“ sowie die ermittelten Humusgehalte herangezogen. Da die Humusgehalte  $\leq 8\%$  betragen, finden die Vorsorgewerte der Tabelle 4.1 der BBodSchV Anwendung. Aus dem Säuregrad des Bodens ergeben sich für die Beurteilung keine Abweichungen nach BBodSchV Anhang 2 Nr. 4.3c.

Tabelle 8: Ergebnisse der chemischen Untersuchung des Oberbodens. Angewandte Vergleichstabelle(n): BBodSchV Tab. 4.1 & 4.2 - Vorsorgewerte Metalle (+As) & Organik.

Bezeichnung		MPO1	MPO2	Vorsorgewerte nach BBodSchV Tab. 4.1 + 4.2		
Probennummer		021228714	021228715	Sand	Lehm/Schluff	Ton
<b>Vorsorgewerte:</b>		<b>eingehalten</b>	<b>überschritten</b>			
Humusgehalt	Ma.-% TS	1,9	2,6			
TOC	Ma.-% TS	1,1	1,5			
pH in CaCl <sub>2</sub>		7,4	7,6			
4.1 Vorsorgewerte für Metalle						
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	0,4	0,5	0,4	1	1,5
Blei (Pb)	mg/kg TS	61	290	40	70	100
Chrom (Cr)	mg/kg TS	24	30	30	60	100
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	21	29	20	40	60
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	0,12	0,19	0,1	0,5	1
Nickel (Ni)	mg/kg TS	19	24	15	50	70
Zink (Zn)	mg/kg TS	63	151	60	150	200
4.2 Vorsorgewerte für organische Stoffe				Humusgehalt $\leq 8\%$		
Summe 6 DIN-PCB	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	0,05		
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	0,09	0,3		
Summe 16 EPA-PAK	mg/kg TS	(n. b.)	0,97	3		

n. b.: nicht berechenbar, da alle Einzelparameter die Nachweisgrenze unterschreiten.

<sup>1)</sup> Die Klassifizierung wird in Abschnitt V.2.1 erläutert.

### V.2.1 MPO1: Oberboden KRB1 bis KRB11

In der Probe des Oberbodens MPO1 konnten keine bodenschädigenden Veränderungen nachgewiesen werden. Da für alle Parameter die Vorsorgewerte der Tabellen 4.1 und 4.2 der BBodSchV unterschritten werden, sind die Vorsorgewerte als **eingehalten** einzustufen.

### V.2.2 MPO2: Oberboden KRB12 bis KRB14

In der Probe des Oberbodens MPO2 wurde eine bodenschädigende Veränderung durch die Schwermetalle Blei und Nickel nachgewiesen. Zudem wurde ein im Vergleich zur MPO1 leicht erhöhter PAK (EPA)-Gehalt festgestellt. Wir gehen davon aus, dass die Schwermetalle und der

leicht erhöhte PAK (EPA)-Gehalt auf die im Boden vorgefundenen Bauschuttbeimengungen zurückzuführen sind. Die Vorsorgewerte sind aufgrund der Überschreitungen der Gehalte an Blei und Nickel als **überschritten** einzustufen.

### V.3 Beurteilung der Böden nach LAGA TR Boden

Die nachfolgende Tabelle 9 zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der chemischen Untersuchung nach LAGA TR Boden und eine Gegenüberstellung mit den Zuordnungswerten der Einbauklassen. Gemäß Bodenansprache wurden für die Beurteilung der Ergebnisse die Zuordnungswerte für die Bodenart „Lehm/Schluff“ herangezogen.

Tabelle 9: Ergebnisse der chemischen Untersuchung der Böden. Angewandte Vergleichstabelle(n): LAGA TR Boden (2004) Tabelle II.1.2-2/-4 + -3/ -5.

Bezeichnung	Einheit	MP			Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden				
		MP1	MP2	MP3	Z0	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer		721028781	721028782	721028783	Z0	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
<b>Anzuwendende Klasse(n):</b>		<b>Z0</b>	<b>Z0</b>	<b>Z0</b>	<b>Z0</b>				
Feststoff									
Arsen (As)	mg/kg TS	7,6	8,0	4,9	15	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	18	48	44	70	140	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	26	19	21	60	120	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	11	10	9	40	80	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	20	14	12	50	100	150	150	500
Thallium (Tl)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,7	0,7	2,1	2,1	7
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,5	1	1,5	1,5	5
Zink (Zn)	mg/kg TS	35	24	23	150	300	450	450	1.500
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5	< 0,5			3	3	10
TOC	Ma.-% TS	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	1,5	1,5	5
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	1	3	3	10
KW C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub>	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	100	200	300	300	1.000
KW C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40		400	600	600	2.000
Summe BTEX	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1
Summe LHKW	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1
Summe 6 DIN-PCB	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe 16 EPA-PAK	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	3	3	3	3	30
Eluat									
pH-Wert		8,7	8,9	8,9	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
Leitfähigkeit	µS/cm	93	63	80	250	250	250	1.500	2.000
Chlorid (Cl)	mg/L	1,5	< 1,0	1,2	30	30	30	50	100
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/L	4,3	3,4	3,8	20	20	20	50	200
Cyanide, gesamt	µg/L	< 5	< 5	< 5	5	5	5	10	20
Arsen (As)	µg/L	< 1	< 1	< 1	14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/L	< 1	< 1	< 1	40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/L	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/L	< 1	< 1	< 1	12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/L	< 5	< 5	< 5	20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/L	< 1	< 1	< 1	15	15	15	20	70

Bezeichnung	Einheit	MP1	MP2	MP3	Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden				
Probennummer		721028781	721028782	721028783	Z0	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
<b>Anzuwendende Klasse(n):</b>		<b>Z0</b>	<b>Z0</b>	<b>Z0</b>	<b>Z0</b>				
Quecksilber (Hg)	µg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/L	< 10	< 10	< 10	150	150	150	200	600
Phenolindex, wdf.	µg/L	< 10	< 10	< 10	20	20	20	40	100

n. b.: nicht berechenbar, da alle Einzelparameter die Nachweisgrenze unterschreiten.

### V.3.1 Beurteilung nach LAGA TR Boden

Nach LAGA TR Boden werden in allen drei Proben der gewachsenen Böden (MP1, MP2 und MP3) im Feststoff um im Eluat alle Zuordnungswerte der Einbauklasse Z0 eingehalten. Die Proben sind folglich der **Einbauklasse Z0** zuzuordnen. Das damit korrespondierende Bodenmaterial kann uneingeschränkt wiederverwertet werden und eignet sich dementsprechend gemäß LAGA TR Boden, Teil II, Abs. 1.2.3.2 zur Verfüllung von Abgrabungen. Alternativ kann das Bodenmaterial im Abfallschlüssel aus Abschnitt V.1 auf einer geeigneten Deponie entsorgt werden.

## V.4 Zusammenfassung und Hinweise

### V.4.1 Zusammenfassung

Tabelle 10 zeigt eine Zusammenfassung sämtlicher chemischer Untersuchungen.

Tabelle 10: Zusammenfassung.

Labor-probe	Herkunft	Untersuchungspunkte (KRB)	Untersuchte Schichten	Einbauklasse nach LAGA TR Boden	Vorsorgewerte nach der BBodSchV	Abfallschlüssel nach der AVV
MP1	NBG „Seeterrassen“, 53909 Zülpich	1 – 14	Lehmböden + Sand-Schluff-Gemische	Z0	n. r.	17 05 04
MP2			Sande und Kiese	Z0	n. r.	17 05 04
MP3			Tone + Ton-Schluff-Sand-Gemische	Z0	n. r.	17 05 04
MPO1		1 – 11	Oberboden	n. r.	eingehalten	17 05 04
MPO2	12 – 14	Bauschutthaltiger Oberboden	überschritten		17 05 04	

n. r.: nicht relevant, da der Parameter in den untersuchten Parameterpaketen enthalten ist.

n. u.: nicht untersucht.

KRB: Kleinrammbohrung

In der Probe des Oberbodens MPO1 werden die Vorsorgewerte eingehalten und in der MPO2 überschritten. In keiner der Proben der gewachsenen Böden im Untergrund (MP1, MP2, MP3) wurden kritische Parameter festgestellt, sodass diese der Einbauklasse Z0 zuzuordnen sind und uneingeschränkt wiederverwertet werden können. Alle Böden fallen nach der AVV in den Abfallschlüssel 17 05 04.

#### V.4.2 Hinweis zur Abfallhierarchie

Gemäß der § 6 KrWG gilt für die Abfallhierarchie folgende Rangfolge:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetisch Verwertung und Verfüllung,
5. Beseitigung.

Vorrang haben dabei gemäß §§ 7 und 8 KrWG die Maßnahmen, die bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips den Schutz von Mensch und Umwelt am besten gewährleisten. Dabei ist der gesamte Lebenszyklus des Abfalls, insbesondere zu erwartende Emissionen, das Maß der Schonung von natürlichen Ressourcen, die notwendige oder gewinnbare Energie und die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen zu berücksichtigen. Zudem müssen die technische Machbarkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit sowie soziale Folgen berücksichtigt werden.

#### V.4.3 Allgemeine Hinweise

Wird beim Aushub augenscheinlich verunreinigtes oder anderes als das hier beschriebene Material angetroffen, so ist es vom übrigen zu trennen und fachgerecht zwischenzulagern. Weiterhin ist der Gutachter zur weiteren Beprobung bzw. Festlegung geeigneter Maßnahmen zu verständigen.

Wir weisen darauf hin, dass jegliche ausgebauten Baustoffe gemäß den entsprechenden Richtlinien der vorgesehenen Deponierungsstätte gegebenenfalls auf weitere Parameter untersucht werden müssen.

## VI Homogenbereiche, Kennwerte und Klassifikationen

### VI.1 Homogenbereiche

Auf Basis der Erkundungsergebnisse und gemäß den Anforderungen der DIN 18300:2019-09 an Baumaßnahmen der Geotechnischen Kategorie GK 1 wird nachfolgend beschriebene Einteilung in Homogenbereiche vorgeschlagen. Der ungebundene Oberbau fällt nicht in den Geltungsbereich der DIN 18300:2019-09 und wird somit keinem Homogenbereich zugeordnet. Eine endgültige Entscheidung über die Zuordnung der Böden zu Homogenbereichen muss mit dem Planer und dem Auftraggeber eng abgestimmt werden. Im Rahmen der Planung und Ausschreibung ist daher zu prüfen, ob ggf. eine Modifikation der Homogenbereichseinteilung sinnvoll ist.

Tabelle 11: Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09.

Schicht		Homogenbereich
1	Oberboden	O
2	Lösslehm und Löss	B.1
3 + 4	Terrassensande und -kiese + tertiärer Quarzsand	B.2
5	Tone, Schluffe und Ton-Schluff-Sand-Gemische	B.3

### VI.2 Kennwerte und Klassifikationen

Nach den Untersuchungsergebnissen und unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten sowie der DIN 1055-2, können den beschriebenen Schichten die in nachfolgender Tabelle 12 aufgeführten Bodenkennwerte zugeordnet werden.

Tabelle 12: Übersicht der Bodenkennwerte und Klassifikationen.

Kennwert	Schicht			
	1	2	3 + 4	5
Bezeichnung	Oberboden	Lösslehm und Löss	Terrassensande und -kiese + Tertiärer Quarzsand	Tertiäre Tone und Schluffe
Homogenbereich nach DIN 18300:2016	O	B.1	B.2	B.3
Bodengruppe nach DIN 18196:2011	[OU]	UL	SW, SI, SE, SU, SU*, GW, GU, GU*	TL, UL, ST*, SU*
Wichte [kN/m <sup>3</sup> ] über Wasser $\gamma$ unter Auftrieb $\gamma'$	16 – 18 6 – 8	19 – 20 9 – 10	20 – 23 10 – 14	19 – 21 9 – 11
Reibungswinkel $\varphi'$	22,5 – 27,5	27,5 – 32,5	30 – 40	27,5 – 32,5
Kohäsion [kN/m <sup>2</sup> ] dräniert $c'$ undräniert $c_u$	n. r.	5 – 15 10 – 30	0 – 10 0 – 20	5 – 15 10 – 30
Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	n. r.	3 – 12	20 – 120	5 – 40
Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]	$10^{-7} - 10^{-5}$	$10^{-8} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-6}$	$10^{-8} - 10^{-7}$
Steine und Blöcke [M.-%] <sup>1)</sup>	< 15	< 30	< 50	< 30

Kennwert	Schicht			
	1	2	3 + 4	5
Bezeichnung	Oberboden	Lösslehm und Löss	Terrassensande und -kiese + Tertiärer Quarzsand	Tertiäre Tone und Schluffe
Konsistenz	weich	weich – steif	steif – halbfest	vorwiegend halbfest, lokal steif, nahe der Endteufe lokal auch fest
Lagerungsdichte	—	—	mitteldicht – sehr dicht	—
Organischer Anteil [M.-%]	< 2	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Bodenklasse nach DIN 18300:2012	1	4 <sup>2)</sup>	3 – 4 <sup>2)</sup>	4 – 6 <sup>2)</sup>
Frostempfindlichkeitsklasse	n. r.	F 3	F 1 – F 3 <sup>3)</sup>	F 3
Verdichtbarkeitsklasse	n. r.	V3	V1 – V3	V3
Einbauklasse nach LAGA TR Boden	n. u. (n. r.)	Z0	Z0	Z0
Tragfähigkeit	n. r.	sehr gering	gering – sehr hoch	gering – mäßig
Wiedereinbaufähigkeit <sup>4)</sup>	nur zum Wiederandecken geeignet	sehr schlecht	mäßig – sehr gut	sehr schlecht

n. u.: nicht untersucht      n. r.: nicht relevant

<sup>1)</sup> Ein Vorkommen ist nicht auszuschließen, die genaue Bestimmung des Massenanteils ist aufgrund der beauftragten Erkundungsverfahren jedoch nicht möglich.

<sup>2)</sup> Bindige Böden mit fester Konsistenz gehören zur Bodenklasse 6, mit breiiger Konsistenz zur Bodenklasse 2.

<sup>3)</sup> F 3 nur in verlehnten Bereichen (Bodengruppen SU\*, GU\*)

<sup>4)</sup> Die Angabe bezieht sich nur auf bodenmechanische Eigenschaften und berücksichtigt nicht die umweltrelevanten Eigenschaften.

## **VII Empfehlungen zur Bauausführung**

### **VII.1 Wiederverwertung**

Unter Berücksichtigung der Ausführungen in Abschnitt V ist für den Wiedereinbau der im untersuchten Bereich anzutreffenden Böden ist folgendes festzuhalten:

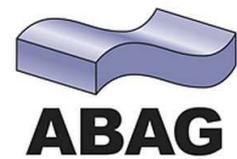
- Beim Aushub anfallende Lehm- und Tonböden sowie die verlehmtten Sande und Kiese sowie Gemische aus Ton und Sand/Kies können erfahrungsgemäß ohne zusätzliche bodenverbessernde Maßnahmen nicht wieder eingebaut werden. Sie sind je nach Wassergehalt nur unvollkommen bzw. nicht ausreichend zu verdichten. Die Konsistenz dieser Bodenart kann sich bei Erhöhung des Wassergehaltes um wenige Prozentpunkte über das Optimum nach Proctor (DIN 18127, im Nachweis DIN 18125) oft sprunghaft und nachhaltig ändern. Daher sollten diese Böden im Rahmen der Erschließung des Baugebietes nur zur Modellierung des Geländes genutzt werden. Alternativ können die Böden auch bei anderen Baumaßnahmen wiederverwertet werden oder bspw. als Verfüllmaterial für die Verfüllung von Abgrabungen eingesetzt werden. Falls keine Verwertung möglich ist, sind die Böden auf einer geeigneten Deponie zu entsorgen.
- Beim Aushub anfallende Sande und Kiese mit geringem Feinkornanteil können bspw. zur Verbesserung des Unterbaus bei der Herstellung der Verkehrsflächen oder auch zur Verbesserung von Kanalsohlen genutzt werden. Von einer Verwendung im Oberbau ist jedoch abzusehen. Falls diese Böden im Rahmen der Baumaßnahme nicht genutzt werden, gelten hinsichtlich Wiederverwertung und Entsorgung die Hinweise des vorstehenden Absatzes.
- Der Oberboden aus den Bereichen der KRB1 bis KRB11 kann im Rahmen der Baumaßnahme bzw. anderweitig zur Herstellung durchwurzelbarer Schichten verwendet werden.
- Im Oberboden aus dem Bereich der KRB12 bis KRB14 wurden Bauschuttbeimengungen festgestellt; zudem werden die Vorsorgewerte der BBodSchV nicht eingehalten. Aufgrund dessen kann der Oberboden aus diesem Bereich nicht zur Herstellung durchwurzelbarer Bodenschichten verwendet werden.

### **VII.2 Baugruben und Gräben**

Baugruben und Gräben sind grundsätzlich entsprechend den Vorgaben der DIN 4124 auszuführen, bei Kanal- und Leitungsgräben ist zudem die DIN EN 1610 zu befolgen. Bei Tiefen von mehr als 1,25 m sind die Baugruben und Gräben zu verbauen. Baugruben und Gräben bis höchstens 1,25 m Tiefe dürfen ohne Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden, wenn die anschließende Geländeoberfläche

- a) bei nichtbindigen und weichen bindigen Böden nicht stärker als 1 : 10,
- b) bei mindestens steifen bindigen Böden nicht stärker als 1 : 2 geneigt ist.

In mindestens steifen bindigen Böden sowie bei Fels dürfen Baugruben und Gräben bis zu einer Tiefe von 1,75 m ausgehoben werden, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich der Wand unter dem Winkel  $\beta \leq 45^\circ$  geböschet wird und die Geländeoberfläche nicht steiler als



1 : 10 ansteigt. Andere Begrenzungen der Wand sind ebenfalls zulässig, wenn dadurch zusätzlich Boden entfernt wird.

Bei Baugruben und Gräben mit einer Tiefe über 1,25 m bzw. 1,75 m richtet sich der Böschungswinkel unabhängig von der Lösbarkeit des Bodens nach dessen bodenmechanischen Eigenschaften. Dabei sind die äußeren Einflüsse, die auf die Böschung wirken, zu berücksichtigen sowie die Zeit, während der die Baugrube bzw. der Graben offen zu halten ist.

Ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit dürfen folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

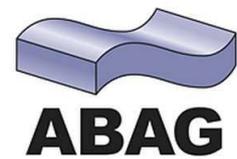
- a)  $\beta = 45^\circ$  bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden,
- b)  $\beta = 60^\circ$  bei mindestens steifen bindigen Böden.

Diese Angaben gelten nicht, wenn ungünstige Einflüsse die Standsicherheit gefährden, z. B.:

- a) Störungen des Bodengefüges wie Klüfte oder Verwerfungen,
- b) zur Einschnittsohle hin einfallende Schichtung oder Schieferung,
- c) nicht oder nur wenig verdichtete Verfüllungen oder Aufschüttungen,
- d) erhebliche Anteile an Seeton, Beckenschluff, organischen Bestandteilen und ähnlichen festigkeitsmindernden Bodenarten im Fall eines weichen bindigen Bodens,
- e) Grundwasserabsenkung durch offene Wasserhaltung,
- f) Zufluss von Schichtenwasser,
- g) nicht entwässerte Fließsandböden,
- h) der Verlust der Kapillarkohäsion eines nichtbindigen Bodens durch Austrocknen,
- i) fehlender lastfreier Schutzstreifen bei Baugruben und Gräben mit mehr als 0,80 m Tiefe,
- j) starke Erschütterungen aus Verkehr, Rammarbeiten, Verdichtungsarbeiten oder Sprengungen.

### VII.3 Wasserhaltung

In keiner der Erkundungsbohrungen wurde Wasser angetroffen. Es ist jedoch ganzjährig mit zeitweiligem, witterungsbedingtem Schichtwasser oder Staunässe auf den bindigen und daher gering durchlässigen Schichten im Untergrund zu rechnen. Grundsätzlich ist während der Bauzeit anfallendes Tag- und Schichtenwasser unverzüglich über einen offenen Pumpensumpf zu fassen und aus dem Baufeld in eine geeignete Vorflut abzuleiten. Der Pumpensumpf muss während des Grabenaushubs immer voreilend tiefer gelegt werden. Oberflächenwasser, etwa Niederschlagswasser, ist durch an die Vor-Ort-Gegebenheiten angepasste Maßnahmen von der Baugrube fernzuhalten.



## VII.4 Verbau

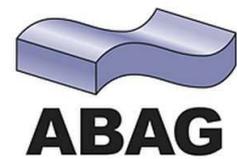
Die Kanalsohle ist auf einer Tiefe zwischen 1,85 m und 2,87 m geplant. Bei Aushubtiefen bis ca. 3,0 m dürften unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten Verbauplatten als Sicherungselemente ausreichend sein. Bei größeren Aushubtiefen bzw. erhöhtem Andrang von Schichtwasser bzw. nicht standsicheren Böden in den Aushubwandungen, ist ein Kammerdielenverbau vorzusehen.

Bezüglich der beim Verbau zu beachtenden Anforderungen und Eigenschaften der Bodenarten sind die vorhergehenden Abschnitte, die DIN 4124 und die DIN EN 1610, Abschnitt 6.1 bis 6.3 zu beachten. In weichen Böden muss der Verbau mindestens 30 cm tief im Boden unterhalb der Grabensohle einbinden. Örtliche Lagen aus sehr dicht gelagerten Terrassensanden und -kiesen oder tertiären Sanden können in diesem Teufenbereich nicht gänzlich ausgeschlossen werden, weshalb ausreichend biegesteife Profile zu verwenden sind. Je nach Verbauart sind zusätzliche Maßnahmen wie Vorbohren und/oder Vorschlitzen einzuplanen.

## VII.5 Grabensohle

Die Kanalsohle kommt vorwiegend in bindigen Böden (quartärer Löss, tertiäre Schluff-Ton-Sand-Gemische) zu liegen. Als Orientierungshilfe für die Beurteilung der Tragfähigkeit können die Rammdiagramme aus Anlage 2 herangezogen werden. Wenn im Bereich unmittelbar unterhalb der Kanalsohle Schlagzahlen  $N_{10} \geq 7$  (in bindigen Böden deutlich steife Konsistenz bzw. mitteldichte Lagerungsdichte bei rolligen Böden) gemessen wurden, kann für den Kanal zunächst von einer ausreichenden Tragfähigkeit ausgegangen werden. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass sich die bodenmechanischen Eigenschaften von bindigen Böden (Lehmböden, Tone, verlehnte Sande/Kiese) während der Bauausführung bspw. aufgrund von Durchfeuchtung oder dynamische Belastungen nachteilig ändern können und nicht mehr denen zum Untersuchungszeitpunkt entsprechen.

Dort wo die Kanalsohle oder zugehörige Bauwerke in bindigen Böden zu liegen kommen, empfehlen wir unterhalb der Kanalsohle und insbesondere unterhalb von Bauwerken einen Bodenaustausch von ca. 20 cm vorzusehen. Als Austauschmaterial können Mineral-Baustoffgemische oder Lava der Bodenarten GW oder GI und der Korngruppen 0/45 mm oder 0/56 mm verwendet werden. Sehr aufgeweichte Bereiche müssen zusätzlich ausgetauscht oder durch Eindrücken von Grobschlag (kantiges Material 60/120 mm o. ä.) stabilisiert werden. Bei nasser Witterung während der Erdarbeiten ist an der Basis der Tragschicht ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 nach M Geok E 16 vorzusehen.



Die endgültige Dimensionierung eines Bodenaustausches und gegebenenfalls zusätzlich erforderliche Maßnahmen zur Stabilisierung der Grabensohle können erst nach Aushub der Böden im Zuge der Bauausführung festgelegt werden. Die Grabensohle sollte daher gutachterlich abgenommen werden.

In Bereichen, in denen die Kanalsole in Sanden und/oder Kiesen mit einem geringen Anteil an Feinkorn zu liegen kommt, kann vom Bodenaustausch abgesehen werden. In diesen Bereichen ist die Grabensohle mit einem geeigneten Gerät zu verdichten.

## VII.6 Schachtbauwerke

Zur Vereinheitlichung der Auflagerungsbedingungen und zur Vermeidung von Setzungsdifferenzen sind die Schachtbauwerke auf einer 20 cm starke Polsterschicht zu gründen. Unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von 45° ist der Bodenaustausch unter den Schachtbauwerken mit einem seitlichen Überstand zur Schachtaußenkante von mindestens dem einfachen Wert der Austauschschicht (d. h. 20 cm) herzustellen. Weiche und insbesondere breiige Böden müssen ausgetauscht oder durch Eindringen von Grobschlag (kantiges Material 60/120 mm o. ä.) stabilisiert werden. Bei nasser Witterung während der Erdarbeiten ist an der Basis der Tragschicht ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 nach M Geok E 16 vorzusehen.

Für die Gründung der Schachtbauwerke kann unter Berücksichtigung der in Abschnitt VI dargelegten Bodenkennwerte ein Sohlwiderstand gemäß DIN 1054 von

$$\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2$$

zugelassen werden, wobei bei voller Ausnutzung dieses Wertes Setzungen unter 1,5 cm zu erwarten sind.

## VII.7 Grabenverfüllung

Die bautechnischen Anforderungen an die Grabenverfüllung ergeben sich aus den ZTV E-StB 17, Abschnitte 9 und 14 sowie den ZTV A-StB 12 Abschnitte 1.5, 1.6 und 4.

Als Grabenverfüllung bis zur Unterkante der Frostschutzschicht können Kies-Sand-Gemische oder Lava der Bodenarten GW oder GI eingesetzt werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass diese Böden nicht vernässt sein dürfen, sondern in erdfeuchtem Zustand (im Bereich des optimalen Wassergehaltes nach Proctor gemäß DIN 18127) eingebaut werden können.

Arbeiten im Bereich von bindigen Böden sind der Witterung anzupassen, da sie wasserempfindlich reagieren und bei Durchnässung sehr schnell ihre Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit verlieren. Generell sind bei allen Erdarbeiten die Anforderungen und Hinweise der ZTV E-StB 17 zu beachten.



Tabelle 13 und Tabelle 14 zeigen die Verdichtbarkeitsklassen und Anhaltswerte für die Verdichtungsmöglichkeiten der jeweiligen Klasse.

Tabelle 13: Anhaltswerte für Verdichtungsmöglichkeiten nach Anhang 1 der ZTV A-StB.

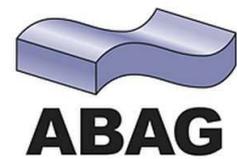
Verdichtbarkeitsklasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe nach DIN 18196
V1	nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, GU, GT, SW, SI, SE, SU, ST
V2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V3	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM

Tabelle 14: Anhaltswerte für Verdichtungsmöglichkeiten gemäß ZTV A-StB Tabelle 2.

Verdichtbarkeitsklassen			V1			V2			V3		
Geräteart	Dienstgewicht	[kg]	Bodenklassen								
			Nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden GW, GI, GE, GU, GT, SW, SI, SE, SU, ST			Bindige, gemischtkörnige Böden GU*, GT*, SU*, ST*			Bindige, feinkörnige Böden UL, UM, TL, TM		
			Eig-nung	Schütthö-he [cm]	Zahl d. Überg.	Eig-nung	Schütthö-he [cm]	Zahl d. Überg.	Eig-nung	Schütthö-he [cm]	Zahl d. Überg.
<b>1. Leichte Verdichtungsgeräte (vorwiegend für Leitungszone)</b>											
Vibrationsstampfer	leicht	bis 25	+	bis 15	2 – 4	+	bis 15	2 – 4	+	bis 10	2 – 4
	mittel	25 – 60	+	20 – 40	2 – 4	+	15 – 30	3 – 4	+	10 – 30	2 – 4
Explosionsstampframme	leicht	bis 100	O	20 – 30	3 – 4	+	15 – 25	3 – 5	+	20 – 30	3 – 5
Flächenrüttler	leicht	bis 100	+	bis 20	3 – 5	O	bis 15	4 – 6	-	-	-
	mittel	100 – 300	+	20 – 30	3 – 5	O	15 – 25	4 – 6	-	-	-
Vibrationswalzen	leicht	bis 600	+	20 – 30	4 – 6	O	15 – 25	5 – 6	-	-	-
<b>2. Mittlere und schwere Verdichtungsgeräte (oberhalb der Leitungszone)</b>											
Vibrationsstampfer	mittel	25 – 60	+	20 – 40	2 – 4	+	15 – 30	2 – 4	+	10 – 30	2 – 4
	schwer	60 – 200	+	40 – 50	2 – 4	+	20 – 40	2 – 4	+	20 – 30	2 – 4
Explosionsstampframme	mittel	100 – 500	O	20 – 40	3 – 4	+	25 – 35	3 – 4	+	20 – 30	3 – 5
	schwer	> 500	O	30 – 50	3 – 4	+	30 – 50	3 – 4	+	30 – 40	3 – 5
Flächenrüttler	schwer	300 – 750	+	30 – 50	3 – 5	O	20 – 40	3 – 5	-	-	-
Vibrationswalzen	mittel	600 – 8000	+	20 – 50	4 – 6	+	20 – 40	5 – 6	-	-	-

+ = empfohlen O = meist geeignet

Die vorstehenden Angaben stellen durchschnittliche Leistungswerte dar. Bei ungünstigen Bedingungen (z.B. relativ hoher Wassergehalt, Grabenverbau) kann eine Herabsetzung der angegebenen Schütthöhen erforderlich werden, während bei besonders günstigen Bedingungen eine Überschreitung möglich ist. Genaue Werte lassen sich nur über eine Probenverdichtung feststellen.



## VII.8 Sonstige Hinweise

Generell können bei Ramm-, Bohr- und Verdichtungs- und ähnlichen Arbeiten Vibrationen und Schwingungen auftreten, die unter ungünstigen Bedingungen auch die umliegende Bebauung beeinflussen bzw. beschädigen können und von Anwohnern als störend empfunden werden. Diesbezüglich ist die DIN 4150-3 zu beachten und die dort angegebenen Grenzwerte für Erschütterungsemissionen (u. a. abhängig von Umfeld und Dauer der Baumaßnahme und den verwendeten Geräten) sind vom Unternehmer einzuhalten und bei der Wahl des Bauverfahrens sowie der zum Einsatz vorgesehenen Geräte zu berücksichtigen.

Bei Erfordernis ist bereits im Vorfeld der Maßnahme ein Beweissicherungsverfahren für evtl. gefährdete Bauten zu veranlassen. Baubegleitend sind gegebenenfalls Erschütterungsmessungen vorzusehen.

## VIII Verkehrsflächen

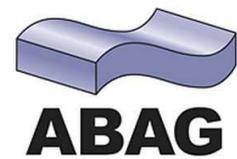
### VIII.1 Straßenbau

#### VIII.1.1 Planum

Der Bauabschnitt liegt im Bereich der Frosteinwirkungszone I gemäß RStO 12. Unter der Annahme der **Belastungsklasse Bk3,2** und eines Untergrundes, der mehrheitlich aus F 3-Material besteht, ergibt sich folgende Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus:

1. Untergrund: F 3 gemäß ZTV E-StB 17:	= 60 cm
2. Frosteinwirkung: Zone I gemäß RStO 12	± 0 cm
3. Kleinräumige Klimaunterschiede: keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm
4. Wasserverhältnisse im Untergrund: Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum	± 0 cm
5. Lage der Gradienten: Geländehöhe	± 0 cm
6. Randbereiche: Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche, über Rinnen, bzw. Abläufe und Rohrleitungen	- 5 cm
<hr/>	
erforderliche Dicke des frostsicheren Aufbaus	= 55 cm

Die hier getroffenen Annahmen und gegebenenfalls weitere zu berücksichtigende Mehr- oder Minderticken sind durch den Fachplaner zu prüfen.



Gemäß ZTV E-StB 17 soll auf dem Planum ein Verformungsmodul  $E_{v2}$  von mindestens 45 MPa erreicht werden, damit auf der Oberkante der Frostschutzschicht ein Verformungsmodul  $E_{v2}$  von mindestens 120 MPa erzielt werden kann. Diese Anforderungen ergeben sich aus der RStO 12.<sup>1</sup>

Das Planum bindet nahezu im gesamten Erschließungsgebiet in den oberflächennahen Lehmböden (quartärer Lösslehm) ein. Aufgrund der vorwiegend geringen Konsolidierung und weicher Konsistenz ist damit zu rechnen, dass das geforderte Verformungsmodul von 45 MPa auf dieser Schicht nicht erreicht wird, insbesondere wenn das Planum witterungsbedingt aufweicht und befahren wird.

Für diese Bereiche sind Bodenverbesserungen vorzusehen. Eine Bodenverbesserung kann erreicht werden, wenn nicht tragfähige Böden durch ca. 0,2 m bis 0,4 m Kies-Sand-Gemische oder Baustoffgemische der Bodenarten GW oder GI ersetzt werden. Dabei sollten sehr aufgeweichte oder breiige Bereiche durch Einwalzen von Grobschlag (kantiges Material 60/120 mm o. ä.) stabilisiert werden. Zur Festlegung des tatsächlich erforderlichen Bodenaustausches sollten Versuchsfelder hergestellt werden, damit die während der Bauzeit herrschenden Witterungsverhältnisse sowie die vorgesehenen Baustoffe und Verdichtungsgeräte berücksichtigt werden können.

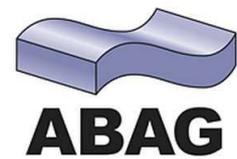
Alternativ hierzu ist eine Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe möglich. Generell ist für die Bodenverbesserung ein Weißfeinkalk geeignet. Da jedoch insbesondere während der Bauphase in dem Bebauungsgebiet mit hohen dynamischen Lasten zu rechnen ist, wird zur Gewährleistung der Langzeitstabilität eine Verbesserung des Planums mit einem Mischbinder (Kalk-Zement-Gemisch) vorgeschlagen. Anhand von Erfahrungswerten ist eine Bindemittelzugabe von rund 6 M.-% einzuplanen. Im vorliegenden Fall entspricht dies einer Ausstreumenge von rund 34 kg/m<sup>2</sup> bei einer Frästiefe von 0,3 m und rund 45 kg/m<sup>2</sup> bei einer Frästiefe von 0,4 m.

Für die Ausführung der Bodenstabilisierung ist wie folgt vorzugehen:

1. Bodenabtrag bis auf OK Planum (Vermessung).
2. Entfernen von nichtmineralischen Fremdbestandteilen.
3. Ausstreuen des Bindemittels mit geeignetem Streugerät:  
Ist der Boden zu trocken — dies schon nach kurzen Trockenperioden häufig der Fall sein — so muss der Boden vorgewässert und entsprechend mit einer Fräse homogenisiert werden.
4. Bei starken Niederschlägen muss auf das Verteilen von Bindemitteln verzichtet werden, um ein Ausschwemmen des Bindemittels zu vermeiden. Wird durch Niederschläge der für die ausreichende Verdichtung festgelegte Wassergehalt des Bodens überschritten, müssen die Arbeiten solange unterbrochen werden, bis der Boden ausreichend abgetrocknet ist oder der Wassergehalt ist durch Einbringen von Kalk zu reduzieren. Hierbei sollte zur Angabe

---

<sup>1</sup> 1 MPa entspricht 1 MN/m<sup>2</sup>.



der Bindemittelmenge der Gutachter zugezogen werden. Bei starkem Wind ist das Verteilen des Bindemittels einzustellen.

5. Einfräsen des Bindemittels unmittelbar nach dem Ausstreuen:  
Gegebenenfalls ist während des Fräsvorgangs so viel Wasser zuzugeben, dass der für die Verdichtung erforderliche Wassergehalt des Boden-Bindemittel-Gemisches erreicht wird. Es ist solange, u. U. mehrmalig, zu fräsen, bis das Boden-Bindemittel-Gemisch eine gleichmäßige Färbung zeigt.
6. Gegebenenfalls Abziehen und Einebnen der Fläche mit einem Grader o. ä.
7. Verdichtung mit Walzen (13 – 17 t).
8. Nachweis der erreichten Verdichtung gemäß ZTV E-StB 17.

Es wird darauf hingewiesen, dass die vorgeschlagene Vorgehensweise auf Erfahrungswerten beruht. Generell ist vor Baubeginn eine Eignungsprüfung nach TP BF-StB, Teil B 11.5 mit dem zur Verfestigung vorgesehenen Boden durchzuführen. Die Durchführung der Eignungsprüfung erfordert im Allgemeinen einen Zeitraum von mindestens zwei Wochen. Baubegleitend müssen die erforderlichen Bindemittelmengen anhand von Wassergehaltsbestimmungen festgelegt und die Ausstreumengen kontrolliert werden. Für die Verfestigung sind generell die geltenden Regelwerke, insbesondere das Merkblatt für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln M Bodenverfestigungen 04, zu beachten.

#### VIII.1.2 Oberbau

Für die Bauweise der Straße und die Anforderungen an den frostsicheren Oberbau wird auf RStO 12, ZTV E-StB 17 und ZTV SoB-StB 20 verwiesen. Im Falle des Einbaues von Tragschichten ohne Bindemittel im Oberbau (wie z. B. Frostschutzschichten oder Schotter- bzw. Kiestragschichten) ist insbesondere Abschnitt 2 der ZTV SoB-StB 20 zu beachten. Anlage 7 zeigt die Bauweisen mit bituminöser Decke oder Pflaster für Fahrbahnen verschiedener Belastungsklassen. Sie beinhaltet die Anforderungen an die Dicke des einzubauenden Asphaltoberbaues sowie des nicht bindemittelgebundenen Oberbaues (Frostschutzschicht oder Schotter- bzw. Kiestragschicht). Auch die bodenmechanischen Anforderungen an den nicht bindemittelgebundenen Oberbau (Verformungsmodul  $E_{v2}$  in MN/m<sup>2</sup>) sind dort aufgeführt.

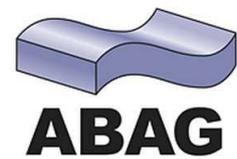
## VIII.2 Gehwegbau

### VIII.2.1 Planum

Gemäß Abschnitt 5.2 der RStO 12 beträgt die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von Rad- und Gehwegen für Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F 2 und F 3 30 cm. Aufgrund der geringen Tragfähigkeit der Lehm- und Tonböden ist davon auszugehen, dass der geforderte Verformungsmodul  $E_{V2}$  von  $\geq 45$  MPa nicht erreicht werden kann, wenn das Planum in diesen Schichten zu liegen kommt. Es ist folglich davon auszugehen, dass Bodenverbesserungen durchgeführt werden müssen. Für das Vorgehen bei der Bodenverbesserung kann der Abschnitt VIII.1.1 herangezogen werden.

### VIII.2.2 Oberbau

Für die Bauweise der Gehwege und die Anforderungen an den frostsicheren Oberbau wird ebenfalls auf RStO 12, ZTV E-StB 17 und ZTV SoB-StB 20 verwiesen. Im Falle des Einbaues von Tragschichten ohne Bindemittel im Oberbau (wie z. B. Frostschutzschichten oder Schotter- bzw. Kiestragschichten) ist insbesondere Abschnitt 2 der ZTV SoB-StB 20 zu beachten. Mögliche Bauweisen nach Abschnitt 5 der RStO 12 sind in Anlage 7 dargestellt. Sie beinhaltet die Anforderungen an die einzubauenden Schichten und zeigt die bodenmechanischen Anforderungen an den nicht bindemittelgebundenen Oberbau (Verformungsmodul  $E_{V2}$  in MN/m<sup>2</sup>).



## IX Abschließende Bemerkung

Im Rahmen der Untersuchungen wurde der Untergrund mit direkten und indirekten Methoden (Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen) erkundet. Hiervon ausgehend wurde der Schichtenverlauf extrapoliert. Kleinräumige Abweichungen von den dargestellten Untergrundverhältnissen können nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Im Zuge der Ausführungsplanung ist gegebenenfalls eine Abstimmung zwischen dem Planer und dem Unterzeichner und eine Optimierung der angegebenen Gründungshinweise erforderlich. Auf die entsprechende Vorgehensweise des Normenpakets Eurocode EC 7 wird hingewiesen.

Das zugrunde gelegte Baugrundmodell basiert auf stichprobenartigen Untersuchungen und ist daher im Zuge der Erdarbeiten zu verifizieren. Somit gelten sämtliche Angaben vorbehaltlich einer förmlichen Überprüfung der Planien und Sohlflächen durch die ABAG GmbH. Wir bitten um rechtzeitige Mitteilung zur Abstimmung der notwendigen Abnahmetermine.

Sollten sich Änderungen in der Ausführungsplanung ergeben, die eine neue Beurteilung der Baugrundverhältnisse erfordern, so ist der Unterzeichnende zu informieren. Falls während der Bauausführung Baugrundverhältnisse angetroffen werden, die dem vorliegenden Gutachten widersprechen oder hierin nicht berücksichtigt wurden, ist der Unterzeichnende hinzuzuziehen.

Für baubegleitende Dienstleistungen wie (bspw. Verdichtungskontrollen mittels Rammsondierung oder Plattendruckversuchen, chemische Untersuchungen von Bodenaushub oder Bausubstanz sowie die Abnahme der Gründungssohle u. v. m.) stehen wir gerne zur Verfügung.

Der vorliegende Bericht ist dem Entwurfsverfasser, den davon betroffenen Fachplanern, der Bauleitung, dem ausführenden Unternehmen und gegebenenfalls auch der Projektsteuerung vollständig, d. h. mit allen Anlagen, zur Verfügung zu stellen. Eine auszugsweise Vervielfältigung ist ohne die schriftliche Zustimmung der ABAG GmbH nicht zulässig.

### ABAG GmbH

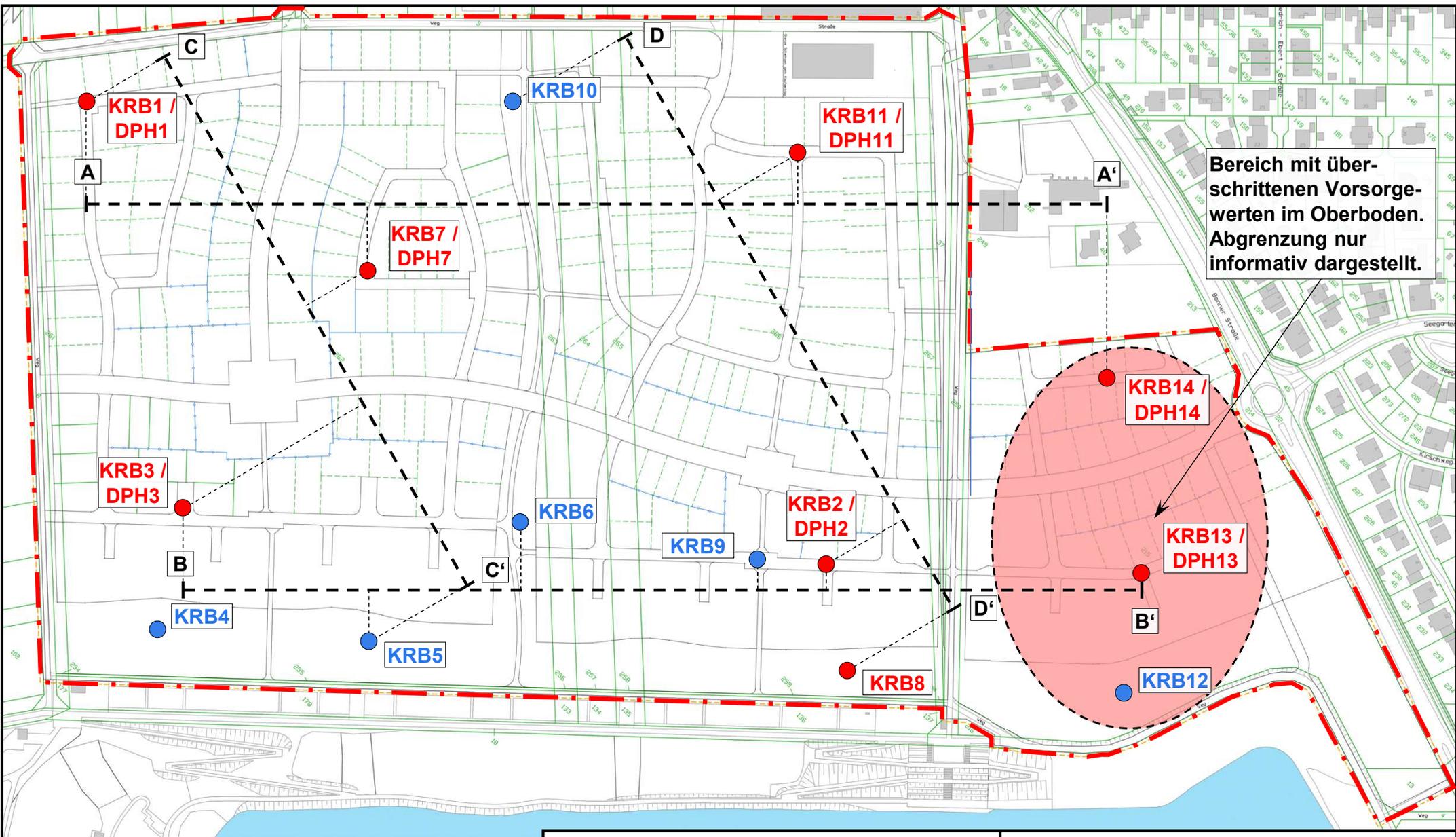
Bettenfeld

Geschäftsführer:

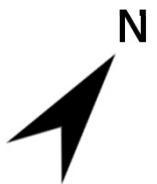
Sachbearbeitung:

Dipl.-Geol. M. Volker  
Beratender Geowissenschaftler BDG

*gez. Kossi*  
E. Kossi  
M.Sc. Georesourcenmanagement

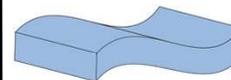


Bereich mit überschrittenen Vorsorgewerten im Oberboden. Abgrenzung nur informativ dargestellt.



### Durchführung von Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen

Lage der Aufschlusspunkte  
 Mit Rammsondierung ●  
 Mit Versickerungsversuch ●

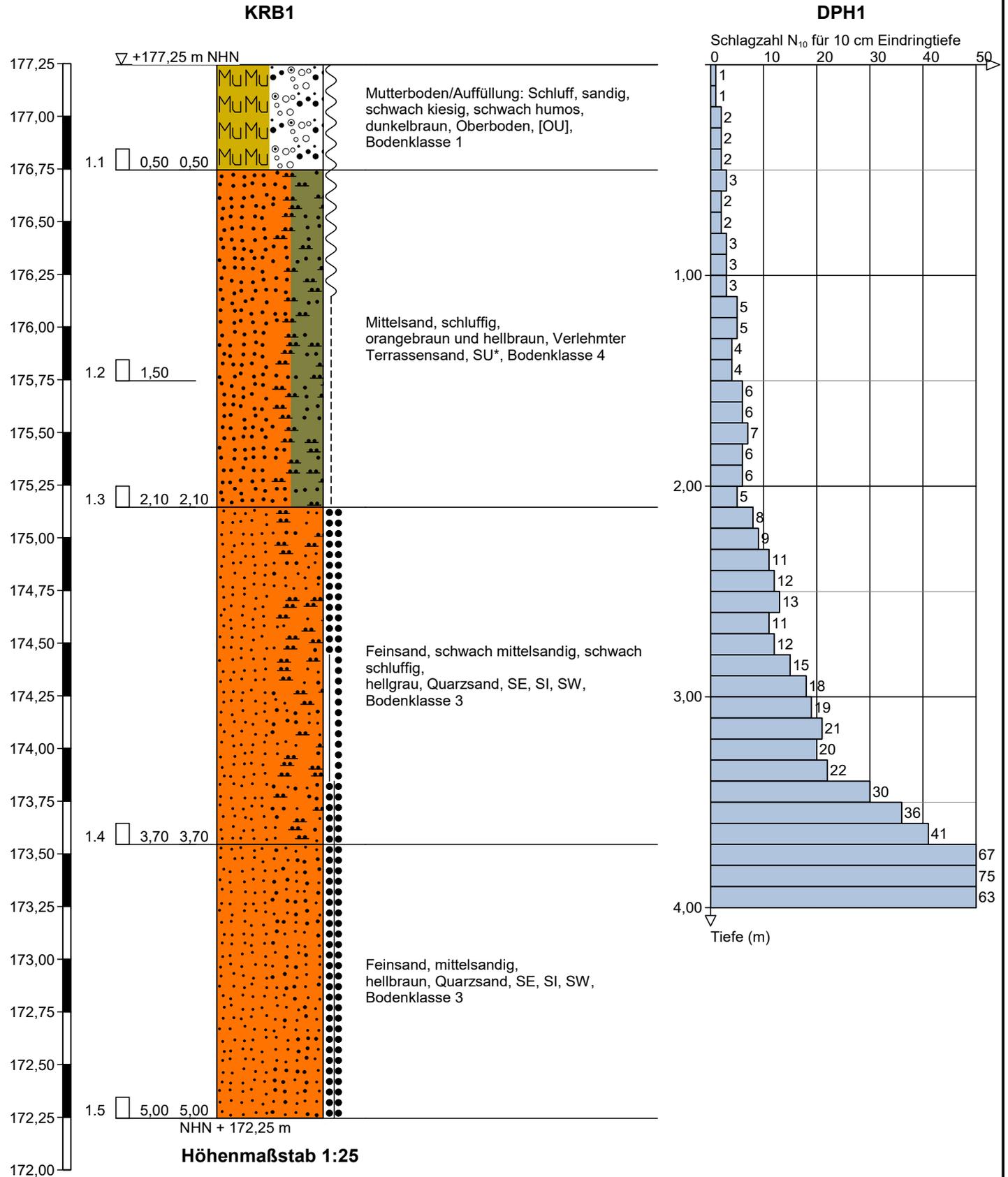


### ABAG GmbH

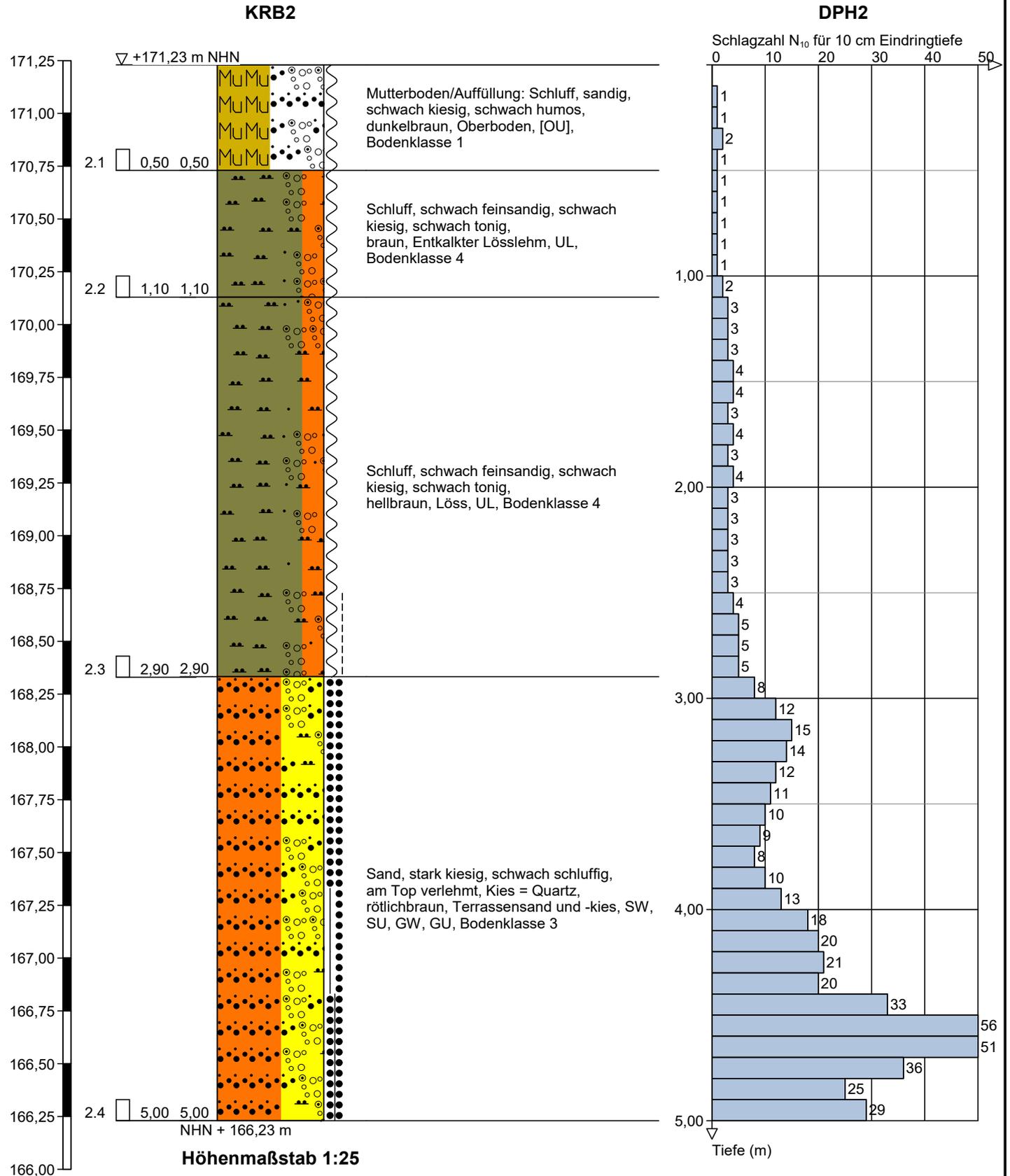
Rotenbüschstr. 22 • 54533 Bettenfeld  
 Fon 06572-9325830 • Fax 06572-9325832

M1: unbem. Bericht Nr.: 21.049600.08  
 Gez.: E. Kossi, M.Sc. Anlage Nr.: 1  
 Bearb.: Kreutz/Hoffmann Datum: 02.+03.11.2021

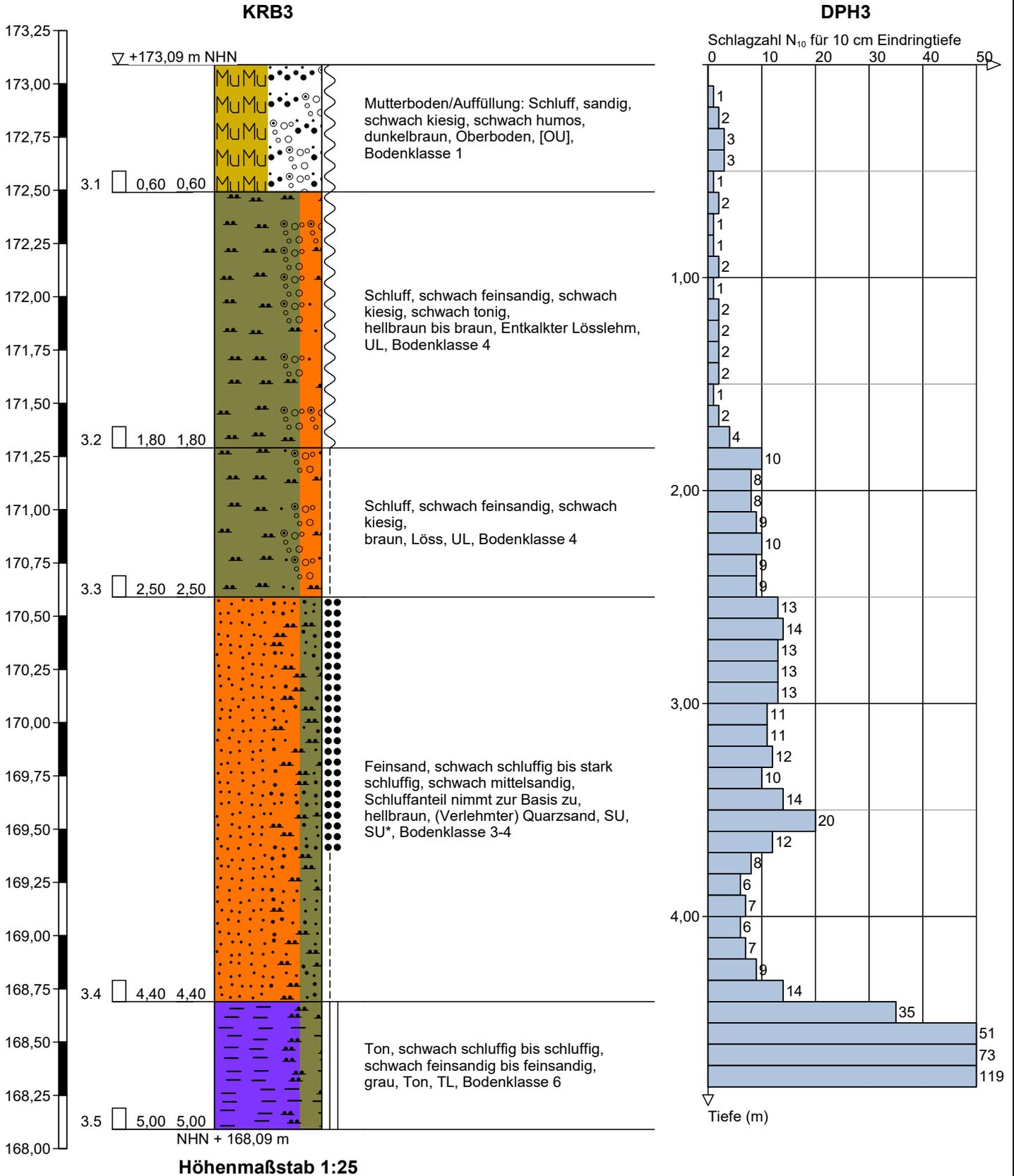
## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023



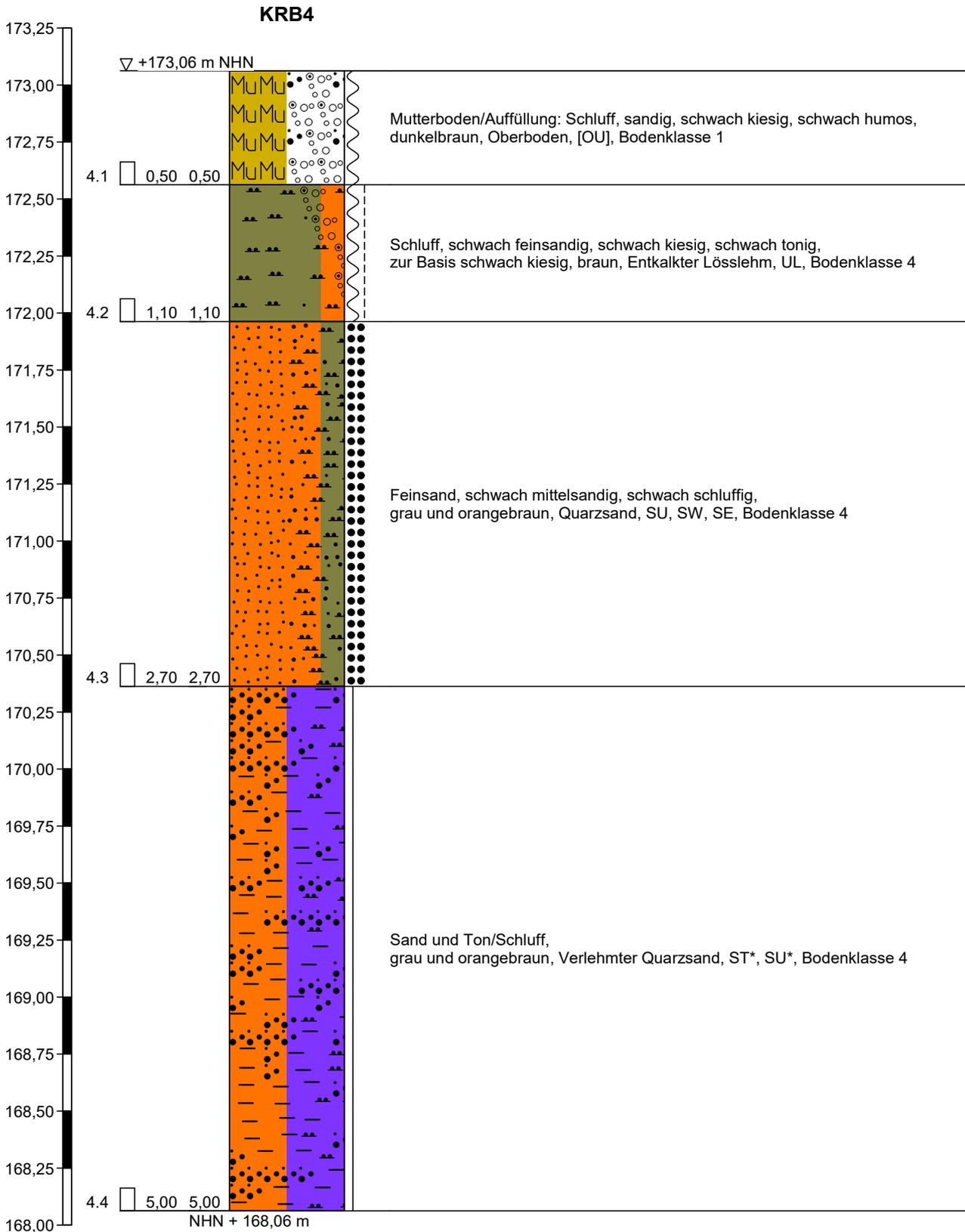
## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023



## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

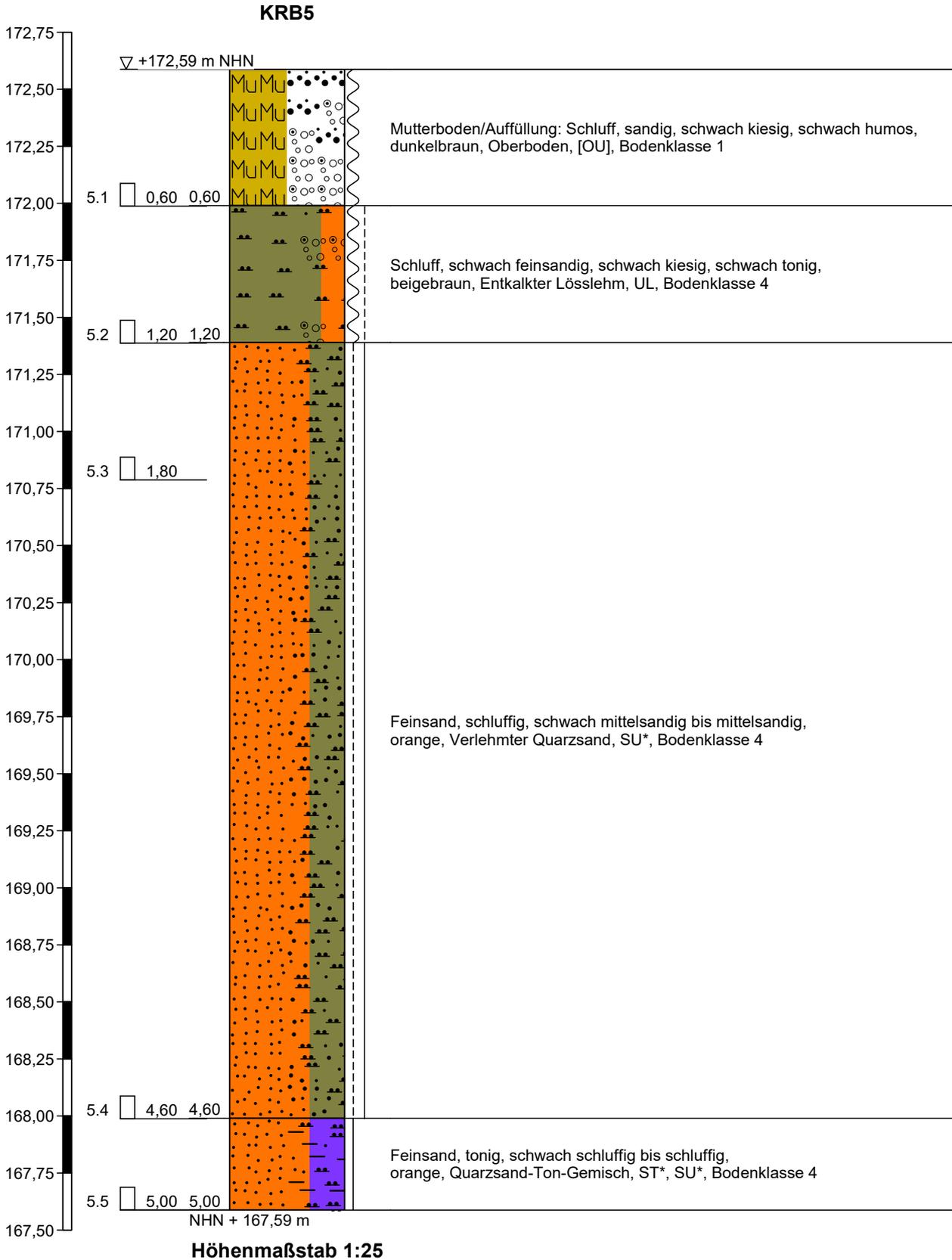


## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

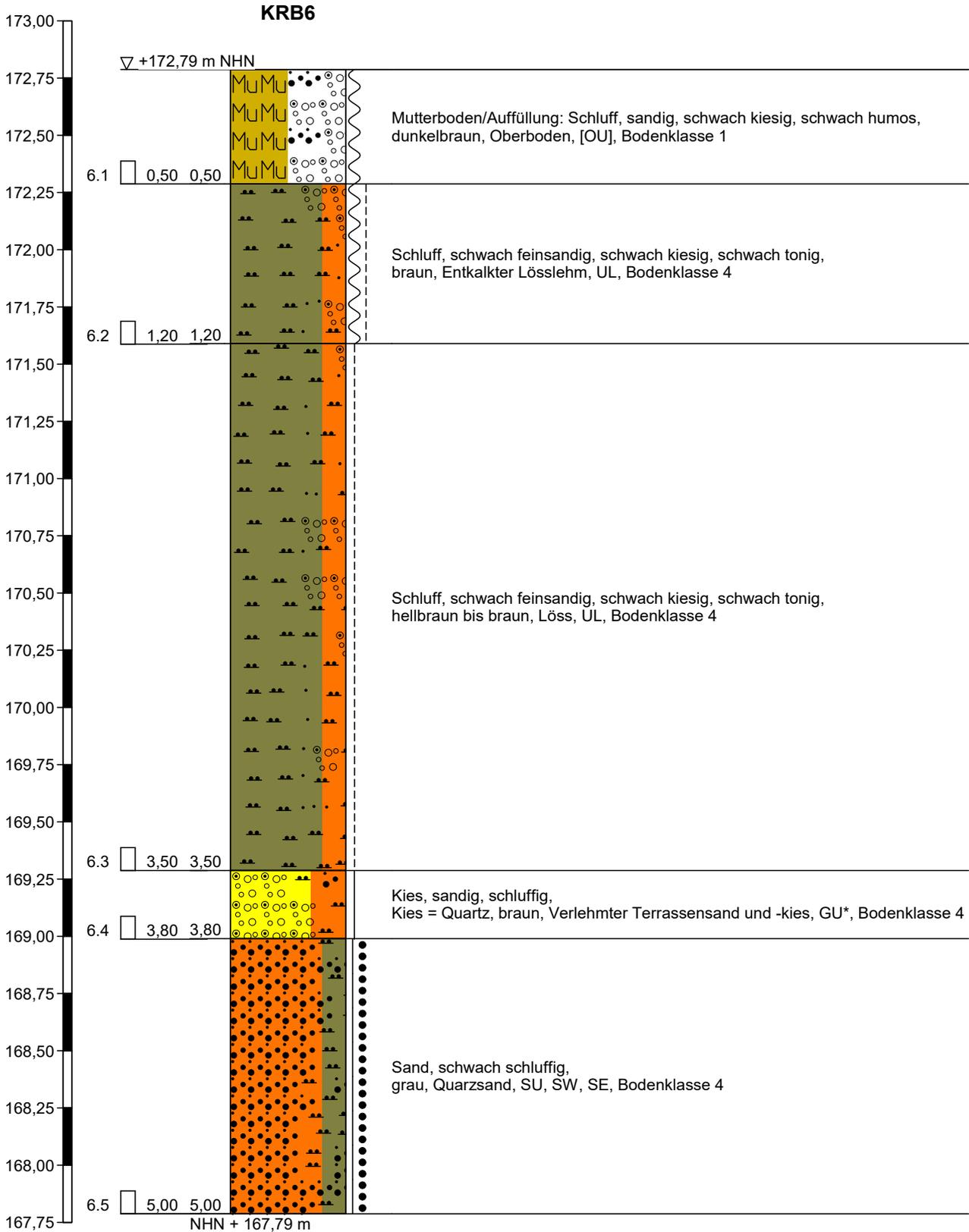


Höhenmaßstab 1:25

## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

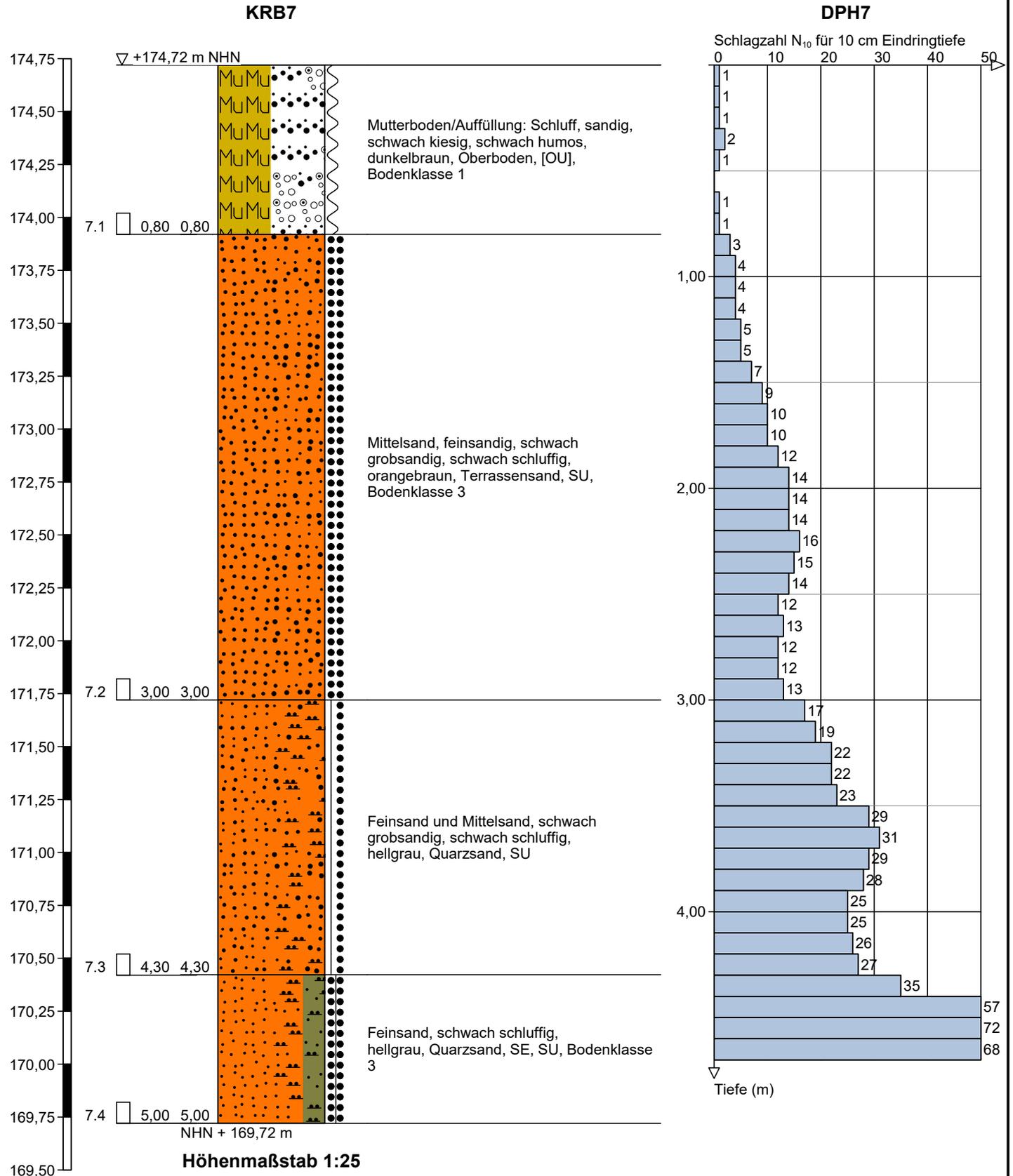


## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023



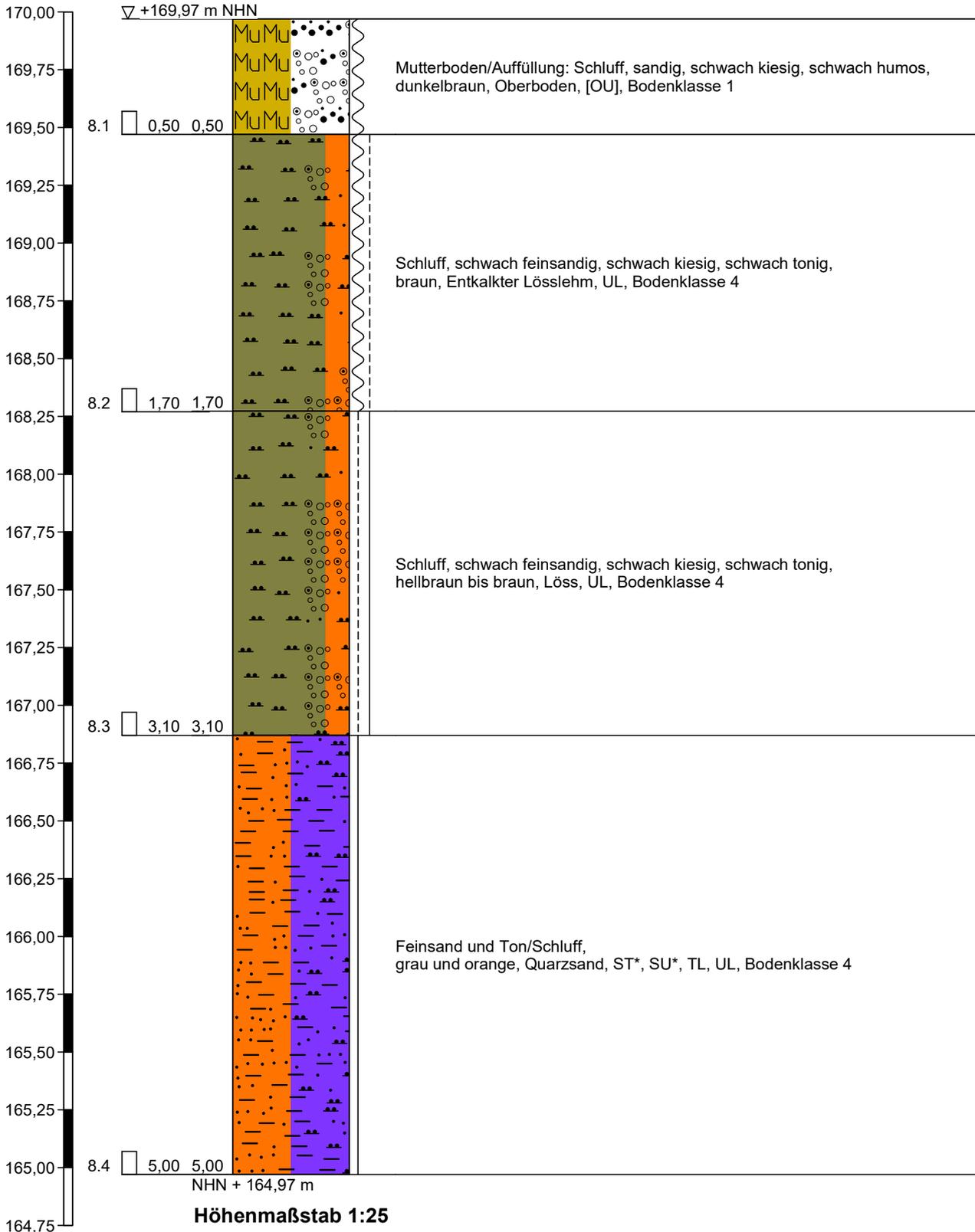
Höhenmaßstab 1:25

## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

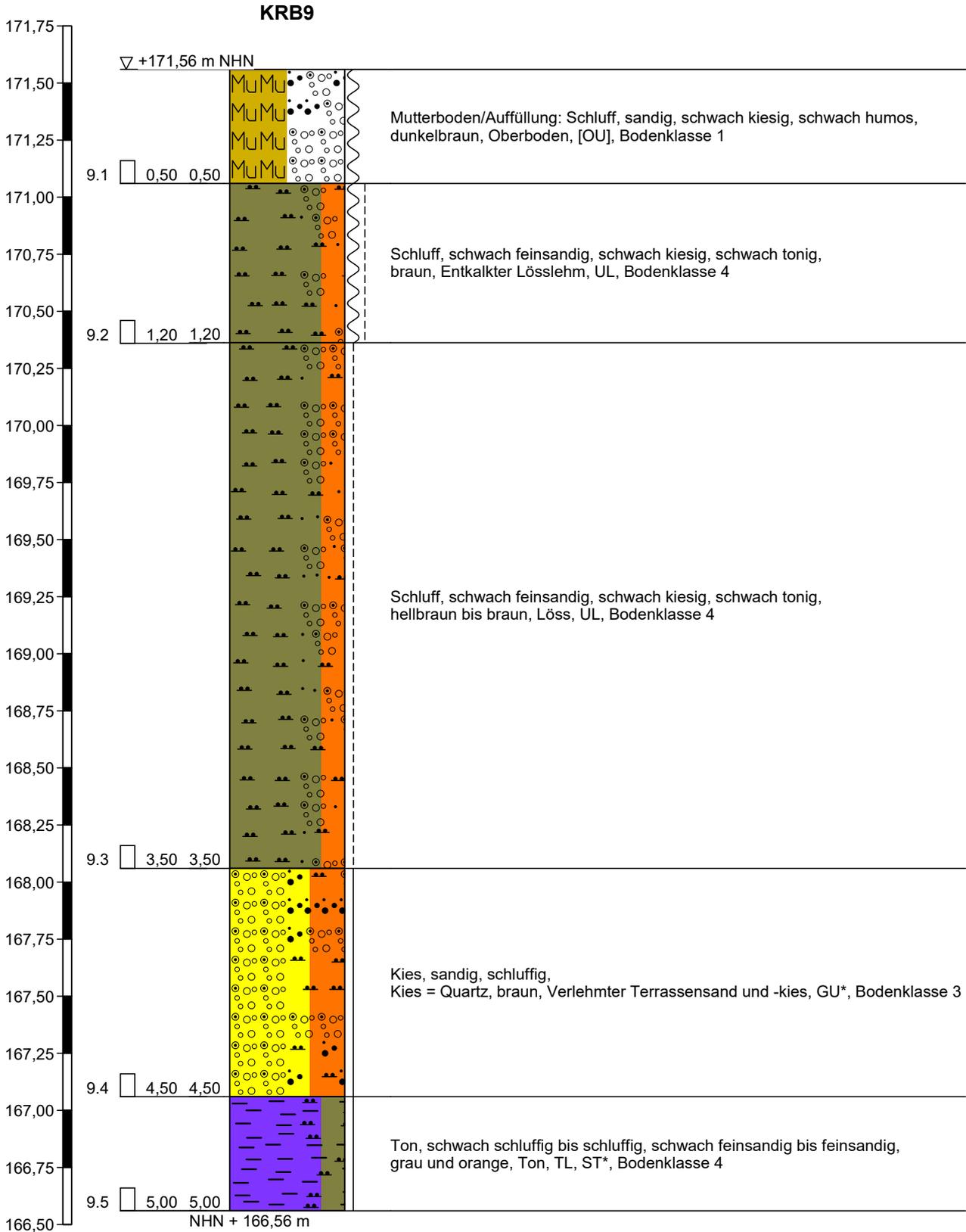


## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

### KRB8



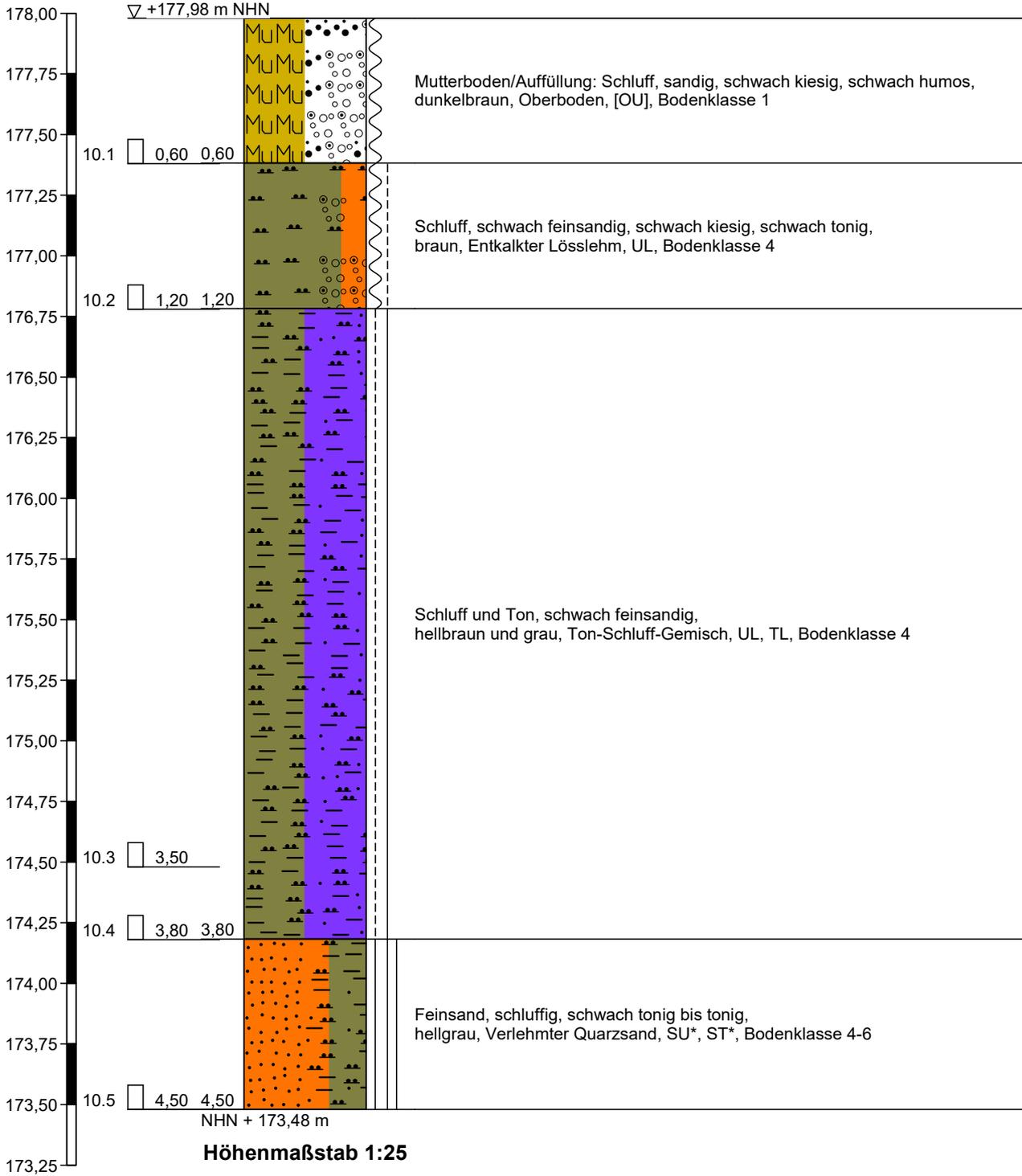
## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023



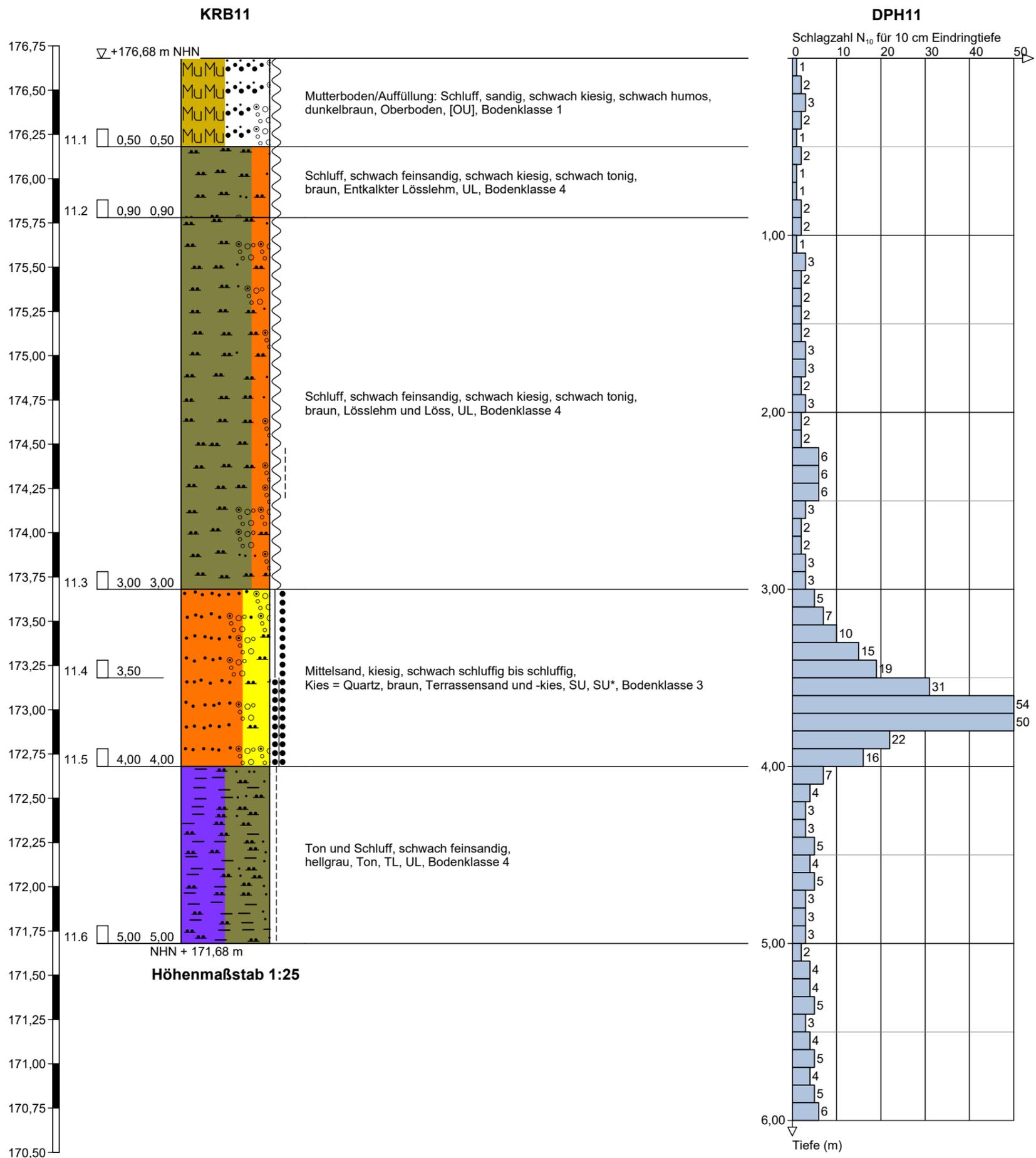
Höhenmaßstab 1:25

## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

### KRB10

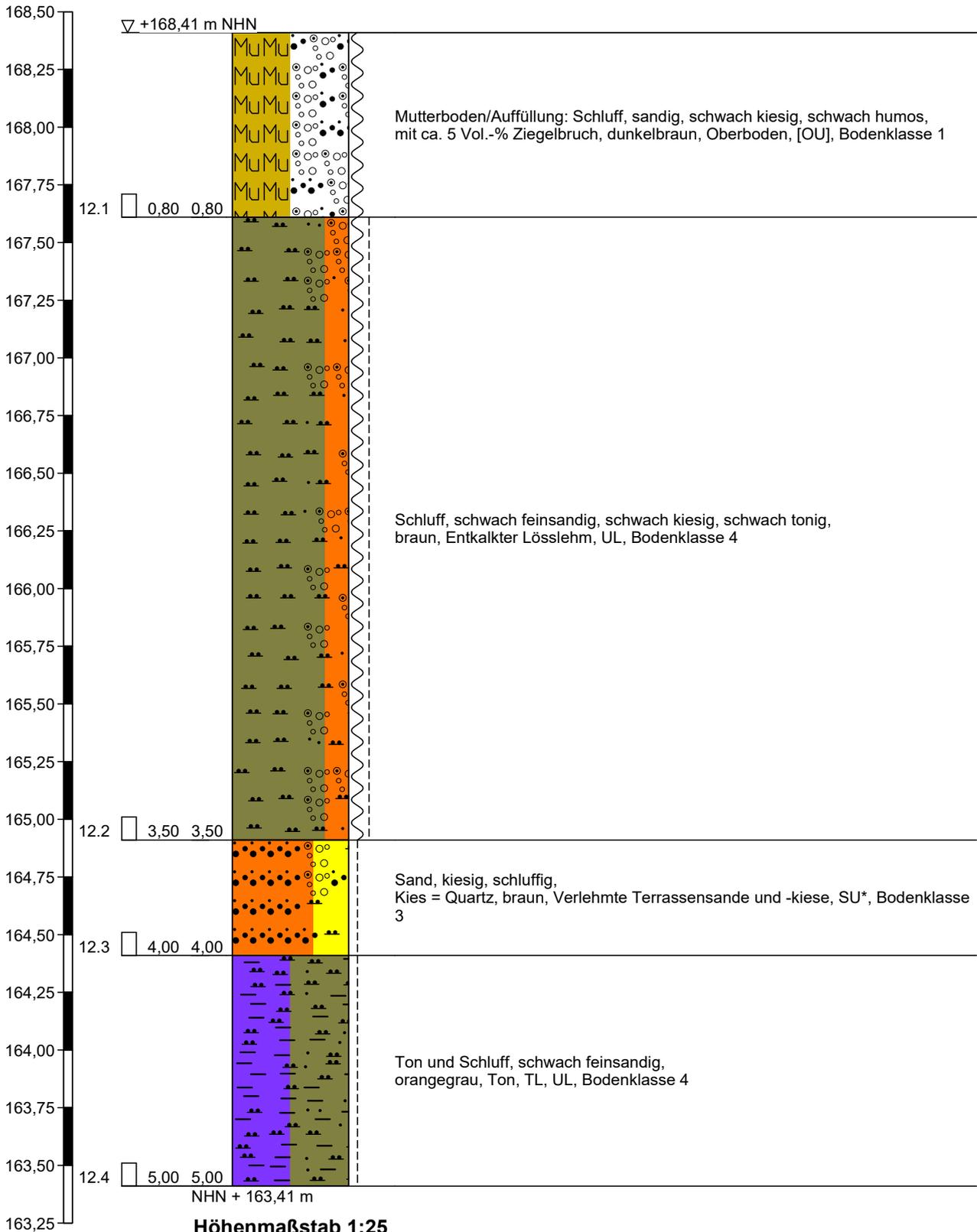


## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

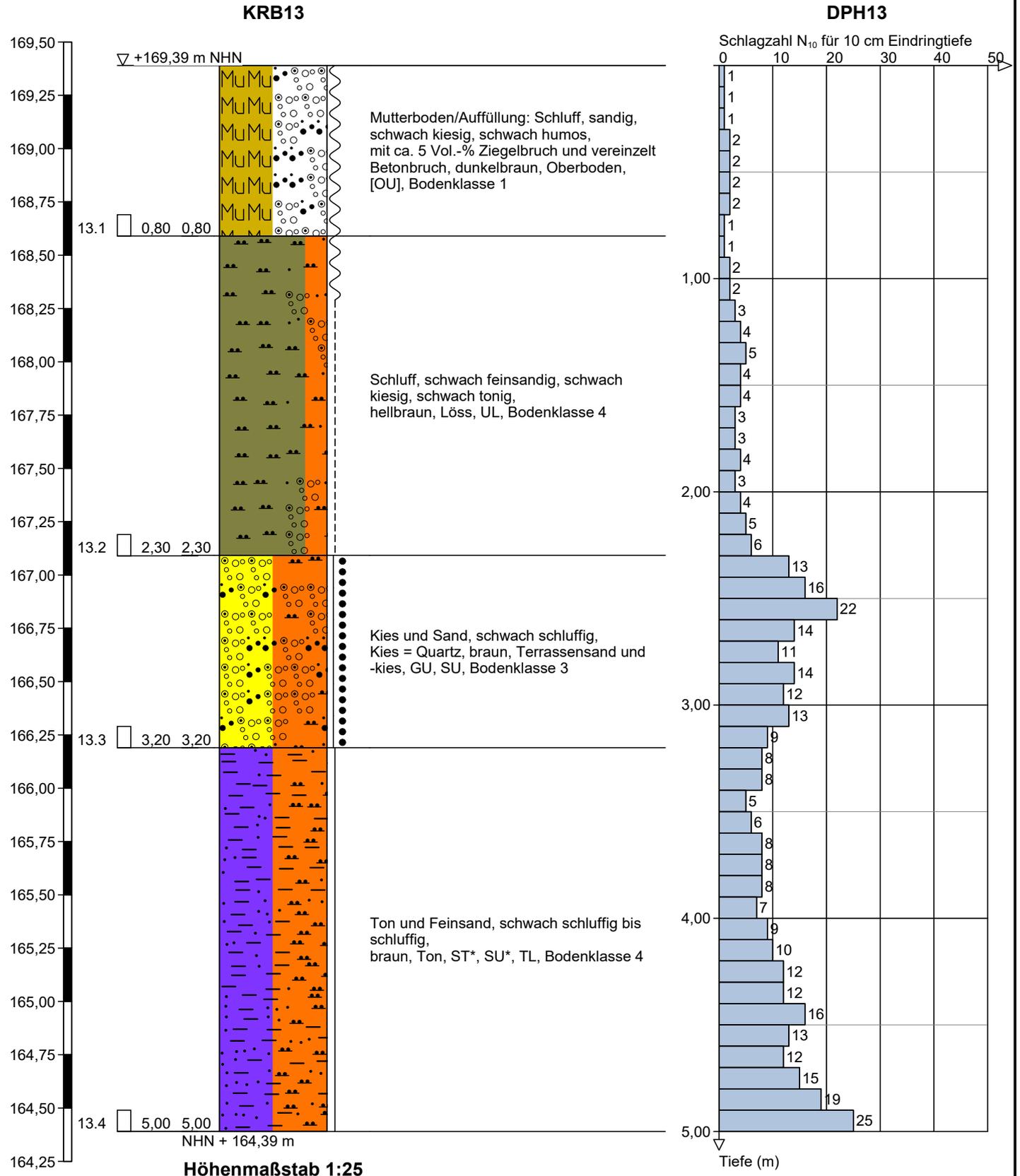


## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

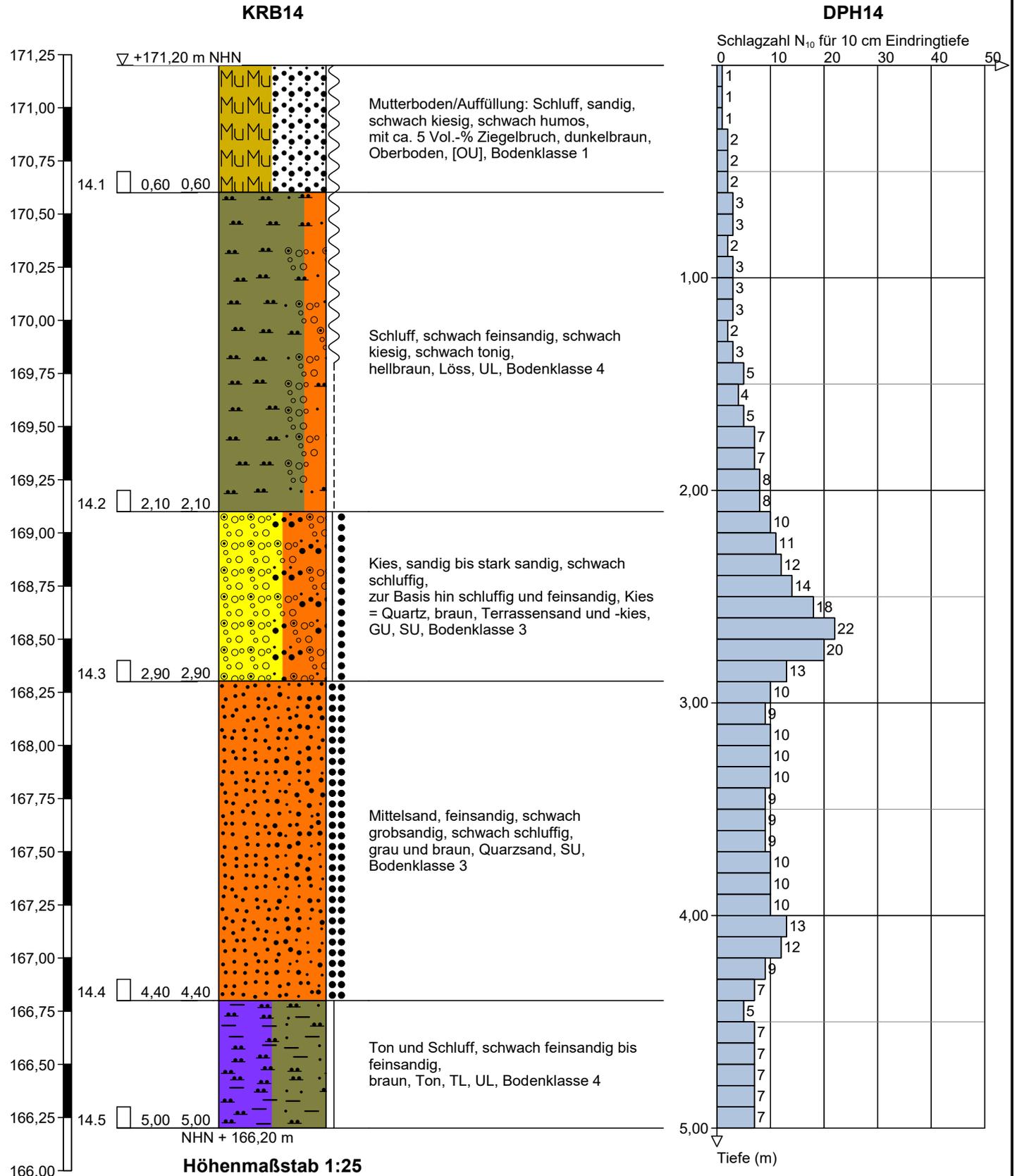
### KRB12



## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

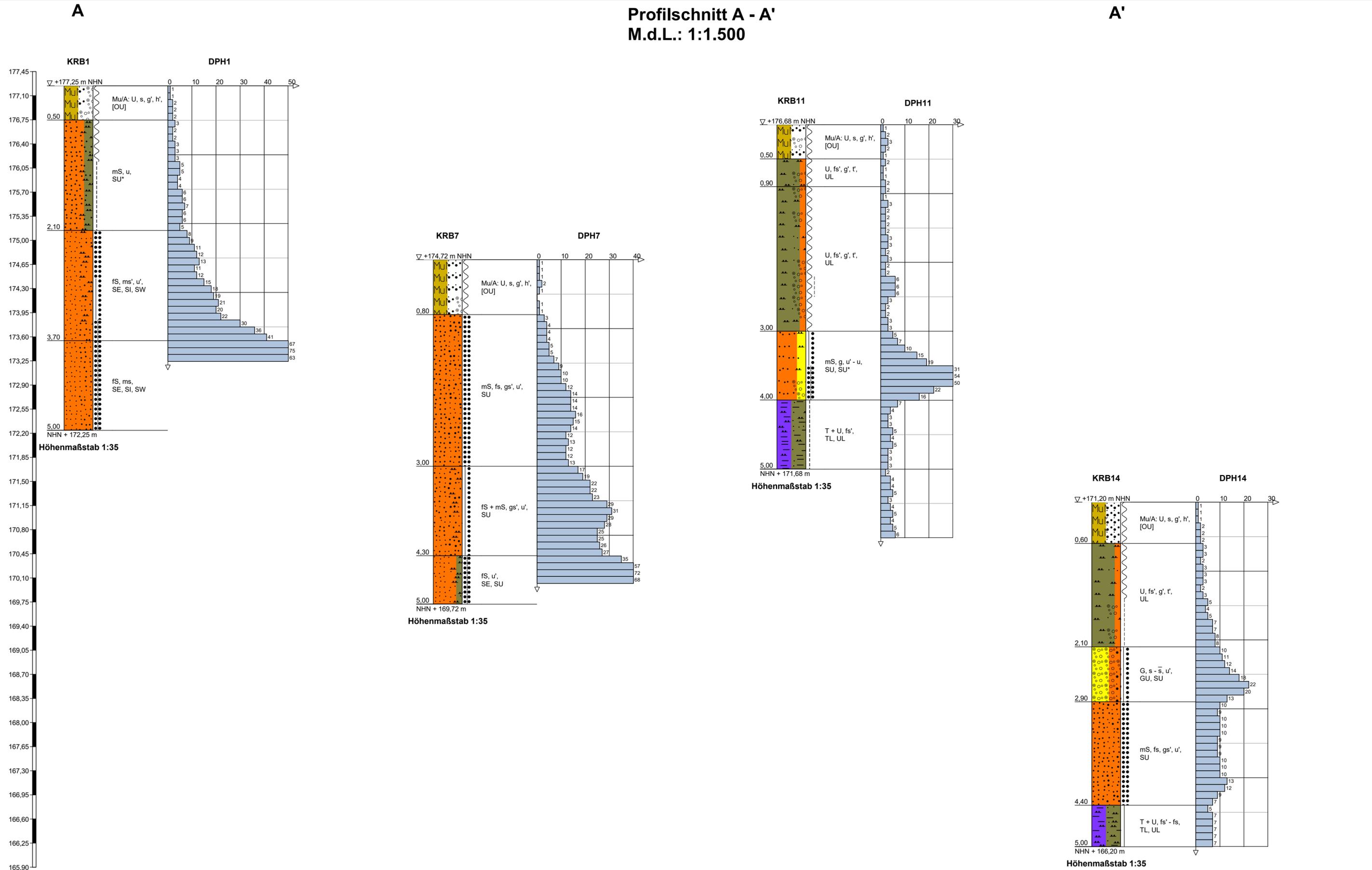


## Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023



Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

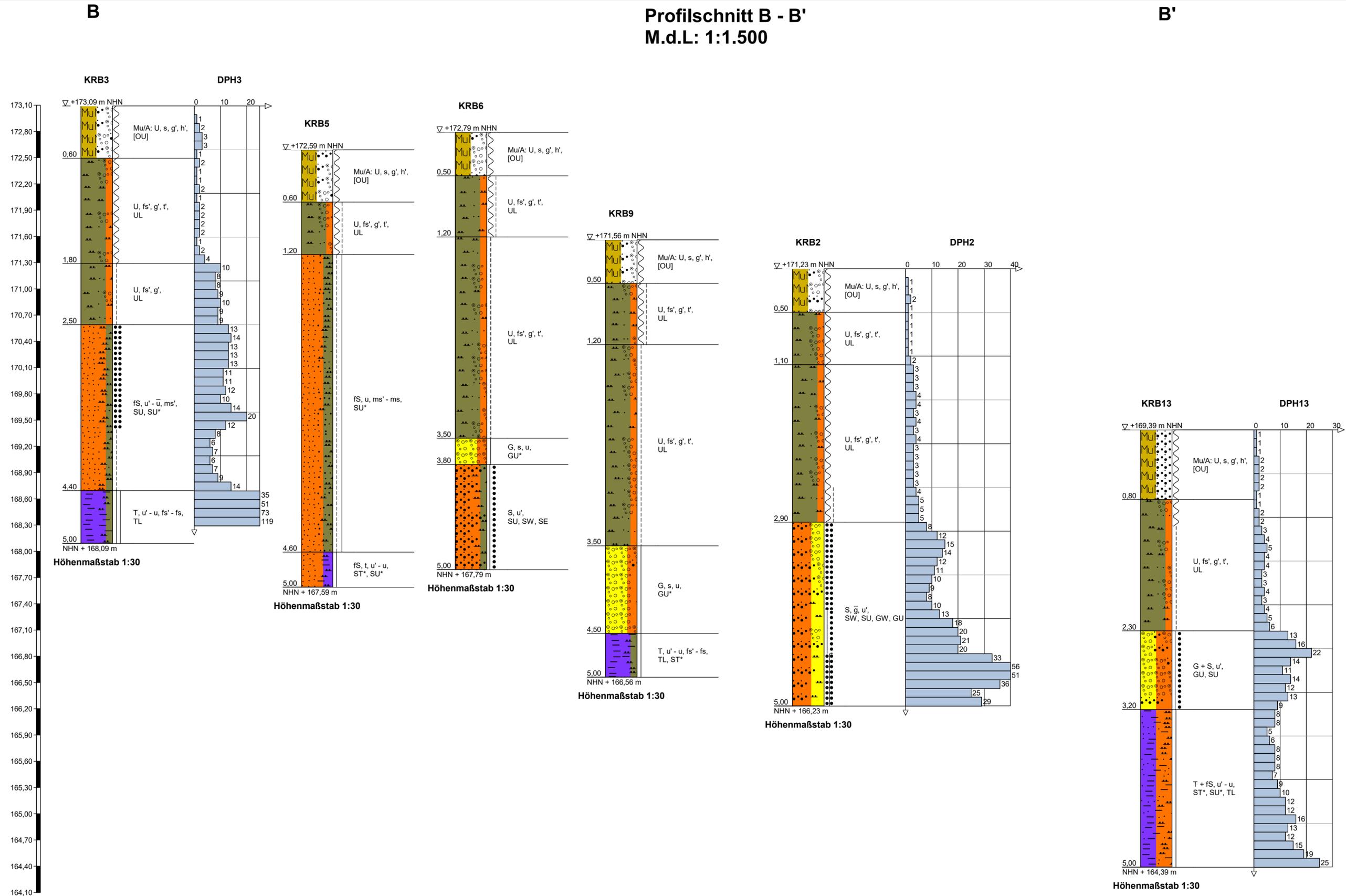
**Profilschnitt A - A'**  
 M.d.L.: 1:1.500



Höhenmaßstab 1:35

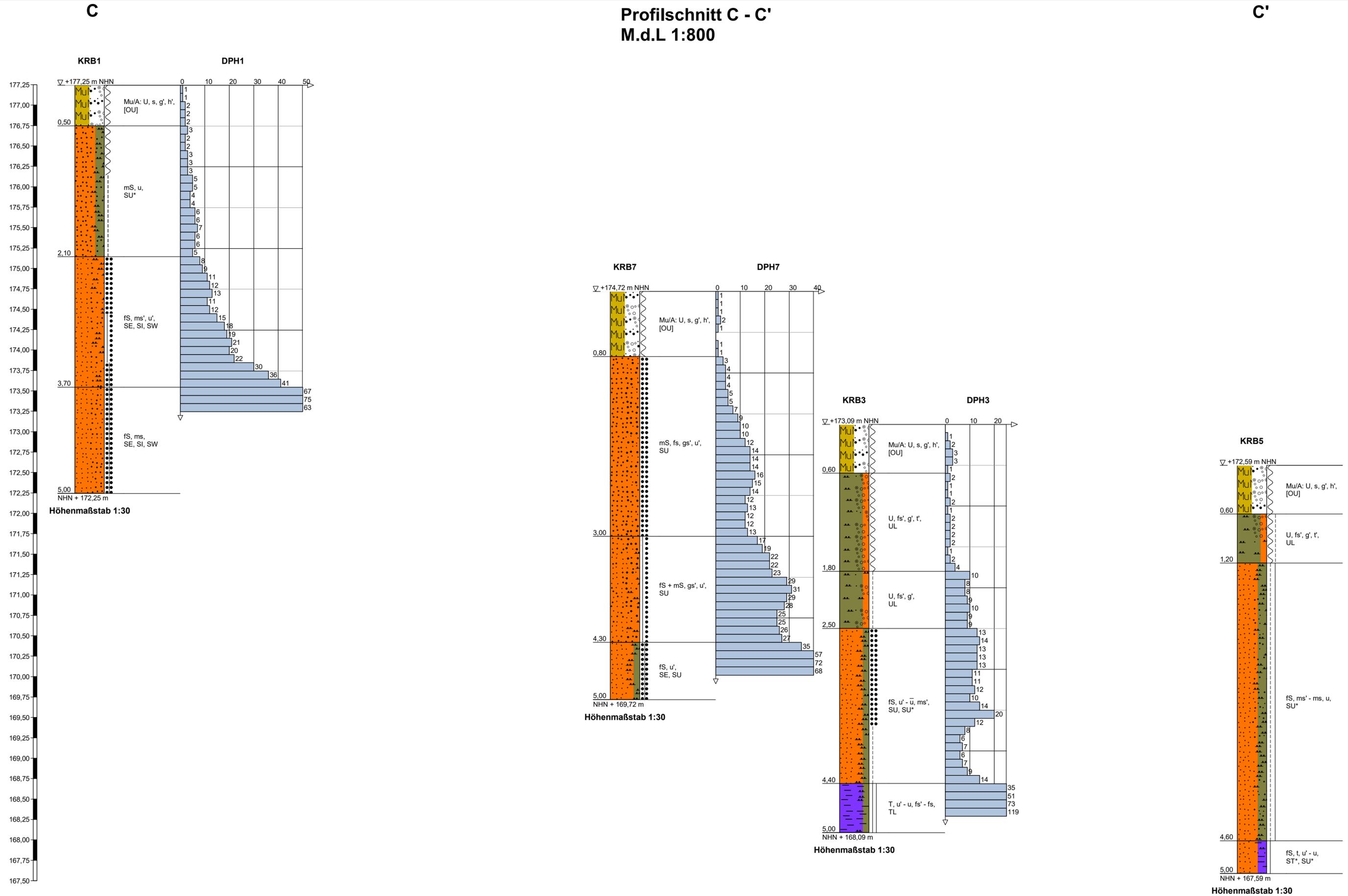
Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

**Profilschnitt B - B'**  
**M.d.L: 1:1.500**



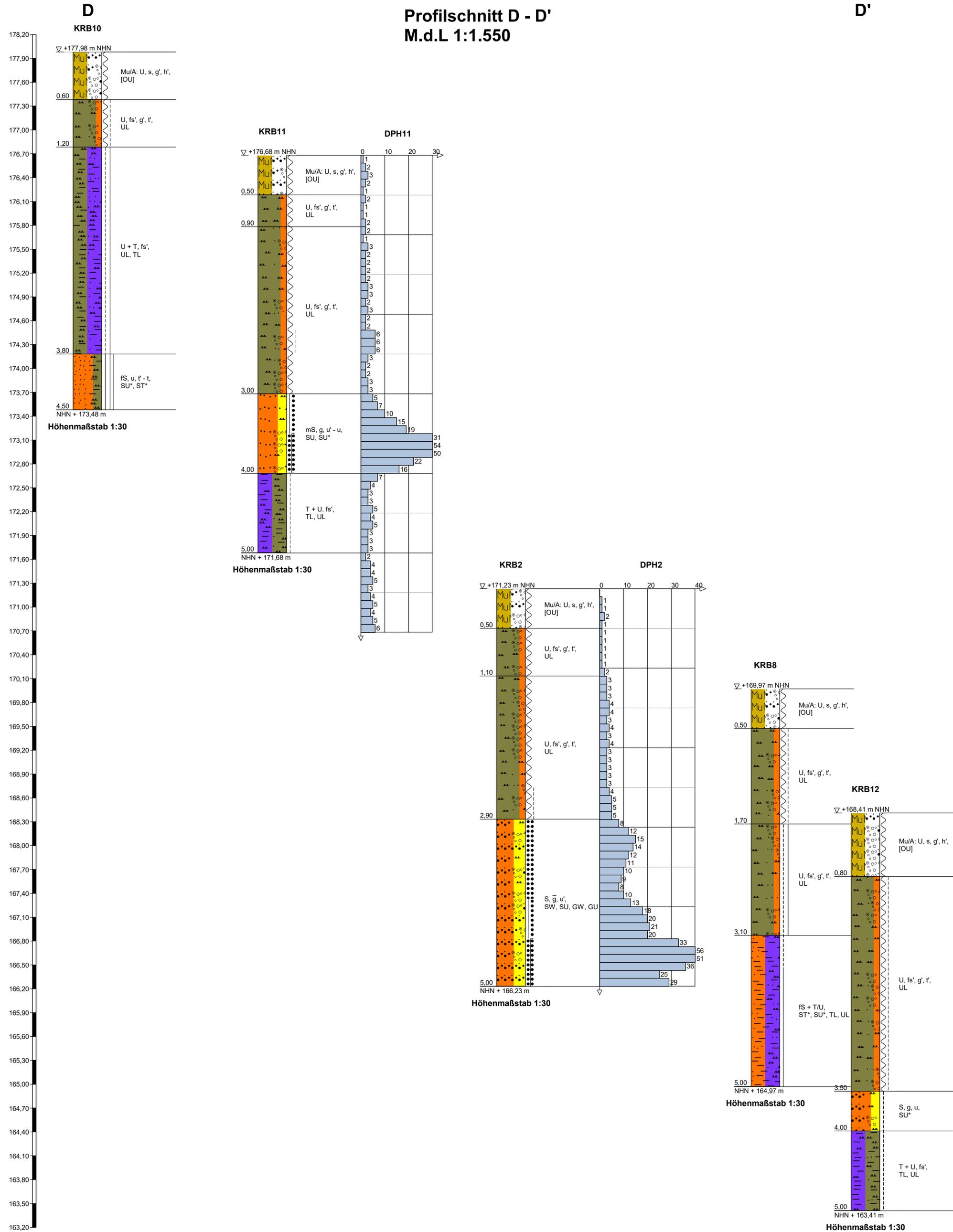
Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

**Profilschnitt C - C'**  
**M.d.L 1:800**



**Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023**

**Profilschnitt D - D'**  
**M.d.L 1:1.550**



# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.1

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB1** /Blatt 1

Datum:

02.11.2021

1	2				3	4	5	6
Bis  ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,50	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos				Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	1.1	0,50
b)								
c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
f) Oberboden	g)	h) [OU]	i) 0					
2,10	a) Mittelsand, schluffig				erdfeucht	C C	1.2 1.3	1,50 2,10
b)								
c) weich - steif	d) mittelschwer zu bohren	e) orangebraun und hellbraun						
f) Verlehmtter Terrassensand	g) Jüngere Hauptterrasse, Quartär, Unter-/Mittelpleistozän	h) SU*	i) 0					
3,70	a) Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig				erdfeucht	C	1.4	3,70
b)								
c) mitteldicht - sehr dicht	d) schwer zu bohren	e) hellgrau						
f) Quarzsand	g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän	h) SE, SI, SW	i) 0					
5,00	a) Feinsand, mittelsandig				erdfeucht  Endteufe	C	1.5	5,00
b)								
c) sehr dicht	d) schwer zu bohren	e) hellbraun						
f) Quarzsand	g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän	h) SE, SI, SW	i) 0					
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.2

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB2** /Blatt 1

Datum:  
02.11.2021

1	2			3	4	5	6
Bis  ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe				
0,50	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos b) c) weich                      d) leicht zu bohren                      e) dunkelbraun f) Oberboden                      g)                      h) [OU]                      i) 0			Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	2.1	0,50
1,10	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig b) c) weich                      d) mittelschwer zu bohren                      e) braun f) Entkalkter Lösslehm                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) 0			erdfeucht	C	2.2	1,10
2,90	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig b) c) weich - steif                      d) mittelschwer zu bohren                      e) hellbraun f) Löss                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) 0			erdfeucht	C	2.3	2,90
5,00	a) Sand, stark kiesig, schwach schluffig b) am Top verlehmt, Kies = Quarz c) mitteldicht - sehr dicht                      d) schwer zu bohren                      e) rötlichbraun f) Terrassensand und -kies                      g) Jüngere Hauptterrasse, Quartär, Unter-/Mittelpleistozän                      h) SW, SU, GW, GU                      i) 0			erdfeucht  Endteufe	C	2.4	5,00
	a) b) c)                      d)                      e) f)                      g)                      h)                      i)						

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.3

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB3** /Blatt 1

Datum:  
02.11.2021

1	2			3	4	5	6
Bis  ..... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe				
0,60	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos b) c) weich                      d) leicht zu bohren                      e) dunkelbraun f) Oberboden                      g)                      h) [OU]                      i) 0			Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	3.1	0,60
1,80	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig b) c) weich                      d) mittelschwer zu bohren                      e) hellbraun bis braun f) Entkalkter Lösslehm                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) ++			erdfeucht	C	3.2	1,80
2,50	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig b) c) steif                      d) mittelschwer zu bohren                      e) braun f) Löss                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) ++			erdfeucht	C	3.3	2,50
4,40	a) Feinsand, schwach schluffig bis stark schluffig, schwach mittelsandig b) Schluffanteil nimmt zur Basis zu c) mitteldicht/steif                      d) schwer zu bohren                      e) hellbraun f) (Verlehmt) Quarzsand                      g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän                      h) SU, SU*                      i) 0			erdfeucht bis feucht	C	3.4	4,40
5,00	a) Ton, schwach schluffig bis schluffig, schwach feinsandig bis feinsandig b) c) fest                      d) schwer zu bohren                      e) grau f) Ton                      g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän                      h) TL                      i) 0			erdfeucht  Endteufe	C	3.5	5,00

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.4

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB4** /Blatt 1

Datum:  
02.11.2021

1	2			3	4	5	6
Bis  ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe				
0,50	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos b) c) weich                      d) leicht zu bohren                      e) dunkelbraun f) Oberboden                      g)                      h) [OU]                      i) 0			Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	4.1	0,50
1,10	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig b) zur Basis schwach kiesig c) weich - steif                      d) mittelschwer zu bohren                      e) braun f) Entkalkter Lösslehm                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) 0			erdfeucht	C	4.2	1,10
2,70	a) Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig b) c) mitteldicht                      d) mittelschwer zu bohren                      e) grau und orangebraun f) Quarzsand                      g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän                      h) SU, SW, SE                      i) 0			erdfeucht	C	4.3	2,70
5,00	a) Sand und Ton/Schluff b) c) dicht/halbfest                      d) schwer zu bohren                      e) grau und orangebraun f) Verlehmtter Quarzsand                      g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän                      h) ST*, SU*                      i) 0			erdfeucht  Endteufe	C	4.4	5,00
	a) b) c)                      d)                      e) f)                      g)                      h)                      i)						

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.5

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB5** /Blatt 1

Datum:  
02.11.2021

1	2			3	4	5	6
Bis  ..... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe				
0,60	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos			Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	5.1	0,60
	b)						
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun				
	f) Oberboden	g)	h) [OU]    i) 0				
1,20	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig			erdfeucht	C	5.2	1,20
	b)						
	c) weich - steif	d) mittelschwer zu bohren	e) beigebraun				
	f) Entkalkter Lösslehm	g) Löss, Quartär, Oberpleistozän	h) UL    i) ++				
4,60	a) Feinsand, schluffig, schwach mittelsandig bis mittelsandig			erdfeucht	C C	5.3 5.4	1,80 4,60
	b)						
	c) steif - halbfest	d) mittelschwer zu bohren	e) orange				
	f) Verlehmter Quarzsand	g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän	h) SU*    i) 0				
5,00	a) Feinsand, tonig, schwach schluffig bis schluffig			erdfeucht  Endteufe	C	5.5	5,00
	b)						
	c) halbfest	d) schwer zu bohren	e) orange				
	f) Quarzsand-Ton-Gemisch	g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän	h) ST*, SU*    i) 0				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)	i)			

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.6

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB6** /Blatt 1

Datum:  
02.11.2021

1	2			3	4	5	6
Bis  ..... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe				
0,50	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos b) c) weich                      d) leicht zu bohren                      e) dunkelbraun f) Oberboden                      g)                      h) [OU]                      i) 0			Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	6.1	0,50
1,20	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig b) c) weich - steif                      d) mittelschwer zu bohren                      e) braun f) Entkalkter Lösslehm                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) 0			feucht	C	6.2	1,20
3,50	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig b) c) steif                      d) mittelschwer zu bohren                      e) hellbraun bis braun f) Löss                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) ++			feucht	C	6.3	3,50
3,80	a) Kies, sandig, schluffig b) Kies = Quarz c) halbfest                      d) mittelschwer zu bohren                      e) braun f) Verlehmtter Terrassensand und -kies                      g) Jüngere Hauptterrasse, Quartär, Unter-/Mittelpleistozän                      h) GU*                      i) 0			feucht	C	6.4	3,80
5,00	a) Sand, schwach schluffig b) c) dicht                      d) schwer zu bohren                      e) grau f) Quarzsand                      g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän                      h) SU, SW, SE                      i) 0			feucht  Endteufe	C	6.5	5,00

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.7

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB7** /Blatt 1

Datum:  
02.11.2021

1	2				3	4	5	6
Bis  ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,80	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos b) c) weich                      d) leicht zu bohren                      e) dunkelbraun f) Oberboden                      g)                      h) [OU]                      i) 0				Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	7.1	0,80
3,00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig, schwach schluffig b) c) mitteldicht                      d) mittelschwer zu bohren                      e) orangebraun f) Terrassensand                      g) Jüngere Hauptterrasse, Quartär, Unter-/Mittelpleistozän                      h) SU                      i) 0				erdfeucht	C	7.2	3,00
4,30	a) Feinsand und Mittelsand, schwach grobsandig, schwach schluffig b) c) dicht - sehr dicht                      d) schwer zu bohren                      e) hellgrau f) Quarzsand                      g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän                      h) SU                      i) 0				erdfeucht	C	7.3	4,30
5,00	a) Feinsand, schwach schluffig b) c) dicht - sehr dicht                      d) schwer zu bohren                      e) hellgrau f) Quarzsand                      g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän                      h) SE, SU                      i) 0				erdfeucht  Endteufe	C	7.4	5,00
	a) b) c)                      d)                      e) f)                      g)                      h)                      i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.9

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB9** /Blatt 1

Datum:  
02.11.2021

1	2			3	4	5	6
Bis  ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe				
0,50	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos b) c) weich                      d) leicht zu bohren                      e) dunkelbraun f) Oberboden                      g)                      h) [OU]                      i) 0			Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	9.1	0,50
1,20	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig b) c) weich - steif                      d) mittelschwer zu bohren                      e) braun f) Entkalkter Lösslehm                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) 0			erdfeucht	C	9.2	1,20
3,50	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig b) c) steif - halbfest                      d) mittelschwer zu bohren                      e) hellbraun bis braun f) Löss                      g) Löss, Quartär, Oberpleistozän                      h) UL                      i) ++			erdfeucht	C	9.3	3,50
4,50	a) Kies, sandig, schluffig b) Kies = Quarz c) halbfest                      d) schwer zu bohren                      e) braun f) Verlehmtter Terrassensand und -kies                      g) Jüngere Hauptterrasse, Quartär, Unter-/Mittelpleistozän                      h) GU*                      i) 0			erdfeucht	C	9.4	4,50
5,00	a) Ton, schwach schluffig bis schluffig, schwach feinsandig bis feinsandig b) c) halbfest                      d) schwer zu bohren                      e) grau und orange f) Ton                      g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän                      h) TL, ST*                      i) 0			erdfeucht  Endteufe	C	9.5	5,00

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.10  
Bericht:  
Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB10** /Blatt 1

Datum:  
**02.11.2021**

1	2			3	4	5	6
Bis  ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe				
0,60	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos			Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	10.1	0,60
b)							
c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun					
f) Oberboden	g)	h) [OU]	i) 0				
1,20	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig			erdfeucht	C	10.2	1,20
b)							
c) weich - steif	d) mittelschwer zu bohren	e) braun					
f) Entkalkter Lösslehm	g) Löss, Quartär, Oberpleistozän	h) UL	i) 0				
3,80	a) Schluff und Ton, schwach feinsandig			erdfeucht	C C	10.3 10.4	3,50 3,80
b)							
c) steif - halbfest	d) schwer zu bohren	e) hellbraun und grau					
f) Ton-Schluff-Gemisch	g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän	h) UL, TL	i) 0				
4,50	a) Feinsand, schluffig, schwach tonig bis tonig			erdfeucht  Endteufe	C	10.5	4,50
b)							
c) halbfest bis fest	d) schwer zu bohren	e) hellgrau					
f) Verlehmtter Quarzsand	g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän	h) SU*, ST*	i) 0				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)	i)			

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

# Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anlage 3.11

Bericht:

Az.: 21.049600.08

Bauvorhaben: Erschließung des NBG "Seeterrassen", 53909 Zülpich

Bohrung Nr **KRB11** /Blatt 1

Datum:

02.11.2021

1	2				3	4	5	6
Bis  ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen  Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe	i) Kalkgehalt				
0,50	a) Mutterboden/Auffüllung: Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach humos				Kleinrammbohrung Ø 60 – 40 mm  feucht	C	11.1	0,50
b)								
c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
f) Oberboden	g)	h) [OU]	i) 0					
0,90	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig				erdfeucht	C	11.2	0,90
b)								
c) weich	d) mittelschwer zu bohren	e) braun						
f) Entkalkter Lösslehm	g) Löss, Quartär, Oberpleistozän	h) UL	i) 0					
3,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig				erdfeucht	C	11.3	3,00
b)								
c) weich - lok. steif	d) leicht zu bohren	e) braun						
f) Lösslehm und Löss	g) Jüngere Hauptterrasse, Quartär, Pleistozän	h) UL	i) ++					
4,00	a) Mittelsand, kiesig, schwach schluffig bis schluffig				erdfeucht	C C	11.4 11.5	3,50 4,00
b) Kies = Quarz								
c) dicht - sehr dicht	d) schwer zu bohren	e) braun						
f) Terrassensand und -kies	g) Jüngere Hauptterrasse, Quartär, Unter-/Mittelpleistozän	h) SU, SU*	i) 0					
5,00	a) Ton und Schluff, schwach feinsandig				erdfeucht  Endteufe	C	11.6	5,00
b)								
c) steif	d) mittelschwer zu bohren	e) hellgrau						
f) Ton	g) Kieseloolith, Tertiär, Unterpliozän	h) TL, UL	i) 0					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.







## Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

### Boden- und Felsarten

	Mutterboden, Mu		Auffüllung, A
	Ton, T, tonig, t		Schluff, U, schluffig, u
	Feinsand, fS, feinsandig, fs		Mittelsand, mS, mittelsandig, ms
	Grobsand, gS, grobsandig, gs		Sand, S, sandig, s
	Kies, G, kiesig, g		

Korngrößenbereich f - fein  
m - mittel  
g - grob

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

### Lagerungsdichte

	locker		mitteldicht		dicht		sehr dicht
--	--------	--	-------------	--	-------	--	------------

### Konsistenz

	breiig		weich		steif		halbfest		fest
---	--------	---	-------	---	-------	---	----------	---	------

### Proben

A1		1,00	Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie A aus 1,00 m Tiefe	B1		1,00	Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie B aus 1,00 m Tiefe
C1		1,00	Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie C aus 1,00 m Tiefe	W1		1,00	Wasserprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

### Bodenklasse nach DIN 18300 (veraltet)

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

## Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

### Bodengruppe nach DIN 18196

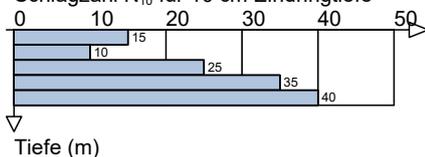
- |  |  |
|--|--|
| <b>GE</b> enggestufte Kiese  | <b>GW</b> weitgestufte Kiese   |
| <b>GI</b> Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische                  | <b>SE</b> enggestufte Sande  |
| <b>SW</b> weitgestufte Sand-Kies-Gemische                              | <b>SI</b> Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische                        |
| <b>GU</b> Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm              | <b>GU*</b> Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm                  |
| <b>GT</b> Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm                  | <b>GT*</b> Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm                      |
| <b>SU</b> Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm              | <b>SU*</b> Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm                  |
| <b>ST</b> Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm                  | <b>ST*</b> Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm                      |
| <b>UL</b> leicht plastische Schluffe                                   | <b>UM</b> mittelplastische Schluffe  |
| <b>UA</b> ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff                        | <b>TL</b> leicht plastische Tone   |
| <b>TM</b> mittelplastische Tone  | <b>TA</b> ausgeprägt plastische Tone   |
| <b>OU</b> Schluffe mit organischen Beimengungen                        | <b>OT</b> Tone mit organischen Beimengungen                                  |
| <b>OH</b> grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art | <b>OK</b> grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen |
| <b>HN</b> nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)                      | <b>HZ</b> zersetzte Torfe  |
| <b>F</b> Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel)            | <b>[ ]</b> Auffüllung aus natürlichen Böden                                  |
| <b>A</b> Auffüllung aus Fremdstoffen                                   |  |

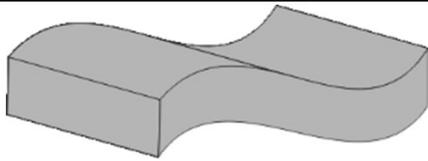
### Sondiergeräte nach DIN EN ISO 22476-2:2012-03

	DPL	DPM	DPH	DPSH-A	DPSH-B
Spitzenquerschnitt [cm <sup>2</sup> ]	10	15	15	16	20
Spitzendurchmesser [mm]	35,7 ± 0,3	43,7 ± 0,3	43,7 ± 0,3	45,0 ± 0,3	50,5 ± 0,5
Masse des Rambären [kg]	10 ± 0,1	30 ± 0,3	50 ± 0,5	63,5 ± 0,5	63,5 ± 0,5
Fallhöhe [mm]	500 ± 10	500 ± 10	500 ± 10	500 ± 10	750 ± 20
Gestängedurchmesser [mm]	22	32	32	32	35

### Rammdiagramm

Schlagzahl  $N_{10}$  für 10 cm Eindringtiefe





## Bohrlochversickerung

nach USBR EARTH-MANUAL 1974

1

Meßstelle: KRB4

Projekt-Nr.: 21.049600.08

Tiefe: 0,0 - 5,0 m u. GOK

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes "Seeterrassen",  
Zülpich

Bodenart:

- DIN 4022 fS, ms', u'

S + T/US

- DIN 18196 SU, SW, SE, ST\*, SU\*

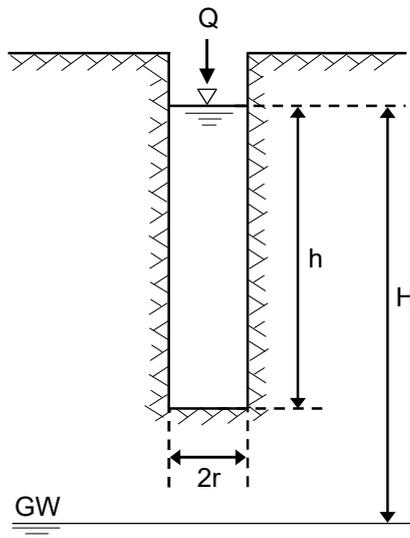
Ausgef. durch: M. Hoffmann

Datum: 02.11.2021

Wetter: heiter

Wetter Vortag: heiter

### Randbedingungen:



H : Abstand Wasserspiegel im Bohrloch zum Grundwasserspiegel [m]

h : Wasserspiegelhöhe im Bohrloch [m]

2r : Durchmesser der Bohrung [m]

Q : Schüttung,  $Q = q/t$  [ $m^3/s$ ]

q : Eingefüllte Wassermenge [L]

t : Zeitdifferenz zur Versickerung von q [s]

### Feldparameter:

H = 10,00 m

h = 3,70 m

r = 0,025 m

q = 8,00 L

t = 423 s

Q = 1,89E-05  $m^3/s$

Bedingung  $h/r \geq 10$  ist erfüllt

Es gilt Formel: 2

### Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

Formel 1:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \left[ \sinh^{-1} \left( \frac{h}{r} \right) - 1 \right]$

Formel ungültig

Formel 2:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{0,1667 + \frac{H}{3h}}$

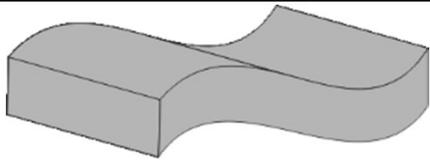
1,71E-06 m/s

Formel 3:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{\frac{H}{h} - \left( \frac{H}{2h} \right)^2}$

Formel ungültig

### Bemerkungen:

Ausreichende Durchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerung.



## Bohrlochversickerung

nach USBR EARTH-MANUAL 1974

2

Meßstelle: KRB5

Projekt-Nr.: 21.049600.08

Tiefe: 0,0 - 5,0 m u. GOK

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes "Seeterrassen",  
Zülpich

Bodenart:

- DIN 4022 fS, u, ms' - ms

fS, t, u' - u

- DIN 18196 SU\*, ST\*

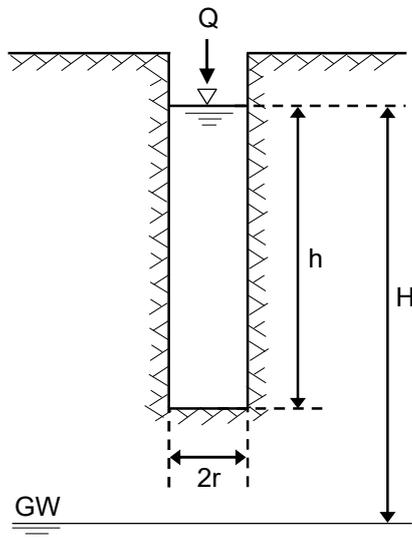
Ausgef. durch: M. Hoffmann

Datum: 02.11.2021

Wetter: heiter

Wetter Vortag: heiter

### Randbedingungen:



H : Abstand Wasserspiegel im Bohrloch zum Grundwasserspiegel [m]

h : Wasserspiegelhöhe im Bohrloch [m]

2r : Durchmesser der Bohrung [m]

Q : Schüttung,  $Q = q/t$  [m<sup>3</sup>/s]

q : Eingefüllte Wassermenge [L]

t : Zeitdifferenz zur Versickerung von q [s]

### Feldparameter:

H = 10,00 m

h = 1,24 m

r = 0,025 m

q = 0,20 L

t = 728 s

Q = 2,69E-07 m<sup>3</sup>/s

Bedingung  $h/r \geq 10$  ist erfüllt

Es gilt Formel: 1

### Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

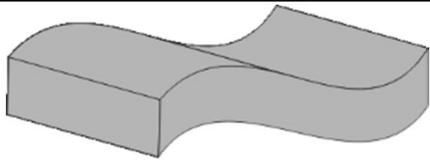
Formel 1:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \left[ \sinh^{-1} \left( \frac{h}{r} \right) - 1 \right]$  1,67E-07 m/s

Formel 2:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{0,1667 + \frac{H}{3h}}$  Formel ungültig

Formel 3:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{\frac{H}{h} - \left( \frac{H}{2h} \right)^2}$  Formel ungültig

### Bemerkungen:

Durchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerung nicht ausreichend.



## Bohrlochversickerung

nach USBR EARTH-MANUAL 1974

3

Meßstelle: KRB6

Projekt-Nr.: 21.049600.08

Tiefe: 0,0 - 5,0 m u. GOK

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes "Seeterrassen",  
Zülpich

Bodenart:  
- DIN 4022 S, u'

- DIN 18196 SU

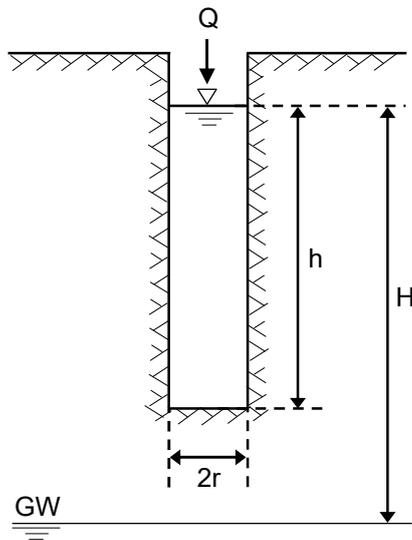
Ausgef. durch: M. Hoffmann

Datum: 02.11.2021

Wetter: heiter

Wetter Vortag: heiter

### Randbedingungen:



H : Abstand Wasserspiegel im Bohrloch zum Grundwasserspiegel [m]

h : Wasserspiegelhöhe im Bohrloch [m]

2r : Durchmesser der Bohrung [m]

Q : Schüttung,  $Q = q/t$  [m<sup>3</sup>/s]

q : Eingefüllte Wassermenge [L]

t : Zeitdifferenz zur Versickerung von q [s]

### Feldparameter:

H = 10,00 m  
h = 1,00 m  
r = 0,025 m  
q = 1,40 L  
t = 616 s

Q = 2,27E-06 m<sup>3</sup>/s

Bedingung  $h/r \geq 10$  ist erfüllt

Es gilt Formel: 1

### Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

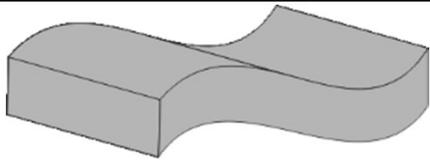
Formel 1:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \left[ \sinh^{-1} \left( \frac{h}{r} \right) - 1 \right]$  2,04E-06 m/s

Formel 2:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{0,1667 + \frac{H}{3h}}$  Formel ungültig

Formel 3:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{\frac{H}{h} - \left( \frac{H}{2h} \right)^2}$  Formel ungültig

### Bemerkungen:

Ausreichende Durchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerung.



## Bohrlochversickerung

nach USBR EARTH-MANUAL 1974

4

Meßstelle: KRB9

Projekt-Nr.: 21.049600.08

Tiefe: 0,0 - 5,0 m u. GOK

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes "Seeterrassen",  
Zülpich

Bodenart:

- DIN 4022 G, s, u

T, u' - u, fs' - fs

- DIN 18196 GU\*, TL, ST\*

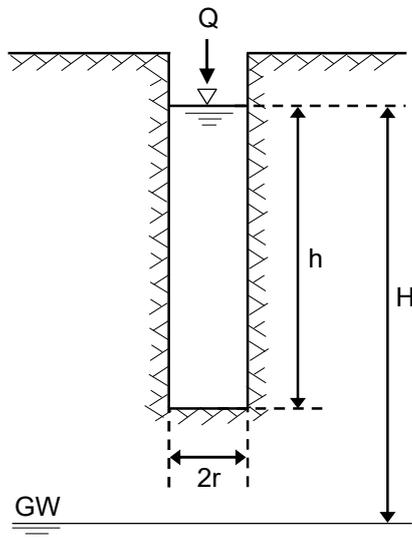
Ausgef. durch: M. Hoffmann

Datum: 02.11.2021

Wetter: heiter

Wetter Vortag: heiter

### Randbedingungen:



H : Abstand Wasserspiegel im Bohrloch zum Grundwasserspiegel [m]

h : Wasserspiegelhöhe im Bohrloch [m]

2r : Durchmesser der Bohrung [m]

Q : Schüttung,  $Q = q/t$  [m<sup>3</sup>/s]

q : Eingefüllte Wassermenge [L]

t : Zeitdifferenz zur Versickerung von q [s]

### Feldparameter:

H = 10,00 m  
h = 1,00 m  
r = 0,025 m  
q = 0,20 L  
t = 747 s

Q = 2,68E-07 m<sup>3</sup>/s

Bedingung  $h/r \geq 10$  ist erfüllt

Es gilt Formel: 1

### Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

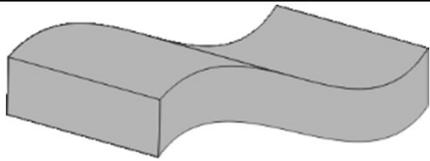
Formel 1:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \left[ \sinh^{-1} \left( \frac{h}{r} \right) - 1 \right]$  2,40E-07 m/s

Formel 2:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{0,1667 + \frac{H}{3h}}$  Formel ungültig

Formel 3:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{\frac{H}{h} - \left( \frac{H}{2h} \right)^2}$  Formel ungültig

### Bemerkungen:

Durchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerung nicht ausreichend.



## Bohrlochversickerung

nach USBR EARTH-MANUAL 1974

5

Meßstelle: KRB10

Projekt-Nr.: 21.049600.08

Tiefe: 0,0 - 5,0 m u. GOK

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes "Seeterrassen", Zülpich

Bodenart:

- DIN 4022 U + T, fs'

fS, u, t' - t

- DIN 18196 UL, TL, ST\*, SU\*

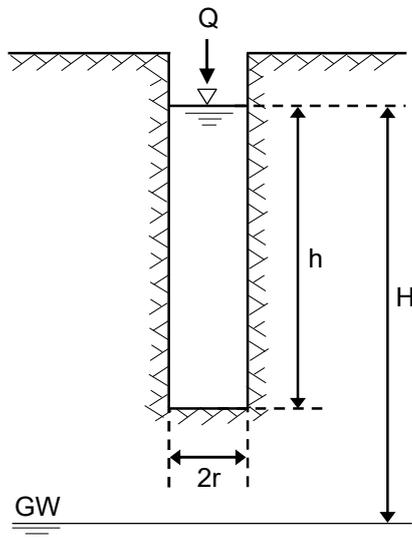
Ausgef. durch: M. Hoffmann

Datum: 02.11.2021

Wetter: heiter

Wetter Vortag: heiter

### Randbedingungen:



H : Abstand Wasserspiegel im Bohrloch zum Grundwasserspiegel [m]

h : Wasserspiegelhöhe im Bohrloch [m]

2r : Durchmesser der Bohrung [m]

Q : Schüttung,  $Q = q/t$  [m<sup>3</sup>/s]

q : Eingefüllte Wassermenge [L]

t : Zeitdifferenz zur Versickerung von q [s]

### Feldparameter:

H = 10,00 m  
h = 1,00 m  
r = 0,025 m  
q = 0,02 L  
t = 1800 s

Q = 1,12E-08 m<sup>3</sup>/s

Bedingung  $h/r \geq 10$  ist erfüllt

Es gilt Formel: 1

### Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

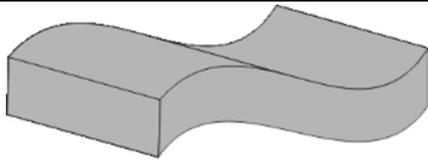
Formel 1:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \left[ \sinh^{-1} \left( \frac{h}{r} \right) - 1 \right]$  1,00E-08 m/s

Formel 2:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{0,1667 + \frac{H}{3h}}$  Formel ungültig

Formel 3:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{\frac{H}{h} - \left( \frac{H}{2h} \right)^2}$  Formel ungültig

### Bemerkungen:

Durchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerung nicht ausreichend.



## Bohrlochversickerung

nach USBR EARTH-MANUAL 1974

6

Meßstelle: KRB12

Projekt-Nr.: 21.049600.08

Tiefe: 0,0 - 5,0 m u. GOK

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes "Seeterrassen",  
Zülpich

Bodenart:

- DIN 4022 T + U, fs'

- DIN 18196 TL, UL

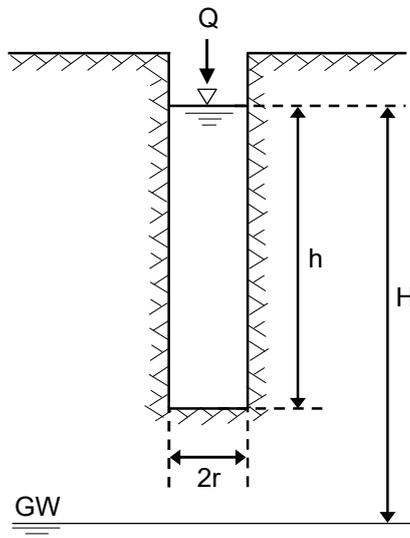
Ausgef. durch: M. Hoffmann

Datum: 03.11.2021

Wetter: heiter

Wetter Vortag: heiter

### Randbedingungen:



H : Abstand Wasserspiegel im Bohrloch zum Grundwasserspiegel [m]

h : Wasserspiegelhöhe im Bohrloch [m]

2r : Durchmesser der Bohrung [m]

Q : Schüttung,  $Q = q/t$  [ $m^3/s$ ]

q : Eingefüllte Wassermenge [L]

t : Zeitdifferenz zur Versickerung von q [s]

### Feldparameter:

H = 10,00 m  
h = 1,00 m  
r = 0,025 m  
q = 0,30 L  
t = 2109 s

Q = 1,42E-07  $m^3/s$

Bedingung  $h/r \geq 10$  ist erfüllt

Es gilt Formel: 1

### Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

Formel 1:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \left[ \sinh^{-1} \left( \frac{h}{r} \right) - 1 \right]$  1,27E-07 m/s

Formel 2:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{0,1667 + \frac{H}{3h}}$  Formel ungültig

Formel 3:  $k_f = 0,265 \cdot \frac{Q}{h^2} \cdot \frac{\ln \left( \frac{h}{r} \right)}{\frac{H}{h} - \left( \frac{H}{2h} \right)^2}$  Formel ungültig

### Bemerkungen:

Durchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerung ausreichend, jedoch hoher Grundwasserstand!

**Anlage 6.1**  
zu Bericht  
21.049600.08

Eurofins Umwelt Südwest GmbH - Max-Planck-Str. 20 - D-54296 - Trier

**ABAG Altlasten, Baustoffanalytik,  
Abfallwirtschaftsberatung, Geotechnik GmbH  
Rotenbüschstr. 22  
54533 Bettenfeld**Titel: **Prüfbericht zu Auftrag 72113911**  
Prüfberichtsnummer: **AR-21-TI-005786-01**Auftragsbezeichnung: **21.049600.08 Seeterrassen**Anzahl Proben: **3**  
Probenart: **Boden**  
Probenahmedatum: **03.11.2021**  
Probenehmer: **angeliefert vom Auftraggeber**Probeneingangdatum: **19.11.2021**  
Prüfzeitraum: **19.11.2021 - 25.11.2021**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Patrick Franzen  
Prüfleiter  
Tel. +49 651 9753613Digital signiert, 25.11.2021  
Mark Christjani  
Prüfleitung

Probenbezeichnung	MP1	MP2	MP3
Probenahmedatum/ -zeit	03.11.2021	03.11.2021	03.11.2021
Probennummer	721028781	721028782	721028783

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit			
-----------	------	-------	---------	----	---------	--	--	--

**Probenvorbereitung Feststoffe**

Probenmenge inkl. Verpackung	AN/f	RE000 GI	DIN 19747: 2009-07		kg	5,5	5,5	5,2
Fremdstoffe (Art)	AN/f	RE000 GI	DIN 19747: 2009-07			nein	nein	nein
Fremdstoffe (Menge)	AN/f	RE000 GI	DIN 19747: 2009-07		g	0,0	0,0	0,0
Siebückstand > 10mm	AN/f	RE000 GI	DIN 19747: 2009-07			nein	ja	nein

**Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz**

Trockenmasse	AN	RE000 GI	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	87,3	93,7	88,7
pH in CaCl2	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10390: 2005-12			7,9	7,8	7,8

**Anionen aus der Originalsubstanz**

Cyanide, gesamt	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 17380: 2013-10	0,5	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5	< 0,5
-----------------	------	-------------	------------------------	-----	----------	-------	-------	-------

**Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01<sup>#</sup>**

Arsen (As)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,8	mg/kg TS	7,6	8,0	4,9
Blei (Pb)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg TS	18	48	44
Cadmium (Cd)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Chrom (Cr)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	26	19	21
Kupfer (Cu)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	11	10	9
Nickel (Ni)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	20	14	12
Quecksilber (Hg)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,07	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Thallium (Tl)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink (Zn)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	35	24	23

**Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz**

TOC	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	0,2	0,2	0,3
EOX	AN/f	RE000 GI	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1,0	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Kohlenwasserstoffe C10-C22	AN/f	RE000 GI	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN/f	RE000 GI	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40

**BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz**

Benzol	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Toluol	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ethylbenzol	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
m-/p-Xylol	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
o-Xylol	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Summe BTEX	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>

Probenbezeichnung	MP1	MP2	MP3
Probenahmedatum/ -zeit	03.11.2021	03.11.2021	03.11.2021
Probennummer	721028781	721028782	721028783

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit			
<b>LHKW aus der Originalsubstanz</b>								
Dichlormethan	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
trans-1,2-Dichlorethen	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
cis-1,2-Dichlorethen	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chloroform (Trichlormethan)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1,1-Trichlorethan	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tetrachlormethan	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Trichlorethen	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tetrachlorethen	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,1-Dichlorethen	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
1,2-Dichlorethan	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Summe LHKW (10 Parameter)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 22155: 2016-07		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>

**PAK aus der Originalsubstanz**

Naphthalin	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthylen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphthen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Anthracen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoranthren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Pyren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo[a]anthracen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo[b]fluoranthren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo[k]fluoranthren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo[a]pyren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibenzo[a,h]anthracen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo[ghi]perylen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>

Probenbezeichnung	MP1	MP2	MP3
Probenahmedatum/ -zeit	03.11.2021	03.11.2021	03.11.2021
Probennummer	721028781	721028782	721028783

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit			
-----------	------	-------	---------	----	---------	--	--	--

**PCB aus der Originalsubstanz**

PCB 28	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 52	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 101	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 153	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 138	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 180	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>
PCB 118	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PCB (7)	AN/f	RE000 GI	DIN EN 15308: 2016-12		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>

**Phys.-chem. Kenngrößen aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

pH-Wert	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			8,7	8,9	8,9
Temperatur pH-Wert	AN/f	RE000 GI	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	21,1	21,0	20,5
Leitfähigkeit bei 25°C	AN/f	RE000 GI	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	5	µS/cm	93	63	80

**Anionen aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

Chlorid (Cl)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	1,5	< 1,0	1,2
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	4,3	3,4	3,8
Cyanide, gesamt	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005

**Elemente aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

Arsen (As)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Blei (Pb)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cadmium (Cd)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0003	mg/l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Chrom (Cr)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Kupfer (Cu)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Nickel (Ni)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Quecksilber (Hg)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0002	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Thallium (Tl)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0002	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Zink (Zn)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01

**Org. Summenparameter aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01**

Phenolindex, wasserdampflich	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	0,01	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01
---------------------------------	------	-------------	------------------------------------	------	------	--------	--------	--------

## Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

# Aufschluss mittels temperaturregulierendem Graphitblock

Kommentare zu Ergebnissen

<sup>1)</sup> nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.

Eurofins Umwelt Südwest GmbH - Max-Planck-Str. 20 - D-54296 - Trier

**ABAG Altlasten, Baustoffanalytik,  
Abfallwirtschaftsberatung, Geotechnik GmbH  
Rotenbüschstr. 22  
54533 Bettenfeld**

**Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02155088**  
**EOL Auftragsnummer: 006-10544-7962**  
**Prüfberichtsnummer: AR-21-TI-006041-01**

**Auftragsbezeichnung: 21.049600.08 Seeterrassen**

**Anzahl Proben: 2**  
**Probenart: Boden**  
**Probenahmedatum: 02.11.2021, 03.11.2021**  
**Probenehmer: angeliefert vom Auftraggeber**

**Probeneingangsdatum: 22.11.2021**  
**Prüfzeitraum: 22.11.2021 - 07.12.2021**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Patrick Franzen  
Prüfleiter  
Tel. +49 651 9753613

Digital signiert, 07.12.2021  
Dr. Thomas Wanke  
Niederlassungsleitung

<b>Probenbezeichnung</b>	<b>MPO1</b>	<b>MPO2</b>
<b>Probenahmedatum/ -zeit</b>	<b>02.11.2021</b>	<b>03.11.2021</b>
<b>EOL Probennummer</b>	<b>005-10544-34109</b>	<b>005-10544-34110</b>
<b>Probennummer</b>	<b>021228714</b>	<b>021228715</b>

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit		
-----------	------	------	---------	----	---------	--	--

**Probenvorbereitung Feststoffe**

Fraktion < 2 mm	AN/f	RE000 GI	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	80,8	84,5
Fraktion > 2 mm	AN/f	RE000 GI	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	19,2	15,5

**Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz**

Trockenmasse	AN	RE000 GI	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	85,3	87,5
--------------	----	-------------	-----------------------	-----	-------	------	------

**Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

pH in CaCl <sub>2</sub>	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10390: 2005-12			7,4	7,6
-------------------------	------	-------------	------------------------	--	--	-----	-----

**Elemente aus Königswasseraufschluss nach DIN ISO 11466: 1997-06 (Fraktion <2mm)<sup>#</sup>**

Blei (Pb)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	2	mg/kg TS	61	290
Cadmium (Cd)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,2	mg/kg TS	0,4	0,5
Chrom (Cr)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	1	mg/kg TS	24	30
Kupfer (Cu)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	1	mg/kg TS	21	29
Nickel (Ni)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	1	mg/kg TS	19	24
Quecksilber (Hg)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,07	mg/kg TS	0,12	0,19
Zink (Zn)	AN/f	RE000 GI	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	1	mg/kg TS	63	151

**Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

TOC	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10694: 1996-08	0,1	Ma.-% TS	1,1	1,5
Humus	AN/f	RE000 GI	berechnet/DIN ISO 10694: 1996-08	0,2	Ma.-% TS	1,9	2,6

<b>Probenbezeichnung</b>	<b>MPO1</b>	<b>MPO2</b>
<b>Probenahmedatum/ -zeit</b>	<b>02.11.2021</b>	<b>03.11.2021</b>
<b>EOL Probennummer</b>	<b>005-10544-34109</b>	<b>005-10544-34110</b>
<b>Probennummer</b>	<b>021228714</b>	<b>021228715</b>

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit		
-----------	------	------	---------	----	---------	--	--

**PAK aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

Naphthalin	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05
Acenaphthylen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05
Acenaphthen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05
Fluoren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05
Phenanthren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,10
Anthracen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05
Fluoranthen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,19
Pyren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,15
Benzo[a]anthracen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,09
Chrysen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,09
Benzo[b]fluoranthen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,12
Benzo[k]fluoranthen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05
Benzo[a]pyren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,09
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,07
Dibenzo[a,h]anthracen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05
Benzo[ghi]perylen	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,07
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	0,97
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	0,97

**PCB aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

PCB 28	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 52	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 101	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 153	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 138	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01
PCB 180	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>
PCB 118	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01
Summe PCB (7)	AN/f	RE000 GI	DIN ISO 10382: 2003-05		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	(n. b.) <sup>1)</sup>

## Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

# Aufschluss mittels temperaturregulierendem Graphitblock

Kommentare zu Ergebnissen

<sup>1)</sup> nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit RE000GI gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.

## Bauweise mit Asphaltdecke nach der RStO 12 für Fahrbahnen auf F 2- und F 3-Untergrund/Unterbau

(Dickenangaben in cm;  $\nabla$   $E_{v2}$ -Mindestwerte in MPa)

Zeile	Belastungsklasse	Bk100				Bk32				Bk10				Bk3,2				Bk1,8				Bk1,0				Bk0,3																																					
		B [Mio.]								> 32								> 10 - 32								> 3,2 - 10								> 1,8 - 3,2								> 1,0 - 1,8								> 0,3 - 1,0								≤ 0,3					
Dicke des frostsich. Oberbaus <sup>1)</sup>		55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65																														
1	<b>Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht</b>																																																														
	Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4				4																																	
	Asphalttragschicht	22				18				14				12				16				14				10																																					
	Frostschutzschicht	Σ34				Σ30				Σ26				Σ22				Σ20				Σ18				Σ14																																					
Dicke der Frostschutzschicht		-	31 <sup>2)</sup>	41	51	25 <sup>3)</sup>	35	45	55	29 <sup>3)</sup>	39	49	59	-	33 <sup>2)</sup>	43	53	25 <sup>3)</sup>	35	45	55	27	37	47	57	21	31	41	51																																		
2.1	<b>Asphalttragschicht und Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln auf Frostschutzschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material</b>																																																														
	Asphaltdecke	12				12				12																																																					
	Asphalttragschicht	14				10				8																																																					
	Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)	15				15				15																																																					
Dicke der Frostschutzschicht		-	-	34 <sup>2)</sup>	44	-	28 <sup>3)</sup>	38	48	-	30 <sup>2)</sup>	40	50																																																		
2.2	<b>Asphalttragschicht und Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln auf Frostschutzschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material</b>																																																														
	Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4																																					
	Asphalttragschicht	18				14				10				10				12				10				10																																					
	Verfestigung	15				15				15				15				15				15				15																																					
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material		10 <sup>4)</sup>	20 <sup>4)</sup>	30	40	14 <sup>4)</sup>	24	34	44	18 <sup>4)</sup>	28	38	48	10 <sup>4)</sup>	20	30	40	14 <sup>4)</sup>	24	34	44	16 <sup>4)</sup>	26	36	46	6 <sup>4)</sup>	16 <sup>4)</sup>	26	36																																		
2.3	<b>Asphalttragschicht und Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln auf Frostschutzschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material</b>																																																														
	Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4																																					
	Asphalttragschicht	18				14				10				10				12				10				10																																					
	Verfestigung	20				20				20				20				20				20				20																																					
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material		5 <sup>4)</sup>	15 <sup>4)</sup>	25	35	9 <sup>4)</sup>	19 <sup>4)</sup>	29	39	13 <sup>4)</sup>	23	33	43	5 <sup>4)</sup>	15 <sup>4)</sup>	25	35	14 <sup>4)</sup>	24	34	44	16 <sup>4)</sup>	26	36	46	6 <sup>4)</sup>	16 <sup>4)</sup>	26	36																																		
3	<b>Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht</b>																																																														
	Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4																																					
	Asphalttragschicht	18				14				10				10				12				10				10																																					
	Schottertragschicht <sup>7)</sup>	15				15				15				15				15				15				15																																					
Dicke der Frostschutzschicht		-	-	30 <sup>2)</sup>	40	-	-	34 <sup>2)</sup>	44	-	28 <sup>3)</sup>	38	48	-	-	30 <sup>2)</sup>	40	-	24 <sup>3)</sup>	34	44	16 <sup>3)</sup>	26	36	46	-	18 <sup>3)</sup>	28	38																																		
4	<b>Asphalttragschicht und Kiestragschicht auf Frostschutzschicht</b>																																																														
	Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4																																					
	Asphalttragschicht	18				14				10				10				12				10				10																																					
	Kiestragschicht	20				20				20				20				20				20				20																																					
Dicke der Frostschutzschicht		-	-	25 <sup>3)</sup>	35	-	-	29 <sup>3)</sup>	39	-	33 <sup>2)</sup>	43		-	-	25 <sup>3)</sup>	35	-	-	29 <sup>2)</sup>	39	-	21	31	41	-	-	23 <sup>2)</sup>	33																																		
5	<b>Asphalttragschicht und Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material</b>																																																														
	Asphaltdecke	12				12				12				10				4				4				4																																					
	Asphalttragschicht	18				14				10				10				12				10				10																																					
	Schotter- oder Kiestragschicht	30 <sup>5)</sup>				30 <sup>5)</sup>				30 <sup>5)</sup>				30 <sup>5)</sup>				30 <sup>5)</sup>				30 <sup>5)</sup>				30 <sup>5)</sup>																																					
Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material		Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen																																																													

1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tabelle 8  
 2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar  
 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar  
 4) Nur auszuführen, wenn das frostunempfindliche Material und das zu verfestigende Material als eine Schicht eingebaut werden

5) Bei Kiestragschicht in Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk100 in 40 cm Dicke, in Belastungsklassen Bk0,3 und Bk1,0 in 30 cm Dicke  
 6) Alternativ: unter Beachtung von Abschnitt 3.3.3 auch Asphalttragdeckschicht anwendbar  
 7) Alternativ: Abminderung der Asphalttragschicht um 2 cm bei 20 cm dicker Schottertragschicht und  $E_{v2} \geq 180$  MPa (in Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk100) bzw.  $E_{v2} \geq 150$  MPa

## Bauweise mit Pflasterdecke nach der RStO 12 für Fahrbahnen auf F 2- und F 3-Untergrund/Unterbau

(Dickenangaben in cm;  $\nabla$   $E_{v2}$ -Mindestwerte in MPa)

Zeile	Belastungsklasse	Bk100				Bk32				Bk10				Bk3,2				Bk1,8				Bk1,0				Bk0,3							
	B [Mio.]	> 32				> 10 - 32				> 3,2 - 10				> 1,8 - 3,2				> 1,0 - 1,8				> 0,3 - 1,0				≤ 0,3							
	Dicke des frostsich. Oberbaus <sup>1)</sup>	55	65	75	85	55	65	75	85	55	65	75	85	45	55	65	75	45	55	65	75	45	55	65	75	35	45	55	65	35	45	55	65
1	<b>Schottertragschicht auf Frostschutzschicht</b> <sup>13)</sup>																																
	Pflasterdecke <sup>9)</sup>																																
	Schottertragschicht																																
	Frostschutzschicht																																
	Dicke der Frostschutzschicht																																
2	<b>Kiestragschicht auf Frostschutzschicht</b>																																
	Pflasterdecke <sup>9)</sup>																																
	Kiestragschicht																																
	Frostschutzschicht																																
	Dicke der Frostschutzschicht																																
3	<b>Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material</b> <sup>13)</sup>																																
	Pflasterdecke <sup>9)</sup>																																
	Schotter- oder Kiestragschicht																																
	Schicht aus frostunempfindlichem Material																																
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen																															
4	<b>Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht</b>																																
	Pflasterdecke <sup>9)</sup>																																
	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht <sup>10)</sup>																																
	Frostschutzschicht																																
	Dicke der Frostschutzschicht																																
5	<b>Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht</b>																																
	Pflasterdecke <sup>9)</sup>																																
	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht <sup>10)</sup>																																
	Schottertragschicht																																
	Dicke der Frostschutzschicht																																
6	<b>Asphalttragschicht und Kiestragschicht auf Frostschutzschicht</b>																																
	Pflasterdecke <sup>9)</sup>																																
	Wasserdurchlässige Asphalttragschicht <sup>10)</sup>																																
	Kiestragschicht																																
	Dicke der Frostschutzschicht																																
7	<b>Dränbetontragschicht auf Frostschutzschicht</b>																																
	Pflasterdecke <sup>9)</sup>																																
	Dränbetontragschicht (DBT) <sup>10)</sup>																																
	Frostschutzschicht																																
	Dicke der Frostschutzschicht																																

1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tabelle 8  
 2) Mit rundkömigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar  
 3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar  
 9) Abweichende Steindicke siehe Abschnitt 3.3.5

10) Siehe ZTV Pflaster-StB  
 11) Bei Kiestragschicht in Belastungsklassen Bk1,8 und Bk3,2 in 40 cm Dicke, in Belastungsklassen Bk0,3 und Bk1,0 in 30 cm Dicke  
 13) Anwendung in Bk3,2 nur bei örtlicher Bewehrung  
 15) Mit  $E_{v2} \geq 150$  MPa bei bewährten regionalen Bauweisen anwendbar  
 19) Nur Schottertragschicht

## Bauweisen nach der RStO 12 für Rad- und Gehwege auf F 2- und F 3-Untergrund/Unterbau

(Dickenangaben in cm;  $\nabla$   $E_{v2}$ -Mindestwerte in MPa)

Zeile	Bauweisen	Asphalt		Beton		Pflaster (Plattenbelag)		ohne Bindemittel	
		30	40	30	40	30	40	30	40
<b>Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material</b>									
1	Decke								
	Schotter- oder Kiestragschicht								
	Schicht aus frostunempfindlichem Material								
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material <sup>16)</sup>	-	15	-	13	-	13	-	11
<b>ToB auf Planum</b>									
2	Decke								
	Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht								
	Dicke der Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht	20	30	18	28	18	28	26	36

6) Asphalttragdeckschicht oder Asphalttrag- und Asphaltdeckschicht, siehe auch Abschnitt 3.3.3

14) Auch geringe Dicke möglich

16) Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen

17) Bei einer 12 cm dicken Betondecke ist keine Verdübelung bzw. Verankerung möglich

20) Bei Belastung durch Fahrzeuge (Wartung und Unterhaltung)  $E_{v2} \geq 100$  MPa